

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**DEPARTAMENT DE CIÈNCIA I ENGINYERIA NÀUTIQUES**



Departament de Ciència  
i Enginyeria Nàutiques

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Short Sea Shipping efficiency  
analysis considering high-speed  
craft as an alternative to road  
transport in SW Europe**

***Thesis***

***PhD Student: Marcel·la Castells i Sanabra***

***Thesis supervisor: Francesc Xavier Martínez de Osés***

***March 2009***

## **Agradecimientos**

Ahora que este proyecto de tesis doctoral llega a su culminación, es de justicia reconocer la imprescindible ayuda prestada por el director de la misma, el doctor Francesc Xavier Martínez de Osés, quien en todo momento me ha ofrecido su tiempo, adecuadas indicaciones, sugerencias y consejos para el buen desarrollo y la consecución del presente trabajo.

Pero, de una manera especial, me gustaría dejar constancia y recordar con afecto, a la persona que me animó a comenzar y me dio todo su apoyo durante los primeros trabajos para la realización de esta tesis doctoral. Fue mi primer director, el doctor Joan Olivella i Puig que, a pesar de que ya no está entre nosotros, si estará siempre en mi memoria.

Finalmente, gracias a Raül, y a mi familia y amigos, por toda la paciencia que durante el tiempo de dedicación a los trabajos de investigación y redacción, de los que emana la tesis, me han atendido y animado.



En record del meu primer director de tesis, en Joan Olivella Puig.



## 4 Intermodalidad entre España y Europa. El Proyecto INECEU

### 4.1 Introducción

El presente capítulo es un resumen de los estudios realizados dentro del proyecto INECEU<sup>1</sup> (Intermodalidad entre España y Europa), llevado a cabo por cuatro integrantes del Grupo de Investigación TRANSMAR, del Departamento de Ciencia e Ingeniería Náuticas de la Universidad Politécnica de Catalunya. El Ministerio de Fomento fue la parte financiadora e interesada en los resultados de este proyecto, dada la importancia de la fluidez del transporte para la economía española en el contexto europeo, y asimismo debido también a la sensibilidad y voluntad política de promocionar el Transporte Marítimo de Corta Distancia y cabotaje en Europa.

El objetivo principal de este proyecto, que partió del análisis de la situación actual en el ámbito del transporte, y en concreto de la exportación e importación de cargas unitizadas desde España, era la justificación del trasvase de mercancías de los pasos Pirenaicos a la mar, consiguiendo un desplazamiento más rápido y eficiente de las mercancías, analizando las potencialidades del transporte marítimo.

Este capítulo es un resumen del proyecto INECEU; si el lector está interesado en conocer con más profundidad la metodología y el proceso de cálculo del proyecto existen dos publicaciones donde se detalla su totalidad (ver pie de página). A primera vista algunos de los datos parecerán desfasados ya que la fecha de realización del proyecto INECEU fue de diciembre del 2003 hasta abril 2005, siendo los valores y las estadísticas utilizados de periodos anteriores.

Las conclusiones obtenidas en el proyecto INECEU han servido como punto de partida para la realización de los siguientes capítulos.

---

<sup>1</sup> Olivella, J. et al. (2005). Intermodalidad entre España y Europa. El proyecto INECEU. Barcelona Digital y Olivella, J. et al. (2006). Las autopistas del mar como alternativas al paso de los Pirineos. Barcelona Digital.

## **4.2 La problemática del transporte internacional en España**

El potencial de desarrollo del transporte marítimo de cabotaje y corta distancia entre España y Europa descansa en el corredor europeo, que une la península Ibérica con el resto de Europa, dado que es el medio por el cual las mercancías de España y Portugal se exportan o importan del resto del continente europeo.

Esta coyuntura tiene un punto de inflexión en términos de volumen de tráfico, que puede ser identificado a raíz de la firma del Tratado de Adhesión de España a la Unión Europea en 1986, con el cual el transporte por carretera adquirió un cierto protagonismo. Las tasas de crecimiento de tráfico, durante ese año, pasaron del 2,8% al 8,4%, manteniendo y totalizando un movimiento de 70 millones de toneladas en ambos sentidos, lo que se traduce en una media de 3.500 camiones diarios en tránsito, a través de los pasos de La Jonquera e Irún. Según un informe de Eurostat, España movió en 2006 un total de 241,8 billones de toneladas por kilómetro de mercancías por carretera, un 3,7% más que el año anterior<sup>2</sup>.

Ante esta situación y las consecuencias derivadas de congestión, es deseable lograr un trasvase de las clásicas cadenas de transporte unimodales a las cadenas intermodales, con la participación de medios terrestres y marítimos. Hoy en día, el reparto del tráfico de mercancías se mantiene a un 50% entre ambas cadenas, aunque con una ligera ventaja del camión, sobretodo en recorridos cortos como es el caso de trayectos entre España y Francia, mientras que a medida que las distancias se amplían lógicamente existe un trasvase hacia el modo marítimo.

### **4.2.1 Los principales obstáculos al tráfico terrestre**

La vía de paso natural de la producción y mercancías españolas al exterior pero también la de entrada, ha sido históricamente la terrestre que se ha encontrado con el obstáculo natural de los Pirineos. Las cifras de intercambio de mercancías en los últimos años constatan la vitalidad de los intercambios comerciales que deben de atravesar los Pirineos, a los que hay que sumar el tráfico de vehículos privados. La

---

<sup>2</sup> Eurostat, Statistics in Focus, Transport, 35/2008, 'Modal splits in the inland transport of the EU'.

Comunidad de Trabajo de los Pirineos<sup>3</sup> ha constatado, como el principal problema de las comunicaciones pirenaicas, la insuficiencia del desarrollo de las redes de transporte entre la península Ibérica y el resto de Europa<sup>4</sup>.

Dichos retrasos en infraestructuras, que son muy graves para el transporte ferroviario, afectan igualmente a la red viaria, amenazando la capacidad de desarrollo económico de España y Portugal y limitando las posibilidades de intercambio entre las regiones fronterizas.

Los principales obstáculos del tráfico terrestre pueden resumirse en que:

1- Las líneas ferroviarias transpirenaicas actualmente utilizadas, en algunos casos son las mismas que las que ya existían hace 125 años, que son únicamente los dos pasos costeros: la estación de Cerbère/Port Bou (55% del tráfico total) al este, y la de Hendaya/Irún (45%) al oeste. En el paso ferroviario Puigcerdà -la Tour de Carol es necesaria una adaptación de la línea actual para el establecimiento de servicios adecuados de transporte de pasajeros y mercancías.

2- Hay el problema de la diferencia de ancho de vía entre la red francesa y de la mayor parte de Europa, equipada según las normas UIC<sup>5</sup>, y la de la península ibérica. Este es un obstáculo que siempre obliga a realizar una operación técnica en la frontera.

Las nuevas líneas de ancho UIC en construcción o previstas en España, como el AVE a Port Bou, permitirán resolver parcialmente este problema para el transporte de viajeros, pero quedará pendiente para el problema de las mercancías. Además, cabe señalar que en Francia las líneas que llegan a la frontera española están saturadas en diversos puntos y que la solución para estos “cuellos de botella” necesita inversiones importantes.

3- El estancamiento de la red transpirenaica de autopistas durante los últimos 25 años. A pesar del fuerte aumento del tráfico trans-fronterizo, la red de infraestructuras de alta capacidad no ha cambiado. La permeabilidad viaria en el interior de la cordillera pirenaica tampoco ha experimentado una evolución destacable, a pesar de los esfuerzos realizados en la perforación de nuevos túneles.

---

<sup>3</sup> Agrupación de las 8 regiones limítrofes con los Pirineos, citada por el organismo CTP.

<sup>4</sup> Documento “Propuesta de posición común sobre las grandes infraestructuras de comunicación”, CTP 2001.

<sup>5</sup> La Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), o Unión Internacional de Ferrocarriles, es la asociación mundial para la cooperación entre los principales actores del sector ferroviario internacional.

4- El crecimiento preocupante del tráfico trans-fronterizo de mercancías. Según informaciones publicadas por el Observatorio del Tráfico en los Pirineos, en 1998, 14.000 camiones por día de media atravesaron la frontera, principalmente por las autopistas en Biriattou/Irún y Le Perthus/la Jonquera. Para el año 2020, aplicando una tasa de crecimiento similar a la experimentada estos últimos años, el tráfico de mercancías podría verse incrementado en 100 millones de Toneladas adicionales, lo que equivaldría a unos 250 millones de Toneladas en total, y más de 30.000 camiones al día atravesando los Pirineos.

### 4.3 Evolución del tráfico por carretera de los grupos de mercancías

En los siguientes apartados se detalla el análisis de los tráficos transpirenaicos por carretera, para poder determinar cuáles son susceptibles de trasvasarse al tráfico marítimo.

Los principales flujos internacionales de mercancías segregados por tipos de mercancías se detallan a continuación y toman de referencia la clasificación NST/R<sup>6</sup>, siendo su fuente siempre la Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera, realizada por el Ministerio de Fomento.

Período	TOTAL	Productos agrícolas	Productos alimenticios	Productos petrolíferos	Materiales construcción	Maquinaria y manufacturas	Resto grupos
2000	37.653	9.901	4.162	862	2.163	13.500	7.065
2001	42.188	10.840	4.755	719	3.216	15.333	7.324
2002	50.952	12.243	5.330	1.286	4.076	19.796	8.221
2003	49.524	11.642	5.280	907	3.258	20.298	8.139
2004	60.534	14.243	7.592	1.261	4.757	22.821	9.860
2005	62.459	14.165	7.922	1.024	5.009	24.743	9.597
2006	60.787	15.294	8.473	662	4.628	22.019	9.711

Tabla 4-1: Volúmenes de tráfico por carretera en miles de toneladas en transporte internacional, clasificados por grupos de mercancías.<sup>7</sup> (Fuente: EPTMC 2006, Ministerio de Fomento)

<sup>6</sup> NST/R: Standard goods classification for transport statistics / Revised.

<sup>7</sup> El apartado "resto de grupos", incluye a los grupos 2 (combustibles minerales sólidos), 4 (minerales y residuos para la metalurgia), 5 (productos metalúrgicos), 7 (abonos) y 8 (productos químicos).

Distribución % año 2006	TOTAL	Productos agrícolas	Productos alimenticios	Productos petrolíferos	Materiales construcción	Maquinaria y manufacturas	Resto grupos
Toneladas	100	25,2	13,9	1,1	7,6	36,2	16,0
Toneladas-kilómetro	100	29,8	14,4	0,5	4,2	37,4	13,6

*Tabla 4-2: Distribución porcentual detallada de la mercancía movida por carretera en participación % de cada grupo el año 2006. (Fuente: EPTMC 2006, Ministerio de Fomento)*

La lectura somera de los porcentajes detallados en la tabla anterior, permite observar que la suma de las partidas de los grupos correspondientes a los productos agrícolas, alimenticios, y de maquinaria, vehículos y manufacturas, asciende a las tres cuartas partes del total. Siendo estas mercancías las que por cantidad podrían ser objeto de un trasvase al transporte marítimo y además, susceptibles de ser envasadas en contenedor, facilitando la cadena multimodal.

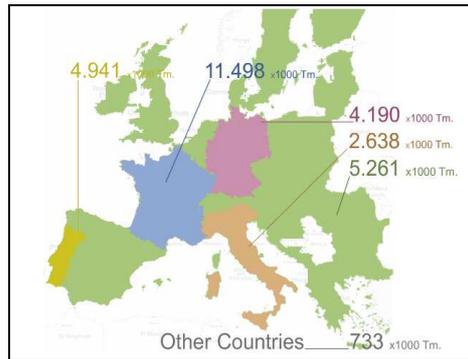
#### **4.4 Evolución del tráfico por carretera con los países más cercanos**

La carretera es el medio de transporte mayoritario usado para la mercancía dadas las ventajas en términos de flexibilidad, posibilidad de acarrear la carga de puerta a puerta y hasta el momento exenta de externalidades, hecho que la futura legislación en Europa va a cambiar.

En el año 2003, se transportó por carretera el 57,1% del valor total con 79.369 millones de € del comercio exterior Español, frente al 28,12% y 35.738 millones de € por medio marítimo, 5,13% por vía aérea y el 4,85% por ferrocarril. Respecto a las importaciones el camión supuso el 56,61% del valor total con 104.222 millones de €, mientras que por vía marítima ascendió al 30,25% y 55.689 millones de €. Sólo en Catalunya, el transporte por carretera movió 235.147 millones de Tm. durante el año 2003, lo que representa el 3,37% de incremento con respecto del año 2002. A continuación se situó Andalucía con 196.598 millones de Tm. (+2,48%) y la Comunidad Valenciana con 194.848 millones de Tm. (+1,71%).

---

<sup>8</sup> Fuente: Institut d'Estadística de Catalunya, año 2004.



País de destino	x 1000 Tm.	x 10 <sup>6</sup> Tm-km
Alemania	4.190	8.113
Francia	11.498	9774
Italia	2.638	4.055
Portugal	4.941	2.426
Resto UE	5.261	10.534
Otros países	773	736
<b>TOTAL</b>	<b>29.301</b>	<b>35.638</b>

Tabla 4-3: Detalle de las operaciones de mercancías transportadas por carretera entre España y la UE, en miles de toneladas y millones de toneladas por kilómetro, 2006. (Fuente: EPTMC 2006, Ministerio de Fomento)

En una primera lectura de los datos obtenidos, los países de la Unión Europea que intercambian mercancía mediante camión con España son principalmente Francia, Portugal, Alemania e Italia.

## 4.5 Conexiones entre España y Europa

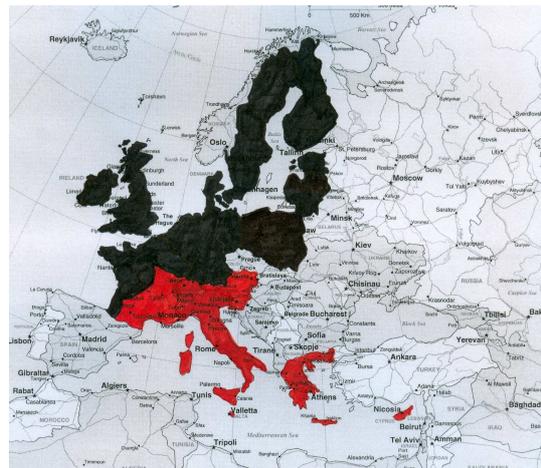
### 4.5.1 Zonificación de Europa

Una vez hallado el tipo de mercancías susceptibles a ser unitinizables entre España y los países de la Unión Europea, e identificar los países con principal intercambio de mercancías, se consideró la necesidad de definir el área de estudio, por lo que se diferenció entre la vertiente Atlántica y la Mediterránea de Europa.

El objeto de estudio final es el flujo de tráfico de mercancías que se intercambian entre España y el resto de países de la Unión Europea, que pasan por la frontera trans

pirenaica, por lo que se ha considerado la división del territorio europeo en dos zonas diferenciadas y atendiendo a su ubicación y apertura geográfica, de la siguiente forma:

- **Europa - Atlántica:** Francia, Bélgica, Luxemburgo, Holanda, Alemania, Dinamarca, Suecia, Finlandia, Reino Unido, Irlanda, Estonia, Lituania, Letonia y Polonia.
- **Europa - Mediterránea:** Francia, Italia, Grecia, Chipre, Eslovenia, Malta y Austria.



- Europa-Atlántica
- Europa-Mediterránea

*Figura 4-1: División territorio europeo. (Fuente propia)*

Como se puede deducir de la anterior división, Francia es el único país que participa en los intercambios de mercancías de los dos corredores: una zona formada por las regiones más próximas al Mar Mediterráneo y la otra, por las regiones más próximas al Océano Atlántico.

#### **4.5.2 Zonificación del Estado Español**

Después de dividir el territorio europeo en dos vertientes, la Norte y la Sur, a continuación se ha procedido a realizar la misma operación con el territorio del Estado Español (exceptuando zonas de menor importancia para el estudio). En primer lugar se zonifica por comunidades autónomas, obteniendo el siguiente mapa de zonas:



Figura 4-2: Zonificación Península Española. (Fuente propia)

Cada una de las zonas comprende las siguientes comunidades autónomas:

<b>Zona 1</b>	Comunidad Valenciana, Murcia y Andalucía
<b>Zona 2</b>	Cataluña y Aragón
<b>Zona 3</b>	Madrid, Castilla la Mancha, Castilla y León y Extremadura
<b>Zona 4</b>	Galicia, Asturias y Cantabria
<b>Zona 5</b>	País Vasco, Navarra y La Rioja

Tabla 4-4: Zonificación Península Española. (Fuente propia)

En este apartado se ha profundizado en el conocimiento e identificación de los puntos de salida de mercancía española destinada a la exportación, y a su vez, los puntos de entrada de la misma en el Estado, que se encuentran estratégicamente situados, en términos de distancia, vías de comunicación o la pertenencia a un área de influencia portuaria respecto de las áreas de producción y que pueda también, en función de las infraestructuras existentes, ser transportada en medios unitizados.

Una forma de estudiar el flujo de mercancías es a partir de una serie de centros de transporte o de plataformas logísticas más cercanas a grandes núcleos de producción, y consideradas representativas dentro de cada una de las zonas en las que se ha dividido el Estado Español, de modo que se omite voluntariamente el coste de contemplar la diversidad de orígenes y destinos de la mercancía para concentrarla en puntos limitados. Se han identificado los centros logísticos existentes en España y se ha

definido la vertiente a la cual sirven, según su ubicación (corredor marítimo más cercano) y se ha clasificado en función del tipo de mercancía que almacena, manipula y distribuye.

En los Centros de Transporte de Mercancías (CTM) se concentran actividades y funciones técnicas, que aportan una serie de valores añadidos al transporte, y que permiten realizar las distintas actividades del sector en un ámbito logístico homogéneo. Además, favorecen la intermodalidad mediante la implantación de terminales interconectadas, terrestres, marítimas, aéreas o ferroviarias, que propician un ahorro de tiempo y dinero, tanto para la empresa como para los transportistas. En España, las primeras iniciativas de centros integrados de mercancías comenzaron a principios de los años noventa; en la actualidad ha incrementado el número de este tipo de centros.

La relación de los centros logísticos, divididos por zonas es la siguiente:

<b>Zona 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CTM – Sevilla</li> <li>- CTM – Málaga</li> <li>- CTM - Cartaya</li> <li>- CTM – Castellón</li> <li>- ZAL - Alicante</li> </ul>
<b>Zona 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CTM – Zaragoza</li> <li>- Puerto Seco Santander – Ebro</li> <li>- Z.F.B Barcelona</li> <li>- ZAL CILSA Barcelona</li> <li>- CIM Vallès</li> </ul>
<b>Zona 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CTC: Coslada</li> <li>- ZAL de Azuqueca de Henares</li> <li>- CLASA Madrid</li> <li>- CETABSA Burgos</li> <li>- CTB Benavente</li> <li>- CTM - Jerez de los Caballeros</li> <li>- CTM – Navalmoral de la Mata</li> <li>- Centrolid (Valladolid)</li> </ul>
<b>Zona 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CTM – Gijón</li> <li>- CTM – Oviedo</li> <li>- CITARSA Santander</li> </ul>
<b>Zona 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CTP – Pamplona</li> <li>- CTV – Vitoria – Gasteiz</li> <li>- ZAIZA Irún</li> <li>- BIKAKOBO - APARCABISA</li> </ul>

*Tabla 4-5: Centros logísticos por zonas. (Fuente propia)*

En la realización del estudio fue necesario establecer los flujos de mercancías que actualmente se relacionan entre España y Europa, principalmente en la temática objeto

de este capítulo que es el tráfico por carretera y por ferrocarril trans-pirenaico, pero también se analizaron los flujos globales de tráfico marítimo de corta distancia ya establecidos.

#### **4.6 Mercancías captables por el transporte marítimo en función de las zonas españolas**

Es necesario evaluar la tipología, y no sólo los volúmenes, de las mercancías susceptibles de ser captadas por el transporte marítimo de corta distancia en los arcos de la Europa-Atlántica y la Europa-Mediterránea anteriormente descritos.

En el proyecto INECEU<sup>9</sup> se limitó el estudio a la mercancía intercambiada por los pasos Pirenaicos, se remitió principalmente al estudio de los datos proporcionados por la Encuesta permanente de tráfico de mercancías de los Pirineos, evaluando:

- Los volúmenes de mercancía movidos por cada Comunidad Autónoma.
- El tipo de mercancías movidas por las mismas, seleccionando las unitizables.
- Comparativa de tiempos y distancias totales según si se trata de un escenario unimodal o multimodal, a partir de una formulación específica.
- Los costes totales comparando el escenario unimodal e multimodal, en función de las cifras proporcionadas por algunos de los actores marítimos.

La propia asociación Española para la promoción del transporte marítimo de corta distancia (SPC-Spain)<sup>10</sup>, considera los siguientes requisitos para los cuales el transporte marítimo empieza a ser rentable. Dichos requisitos se tuvieron en cuenta en el presente estudio:

- 450 millas como la distancia marítima mínima.
- Captar tráfico de carretera cuando éstos superen los 1500 Km de distancia.
- Adecuar la velocidad del buque para maximizar las rotaciones.

---

<sup>9</sup>Olivella, J. et al. (2005). Intermodalidad entre España y Europa. El proyecto INECEU.

<sup>10</sup> Datos obtenidos en: <http://www.shortsea.es>.

- Concentrar los servicios marítimos para garantizar un mayor número de frecuencias.
- Favorecer la interrelación con empresas de transporte por carretera de otros países.

A continuación se definen cada una de las zonas en que se ha dividido el estado español detallando, en función de los flujos de carga, cuales son las mercancías susceptibles de ser unitizadas en cada una de las zonas.

#### **4.6.1 Zona 1**

Los principales productos que exporta la zona de Andalucía, Murcia y Levante son productos del reino vegetal. El 61% de estos productos de reino vegetal son frutas y frutos comestibles, cítricos, melones o sandías. En esta área, existen importantes acciones para promocionar el transporte marítimo de corta distancia como los llevados a cabo por el Instituto de Fomento de la Región de Murcia y la Autoridad Portuaria de Cartagena que participaron, junto con otras autoridades de la zona meridional europea, en el Proyecto ReMoMed<sup>11</sup>. O la propia APROA<sup>12</sup>, que es una fundación creada por la Autoridad Portuaria de Castellón, para promocionar comercialmente sus infraestructuras y servicios.

Asimismo la Comisión Europea, además ha financiado un proyecto por valor de 1,5 millones de € para crear una línea que permita el transporte de productos perecederos entre los puertos de Cartagena, Huelva, Almería, Algeciras y Cádiz con Rotterdam.

La compañía MAERSK abrió un servicio de ferrocarril entre la terminal portuaria de Valencia y la estación de Coslada en Madrid, con una periodicidad de dos salidas por semana desde cada estación y se cubre con 21 vagones capaces de transportar 42 TEU's equivalentes a 900 Tm.

---

<sup>11</sup> El proyecto ReMoMed fue financiado por la Unión Europea y tenía como finalidad el desarrollo del transporte intermodal en el corredor Mediterráneo Sur.

<sup>12</sup> Ver [www.fundacionportcastello.com](http://www.fundacionportcastello.com) o [www.fundacionaproa.com](http://www.fundacionaproa.com)

Las regiones agrupadas dentro de esta zona son exportadoras por carretera principalmente de productos como las verduras, cítricos y hortalizas.

#### **4.6.2 Zona 2**

Esta zona, eminentemente industrial, realiza diferentes intercambios con países europeos, sin embargo muchos de estos intercambios no son captables por el transporte marítimo de corta distancia debido a la falta de unitización de la mercancía, o a la dispersión de los puntos de exportación / importación, por la falta de demanda esperable en un futuro o bien porque el estudio comparativo con el transporte unimodal no es atractivo.

A priori, se debe de anticipar que los intercambios realizados con Italia son los únicos que justifican una línea, siendo los tipos de mercancía susceptible de ser unitizada, los grupos de:

- Materiales plásticos, caucho y sus manufacturas.
- Metales comunes y manufacturas de estos metales.
- Productos de industrias químicas.
- Máquinas, aparatos y material eléctrico.

Otro producto de transporte destacable, y en el que el puerto de Barcelona es el líder en cuanto a número, es el de vehículos intercambiados en todo el sistema portuario Español, que ha registrado un aumento del 17,88% en los dos primeros meses del año 2008 respecto al mismo período del 2007, con 145.753 unidades transportadas. Los pasajeros que viajaron en los diferentes servicios de *short sea shipping* que parten de Barcelona con destino a Génova, Roma, Livorno y Tánger ha crecido un 15% respecto a los primeros meses del año 2007.

El otro puerto de interés general es el de Tarragona que inauguró en otoño del año 2005, un servicio con Génova bisemanal y a Salerno con escala en Alicante semanal,

siendo el tiempo de tránsito de 2 días. Los buques utilizados tienen una capacidad de 170 TEU's cada uno, admitiendo todo tipo de cargas, y su propósito es el de captar cargas de la industria química tarraconense esperando lograr una tasa de ocupación del 80%. La propuesta de líneas para servir a esta industria ya tuvo una oferta inicial de la Autoridad Portuaria de Tarragona, mediante las propuestas TROJANUS y NAVIGIUM ISIDIS<sup>13</sup> al programa Marco Polo, que no prosperaron.

No obstante Tarragona tiene tráficos cautivos como los agroalimentarios, sólidos y líquidos a granel (por tanto no unitizados), que son los que más incidencia y mejores resultados están registrando en el puerto, como son los productos siderúrgicos y los del petróleo.

### **4.6.3 Zona 3**

Las ZAL y puerto seco de Azuqueca de Henares, se encuentran situados a 44 kilómetros de Madrid en la autovía Madrid-Barcelona, cuentan con acceso directo a diversas líneas ferroviarias, además de tener como objeto conectar con los 4 grandes puertos peninsulares. El puerto seco de Azuqueca está a un radio menor a los 400 kilómetros de los puertos de Valencia y Santander, mientras que en distancias superiores a los 400 kilómetros tiene los puertos de Bilbao y Alicante.

En el Centro de Transportes de Benavente (CTB) confluyen en la actualidad la autovía A-6 Madrid-Coruña, la N-360 y el enlace con el norte de Portugal. Los puertos más próximos se encuentran en la cornisa cantábrica y Galicia, siendo en orden creciente Gijón, Vigo y Coruña. En la fachada Mediterránea se cuenta con Valencia a 620 kilómetros.

---

<sup>13</sup> Estos dos proyectos, presentados por el puerto de Tarragona al programa europeo Marco Polo, tenían como objetivo principal potenciar el transporte marítimo de corta distancia para reducir el tráfico en las carreteras y, por tanto, la seguridad en las mismas. Ambos proyectos tienen nombres en latín y están relacionados con la época romana, cuando el transporte marítimo tenía una importancia para comunicar las principales ciudades del imperio.

El centro de Transportes y Aduanas de Burgos se halla en el punto kilométrico 245 de la N-I, cerca del aeródromo y de la estación de ferrocarril. Tiene en un radio menor a los 200 kilómetros el puerto de Bilbao y superándolos el de Santander. En la vertiente Mediterránea tiene el puerto de Tarragona a 535 kilómetros y el de Valencia a 600.

Las principales mercancías que podrían ser captables por el transporte marítimo en la zona de Madrid, Castilla la Mancha, Castilla León y Extremadura según la vertiente que se considere serían las siguientes:

Vertiente Mediterránea:

- Francia: productos de industrias químicas y sus derivados.
- Italia: materiales plásticos, caucho y manufacturas.
- Italia: metales comunes y manufacturas de estos metales.

Vertiente Atlántica:

- Alemania: materiales plásticos, caucho y manufacturas, metales comunes y manufacturas de estos metales

#### **4.6.4 Zona 4**

Los puertos integrantes de esta zona se han destacado eminentemente por servir a tráficos vinculados con la industria pesada que se desarrolla dentro de su área de influencia. No obstante, existen interesantes acciones como las realizadas por los puertos de Santander y de El Ferrol, que han inaugurado una línea quincenal con dos buques con el puerto de Rauma (el puerto más grande del Golfo de Botnia de carga general, con 110.000 TEU's al año) que está especializado en la importación de productos químicos para el tratamiento de la madera, exportando un tercio de todo el papel de Finlandia. El servicio se completa con la recalada en Hamina del buque con destino Santander.

Otras iniciativas son las llevadas a cabo por el puerto de Vigo, que movió 528.063 vehículos en el año 2003, y que ha cerrado un acuerdo con tres navieras japonesas (K line, Mitsui & Co. y MOL) para ser la plataforma de operaciones de las mismas con el objeto de distribuir 60.000 vehículos, que se suman a los 420.000 de la factoría PSA. Además TOYOTA podría desembarcar 15.000 vehículos junto a otros 100.000 de BMW.

A pesar de esto, debido al poco volumen de mercancías movidas entre esta zona española y los países europeos y la tipología de las mercancías movidas, se ha desestimado esta zona para este estudio.

#### **4.6.5 Zona 5**

Esta zona, también industrial, realiza intercambios de volúmenes muy importantes en el sector de los graneles, pero también se debe destacar su peso en la mercancía contenerizada. Un ejemplo sería el del puerto de Pasajes que movió 279.597 vehículos en el año 2003, Santander con 276.554 unidades o Bilbao que mueve 16.000 unidades. Estos tres últimos puertos disponen de un servicio de tráfico de vehículos prestado por la naviera UECC, cobrando protagonismo el caso de Bilbao por haber sido elegido como puerto de exportación para los vehículos de General Motors, producidos en Zaragoza. La naviera UECC realiza una escala cada cuatro días en Pasajes, con destino al canal de San Jorge en Reino Unido e Irlanda, Holanda y Bélgica.

Las regiones integrantes de la zona 5 son bastante homogéneas en términos de sus actividades económicas, siendo el grupo principal de productos intercambiados el de los metales y sus manufacturas, concentrándose su origen en el País Vasco, e incluyendo en este grupo manufacturas como transformadores, maquinaria o equipos mecánicos y también construcciones metálicas y artículos metálicos en general.

Finalmente, en la siguiente tabla se resumen las mercancías captables por el transporte marítimo en función de las zonas españolas:

<b>Zona 1</b>	Productos del reino vegetal: frutas, verduras y hortalizas.
<b>Zona 2</b>	Productos industriales. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materiales plásticos, caucho y sus manufacturas</li> <li>▪ Metales comunes y manufacturas de estos metales.</li> <li>▪ Productos de industrias químicas.</li> <li>▪ Máquinas, aparatos y material eléctrico.</li> </ul>
<b>Zona 3</b>	Productos industriales. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Materiales plásticos, caucho y sus manufacturas</li> <li>▪ Metales comunes y manufacturas de estos metales.</li> <li>▪ Productos de industrias químicas.</li> </ul>
<b>Zona 4</b>	No se considerará esta zona debido a la tipología y al volumen de mercancías.
<b>Zona 5</b>	Productos industriales. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Metales comunes y manufacturas de estos metales.</li> </ul>

*Tabla 4-6: Mercancías captables para el transporte marítimo en función de las zonas. (Fuente propia)*

## 4.7 Puntos seleccionados como orígenes y destinos finales

Este apartado tiene como justificación el reflejo de la realidad de la composición de la industria y los centros de consumo. De esta forma se podrán seleccionar los puertos más cercanos a los destinos u orígenes más convenientes, tomando, en el caso español, los principales centros logísticos y de transporte más cercanos a los núcleos más importantes de población, y considerando un significativo grado de concentración de los puntos de atracción y generación, lo que favorece la utilización del transporte marítimo de corta distancia. La industria y la ubicación de los volúmenes de carga intercambiados no se encuentran normalmente concentrados en los puertos, salvo excepciones destacadas como la ZAL del puerto de Barcelona, o los ejemplos de las CTM de Gijón a sólo 14 kilómetros del Musel, o de Bikakobo Aparcabisa a 8 kilómetros del puerto de Bilbao, e incluso el CTM Zaiza-Irún a 16 kilómetros del último.

#### 4.7.1 Centros seleccionados de expedición y recepción de la mercancía en función de la zonificación del Estado Español

Para la zona 1, se han seleccionado el CTM de Sevilla por tratarse de un baricentro industrial en Andalucía, y la ZAL de Alicante, por ubicarse en el propio puerto y situarse en el punto intermedio entre las comunidades Valenciana y de Murcia.

Para la zona 2, se han tomado la ZAL de Barcelona, por ubicarse en el puerto y representar un foco económico importante de Cataluña, y el puerto seco de Santander – Ebro, por cercanía al otro epicentro industrial del área, que es Zaragoza.

En la zona 3, de mayor extensión, se han seleccionado la ZAL de Azuqueca de Henares, por situación y carácter industrial, el CTB de Benavente para cubrir el área más occidental, y CETABSA en Burgos para la parte más oriental de la zona.

En la zona 5 se ha seleccionado el Centro de Transportes ZAIZA de Irún.

En todas las opciones se ha decidido primar los centros más equidistantes dentro de cada zona y la disponibilidad de terminal ferroviaria.



Figura 4-3: Centros seleccionados en función de la zonificación del estado español. (Fuente propia)

#### **4.7.2 Centros seleccionados de expedición y recepción de mercancía en función de la división del territorio Europeo**

A la vista de los estudios realizados en el proyecto INECEU, se halló que había unas previsiones de carga futuras que se cumplirían en el caso de no haber ninguna variación importante en las condiciones iniciales que se analizaron. Para la variable origen o destino de cargas, se hallaron los tres países más susceptibles de ser los primeros en cuanto a potencialidad futura de intercambios, tratándose de Francia, Alemania e Italia. La participación de estos tres países sobre el volumen total llegaba a un 72,5% en el año 2003. Con un volumen de mercancía transportada de 20,908.000, 6,645.000 y 4,632.000 de toneladas respectivamente y con un crecimiento estimado para el año 2010 sobre el total de la UE-15<sup>14</sup> hasta el 79,4%, representando una previsión de 35,078.000, 12,542.000 y 11,545.000 de toneladas.

De la misma forma que en el apartado anterior, también se han considerado puntos de recepción y expedición de mercancías de los países europeos que más intercambios con España efectúan, en función de la división del territorio europeo realizado:

- En la región de la Francia mediterránea se ha seleccionado Lyon como centro receptor de mercancías, siendo el puerto más cercano del área el de Marsella, y en la Francia atlántica París, como centro emisor y receptor de mercancías, contando con Le Havre como puerto más cercano.
- En la región de Italia, se han considerado varias opciones debido al elevado intercambio de mercancías a través del transporte marítimo existente, considerando Milán, a través del puerto de Génova o del puerto de Le Havre (en función del puerto español de procedencia de la mercancía), Roma, a través del puerto próximo de Civitavecchia, y Nápoles a través del mismo puerto.
- En la región de Alemania se ha seleccionado Berlín como centro receptor de mercancías, siendo el puerto más cercano Hamburgo.

---

<sup>14</sup> Referido a los quince países integrantes de la Unión Europea, dado que partimos de datos del año 2003.



Figura 4-4: Centros seleccionados en función de la división del territorio europeo. (Fuente propia)

#### 4.8 Estudio de las diferentes opciones de líneas marítimas seleccionadas en función del tiempo, coste y de la naturaleza de las cargas transportadas

Los principales países que realizan intercambios comerciales por carretera con España son: Francia, Alemania e Italia, con casi las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total respecto a la UE.

Respecto del análisis de la variable tonelada por kilómetro, existe un leve descenso general, aunque algo más acusado en los intercambios con Italia, que se pueden achacar a la disminución de las distancias que se cubren por camión.

En atención a los grupos de mercancía más ampliamente intercambiados se debe decir que los volúmenes en general mayores, corresponden a los productos del reino vegetal (identificados como agrícolas - ganaderos), a los productos industriales alimenticios (incluyendo bebidas y tabaco) y al grupo maquinaria y manufacturas en general. Sobre un hipotético transporte internacional total en volumen, la suma de productos agrícolas y alimenticios asciende al 34,2% en el año 2003 y que sumado al grupo de maquinaria y manufacturas llega al 75,2%, con un crecimiento estimado para el año 2010 hasta el 26,3%, y el 77,2% respectivamente.

Desagregando los intercambios por grupos de mercancías, se han identificado los tres grandes grupos que van a ser objeto de estudio. Adicionalmente se ha analizado la justificación de líneas de transporte marítimo agrupándolas por regiones receptoras (u origen) en Europa, y dentro de cada región, distribuidas por grupos de mercancías.

El siguiente paso es el cálculo de las distancias y costes totales de las cadenas de transporte y la redefinición de las distancias finales entre los puertos europeos y los centros elegidos como origen o destino de las mercancías como Lyon, París, Milán, Roma y Berlín. No obstante se han realizado los cálculos para ciudades diferentes a las seleccionadas, cuando la importancia de los intercambios lo ha justificado.

La función de costes y tiempo, va a ser la misma que se ha aplicado para la carretera y por tanto, la cadena unimodal por carretera simplemente verá recalculados sus parámetros en función de las distancias totales a recorrer, mientras que en el caso de la cadena multimodal, se ha contemplado el tramo por carretera, el marítimo y el tramo por carretera hasta el destino final.

#### **4.8.1 Cálculo de tiempos entre los transportes unimodal y multimodal**

A partir de la identificación de los centros de transporte se han calculado las distancias por carretera y sus homólogas por mar, pero incluidas dentro de una cadena multimodal, de forma que se tienen en cuenta los tramos terrestres a recorrer por el camión entre los orígenes y destinos y los respectivos puertos.

Los tiempos de viaje asociados a una cadena unimodal respecto de la multimodal, son en muchos casos, criterios determinantes siempre que los costes no varíen excesivamente entre las dos posibilidades.

Para el cómputo de los tiempos, se ha adoptado el criterio usado en el estudio patrocinado por SPC-Spain<sup>15</sup>, en el que se supone un escenario actual y otro futuro, en el que la congestión de las carreteras y la paralela modernización de la flota podrían reducir en 10 Km./h la velocidad de los camiones y se incrementará la velocidad de los buques hasta los 18 nudos. Esta última suposición se considera altamente probable y plausible, puesto que las últimas entregas de buques dedicados al tráfico de contenedores, Ro-Ro o Ro-Pax como los El Djazair, Tassili II o el Volcán de Tamasite, fácilmente superan tal velocidad. Además y como se plantea en este proyecto, la incidencia de la alta velocidad en este tipo de tráficos podría incrementar la media a los 30 nudos en los casos en que se justificara el flete de buques de alta velocidad.

Los parámetros que permitirán contemplar todos los datos referentes al tiempo necesario para poder transportar la mercancía en una cadena unimodal, respecto de la cadena multimodal, se detallan a continuación:

- La  $V_0$  es la velocidad media del camión en ausencia de congestión y se ha fijado en 75 Km./h para la actualidad y para la hipótesis futura en 65 Km./h.
- $L_{ij}$  es la longitud de recorrido del punto “i” al “j”.
- La velocidad actual del barco es de 18 nudos y la futura estimada de 25/30 nudos.
- El tiempo de carga y descarga de las mercancías de los buques se supone de 2 horas (una en cada puerto). En ambas hipótesis, dicho tiempo se computa en los tramos terrestres.

Por otro lado, el tiempo de viaje vendrá dado por la siguiente expresión:

$$t = \frac{L_{ij}}{V_0} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

---

<sup>15</sup> “*Tipología y volumen de las mercancías captables por el transporte marítimo de corta distancia*” SENER, Edición 1, Julio de 2003.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en el camión es la jornada laboral, que para el transporte por carretera es de 9 horas. Por tanto, una forma de contemplar esta restricción, es la de considerar como día de trabajo, el período de 9 horas y repercutiendo en la velocidad por día.

Finalmente, para la evaluación de las distancias reales, se ha consultado la guía CAMPSA del año 2004 y el programa Autoroute 2001 de Microsoft, calculando cada uno de los corredores que unen las distintas ciudades y sumándoles las distancias entre los puntos que marca la guía y los orígenes o destinos de los centros logísticos o puertos, considerados para el estudio.

#### **4.8.2 Cálculo de costes entre los transportes unimodal y multimodal**

Los costes de cada una de las cadenas se han obtenido por el lado terrestre a partir de las cifras de coste por hora conducida y coste por kilómetro, proporcionados por el *Observatori de Costos del Transport per Carretera* de la *Generalitat de Catalunya*, y contemplando un camión tipo, con capacidad de carga de 25 toneladas. Dichos costes se han aplicado también al tramo terrestre de las cadenas multimodales.

En el caso del tramo marítimo, se ha realizado un sondeo del precio medio que pagaría un remolque de 12 metros y 25 toneladas a bordo de un buque de carga rodada perteneciente a una naviera que realiza tráficos de cabotaje. Dicho precio dividido por milla navegada más unos costes portuarios fijos se han aplicado a todas las líneas marítimas analizadas. Se considera que para trayectos cortos como los existentes en el Mediterráneo Occidental y Mar del Norte, el transporte marítimo es una alternativa viable si se cumplen una serie de condicionantes. De hecho diferentes navieras en Europa están demostrando la viabilidad y eficiencia de este modo de transporte, como Grimaldi Napoli, P&O Ferries, Cobelfret Ferries o Grupo Boluda, Contenemar y Vapores Suardíaz por citar sólo algunas en nuestro país.

Dado un origen y destino determinados, se trata de comparar el coste que supone transportarlo en carretera respecto el modo combinado. Para el cómputo se han

supuesto dos escenarios, uno con las hipótesis actuales y otro con las hipótesis futuras, suponiendo un incremento de tráfico y una mayor congestión de las carreteras, y una tasación del transporte de mercancías por carretera, como esta sucediendo en Suiza, y como próximamente se implementará en Alemania, Austria y Francia, pero que en este estudio no se ha contemplado<sup>16</sup>.

### **4.8.3 Francia Mediterránea**

En esta región, se ha seleccionado Lyon como centro receptor de mercancías, siendo el puerto más cercano del área el de Marsella. Clasificados por zonas españolas, se obtienen las siguientes comparativas:

#### **4.8.3.1 Zona 1 a Lyon**

Intercambian con la vertiente meridional francesa, productos del reino vegetal, entre los que se incluye la exportación de verduras, cítricos y hortalizas, fácilmente unitizables en contenedores o remolques refrigerados. Las importaciones de este tipo de mercancías provienen de las regiones de la Francia Mediterránea como Midi-Pyrenées, Languedoc-Roussillon, Franche-Comte o Auvergne, cuyo baricentro situamos en Lyon, usando el puerto de Marsella.

Una línea susceptible de analizar sería la que uniera los orígenes seleccionados en esta zona como la ZAL de Alicante con los puertos de salida de Alicante, Valencia o Cartagena y el CTM de Sevilla usando los puertos de Sevilla, Huelva o Cádiz, para unirse con los destinos de la Francia Mediterránea en Marsella y final en Lyon. Dicha propuesta responde a criterios puramente de proximidad geográfica, ulteriormente replanteables.

---

<sup>16</sup> “*Tipología y volumen de las mercancías captables por el transporte marítimo de corta distancia*” SENER. Shortsea Promotion Center – Spain, Julio de 2003.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Lyon	1d 4,2 h
	Cartagena	Marsella	Lyon	1d 8,9 h
	Valencia	Marsella	Lyon	1d 3,5 h
ZAL Alicante	-	-	Lyon	1d 6,3 h

Tabla 4-7: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y Lyon. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Lyon	781,4 €
	Cartagena	Marsella	Lyon	911,1 €
	Valencia	Marsella	Lyon	869,1 €
ZAL Alicante	-	-	Lyon	818,3 €

Tabla 4-8: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y Lyon. (Fuente propia)

A partir de este breve análisis, se obtiene que la opción marítima en tiempo es más ventajosa si se sale de Alicante o Valencia. En atención al coste, sólo la opción de salir desde Alicante es más barata que el camión. Valencia es más corta en tiempo pero ligeramente más cara.

Considerando la CTM de Sevilla, se obtienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CTM Sevilla	Cádiz	Marsella	Lyon	2d 1,9 h
	Huelva	Marsella	Lyon	2d 4,6 h
	Sevilla	Marsella	Lyon	2d 3,75h
CTM Sevilla	-	-	Lyon	2d 5,2 h

Tabla 4-9: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y Lyon. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CTM Sevilla	Cádiz	Marsella	Lyon	1103,5 €
	Huelva	Marsella	Lyon	1121,4 €
	Sevilla	Marsella	Lyon	1056,2 €
CTM Sevilla	-	-	Lyon	1237,1 €

*Tabla 4-10: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y Lyon. (Fuente propia)*

A partir de este breve análisis, se obtiene que la opción marítima en tiempo siempre es ligeramente más ventajosa saliendo de cualquiera de los tres puertos propuestos. En atención al coste también la opción marítima es más barata que el camión, con diferencias de alrededor a los 150€.

#### **4.8.3.2 Zona 2 a Lyon**

Las regiones de Cataluña y Aragón intercambian con la vertiente Mediterránea de Francia productos de diferentes grupos. Se han considerado los grupos seleccionados para esta comparativa más voluminosos como los del reino vegetal, los metales comunes y sus manufacturas y aparte de los productos químicos y derivados, los alimentos, bebidas y tabaco.

Esta zona importa de Francia productos del reino vegetal como frutas y hortalizas en Borgoña, Franche – Comte y Auvergne, mientras que productos de la industria de la alimentación provienen eminentemente de Languedoc-Rousillon o Poitou – Carentes (viñedos). Existe en contrapartida un flujo exportador de productos industriales de alimentación, bebidas y tabaco (aceite, cereales, aceitunas o forraje), que concentran su producción en la región de Tarragona, Sur de Lleida o centro de Aragón. Las regiones de Franche–Comte y Auvergne, concentran una fuerte actividad metalúrgica, así como Provence–Alpes–Cote d’Azur de siderurgia, netamente exportadoras a la zona 2.

Se ha seleccionado la ZAL de Barcelona como concentradora de mercancía en la región de Cataluña y el puerto seco de Santander – Ebro, y en el otro extremo Lyon a través del puerto de Marsella.

Para la zona de actividades logísticas de Barcelona, se tienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Marsella	Lyon	16,2 h
	Castellón	Marsella	Lyon	1d 3,1h
	Tarragona	Marsella	Lyon	20,7 h
ZAL Barcelona	-	-	Lyon	8,5 h

Tabla 4-11: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Lyon. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Marsella	Lyon	639,6 €
	Castellón	Marsella	Lyon	927 €
	Tarragona	Marsella	Lyon	749,3 €
ZAL Barcelona	-	-	Lyon	455,2 €

Tabla 4-12: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Lyon. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo siempre es más larga que la carretera, que al poder completar el recorrido en menos de 9 horas, queda dentro de la jornada máxima permisible al conductor. Además el coste total en la opción marítima siempre es más caro. Esto corrobora que las distancias menores a 1000 kilómetros son difícilmente rentables en el modo marítimo.

Suponiendo que el polo exportador se sitúa en el puerto seco de Santander – Ebro, que representaría la región productora y consumidora de Aragón, se han barajado las opciones de transportar la mercancía hasta Tarragona con destino a Marsella o a puertos del Cantábrico como Bilbao o Pasajes para llegar a Le Havre que dista de Lyon unos 658 kilómetros. No obstante una opción muy válida sería utilizar el puerto de Dieppe, que está especializado en la recepción y expedición de frutas y verduras y se sitúa al nordeste de Le Havre, encontrándose a 656 kilómetros de Lyon.

Origen	Puerto des/ embarque	Puerto des/ embarque	Destino	Tiempo Total
Puerto seco Santander Ebro	Bilbao	Le Havre	Lyon	<b>1d 22h</b>
	Pasajes	Le Havre	Lyon	<b>1d 21,8h</b>
	Tarragona	Marsella	Lyon	<b>22,8 h</b>
Puerto seco Santander Ebro	-	-	Lyon	<b>1d 3,8 h</b>

*Tabla 4-13: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y Lyon. (Fuente propia)*

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
Puerto seco Santander Ebro	Bilbao	Le Havre	Lyon	<b>1336,8€</b>
	Pasajes	Le Havre	Lyon	<b>1306,6€</b>
	Tarragona	Marsella	Lyon	<b>863,9€</b>
Puerto seco Santander Ebro	-	-	Lyon	<b>685,8 €</b>

*Tabla 4-14: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y Lyon. (Fuente propia)*

La opción marítima en tiempo es mucho más larga que la carretera a excepción de la conexión con el puerto de Tarragona que expide la mercancía en menos de un día, factor importante en mercancías de este tipo. Los costes son superiores siendo sólo el caso de Tarragona el que más se aproxima al precio del camión.

La valoración se ha realizado en términos globales, de forma que si atendiéramos a los diferentes grupos de mercancías, el criterio de la rapidez podría superponerse al coste, siempre que este último no fuera excesivamente mayor a la opción más rápida en los grupos de mercancías del reino vegetal y quizás también en el de productos industriales alimenticios. El grupo de los metales y sus manufacturas no tiene una justificación de la rapidez tan clara.

Aunque no es uno de los grupos seleccionados, se debe citar la posibilidad de abrir rutas marítimas que unan fuertes centros de concentración petroquímica como son los complejos de Marsella - Fos y Tarragona. La distancia existente no permite a los

buques ser más rentables, pero podría justificarse en términos de seguridad, por retirar mercancías peligrosas de la carretera.

#### 4.8.3.3 Zona 3 a Lyon

Las regiones que forman la llamada zona centro peninsular en este estudio, tienen unas peculiaridades económicas dispares. No obstante de entre los intercambios más voluminosos, se encuentran los que integran el grupo de los productos químicos.

Este grupo de mercancías no se pretende contemplar en este estudio, no obstante se subraya el carácter importador de la zona 3, de los productos que provienen de las regiones de Midi – Pyrenées, Provence – Alpes – Cote d'Azur y Rhone – Alpes.

#### 4.8.3.4 Zona 5 a Lyon

Las regiones integrantes de la zona 5 en este estudio, tienen bastantes puntos en común en cuanto a sus actividades económicas, siendo el grupo principal de productos intercambiados el de los metales y sus manufacturas, además del grupo del papel, materias primas y manufacturas.

Las regiones de Franche – Comte y Auvergne, concentran una fuerte actividad metalúrgica, así como Provence – Alpes – Cote d'Azur de siderurgia, las cuales intercambian sus productos con la zona del País Vasco y Asturias principalmente.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
Centro de Transportes ZAISA	Bilbao	Le Havre	Lyon	1d 19,8h
	Pasajes	Le Havre	Lyon	1d 19 h
	Tarragona	Marsella	Lyon	1d 1,9h
Centro de Transportes ZAISA	-	-	Lyon	1d 2,4 h

Tabla 4-15: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro de transportes Zaisa y Lyon. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
Centro de Transportes ZAISA	Bilbao	Le Havre	Lyon	1217,6€
	Pasajes	Le Havre	Lyon	1152,9€
	Tarragona	Marsella	Lyon	1027,3€
Centro de Transportes ZAISA	-	-	Lyon	610,7€

Tabla 4-16: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro de transportes Zaisa y Lyon. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo es mucho más larga que la carretera a excepción de la conexión con el puerto de Tarragona que expide la mercancía en casi el mismo tiempo que el camión. Sin embargo, los costes totales de la cadena multimodal pueden llegar a ser en este caso hasta el doble que el camión.

#### 4.8.4 Francia Atlántica

En esta región se ha seleccionado París como centro emisor y receptor de mercancías, contando con Le Havre como puerto más cercano, y se han analizado las opciones españolas siguientes:

##### 4.8.4.1 Zona 1 a París

La Francia Atlántica es receptora de productos del reino vegetal desde la zona integrada por Valencia, Murcia y Andalucía (hortalizas y cítricos), mientras que desde la primera se exportan principalmente a la zona de Cataluña y Aragón productos agrícolas, y pesqueros desde la Bretaña y Normandía, existiendo una producción importante también en Centre/Val de Loire, o cerca de París como en Champagne – Ardenne o Île de France.

Una propuesta partiría de la ZAL de Alicante con los puertos de salida de Alicante, Valencia o Cartagena y el CTM de Sevilla usando los puertos de Sevilla, Huelva o Cádiz, para unirse con los destinos de la Francia Atlántica en Nantes o Le Havre, para finalizar en la región de París o alrededores.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL	Alicante	Le Havre	París	3d 12 h
Alicante	Cartagena	Le Havre	París	3d 9,6 h
	Valencia	Le Havre	París	3d 17 h
ZAL Alicante	-	-	París	2d 3,4 h

Tabla 4-17: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Alicante	Alicante	Le Havre	París	1384,5 €
	Cartagena	Le Havre	París	1436,6 €
	Valencia	Le Havre	París	1566,3 €
ZAL Alicante	-	-	París	1146 €

Tabla 4-18: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y París. (Fuente propia)

A partir de este breve análisis, se obtiene que la opción marítima en tiempo es como mínimo 30 horas más larga y también como mínimo alrededor de 240 € más cara. Se desestima esta opción.

Como una opción alternativa a la línea anterior se propone desembarcar en Marsella y continuar en camión o transporte fluvial hasta París. En este caso podría existir un retorno con destino final en la zona de Cataluña y Aragón, complementando así la estructura de flujos existente.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Alicante	Alicante	Marsella	París	1d 10,4h
	Cartagena	Marsella	París	1d 15,1h
	Valencia	Marsella	París	1d 9,7h
ZAL Alicante	-	-	París	2d 3,4 h

Tabla 4-19: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Alicante	Alicante	Marsella	París	1109,1 €
	Cartagena	Marsella	París	1238,8 €
	Valencia	Marsella	París	1196,8 €
ZAL Alicante	-	-	París	1146 €

Tabla 4-20: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y París. (Fuente propia)

En esta opción, se obtiene que la cadena marítima en tiempo es más ventajosa en aproximadamente 24 horas, que es crucial para este tipo de mercancías. Mientras que el coste del camión es menor excepto si el buque parte de Alicante.

Para el caso en el que la mercancía provenga de Andalucía, el baricentro elegido es la CTM de Sevilla, con la que se obtienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CTM	Cádiz	Le Havre	París	2d 19,3h
Sevilla	Huelva	Le Havre	París	2d 18h
	Sevilla	Le Havre	París	2d 19,6h
CTM Sevilla	-	-	París	2d 6,4 h

Tabla 4-21: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CTM Sevilla	Cádiz	Le Havre	París	1241,7 €
	Huelva	Le Havre	París	1217,1 €
	Sevilla	Le Havre	París	1180 €
CTM Sevilla	-	-	París	1302,6 €

Tabla 4-22: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y París. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo siempre es más larga saliendo de cualquiera de los tres puertos propuestos. Sin embargo, el coste total en la opción marítima es menor en todos los casos que el camión, con diferencias de más de 60€.

#### 4.8.4.2 Zona 2 a París

Las regiones de Cataluña y Aragón, intercambian con la vertiente Atlántica de Francia, productos de diferentes grupos. Se han considerado los grupos seleccionados para esta comparativa los más voluminosos, como los del reino vegetal, los metales comunes y sus manufacturas y los industriales de alimentos, bebidas y tabaco.

Los intercambios a realizar entre la zona 2 integrada por Cataluña y Aragón, eminentemente se basan en las exportaciones de productos del reino vegetal entre las regiones centrales de Francia como Île de France, Champagne – Ardenne o Centre/Val de Loire.

Desde esta misma región se exportan a la vertiente Atlántica Francesa, productos químicos y farmacéuticos, producidos en la región de Barcelona. La misma área metropolitana de Barcelona, dispone de empresas del área metalúrgica que realizan intercambios con grandes grupos ubicados en la región de Île de France, Limousin, Lorraine o Nord – Pas de Calais.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Barcelona	Pasajes	Le Havre	París	1d 20,2h
	Bilbao	Le Havre	París	1d 20,2h
	Santander	Le Havre	París	1d 19,8h
ZAL Barcelona	-	-	París	1d 5,7 h

Tabla 4-23: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Barcelona	Pasajes	Le Havre	París	1222,1 €
	Bilbao	Le Havre	París	1238,9 €
	Santander	Le Havre	París	1278,7 €
ZAL Barcelona	-	-	París	785,3 €

Tabla 4-24: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y París. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo siempre es más larga saliendo de cualquiera de los tres puertos propuestos. Siendo también el coste total en la opción marítima mayor que el camión.

En el supuesto de que la mercancía tenga su origen o destino en el interior, se contempla la opción del puerto seco de Santander – Ebro.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
Puerto seco Santander Ebro	Bilbao	Le Havre	París	1d 15,8h
	Pasajes	Le Havre	París	1d 15,6h
	Tarragona	Marsella	París	1d 5h
Puerto seco Santander Ebro	-	-	París	1d 5,2h

Tabla 4-25: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
Puerto seco Santander Ebro	Bilbao	Le Havre	París	1009 €
	Pasajes	Le Havre	París	978,8 €
	Tarragona	Marsella	París	1191,6€
Puerto seco Santander Ebro	-	-	París	760,2 €

Tabla 4-26: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y París. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo sólo es similar al camión en el caso de expedir la mercancía desde Tarragona. No obstante el trayecto entre Marsella y París puede suponer dos jornadas atendiendo a su duración. El coste total en la opción marítima es mayor que el unimodal.

#### 4.8.4.3 Zona 3 a París

Las regiones que forman la llamada zona centro peninsular en este estudio, realizan importantes intercambios con la fachada Atlántica Francesa, entre los que destacan los

que integran el grupo de los productos químicos y los del grupo de metales comunes y sus manufacturas.

En este caso de nuevo, se hallan un grupo de mercancías que no se pretenden contemplar en este estudio, no obstante subrayan el carácter importador de la zona 3, de los productos de las industrias químicas y derivados, que provienen de las regiones de Aquitaine, Centre/Val de Loire (industria farmacéutica), Champagne – Ardenne, Île de France y Haute Normandie.

Sin embargo, el intercambio de productos del grupo de los metales comunes y sus manufacturas, es importante desde la zona de Île de France, Limousin, Lorraine o Nord – Pas de Calais. Se ha de considerar en aras de simplificación, la zona de actividades logísticas de Azuqueca de Henares con salida a los dos puertos más cercanos y las centrales de Benavente y CETABSA en Burgos.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Santander	Le Havre	París	1d 15,9h
	Valencia	Marsella	París	1d 12,3h
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	París	1d 8,2 h

Tabla 4-27: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Santander	Le Havre	París	1071,6€
	Valencia	Marsella	París	1340,1€
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	París	919,6 €

Tabla 4-28: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y París. (Fuente propia)

Desde la central del transporte de Benavente, se ha calculado la entrada por el puerto de Gijón, que con diferencia es el más cercano al centro y especializado en manipular productos del acero.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CTB de Benavente	Gijón	Le Havre	París	1d 12,8h
CTB de Benavente	-	-	París	1d 8,2 h

Tabla 4-29: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central del transporte de Benavente y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CTB de Benavente	Gijón	Le Havre	París	928,7 €
CTB de Benavente	-	-	París	919,2 €

Tabla 4-30: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central del transporte de Benavente y París. (Fuente propia)

Desde la central CETABSA en Burgos, se ha calculado la entrada por el puerto de Bilbao, que con diferencia es el más cercano al centro y especializado en manipular productos del acero.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CETABSA Burgos	Bilbao	Le Havre	París	1d 14,2h
CETABSA Burgos	-	-	París	1d 5,1 h

Tabla 4-31: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre CETABSA Burgos y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CETABSA Burgos	Bilbao	Le Havre	París	920 €
CETABSA Burgos	-	-	París	753,8 €

Tabla 4-32: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre CETABSA Burgos y París. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo es siempre más larga y sólo parecida al camión en el caso de recibir la mercancía por Gijón en el centro de Benavente. El coste total en la opción marítima siempre es mayor que el unimodal, pudiéndose sólo encontrar una pequeña diferencia de 9,5 € en el caso de entrar la mercancía por el puerto de Gijón con destino al centro de Benavente. De nuevo se corrobora que la distancia para que la cadena multimodal sea rentable, ha de superar los mil kilómetros y en este caso oscila alrededor de los 1300 kilómetros.

#### 4.8.4.4 Zona 5 a París

Las regiones integrantes de la zona 5 en este estudio, son bastante homogéneas en términos de sus actividades económicas, siendo el grupo principal de productos intercambiados con la Francia Atlántica, el de los metales y sus manufacturas.

Las regiones integrantes de la zona 5 son netamente importadoras de productos del grupo de los metales y sus manufacturas, que provienen principalmente de las regiones de Île de France, Limousin, Lorraine o Nord – Pas de Calais. En contrapartida se exportan productos minerales como la magnesita y la potasa de la zona de Navarra o la caliza desde el País Vasco. En este caso, se considera que los flujos de mercancías podrían no encajar en el concepto de mercancía unitizada, puesto que su transporte se realiza principalmente a granel.

El centro expedidor y receptor será el de ZAISA Irún, hacia París.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAISA Irún	Bilbao	Le Havre	París	1d 13,6h
	Pasajes	Le Havre	París	1d 13,2h
ZAISA Irún	-	-	París	1d 1,7 h

Tabla 4-33: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro ZAISA de Irún y París. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAISA Irún	Bilbao	Le Havre	París	889,8 €
	Pasajes	Le Havre	París	825,1 €
ZAISA Irún	-	-	París	571,8 €

Tabla 4-34: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro ZAISA de Irún y París. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo es siempre más larga, en unas 12 horas y parecida para los dos puertos, que el camión. El coste total en la opción marítima es mayor. Entre

150 y 200 euros más cara que el unimodal. En este caso, el camión ofrece un servicio más económico y más rápido.

## 4.8.5 Italia

Este país es uno de los que de forma más acusada ha implantado unos modernos y eficientes servicios con la península ibérica de transporte marítimo de gran cabotaje, entre destinos que distan lo suficiente como para que el modo marítimo dentro de una cadena multimodal empiece a ser más económico y más rápido que el camión.

### 4.8.5.1 Zona 1 a Milán

Las regiones agrupadas dentro de esta zona son eminentemente exportadoras por carretera de productos del reino vegetal, destacando los cítricos y las hortalizas.

Se analiza la viabilidad del buque, con origen en los centros de Sevilla y Alicante, a Milán.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL	Alicante	Génova	Milán	1d 10,9h
Alicante	Cartagena	Génova	Milán	1d 15,6h
	Valencia	Génova	Milán	1d 10,2h
ZAL	-	-	Milán	2d 1,9 h
Alicante				

Tabla 4-35: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Coste Total
ZAL Alicante	Alicante	Génova	Milán	759,6 €
	Cartagena	Génova	Milán	888,8 €
	Valencia	Génova	Milán	852 €
ZAL Alicante	-	-	Milán	1062,7 €

Tabla 4-36: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y Milán. (Fuente propia)

En este caso, la cadena marítima ya es más eficiente en tiempo, con alrededor de unas 15 horas de diferencia y el coste es de unos 200 € más barato que el camión.

Tomando en consideración la CTM de Sevilla, se obtienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CTM	Cádiz	Génova	Milán	2d 8,6 h
Sevilla	Huelva	Génova	Milán	2d 10,8h
	Sevilla	Génova	Milán	2d 10 h
CTM Sevilla	-	-	Milán	3d 0,8 h

Tabla 4-37: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CTM Sevilla	Cádiz	Génova	Milán	1081,1 €
	Huelva	Génova	Milán	1099 €
	Sevilla	Génova	Milán	1033,8 €
CTM Sevilla	-	-	Milán	1482 €

Tabla 4-38: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y Milán. (Fuente propia)

La cadena marítima vuelve a ser más rentable en tiempo, con alrededor de unas 16 horas de ahorro y pudiendo ser en coste hasta unos 450 € más barato que el camión.

#### 4.8.5.2 Zona 2 a Milán, Venecia o Nápoles

Las regiones de Catalunya y Aragón intercambian con Italia productos de diferentes categorías, de los que se destacan de nuevo el grupo de metales comunes y sus manufacturas, productos químicos y sus derivados, materiales plásticos, caucho y sus manufacturas y el grupo de máquinas, aparatos y material eléctrico. Se trata de productos de diferente valor añadido, siendo el último de ellos, el material eléctrico, un claro ejemplo de mercancía de alto valor y por tanto susceptible de contenerización.

En el caso de la zona de Catalunya y Aragón, se dispone de destinos en la ZAL Barcelona con el puerto de Barcelona, Tarragona o Castellón y el puerto seco de Santander – Ebro con el puerto de Tarragona como el más cercano al centro. Para llegar a Milán y Lombardía se puede usar el puerto de Génova, en el caso de la zona de Venecia, Trentino Alto Adige o Friuli el de Livorno, Civitavecchia para llegar al Lazio y Umbría o embarcar en Nápoles la mercancía con origen en la zona de la Campania.

La variación de los orígenes en este caso, radica en la dispersión de las zonas productoras en Italia, así por ejemplo la extracción de metales y su manufactura se distribuye entre la Campania, Friuli – Venezia, Toscana, Piemonte, Trentino Alto Adige, la producción siderúrgica en Umbría o la extracción de hierro y cobre en el Val d’Aosta.

La exportación de maquinaria eléctrica proviene de Lombardía, pero la importación de materiales plásticos desde la zona metropolitana de Barcelona se dirige a Lombardía y también a Trentino Alto Adige.

Finalmente los productos químicos se intercambian desde Barcelona y Tarragona a la Campania, Friuli – Venecia Giulia, Lazio, Lombardía Piemonte o Puglia. Tomando la zona de actividades logísticas de Barcelona, se tienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Génova	Milán	22,9 h
	Castellón	Génova	Milán	1d 9,8 h
	Tarragona	Génova	Milán	1d 3,4 h
ZAL Barcelona	-	-	Milán	1d 4,1 h

Tabla 4-39: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Génova	Milán	623,8 €
	Castellón	Génova	Milán	909,8 €
	Tarragona	Génova	Milán	733,5 €
ZAL Barcelona	-	-	Milán	699,3 €

Tabla 4-40: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Milán. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo siempre es más corta que la carretera, excepto en el caso de salir de Castellón. Sin embargo, el coste total en la opción marítima sólo es menor saliendo desde la ZAL de Barcelona. Salir del puerto de Tarragona cuesta 34 € más.

En atención a la disparidad de destinos, se ha realizado un pequeño análisis de las rutas con destino a la ZAL de Barcelona y origen en diferentes puertos Italianos, entre ellos el puerto de Civitavecchia:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma	1d 3,5 h
ZAL Barcelona		-	Roma	2d 0,1 h

Tabla 4-41: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Roma. (Fuente propia)

Origen	Puerto des/embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma	637,3 €
ZAL Barcelona		-	Roma	966,8 €

Tabla 4-42: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Roma. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo y coste, aún tratándose de ejemplos de cadena multimodal sencilla sin ulterior tramo terrestre, es siempre más eficiente en tiempo y coste, que la terrestre.

Realizando los cálculos desde el puerto seco de Santander – Ebro, que representaría la región productora y consumidora de Aragón, se tienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
Puerto seco Santander Ebro	Bilbao	Le Havre	Milán	2d 3,1 h
	Pasajes	Le Havre	Milán	2d 2,9 h
	Tarragona	Génova	Milán	1d 5,5 h
Puerto seco Santander Ebro	-	-	Milán	1d 8,4 h

Tabla 4-43: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
Puerto seco	Bilbao	Le Havre	Milán	1611,2€
Santander	Pasajes	Le Havre	Milán	1581 €
Ebro	Tarragona	Génova	Milán	848,1 €
Puerto seco Santander Ebro	-	-	Milán	928,5 €

Tabla 4-44: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y Milán. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo desde Tarragona es más corta que la carretera saliendo del puerto de Tarragona. Y a su vez también desde Tarragona el coste es menor que la cadena unimodal.

#### 4.8.5.3 Zona 3 a Milán

Las regiones que forman la llamada zona centro peninsular en este estudio, realizan importantes intercambios con Italia en los grupos de mercancías de los metales comunes y sus manufacturas y el grupo de los materiales plásticos, caucho y sus manufacturas.

El intercambio de productos del grupo de los metales comunes y sus manufacturas, es importante desde la zona de la Campania y Puglia en el Sur de Italia, Toscana, Piemonte, Marche, Trentino Alto Adige, Umbría y Val d'Aosta en la zona Norte. Se ha considerado, en aras de simplificación, la zona de actividades logísticas de Azuqueca de Henares con salida a los dos puertos más cercanos y las centrales de Benavente y CETABSA en Burgos.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Santander	Le Havre	Milán	2d 3,2 h
	Valencia	Génova	Milán	1d 12,8h
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	Milán	2d 2,4 h

Tabla 4-45: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Santander	Le Havre	Milán	1673,6€
	Valencia	Génova	Milán	995,3 €
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	Milán	1088,3€

Tabla 4-46: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Valencia	Nápoles	Nápoles	1d 21,9h
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	Nápoles	3d 1 h

Tabla 4-47: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y Nápoles. (Fuente propia)

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Coste Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Valencia	Nápoles	Nápoles	1025,5€
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	Nápoles	1499,3€

Tabla 4-48: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y Nápoles. (Fuente propia)

Desde la central del transporte de Benavente, se ha calculado la entrada por el puerto de Gijón, que con diferencia es el más cercano al centro y especializado en manipular productos del acero, pero también el puerto de Valencia.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CTB de Benavente	Gijón	Le Havre	Milán	2d 0,1 h
	Valencia	Génova	Milán	1d 16,2h
CTB de Benavente	-	-	Milán	2d 4,5 h

Tabla 4-49: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central del transporte de Benavente y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CTB de Benavente	Gijón	Le Havre	Milán	<b>1530,7€</b>
	Valencia	Génova	Milán	<b>1168,3€</b>
CTB de Benavente	-	-	Milán	<b>1202,4€</b>

Tabla 4-50: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central del transporte de Benavente y Milán. (Fuente propia)

Desde la central CETABSA en Burgos, calcularemos la entrada por el puerto de Bilbao, que con diferencia es el más cercano al centro y también especializado en manipular productos del acero, y además la opción Mediterránea del puerto de Tarragona:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CETABSA Burgos	Bilbao	Le Havre	Milán	<b>2d 1,5 h</b>
	Tarragona	Génova	Milán	<b>1d 7 h</b>
CETABSA Burgos	-	-	Milán	<b>2d 1,4 h</b>

Tabla 4-51: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central de CETABSA en Burgos y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CETABSA Burgos	Bilbao	Le Havre	Milán	<b>1522 €</b>
	Tarragona	Génova	Milán	<b>1035,3€</b>
CETABSA Burgos	-	-	Milán	<b>1035,7€</b>

Tabla 4-52: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central de CETABSA en Burgos y Milán. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo es más corta que el camión en el caso de recibir la mercancía por puertos del Mediterráneo. Es indiferente que el tramo terrestre desde puerto español a la central de distribución sea largo, porque se recupera el tiempo en la menor distancia marítima. Los costes también se reducen con la opción de puerto Mediterráneo, siendo tanto más barata en proporción, cuanto más al Sur de la península italiana se encuentre el origen.

#### 4.8.5.4 Zona 5 a Milán

Las regiones integrantes de la zona 5 en este estudio, realizan intercambios representativos con Italia, en el grupo de los metales y sus manufacturas, concentrándose su origen en el País Vasco e incluyendo este grupo, manufacturas como transformadores, maquinaria o equipos mecánicos y también construcciones metálicas y artículos metálicos en general. Se trata de carga con cierto valor añadido, susceptible de transportarse de forma unitizada.

El centro expedidor y receptor seleccionado es ZAISA Irún, hacia Milán.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAISA Irún	Bilbao	Le Havre	Milán	<b>2d 0,9 h</b>
	Pasajes	Le Havre	Milán	<b>2d 0,5 h</b>
	Tarragona	Génova	Milán	<b>1d 8,6 h</b>
ZAISA Irún	-	-	Milán	<b>1d 7 h</b>

Tabla 4-53: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro ZAISA de Irún y Milán. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAISA Irún	Bilbao	Le Havre	Milán	<b>1491,8€</b>
	Pasajes	Le Havre	Milán	<b>1427,1€</b>
	Tarragona	Génova	Milán	<b>1011,5€</b>
ZAISA Irún	-	-	Milán	<b>854,9 €</b>

Tabla 4-54: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro ZAISA de Irún y Milán. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo es siempre más larga en unas 17 horas a excepción de salir desde Tarragona, donde sólo tardaría 1,6 horas más que el camión. Sin embargo el coste total en la opción marítima es aproximadamente superior entre 150 y 600 € que la unimodal.

## 4.8.6 Alemania

Alemania es el último de los países que se han considerado en este estudio para evaluar la viabilidad de una propuesta alternativa intermodal. De hecho los intercambios comerciales realizados tiene un volumen lo suficientemente importantes como para justificar una línea de transporte marítimo. Las zonas de la península ibérica que mayor volumen de intercambios realizan con Alemania, vuelven a ser la conjunta de Andalucía y Levante, Cataluña y Aragón, la zona centro, y el País Vasco, La Rioja y Navarra.

### 4.8.6.1 Zona 1 a Berlín

Las regiones agrupadas dentro de esta zona son eminentemente exportadoras por carretera de productos del reino vegetal, destacando de nuevo los cítricos y las hortalizas.

El análisis de líneas propuesto tendrá su origen en las CTM de Sevilla y ZAL de Alicante con destino a Alemania y en concreto Berlín, a través del puerto de Hamburgo.

Se inician los cálculos partiendo de la ZAL de Alicante, donde se variarán los puertos de embarque, para obtener las diferentes posibilidades marítimas más plausibles.

Origen	Puerto des/ embarque	Puerto des/ embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Alicante	Alicante	Hamburgo	Berlín	<b>4d 15,8h</b>
	Bilbao	Hamburgo	Berlín	<b>3d 1,6 h</b>
	Cartagena	Hamburgo	Berlín	<b>4d 12,3h</b>
ZAL Alicante	-	-	Berlín	<b>3d 4,7h</b>

Tabla 4-55: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y Berlín. (Fuente propia)

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Coste Total
ZAL Alicante	Alicante	Hamburgo	Berlín	1749,1 €
	Bilbao	Hamburgo	Berlín	1744,5 €
	Cartagena	Hamburgo	Berlín	1801,2 €
ZAL Alicante	-	-	Berlín	1692,8 €

Tabla 4-56: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Alicante y Berlín. (Fuente propia)

En este caso la opción de cadena multimodal, sólo es similar en tiempo al camión en el caso de partir de un puerto del Cantábrico como Bilbao. Mientras que si atendemos al coste, este es siempre mayor que el del camión, como mínimo alrededor de 50€ y por tanto es difícil de argumentar a falta de un análisis más profundo.

Considerando la CTM de Sevilla, se obtienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CTM Sevilla	Cádiz	Hamburgo	Berlín	3d 21 h
	Huelva	Hamburgo	Berlín	3d 20,8h
	Sevilla	Hamburgo	Berlín	3d 22,8h
CTM Sevilla	-	-	Berlín	4d 3,6 h

Tabla 4-57: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y Berlín. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto Desembarque	Destino	Coste Total
CTM Sevilla	Cádiz	Hamburgo	Berlín	1606,3 €
	Huelva	Hamburgo	Berlín	1581,7 €
	Sevilla	Hamburgo	Berlín	1544,6 €
CTM Sevilla	-	-	Berlín	2113,7 €

Tabla 4-58: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la CTM de Sevilla y Berlín. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo siempre es más corta que la carretera, saliendo de los tres puertos contemplados, mientras que el coste de la opción marítima también es apreciablemente menor, en más de 500 € menos.

#### 4.8.6.2 Zona 2 a Berlín

Las regiones de Catalunya y Aragón intercambian con Alemania, productos de diferentes categorías, de los que se destacan la exportación de productos del grupo “Material de transporte”, mientras que la importación desde Alemania abarca desde los productos químicos y sus derivados, metales comunes y sus manufacturas, materiales plásticos, material de transporte y máquinas, aparatos y material eléctrico. Se trata de productos de alto valor añadido, siendo todos ellos ejemplo de mercancía susceptible de contenerización.

Dado que se considera el punto de destino u origen a Berlín, a priori se han seleccionado los puertos del Norte de la península como los más obvios para conectar ambos destinos.

Tomando la zona de actividades logísticas de Barcelona, se tienen las siguientes opciones:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Génova	Berlín	2d 3,7 h
	Bilbao	Hamburgo	Berlín	2d 23 h
	Santander	Hamburgo	Berlín	2d 22,6h
ZAL Barcelona	-	-	Berlín	2d 6,9 h

Tabla 4-59: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Berlín. (Fuente propia)

Origen	Puerto embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL Barcelona	Barcelona	Génova	Berlín	1361 €
	Bilbao	Hamburgo	Berlín	1603,5 €
	Santander	Hamburgo	Berlín	1687,1 €
ZAL Barcelona	-	-	Berlín	1330,5 €

Tabla 4-60: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la ZAL de Barcelona y Berlín. (Fuente propia)

Cabe desestimar la opción marítima por tiempo y coste, tomando como origen la ZAL de Barcelona y embarcando en puertos del Norte de la península.

Realizando los cálculos desde el puerto seco de Santander – Ebro, que representaría la región productora y consumidora de Aragón:

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
Puerto seco Santander Ebro	Bilbao	Hamburgo	Berlín	<b>2d 18,6h</b>
	Pasajes	Hamburgo	Berlín	<b>2d 17,8h</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>2d 18,1h</b>
Puerto seco Santander Ebro	-	-	Berlín	<b>3d 2,2 h</b>

Tabla 4-61: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y Berlín. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
Puerto seco Santander Ebro	Bilbao	Hamburgo	Berlín	<b>1373,6€</b>
	Pasajes	Hamburgo	Berlín	<b>1343,4€</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>1443,8€</b>
Puerto seco Santander Ebro	-	-	Berlín	<b>1561,3€</b>

Tabla 4-62: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Santander – Ebro y Berlín. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo es más corta, saliendo desde puertos en el Atlántico, y también el coste es menor que en la cadena unimodal, hasta 200 € menos.

#### 4.8.6.3 Zona 3 a Berlín

Las regiones que forman la llamada zona centro peninsular en este estudio, realizan importantes intercambios con Alemania, principalmente material de transporte, seguido de los grupos de materiales plásticos, caucho y manufacturas y el grupo de metales comunes y sus manufacturas.

El intercambio de productos del grupo del material de transporte, tiene como origen las comunidades de Madrid y Castilla – León, con fábricas como FASA – Renault, Michelin, IVECO – Pegaso o Johnson control.

A su vez en Alemania existen importantes centros de expedición repartidos por todo el país de este tipo de producción, pero destacando las regiones de Baden – Württemberg sede de Daimler – Benz, Porsche o Bosch, Brandemburg con industrias de maquinaria y automovilismo en general, Bremen donde además se diseñan componentes de Airbus, Baviera sede de BMW o Hesse donde se hallan las fábricas de Opel General Motors, Volkswagen o Thyssen – Henschel Werke. Se consideran la zona de actividades logísticas de Azuqueca de Henares con salida a los dos puertos más cercanos, y las centrales de Benavente y CETABSA en Burgos como polos en Castilla – León.

Origen	Puerto des/ embarque	Puerto des/ embarque	Destino	Tiempo Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Bilbao	Hamburgo	Berlín	<b>2d 20,4h</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>2d 18,7h</b>
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	Berlín	<b>3d 5,2 h</b>

Tabla 4-63: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y Berlín. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAL de Azuqueca de Henares	Bilbao	Hamburgo	Berlín	<b>1464,7€</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>1436,2€</b>
ZAL de Azuqueca de Henares	-	-	Berlín	<b>1719,7€</b>

Tabla 4-64: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el puerto seco de Azuqueca de Henares y Berlín. (Fuente propia)

Desde la central del transporte de Benavente, se calcula la salida o entrada por el puerto de Gijón, que con diferencia es el más cercano al centro y especializado en manipular productos del acero y el puerto de Santander.

Origen	Puerto des/ embarque	Puerto des/ embarque	Destino	Tiempo Total
CTB de Benavente	Gijón	Hamburgo	Berlín	<b>2d 15,6h</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>2d 17 h</b>
CTB de Benavente	-	-	Berlín	<b>3d 4,2 h</b>

Tabla 4-65: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central del transporte de Benavente y Berlín. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CTB de Benavente	Gijón	Hamburgo	Berlín	<b>1293,2€</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>1346 €</b>
CTB de Benavente	-	-	Berlín	<b>1664,5€</b>

Tabla 4-66: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central del transporte de Benavente y Berlín. (Fuente propia)

Desde la central CETABSA en Burgos, se calcula la entrada por el puerto de Bilbao, que con diferencia es el más cercano al centro y también especializado en manipular productos del acero, y también la opción del puerto de Santander.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
CETABSA Burgos	Bilbao	Hamburgo	Berlín	<b>2d 17 h</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>2d 16,7h</b>
CETABSA Burgos	-	-	Berlín	<b>3d 1,2 h</b>

Tabla 4-67: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central de CETABSA en Burgos y Berlín. (Fuente propia)

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
CETABSA Burgos	Bilbao	Hamburgo	Berlín	<b>1284,6€</b>
	Santander	Hamburgo	Berlín	<b>1330,9€</b>
CETABSA Burgos	-	-	Berlín	<b>1507,6€</b>

Tabla 4-68: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre la central de CETABSA en Burgos y Berlín. (Fuente propia)

La opción marítima en tiempo es más corta que el camión en el caso de transportar la mercancía a través de puertos en el Atlántico. Se han elegido los puertos más cercanos a los centros de transporte seleccionados, siendo las distancias marítimas parecidas. Los costes también son menores.

#### 4.8.6.4 Zona 5 a Berlín

Las regiones integrantes de la zona 5 en este estudio, realizan intercambios representativos con Alemania, en el grupo de los metales y sus manufacturas, y son

exportadoras de productos del grupo de los metales y sus manufacturas, concentrándose su origen en el País Vasco, e incluyendo este grupo, manufacturas como maquinaria o equipos mecánicos y también construcciones metálicas y artículos metálicos en general. Se trata de carga con cierto valor añadido, susceptible de transportarse de forma unitizada. El centro expedidor y receptor seleccionado es ZAISA Irún, hacia Milán.

Origen	Puerto des/embarque	Puerto des/embarque	Destino	Tiempo Total
ZAISA Irún	Bilbao	Hamburgo	Berlín	2d 16,4h
	Pasajes	Hamburgo	Berlín	2d 15 h
ZAISA Irún	-	-	Berlín	2d 6,7 h

*Tabla 4-69: Comparativa de tiempos entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro ZAISA de Irún y Berlín. (Fuente propia)*

Origen	Puerto Embarque	Puerto desembarque	Destino	Coste Total
ZAISA Irún	Bilbao	Hamburgo	Berlín	1254,4€
	Pasajes	Hamburgo	Berlín	1189,6€
ZAISA Irún	-	-	Berlín	1317,2€

*Tabla 4-70: Comparativa de costes entre líneas multimodales y línea por carretera entre el centro ZAISA de Irún y Berlín. (Fuente propia)*

La opción marítima en tiempo es siempre más larga, en alrededor de 10 horas, que el camión. Sin embargo el coste total en la opción marítima es más barata que la opción unimodal.

## 4.9 Conclusiones preliminares

A continuación se detallan el conjunto de posibilidades que se han considerado factibles, en coste y tiempo, en este primer estudio:

#### **4.9.1 España con la Francia Mediterránea**

En el caso de los productos del reino vegetal, las provincias de Levante y Andalucía son mayoritariamente productoras y por tanto exportadoras, cuya proximidad a los puertos de Valencia, Alicante, Cartagena, Almería o Huelva permitiría la exportación por los mismos.

1) Área de Alicante cargando en los puertos de Alicante y/o Valencia con destino a Lyon a través de Marsella. La cadena multimodal puede ser más corta en tiempo y más barata.

2) Centro de Sevilla cargando en los puertos de Sevilla, Cádiz o Huelva; también con destino a Lyon a través de Marsella.

3) Área de Zaragoza cargando en el puerto de Tarragona. El trayecto hasta Lyon puede ser más corto en tiempo si se realiza en barco, aunque es más caro.

#### **4.9.2 España con la Francia Atlántica**

La propuesta de líneas multimodales que unan la fachada Atlántica se ha visto limitada en este estudio a la opción de unir la zona de Sevilla con Île de France, mediante los puertos andaluces de Sevilla, Cádiz o Huelva. Siendo el desplazamiento más largo en barco pero más barato en todos los casos. Estos datos se pueden comparar con la opción más aceptada del gobierno francés, de dar luz verde a líneas que pudieran unir Bilbao con Dunkerque o Le Havre, a sólo 30 kilómetros de París, desestimando trayectos más cortos.

### **4.9.3 España con Italia**

El ejemplo de Italia es uno de los más paradigmáticos, puesto que dispone de líneas actualmente en servicio que tienden a ampliarse.

1) Área de Alicante cargando en los puertos de Alicante, Cartagena o Valencia. Siendo la expedición por mar más corta y barata, con destino a Milán a través del puerto de Génova.

2) Área de Sevilla cargando en los puertos de Sevilla, Cádiz o Huelva; con destino a Milán a través del puerto de Génova.

3) Área de Barcelona cargando en los puertos de Barcelona o Tarragona; con destino a Génova. Siendo rentables también el desembarque en Livorno con destino a Venecia, en Civitavecchia con destino a Roma y Nápoles.

4) Área de Zaragoza cargando en el puerto de Tarragona con destino a Milán.

5) Área de Madrid cargando en Valencia con destino a Milán a través de Génova.

6) Área de León / Benavente, cargando en Valencia con destino a Milán a través de Génova. De nuevo los destinos en el interior de la península pueden intercambiar mercancía eficientemente a Italia, siempre que utilicen puertos Mediterráneos.

### **4.9.4 España con Alemania**

Se consideran rentables las opciones que enlazan Berlín a través del puerto de Hamburgo desde:

1) Área de Sevilla cargando en los puertos de Sevilla, Cádiz o Huelva. El tipo de mercancía mayoritariamente intercambiada desde esta zona es la de tipo hortofrutícola, con un posible retorno de manufacturas y material de transporte.

- 2) Área de Zaragoza cargando en los puertos de Bilbao, Pasajes o Santander con descarga en Hamburgo.
- 3) Zona centro desde Madrid cargando en los puertos de Bilbao o Santander descargando en Hamburgo.
- 4) Zona de Benavente / León cargando en Gijón o Santander, con destino a Hamburgo.
- 5) Zona de Burgos cargando en Bilbao o Santander con destino a Hamburgo.
- 6) Zona de Euskadi, Navarra y la Rioja, embarcando en Pasajes o Bilbao, con destino a Hamburgo, permiten reducir el coste del transporte con la utilización de buques.

## **4.10 Conclusiones**

El proyecto INECEU emitió un conjunto de conclusiones que son justificadas mediante los datos estadísticos obtenidos durante los cinco últimos años.

Teniendo en cuenta que actualmente se debe de contemplar el transporte como una actividad muy importante, pero en definitiva una más, dentro de la cadena logística, este hecho se vuelve tanto más importante en cuanto que el objeto de estudio del proyecto fue mercancía unitizada, y por excelencia el contenedor. El uso de este tipo de unidades estándares, se vuelve tanto más importante por el hecho de facilitar el transbordo de un medio a otro de la carga, facilitando el tránsito desde los centros de producción a los destinatarios.

Dentro de esta cadena, el tramo anterior y posterior al modo de transporte principal, mayoritariamente tiene que ser la carretera, y esta es una razón por la cual el transporte marítimo y el terrestre tienen que entender la necesidad de complementariedad entre ambos.

Retomado el objetivo de liberar parte del tráfico de carretera en los pasos Pirenaicos se considera que el tráfico marítimo no deberá captar mercancías del tráfico ferroviario, sino que estos dos modos sumarán esfuerzos para obtener parte de la cuota de la carretera, con el objetivo de conseguir una movilidad sostenible.

Respecto de los grupos de mercancías, se han encontrado una serie de partidas mayoritarias, que son susceptibles de ser captadas por el tráfico marítimo y que son, por orden de importancia:

- Productos del reino vegetal.
- Productos industriales: alimentos, bebidas y tabaco.
- Productos minerales. Agrupados en el grupo de metales y sus manufacturas.

No obstante y en términos de seguridad y evitación de tránsito por zonas habitadas, se puede considerar interesante la inclusión de los tráficos de los productos químicos y derivados, aún cuando no fueran más rentables que su transporte en camión.

En el caso de los productos del reino vegetal, las provincias de Levante y Andalucía son mayoritariamente productoras y por tanto exportadoras, lo que justifica por proximidad la exportación de este tipo de mercancías desde puertos como Valencia, Alicante, Cartagena, Almería o Huelva.

En este estudio, se han corroborado una serie de hipótesis que se han postulado en otros estudios y que el mercado confirma. Estas son:

- Que existe una distancia mínima por debajo de la cual el coste del transporte multimodal es mayor y más largo en tiempo. Esta frontera se halla en destinos a partir de la frontera Italiana en el Mediterráneo y la Belga en el Atlántico a grosso modo, coincidentes con los 1000 ó 1300 km.

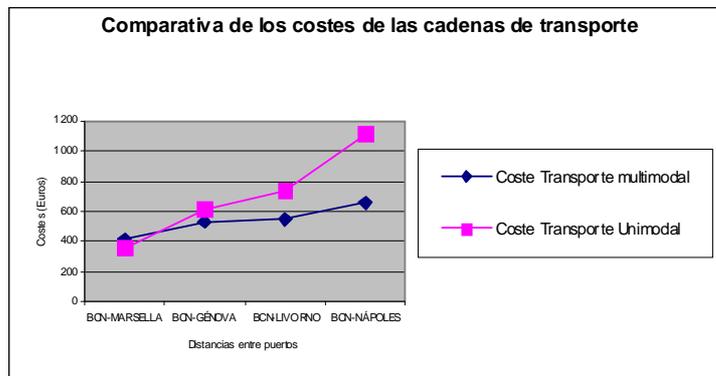


Figura 4-5: Comparativa de los costes de las cadenas de transporte. (Fuente propia)

- Que las líneas propuestas permiten en su mayoría un volumen de retorno de mercancía, que es posible gracias a que las unidades de envase (contenedor) permiten flexibilizar su utilidad.
- Que se deberían promocionar los servicios marítimos de corta distancia en la fachada Atlántica en tráficos de granel, con buques multipropósito. La intensidad de los mismos entre España y Alemania (caso estudiado), justificaría los mismos con retornos de mercancía asegurados en forma de maquinaria y material de transporte.

Finalmente, y para concluir este estudio, se han propuesto hasta 15 líneas marítimas susceptibles de ser promocionadas, en atención a su menor coste de explotación y/o tiempo de trayecto. Estas 15 líneas marítimas son las siguientes:

Rutas	Origen	Puerto Embarque	Puerto Desembarque	Destino	Total Coste	Total Tiempo
Ruta 1 Multimodal	ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Lyon	781,4 €	1d 4,2h
Ruta 1 Unimodal	ZAL Alicante			Lyon	818,3 €	1d 6,3h
Ruta 2 Multimodal	CTM Sevilla	Cádiz	Marsella	Lyon	1103,5 €	2d 1,9h
Ruta 2 Unimodal	CTM Sevilla			Lyon	1237,1 €	2d 5,2h
Ruta 3 Multimodal	ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Paris	1109,1 €	1d 10,4 h
Ruta 3 Unimodal	ZAL Alicante			Paris	1146 €	2d 3,4 h
Ruta 4 Multimodal	ZAL Alicante	Alicante	Génova	Milán	759,6 €	1 d 10,9h
Ruta 4 Unimodal	ZAL Alicante			Milán	1062,7 €	2d 1,9h
Ruta 5 Multimodal	CTM Sevilla	Cádiz	Génova	Milán	1081,1 €	2d 8,6h
Ruta 5 Unimodal	CTM Sevilla			Milán	1482 €	3d 0,8h
Ruta 6 Multimodal	ZAL Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma	637,3 €	1d 3,5h
Ruta 6 Unimodal	ZAL Barcelona			Roma	966,8€	2d 0,1h
Ruta 7 Multimodal	Pto. Seco Santander Ebro	Tarragona	Génova	Milán	848,1 €	1d 5,5h
Ruta 7 Unimodal	Pto. Seco Santander Ebro			Milán	928,5 €	1d 8,4h
Ruta 8 Multimodal	ZAL Azuqueca de Henares	Valencia	Nápoles	Nápoles	1025,5€	1d 21,9h
Ruta 8 Unimodal	ZAL Azuqueca de Henares			Nápoles	1499,3 €	3d 1h
Ruta 9 Multimodal	CTB Benavente	Valencia	Génova	Milán	1168,3 €	1d 16,2h
Ruta 9 Unimodal	CTB Benavente			Milán	1202,4 €	2d 4,5h
Ruta 10 Multimodal	CETABSA	Tarragona	Génova	Milán	1035,3 €	1d 7h
Ruta 10 Unimodal	CETABSA			Milán	1035,5 €	2d 1,4h
Ruta 11 Multimodal	CTM Sevilla	Huelva	Hamburgo	Berlín	1581,7 €	3d 20,8h
Ruta 11 Unimodal	CTM Sevilla			Berlín	2113,7 €	4d 3,6h
Ruta 12 Multimodal	Pto. Seco Santander Ebro	Pasajes	Hamburgo	Berlín	1343,4 €	2d 17,8h
Ruta 12 Unimodal	Pto. Seco Santander Ebro			Berlín	1561,3 €	3d 2,2h
Ruta 13 Multimodal	ZAL Azuqueca de Henares	Santander	Hamburgo	Berlín	1436,2 €	2d 18,7h
Ruta 13 Unimodal	ZAL Azuqueca de Henares			Berlín	1719,7 €	3d 5,2h
Ruta 14 Multimodal	CTB Benavente	Gijón	Hamburgo	Berlín	1293,2 €	2d 15,6h
Ruta 14 Unimodal	CTB Benavente			Berlín	1664,5 €	3d 4,2h
Ruta 15 Multimodal	CETABSA Burgos	Bilbao	Hamburgo	Berlín	1284,6 €	2d 17h
Ruta 15 Unimodal	CETABSA Burgos			Berlín	1507,6 €	3d 1,2h

Tabla 4-71: Rutas marítimas susceptibles de ser promocionadas, en atención a su menor coste de explotación y/o tiempo de trayecto. (Fuente propia)

## **5 Estudio de la viabilidad de las rutas por Transporte Marítimo de Corta Distancia en el SW de Europa**

### **5.1 Introducción**

El principal objetivo de este capítulo es reducir el número de rutas halladas en el capítulo anterior a partir de su estudio más detallado y preciso y poder considerar, en el capítulo siguiente, el transporte marítimo de alta velocidad. Para poder seleccionar dichas rutas entre las quince obtenidas en el capítulo anterior, se han utilizado parámetros relacionados con el transporte multimodal.

A partir de aquí se ha optado para dar un porcentaje a cada parámetro en función de la importancia de cada uno de ellos, para obtener finalmente, las cinco rutas más apropiadas para el transbordo de mercancía entre el modo unimodal y el multimodal.

### **5.2 Rutas preseleccionadas**

A partir del capítulo 4 se han obtenido como resultados unas tablas comparativas entre el transporte por carretera (unimodal) y el transporte marítimo (multimodal), en función del tiempo y de los costes.

A continuación se especifican las rutas marítimas obtenidas, como más cortas en tiempo y más económicas que el camión. Para simplificar el estudio, se han desestimado las opciones que son más rápidas pero más costosas y viceversa, las que son más económicas pero más lentas.

Como resumen, se ha realizado este cuadro de las quince rutas preseleccionadas que van a ser el objeto de estudio en este capítulo:

## RECORRIDO RUTAS

Rutas	Origen	Puerto Embarque	Puerto Desembarque	Destino
Ruta 1	ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Lyón
Ruta 2	CTM Sevilla	Cádiz	Marsella	Lyón
Ruta 3	ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Paris
Ruta 4	ZAL Alicante	Alicante	Génova	Milán
Ruta 5	CTM Sevilla	Cádiz	Génova	Milán
Ruta 6	ZAL Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma
Ruta 7	Pto. Seco Santander Ebro	Tarragona	Génova	Milán
Ruta 8	ZAL Azuqueca de Henares	Valencia	Nápoles	Nápoles
Ruta 9	CTB Benavente	Valencia	Génova	Milán
Ruta 10	CETABSA	Tarragona	Génova	Milán
Ruta 11	CTM Sevilla	Huelva	Hamburgo	Berlín
Ruta 12	Pto. Seco Santander Ebro	Pasajes	Hamburgo	Berlín
Ruta 13	ZAL Azuqueca de Henares	Santander	Hamburgo	Berlín
Ruta 14	CTB Benavente	Gijón	Hamburgo	Berlín
Ruta 15	CETABSA Burgos	Bilbao	Hamburgo	Berlín

Tabla 5-1: Cuadro resumen de las rutas preseleccionadas en el capítulo 4. (Fuente propia)

### 5.3 Estudio de la viabilidad de las rutas propuestas

Para realizar el estudio de la viabilidad más detallado, se han distinguido las siguientes variables relacionadas con el transporte multimodal:

Variables
1. Diferencia de los tiempos entre transporte multimodal y por carretera
2. Diferencia de los costes del transporte multimodal y por carretera
3. Adecuación de la intermodalidad de los puertos
4. Flujo de mercancías por carretera
5. Factor meteorológico
6. PIB del hinterland de la ruta
7. Habitantes del hinterland de la ruta

Tabla 5-2: Variables para realizar el estudio de viabilidad. (Fuente propia)

La variable tiempo y la variable coste ya se habían considerado en el capítulo 4, aunque en esta ocasión se ha realizado un estudio del tiempo y del coste mucho más exhaustivo, utilizando valores y datos más actuales, así como la normativa vigente relacionada con los tiempos de conducción del transporte terrestre.

A continuación se va a describir cada una de las variables y el estudio que se ha realizado, obteniendo unos resultados parciales para cada variable.

### **5.3.1 Variable tiempo**

El tiempo de servicio es uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre encaminamientos de transporte. En este sentido, los tiempos máximos de conducción y mínimos de descanso, que deben respetar los conductores del transporte por carretera, tienen una incidencia directa en el tiempo a emplear para unas rutas como las que se plantean.

La Unión Europea ha dictado una normativa sobre los tiempos de trabajo y descanso que obligatoriamente deben respetar dichos conductores:

- Reglamento (CE) nº 561/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006 relativo a la armonización de determinadas disposiciones en materia social en el sector de los transportes por carretera, y por el que se modifican los Reglamentos (CEE) nº 3821/85 y (CE) nº 2135/98 del Consejo y se deroga el Reglamento (CEE) nº 3820/85 del Consejo.
- Directiva 2002/15/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de marzo de 2002, relativa a la ordenación del tiempo de trabajo de las personas que realizan actividades móviles de transporte por carretera.

Dichas normas son de aplicación a todos los conductores que realicen algún tipo de transporte por carretera, ya sea público o privado, de mercancías o de viajeros, sean españoles o extranjeros, realicen el transporte por el interior de España o por el territorio de la Comunidad Europea, lleven el vehículo en carga o circulen en vacío, pero siempre y cuando el vehículo que conduzcan tenga un PMA superior de 3,5 Tm.

A continuación se definen los conceptos y las distinciones que existen entre tiempo de trabajo, tiempo de disponibilidad, interrupción o tiempo de pausa y periodo de descanso.

**Tiempo de trabajo:** es el comprendido entre el inicio y el final de trabajo e incluye la conducción, la carga y descarga, la limpieza y mantenimiento técnico, los trámites legales directamente vinculados a la actividad de transporte, y en general el tiempo en que el conductor está en su lugar de trabajo sin poder disponer libremente de su tiempo.

**Tiempo de disponibilidad:** es el distinto a los periodos de pausa y de descanso, y en concreto incluye los tiempos en que el conductor acompaña al camión transportado en un transbordador o tren. No computa como tiempo de trabajo.

**Tiempo de pausa:** es aquella interrupción distinta del tiempo de descanso. No se considera tiempo de trabajo.

**Tiempo de descanso:** es un periodo ininterrumpido durante el que el conductor dispone libremente de su tiempo. Tampoco se considera tiempo de trabajo.

La normativa establece las siguientes reglas:

1. El tiempo de conducción semanal no puede superar la media de 56 horas.
2. El tiempo máximo de conducción cada día no puede exceder de 9 horas, salvo dos días a la semana que puede llegar a 10 horas.
3. El tiempo máximo de conducción ininterrumpida es de cuatro horas y media y, después de ese periodo hay que respetar una interrupción de 45 minutos también ininterrumpidos, a menos que se inicie un periodo de descanso.
4. En cada periodo de 24 horas el conductor debe tener un tiempo de descanso diario de, al menos, 11 horas consecutivas.
5. El descanso ininterrumpido de 11 horas puede sustituirse por un descanso tomado en dos periodos, el primero de ellos de al menos tres horas ininterrumpidas y el segundo de al menos 9 horas ininterrumpidas.
6. Las interrupciones o pausas pueden tomarse en un tren o transbordador, acompañando al camión.
7. El tiempo a bordo del transporte marítimo computa como tiempo de descanso. En caso de utilizar transporte marítimo, se permite interrumpir el descanso diario siempre y cuando entre el descanso en tierra y el descanso a bordo no medie más de una hora antes del embarque o después del desembarque. El descanso

así interrumpido se aumentará en dos horas. Las formalidades de aduana y la operativa de carga y descarga no son tiempo de descanso. Durante las partes de descanso el conductor debe disponer de cama o litera.

Para el cálculo de tiempo, también se deben tener en cuenta las restricciones a la circulación. Hay algunos estados miembros de la Unión Europea, que establecen restricciones a la circulación de vehículos pesados en determinadas fechas o franjas horarias y obligan a interrumpir el transporte. Cada país aplica, de forma no homogénea, horarios y condiciones diferentes. Incluso en España, el País Vasco y Cataluña lo regulan de manera independiente al resto del Estado Español<sup>1</sup>.

Para calcular el tiempo de carga y descarga, según un estudio realizado por la consultora Consultrans<sup>2</sup>, a iniciativa del ministerio de Fomento, el 75,3 por ciento de los transportistas carga y descarga (el 39,7% siempre y el 35,6% frecuentemente), y de éstos, el 79,6% no cobra por realizar estas tareas. Cuando el transportista ni carga ni descarga, el 44,1% tiene que esperar menos de una hora a que se realicen estas tareas. En el caso de que sea el propio transportista quien haga estas operaciones, la mitad tarda también menos de una hora en ejecutarlas. En este estudio se han considerado 2 horas para las operaciones de carga y descarga, valorando la posibilidad de retenciones, congestión o retrasos en la carretera.

Para realizar el cálculo en cada una de las rutas, las distancias terrestres se han obtenido a partir del programa *AutoRoute 2004 de Microsoft* y las distancias marítimas a partir del programa *BP Marine, World-wide Marine Distance Table, version 1.21*.

---

<sup>1</sup> Ver apartado Información del Tráfico (restricciones) en la página [www.dgt.es](http://www.dgt.es) donde se puede consultar la información actualizada al respecto.

<sup>2</sup> Consultrans es una consultora española de estrategia y tecnología, líder en el mercado de la consultoría del transporte y consolidada en otros sectores económicos ([www.consultrans.es](http://www.consultrans.es)).

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el cálculo de los tiempos en trayectos marítimos:
  - Velocidad del buque: 32,92 Km./h.
  - El tiempo de carga y descarga se supone de 2 horas.
  - El tiempo de embarque y desembarque se supone de 2 horas.
  
- En el cálculo de los tiempos en trayectos terrestres:
  - Velocidad del camión: 75 Km./h.
  - El tiempo de carga y descarga se supone de 2 horas.
  - El tiempo de conducción del primer día se ha considerado de 9 horas, y en el caso que exista un segundo día de conducción, se ha considerado de 10 horas (según reglamento).

A continuación se va a realizar el estudio detallado de cada una de las quince rutas considerando los tiempos de conducción y de descanso.

### 5.3.1.1 Ruta 1

TRANSPORTE CARRETERA
-------------------------

Ruta 1	ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Lyon
--------	--------------	----------	----------	------

	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1149,6	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	812,1	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	812,1	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	474,6	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	474,6	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	137,1	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	137,1	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	1,828	75	137,1	1149,6	0	31,078	17,328	6,328	1,29
Descarga	2	0	0	1149,6	0	33,078	19,328	6,36	1,38
<b>Dist. total carretera</b>					<b>Tiempo total</b>				
	1149,6					33,078			

TRANSPORTE SSS
----------------

	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1060,39	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	1060,39	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	1060,39	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	22,61	32,92	744,50	744,50	315,89	26,61	4,00	0,00	1,11
Desembarque	2,00	0,00	0,00	744,50	315,89	28,61	6,00	0,00	1,19
Conducción	4,21	75,00	315,89	1060,39	0,00	32,83	10,21	4,21	1,37
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1060,39	0,00	34,83	12,21	4,21	1,45
					<b>Tiempo total</b>		<b>34,83</b>		

Dist. carretera	0
Dist. marítima	744,5
Dist. carretera	315,89
<b>Dist. Total</b>	<b>1060,39</b>

### 5.3.1.2 Ruta 2

#### TRANSPORTE CARRETERA

Ruta 2	CTM Sevilla	Cádiz	Marsella	Lyón
--------	-------------	-------	----------	------

	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1738	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1400,5	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1400,5	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	1063	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	1063	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	725,5	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	725,5	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	388	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	388	48	20	9	2,00
Conducción	4,50	75,00	337,50	1687,50	50,50	52,50	24,50	4,5	2,19
Interrupción	0,75	0	0	1687,50	50,50	53,25	24,50	4,5	2,22
Conducción	0,67	75	50,50	1738,00	0,00	53,92	25,17	5,2	2,25
Descarga	2,00	0,00	0,00	1738,00	0,00	55,92	27,17	5,0	2,33
Distancia total carretera		1738							
						<b>Tiempo total</b>		<b>55,92</b>	

#### TRANSPORTE SSS

	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1844,49	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	1,64	75,00	123,00	123,00	1721,49	3,64	3,64	1,64	0,15
Embarque	2,00	0,00	0,00	123,00	1721,49	5,64	5,64	1,64	0,24
Navegación	42,70	32,92	1405,80	1528,80	315,69	48,34	5,64	1,64	2,01
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1528,80	315,69	50,34	7,64	1,64	2,10
Conducción	4,21	75,00	315,69	1844,49	0,00	54,55	11,85	5,85	2,27
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1844,49	0,00	56,55	13,85	5,85	2,36
						<b>Tiempo total</b>		<b>56,55</b>	

Dist. carretera	123
Dist. marítima	1405,6
Dist. carretera	315,89
Dist. Total	1844,49

### 5.3.1.3 Ruta 3

TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 3		ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Paris
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1610	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1272,5	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1272,5	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	935	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	935	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	597,5	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	597,5	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	260	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	260	48	20	9	2,00
Conducción	3,47	75	260	1610	0	51,47	23,47	3,47	2,14
Descarga	2	0	0	1610	0	53,47	25,47	3,53	2,23
Distancia total	1610					Tiempo total	53,47		

TRANSPORTE SSS				Ruta 3		ZAL Alicante	Alicante	Marsella	Paris
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1525,00	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	1525,00	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	1525,00	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	22,61	32,92	744,50	744,50	780,50	26,61	4,00	0,00	1,11
Desembarque	2,00	0,00	0,00	744,50	780,50	28,61	6,00	0,00	1,19
Conducción	4,50	75,00	337,50	1082,00	443,00	33,11	10,50	4,50	1,38
Interrupción	0,75	0	0	1082,00	443,00	33,86	11,25	4,5	1,41
Conducción	4,50	75	337,5	1419,50	105,50	38,36	15,75	9,00	1,60
Descanso	12,25	0,00	0,00	1419,50	105,50	50,61	28,00	9,00	2,11
Conducción	1,41	75,00	105,50	1525,00	0,00	52,02	29,41	1,41	2,17
Descarga	2,00	0,00	0,00	1525,00	0,00	54,02	31,41	1,41	2,25
						Tiempo total	54,02		

Dist. carretera	0
Dist. marítima	744,5
Dist. carretera	780,5
Dist. Total	1525

### 5.3.1.4 Ruta 4

	TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 4	ZAL Alicante	Alicante	Génova	Milán
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1493	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1155,5	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1155,5	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	818	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	818	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	480,5	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	480,5	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	143	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	143	48	20	9	2,00
Conducción	1,907	75	143	1493	0	49,91	21,91	1,91	2,08
Descarga	2	0	0	1493	0	51,91	22,00	1,91	2,16

Distancia total	1493
-----------------	------

Tiempo total	51,91
--------------	-------

	TRANSPORTE SSS					Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente				
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	1178,92	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	31,50	32,92	1037,12	1037,12	141,80	35,50	4,00	0,00	1,48
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1037,12	141,80	37,50	6,00	0,00	1,56
Conducción	1,89	75,00	141,80	1178,92	0,00	39,39	7,89	1,89	1,64
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1178,92	0,00	41,39	9,89	1,89	1,72
<b>Tiempo total</b>							<b>41,39</b>		

Dist. carretera	0
Dist. marítima	1037,12
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1178,92

### 5.3.1.5 Ruta 5

	TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 5	CTM Sevilla	Cádiz	Génova	Milán
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	2082	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1744,5	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1744,5	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	1407	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	1407	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	1069,5	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	1069,5	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	732	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	732	48	20	9	2,00
Conducción	4,5	75	337,5	1687,5	394,5	52,5	24,5	4,5	2,19
Interrupción	0,75	0	0	1687,5	394,5	53,25	24,5	4,5	2,22
Conducción	4,50	75,00	337,50	2025,00	57,00	57,75	29,00	9,00	2,41
Descanso	14,25	0,00	0,00	2025,00	57,00	72,00	29,00	9,00	3,00
Conducción	0,76	75,00	57,00	2082,00	0,00	72,76	29,76	0,76	3,03
Descarga	2,00	0,00	0,00	2082,00	0,00	74,76	31,76	0,55	3,12
Distancia total	2082					Tiempo total	74,76		

	TRANSPORTE SSS				Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada					
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1961,20	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	1,64	75,00	123,00	123,00	1838,20	3,64	3,64	1,64	0,15
Embarque	2,00	0,00	0,00	123,00	1838,20	5,64	5,64	1,64	0,24
Navegación	51,53	32,92	1696,40	1819,40	141,80	57,17	5,64	1,64	2,38
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1819,40	141,80	59,17	7,64	1,64	2,47
Conducción	1,89	75,00	141,80	1961,20	0,00	61,06	9,53	3,53	2,54
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1961,20	0,00	63,06	11,53	5,85	2,63
Tiempo total							63,06		

Dist. carretera	123
Dist. marítima	1696,4
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1961,2

### 5.3.1.6 Ruta 6

	TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 6	Zal Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1358,3	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1020,8	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1020,8	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	683,3	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	683,3	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	345,8	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	345,8	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,50	75,00	337,50	1350,00	8,30	33,75	20,00	9,00	1,41
Descanso	14,25	0,00	0,00	1350,00	8,30	48,00	20,00	9,00	2,00
Conducción	0,11	75,00	8,30	1358,30	0,00	48,11	20,11	0,11	2,00
Descarga	2,00	0,00	0,00	1358,30	0,00	50,11	22,11	0,24	2,09

Distancia total	1358,3
-----------------	--------

Tiempo total	50,11
--------------	-------

	TRANSPORTE SSS				Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada					
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	895,62	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	895,62	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	895,62	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	24,69	32,92	813,02	813,02	82,60	28,69	4,00	0,00	1,20
Desembarque	2,00	0,00	0,00	813,02	82,60	30,69	6,00	0,00	1,28
Conducción	1,10	75,00	82,60	895,62	0,00	31,80	7,10	1,10	1,32
Desembarque	2,00	0,00	0,00	895,62	0,00	33,80	9,10	1,10	1,41

Tiempo total	33,80
--------------	-------

Dist. carretera	0
Dist. marítima	813,02
Dist. carretera	82,6
Dist. Total	895,62

### 5.3.1.7 Ruta 7

<b>TRANSPORTE CARRETERA</b>
-----------------------------

<b>Ruta 7</b>	Pto. Seco Santader Ebro	Tarragona	Génova	Milán
---------------	----------------------------	-----------	--------	-------

	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1304,5	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	967	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	967	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	629,5	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	629,5	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	292	28,5	15,5	5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	292	29,25	15,5	5	1,22
Conducción	3,89	75,00	292,00	1304,50	0,00	33,14	19,39	8,40	1,38
Descarga	2,00	0,00	0,00	1304,50	0,00	35,14	21,39	8,40	1,46

Distancia total carretera	1304,50
---------------------------	---------

<b>Tiempo total</b>	<b>35,14</b>
---------------------	--------------

<b>TRANSPORTE SSS</b>									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1158,90	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	3,71	75,00	278,20	278,20	880,70	5,71	5,71	3,71	0,24
Embarque	2,00	0,00	0,00	278,20	880,70	7,71	7,71	3,71	0,32
Navegación	22,44	32,92	738,90	1017,10	141,80	30,15	7,71	3,71	1,26
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1017,10	141,80	32,15	9,71	3,71	1,34
Conducción	1,89	75,00	141,80	1158,90	0,00	34,04	11,60	5,60	1,42
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1158,90	0,00	36,04	13,60	5,85	1,50

<b>Tiempo total</b>	<b>36,04</b>
---------------------	--------------

Dist. carretera	278,2
Dist. marítima	738,9
Dist. carretera	141,8
<b>Dist. Total</b>	<b>1158,9</b>

### 5.3.1.8 Ruta 8

TRANSPORTE CARRETERA					Ruta 8	Azuqueca de Henares	Valencia	Nápoles	Nápoles
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	2106,04	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1768,54	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1768,54	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	1431,04	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	1431,04	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	1093,54	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	1093,54	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	756,04	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	756,04	48	20	9	2,00
Conducción	4,5	75	337,5	1687,5	418,54	52,5	24,5	4,5	2,19
Interrupción	0,75	0,00	0,00	1687,50	418,54	53,25	24,50	4,5	2,22
Conducción	4,50	75,00	337,50	2025	81,04	57,75	29,00	9	2,41
Descanso	14,25	0,00	0,00	2025	81,04	72,00	29,00	9	3,00
Conducción	1,08	75,00	81,4	2106,4	0,00	73,08	30,08	1,08	3,05
Descarga	2,00	0,00	0,00	2106,4	0,00	75,08	31,00	1,07	3,13
Distancia total carretera		2106,4				Tiempo total	75,08		

TRANSPORTE SSS									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1689,00	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1351,50	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1351,50	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	0,49	75,00	36,60	374,10	1314,90	7,74	6,99	4,99	0,32
Embarque	2,00	0,00	0,00	374,10	1314,90	9,74	8,99	4,99	0,41
Navegación	39,94	32,92	1314,90	1689,00	0,00	49,68	8,99	4,99	2,07
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1689,00	0,00	51,68	10,99	4,99	2,15
Conducción	0,00	75,00	0,00	1689,00	0,00	51,68	10,99	4,99	2,15
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1689,00	0,00	53,68	12,99	4,99	2,24
						Tiempo total	53,68		

### 5.3.1.9 Ruta 9

	TRANSPORTE CARRETERA			Dist. acumulada	Ruta 9	CTB Benavente	Valencia	Génova	Milán
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida		Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1689,3	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1351,8	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1351,8	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	1014,3	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	1014,3	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	676,8	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	676,8	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	339,3	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	339,3	48	20	9	2,00
Conducción	4,50	75,00	337,50	1687,50	1,80	52,50	24,50	4,5	2,19
Interrupción	0,75	0,00	0,00	1687,50	1,80	53,25	24,50	4,5	2,22
Conducción	0,02	75,00	1,80	1689,30	0,00	53,27	24,52	4,52	2,22
Descarga	2,00	0,00	0,00	1689,30	0,00	55,27	26,50	4,55	2,30
Distancia total carretera	1689,3					Tiempo total	55,27		

	TRANSPORTE SSS			Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida						
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1718,20	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1380,70	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1380,70	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	3,93	75,00	294,40	631,90	1086,30	11,18	10,43	8,43	0,47
Embarque	2,00	0,00	0,00	631,90	1086,30	13,18	12,43	8,43	0,55
Navegación	28,69	32,92	944,50	1576,40	141,80	41,86	12,43	0,00	1,74
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1576,40	141,80	43,86	14,43	0,00	1,83
Conducción	1,89	75,00	141,80	1718,20	0,00	45,75	16,32	1,89	1,91
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1718,20	0,00	47,75	18,32	5,85	1,99
						Tiempo total	47,75		

Dist. carretera	631,9
Dist. marítima	944,5
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1718,2

### 5.3.1.10 Ruta 10

	TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 10	CETABSA	Tarragona	Génova	Milán
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	1455	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1117,5	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1117,5	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	780	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	780	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	442,5	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	442,5	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	105	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	105	48	20	9	2,00
Conducción	1,40	75,00	105,00	1455,00	0,00	49,40	21,40	1,40	2,06
Descarga	2,00	0,00	0,00	1455,00	0,00	51,40	22,00	1,50	2,14

Distancia total carretera	1455
---------------------------	------

Tiempo total	51,40
--------------	-------

	TRANSPORTE SSS				Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada					
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1425,80	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1088,30	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1088,30	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	2,77	75,00	207,60	545,10	880,70	10,02	9,27	7,27	0,42
Embarque	2,00	0,00	0,00	545,10	880,70	12,02	11,27	7,27	0,50
Navegación	22,44	32,92	738,90	1284,00	141,80	34,46	11,27	0,00	1,44
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1284,00	141,80	36,46	13,27	0,00	1,52
Conducción	1,89	75,00	141,80	1425,80	0,00	38,35	15,16	1,89	1,60
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1425,80	0,00	40,35	17,16	1,89	1,68

Tiempo total	40,35
--------------	-------

Dist. carretera	545,1
Dist. marítima	738,9
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1425,8

### 5.3.1.11 Ruta 11

	TRANSPORTE CARRETERA			Dist. acumulada	Ruta 11	CTM Sevilla	Huelva	Hamburgo	Berlín
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida		Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	2969	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	2631,5	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	2631,5	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	2294	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	2294	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	1956,5	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	1956,5	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	1619	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	1619	48	20	9	2,00
Conducción	4,5	75	337,5	1687,5	1281,5	52,5	24,5	4,5	2,19
Interrupción	0,75	0	0	1687,5	1281,5	53,25	24,5	4,5	2,22
Conducción	4,5	75	337,5	2025	944	57,75	29	9	2,41
Descanso	14,25	0	0	2025	944	72	29	9	3,00
Conducción	4,5	75	337,5	2362,5	606,5	76,5	33,5	4,5	3,19
Interrupción	0,75	0	0	2362,5	606,5	77,25	33,5	4,5	3,22
Conducción	4,5	75	337,5	2700	269	81,75	38	9	3,41
Descanso	14,25	0	0	2700	269	96	38	9	4,00
Conducción	3,59	75,00	269,00	2969,00	0,00	99,59	41,59	3,59	4,15
Descarga	2,00	0,00	0,00	2969,00	0,00	101,59	43,59	3,59	4,23
Distancia total	2969					Tiempo total	101,59		

	TRANSPORTE SSS			Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida						
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	3244,70	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	1,35	75,00	101,50	101,50	3143,20	3,35	3,35	1,35	0,14
Embarque	2,00	0,00	0,00	101,50	3143,20	5,35	5,35	1,35	0,22
Navegación	86,68	32,92	2853,90	2955,40	289,30	92,04	5,35	1,35	3,83
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2955,40	289,30	94,04	7,35	1,35	3,92
Conducción	3,86	75,00	289,30	3244,70	0,00	97,89	11,21	5,21	4,08
Desembarque	2,00	0,00	0,00	3244,70	0,00	99,89	13,21	5,85	4,16
						Tiempo total	99,89		

### 5.3.1.12 Ruta 12

TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 12		Santander Ebro	Pasajes	Hamburgo	Berlín
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	2193,5	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1856	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1856	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	1518,5	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	1518,5	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	1181	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	1181	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	843,5	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	843,5	48	20	9	2,00
Conducción	4,5	75	337,5	1687,5	506	52,5	24,5	4,5	2,19
Interrupción	0,75	0	0	1687,5	506	53,25	24,5	4,5	2,22
Conducción	4,50	75,00	337,50	2025,00	168,50	57,75	29,00	9	2,41
Descanso	14,25	0,00	0,00	2025,00	168,50	72,00	29,00	9	3,00
Conducción	2,25	75,00	168,50	2193,50	0,00	74,25	31,25	2,25	3,09
Descarga	2,00	0,00	0,00	2193,50	0,00	76,25	33,25	2,25	3,18
Distancia total	2193,5					Tiempo total	76,25		

TRANSPORTE SSS				Ruta 12		Santander Ebro	Pasajes	Hamburgo	Berlín
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	2438,90	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	2,93	75,00	219,80	219,80	2219,10	4,93	4,93	2,93	0,21
Embarque	2,00	0,00	0,00	219,80	2219,10	6,93	6,93	2,93	0,29
Navegación	58,62	32,92	1929,80	2149,60	289,30	65,55	6,93	2,93	2,73
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2149,60	289,30	67,55	8,93	2,93	2,81
Conducción	3,86	75,00	289,30	2438,90	0,00	71,40	12,79	6,79	2,98
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2438,90	0,00	73,40	14,79	5,85	3,06
						Tiempo total	73,40		

### 5.3.1.13 Ruta 13

TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 13						
			Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Azuqueca de Henares	Santander	Hamburgo	Berlín	
	Tiempo	Velocidad				Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días	
Carga	2	0	0	0	2416	2	2	0	0,08	
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	2078,5	6,5	6,5	4,5	0,27	
Interrupción	0,75	0	0	337,5	2078,5	7,25	6,5	4,5	0,30	
Conducción	4,5	75	337,5	675	1741	11,75	11	9	0,49	
Descanso	12,25	0	0	675	1741	24	11	9	1,00	
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	1403,5	28,5	15,5	4,5	1,19	
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	1403,5	29,25	15,5	4,5	1,22	
Conducción	4,5	75	337,5	1350	1066	33,75	20	9	1,41	
Descanso	14,25	0	0	1350	1066	48	20	9	2,00	
Conducción	4,5	75	337,5	1687,5	728,5	52,5	24,5	4,5	2,19	
Interrupción	0,75	0	0	1687,5	728,5	53,25	24,5	4,5	2,22	
Conducción	4,50	75,00	337,50	2025,00	391,00	57,75	29,00	9	2,41	
Descanso	14,25	0,00	0,00	2025,00	391,00	72,00	29,00	9	3,00	
Conducción	4,50	75,00	337,50	2362,50	53,50	76,50	33,50	4,5	3,19	
Interrupción	0,75	0,00	0,00	2362,50	53,50	77,25	33,50	4,5	3,22	
Conducción	0,71	75,00	53,50	2416,00	0,00	77,96	34,21	5,21	3,25	
Descarga	2,00	0,00	0,00	2416,00	0,00	79,96	35,50	5,19	3,33	
Distancia total carretera		2416					Tiempo total	79,96		

TRANSPORTE SSS										
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días	
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	2540,60	2,00	2,00	0,00	0,08	
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	2203,10	6,50	6,50	4,50	0,27	
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	2203,10	7,25	6,50	4,50	0,30	
Conducción	0,80	75,00	60,00	397,50	2143,10	8,05	7,30	5,30	0,34	
Embarque	2,00	0,00	0,00	397,50	2143,10	10,05	9,30	6,31	0,42	
Navegación	56,31	32,92	1853,80	2251,30	289,30	66,36	65,61	0,00	2,76	
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2251,30	289,30	68,36	67,61	0,00	2,85	
Conducción	3,86	75,00	289,30	2540,60	0,00	72,21	71,46	3,86	3,01	
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2540,60	0,00	74,21	73,46	3,86	3,09	
							Tiempo total	74,21		

### 5.3.1.14 Ruta 14

	TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 14	CTB Benavente	Gijón	Hamburgo	Berlín	
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días	
Carga	2	0	0	0	2338,5	2	2	0	0,08	
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	2001	6,5	6,5	4,5	0,27	
Interrupción	0,75	0	0	337,5	2001	7,25	6,5	4,5	0,30	
Conducción	4,5	75	337,5	675	1663,5	11,75	11	9	0,49	
Descanso	12,25	0	0	675	1663,5	24	11	9	1,00	
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	1326	28,5	15,5	4,5	1,19	
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	1326	29,25	15,5	4,5	1,22	
Conducción	4,5	75	337,5	1350	988,5	33,75	20	9	1,41	
Descanso	14,25	0	0	1350	988,5	48	20	9	2,00	
Conducción	4,5	75	337,5	1687,5	651	52,5	24,5	4,5	2,19	
Interrupción	0,75	0	0	1687,5	651	53,25	24,5	4,5	2,22	
Conducción	4,50	75,00	337,50	2025,00	313,50	57,75	29,00	9	2,41	
Descanso	14,25	0,00	0,00	2025,00	313,50	72,00	29,00	9	3,00	
Conducción	4,18	75,00	313,50	2338,50	0,00	76,18	33,18	4,18	3,17	
Descarga	2,00	0,00	0,00	2338,50	0,00	78,18	35,18	4,24	3,26	
Distancia total carretera		2338,5					Tiempo total	78,18		

	TRANSPORTE SSS				Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada					
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	2326,30	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	2,79	75,00	209,10	209,10	2117,20	4,79	4,79	2,79	0,20
Embarque	2,00	0,00	0,00	209,10	2117,20	6,79	6,79	2,79	0,28
Navegación	55,52	32,92	1827,90	2037,00	289,30	62,31	6,79	2,79	2,60
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2037,00	289,30	64,31	8,79	2,79	2,68
Conducción	3,86	75,00	289,30	2326,30	0,00	68,17	12,65	6,65	2,84
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2326,30	0,00	70,17	14,65	6,65	2,92
Tiempo total							70,17		

Dist. carretera	209,1
Dist. marítima	1827,9
Dist. carretera	289,3
Dist. Total	2326,3

### 5.3.1.15 Ruta 15

TRANSPORTE CARRETERA				Ruta 15	CETABSA Burgos	Bilbao	Hamburgo	Berlín	
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2	0	0	0	2118	2	2	0	0,08
Conducción	4,5	75	337,5	337,5	1780,5	6,5	6,5	4,5	0,27
Interrupción	0,75	0	0	337,5	1780,5	7,25	6,5	4,5	0,30
Conducción	4,5	75	337,5	675	1443	11,75	11	9	0,49
Descanso	12,25	0	0	675	1443	24	11	9	1,00
Conducción	4,5	75	337,5	1012,5	1105,5	28,5	15,5	4,5	1,19
Interrupción	0,75	0	0	1012,5	1105,5	29,25	15,5	4,5	1,22
Conducción	4,5	75	337,5	1350	768	33,75	20	9	1,41
Descanso	14,25	0	0	1350	768	48	20	9	2,00
Conducción	4,5	75	337,5	1687,5	430,5	52,5	24,5	4,5	2,19
Interrupción	0,75	0	0	1687,5	430,5	53,25	24,5	4,5	2,22
Conducción	4,50	75,00	337,50	2025,00	93,00	57,75	29,00	9	2,41
Descanso	14,25	0,00	0,00	2025,00	93,00	72,00	29,00	9	3,00
Conducción	1,24	75,00	93,00	2118,00	0,00	73,24	30,24	1,24	3,05
Descarga	2,00	0,00	0,00	2118,00	0,00	75,24	32,24	1,11	3,14
Distancia total carretera		2118				Tiempo total	75,24		

TRANSPORTE SSS									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	2344,60	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	2,12	75,00	158,90	158,90	2185,70	4,12	4,12	2,12	0,17
Embarque	2,00	0,00	0,00	158,90	2185,70	6,12	6,12	2,12	0,25
Navegación	57,60	32,92	1896,40	2055,30	289,30	63,72	6,12	2,12	2,65
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2055,30	289,30	65,72	8,12	2,12	2,74
Conducción	3,86	75,00	289,30	2344,60	0,00	69,58	11,98	3,86	2,90
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2344,60	0,00	71,58	13,98	3,86	2,98
Tiempo total							71,58		

Dist. carretera	158,9
Dist. marítima	1896,4
Dist. carretera	289,3
Dist. Total	2344,6

A pesar de que la normativa indica que el tiempo de descanso diario es de al menos 11 horas, se ha valorado, en todos los casos, la opción de que el tiempo de descanso sea superior a las 11 horas finalizando las jornadas completas, previendo así posibles congestiones en las rutas o retrasos en el transporte por carretera.

Una vez hallados los valores de los tiempos para el transporte unimodal por carretera y por transporte marítimo de corta distancia con los tramos de carretera hasta los puntos de expedición/recepción, se ha realizado la siguiente tabla resumen:

	Tiempo Unimodal	Tiempo multimodal
<b>Ruta 1</b>	33,078	34,83
<b>Ruta 2</b>	55,92	56,55
<b>Ruta 3</b>	53,47	54,02
<b>Ruta 4</b>	51,91	41,39
<b>Ruta 5</b>	74,76	63,06
<b>Ruta 6</b>	50,11	33,80
<b>Ruta 7</b>	35,14	36,04
<b>Ruta 8</b>	75,08	53,68
<b>Ruta 9</b>	55,27	47,75
<b>Ruta 10</b>	51,40	40,35
<b>Ruta 11</b>	101,59	99,89
<b>Ruta 12</b>	76,25	73,40
<b>Ruta 13</b>	79,96	74,21
<b>Ruta 14</b>	78,18	70,17
<b>Ruta 15</b>	75,24	71,58

*Tabla 5-3: Diferencia de tiempo entre el transporte multimodal y unimodal. (Fuente propia)*

Para hallar el valor de la primera variable, se han calculado las diferencias entre los tiempos calculados entre el transporte por carretera y el transporte multimodal, obteniendo:

	<b>Tiempo</b>
<b>Ruta 1</b>	-1,75
<b>Ruta 2</b>	-0,63
<b>Ruta 3</b>	-0,55
<b>Ruta 4</b>	10,52
<b>Ruta 5</b>	11,70
<b>Ruta 6</b>	16,31
<b>Ruta 7</b>	-0,90
<b>Ruta 8</b>	21,40
<b>Ruta 9</b>	7,52
<b>Ruta 10</b>	11,05
<b>Ruta 11</b>	1,70
<b>Ruta 12</b>	2,85
<b>Ruta 13</b>	5,75
<b>Ruta 14</b>	8,01
<b>Ruta 15</b>	3,66

*Tabla 5-4: Variable diferencia relaciones distancia-tiempo entre el transporte por carretera y el multimodal las 15 rutas. (Fuente propia)*

Un valor positivo significa que la opción multimodal es más favorable que opción por carretera ya que el tiempo del trayecto en la opción multimodal es menor.

### **5.3.2 Variable costes**

El coste es una de las variables, junto al tiempo y la distancia a recorrer, más importantes a la hora de decidir el modo de transporte que se utilizará.

El Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera, del Ministerio de Fomento, es un instrumento que se utiliza para establecer una referencia para poder determinar las condiciones económicas de los contratos y establecer los criterios más adecuados de política comercial. La información sobre costes ha sido consensuada por transportistas, cargadores y operadores de transporte sobre el estudio de los costes

reales que genera la explotación de un vehículo de transporte por carretera<sup>3</sup>. El Observatorio de Costes muestra los valores anuales de estas partidas y se actualiza semestralmente. Los costes fijos y variables unitarios a octubre de 2007 para un vehículo articulado de carga general<sup>4</sup> son:

<b>Coste fijos (por tiempo - 1 hora)</b>	
Amortización vehículo	5,38
Financiación vehículo	0,69
Personal de conducción	10,15
Seguros del vehículo	2,49
Costes fiscales	0,34
Dietas del conductor	4,99
<b>Costes variables (por distancia 1 Km.)</b>	
Combustible	0,31
Neumáticos	0,04
Mantenimiento	0,01
Reparaciones	0,02

*Tabla 5-5: Costes unitarios en euros para un vehículo articulado de carga general. (Fuente: Datos obtenidos a Octubre del 2007 en el Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera, página 10)*

A su vez, ha sido necesario calcular los costes derivados de los peajes de las autopistas que serán diferentes para cada ruta que se debe analizar.

<b>Ruta 1</b>	173,26
<b>Ruta 2</b>	173,26
<b>Ruta 3</b>	208,36
<b>Ruta 4</b>	189,26
<b>Ruta 5</b>	189,26
<b>Ruta 6</b>	249,17
<b>Ruta 7</b>	177,29
<b>Ruta 8</b>	289
<b>Ruta 9</b>	228,69

<sup>3</sup> La información del Observatorio de Costes del transporte de mercancías por carretera de Octubre del 2007 se puede obtener en [www.fomento.es](http://www.fomento.es).

<sup>4</sup> De 420 CV, 40.000kg de PMA y 25.000kg de carga útil y con un consumo medio de 38,5 litros cada 100 km. Considerando que recorre 120.000 km anuales, de los cuales el 85% son en carga y el 15% en vacío.

<b>Ruta 10</b>	228,69
<b>Ruta 11</b>	237,89
<b>Ruta 12</b>	250,19
<b>Ruta 13</b>	237,89
<b>Ruta 14</b>	237,89
<b>Ruta 15</b>	237,89

*Tabla 5-6: Valores de los peajes, en euros, que se deberán abonar en el caso de realizar las rutas vía carretera. (Fuente: Consulta de cada una de las empresas concesionarias de cada tramo de autopista de la U.E., [www.autoroute.fr](http://www.autoroute.fr), [www.autostrade.it](http://www.autostrade.it), [www.aseta.es](http://www.aseta.es))*

Por otro lado, si el trayecto se realiza por transporte marítimo de corta distancia, se debe calcular el flete del viaje marítimo. A partir de los datos obtenidos por la compañía Grimaldi Lines que tiene líneas de Transporte Marítimo de Corta Distancia, a febrero del 2006, se han obtenido los siguientes datos para la línea Barcelona – Civitavecchia:

<b>Costes (euros)</b>	
Camión lleno (tractora + semiremolque) con conductor	644
Camión vacío (tractora + semiremolque) con conductor	601
Recargo por BAF aplicado a llenos	50

*Tabla 5-7: Costes en euros para el transporte vía marítima. (Fuente: Grimaldi Lines)*

Para los casos estudiados se ha supuesto que los trayectos son con un camión lleno con conductor, saliendo que el precio por milla navegada con todos los costes incluidos (teniendo en cuenta los recargos aplicados en cada puerto) es aproximadamente de 1 €/milla para la velocidad de 18 nudos.

A continuación se va a detallar el cálculo de los costes, multimodal y unimodal (carretera), de las quince rutas objeto de estudio:

### 5.3.2.1 Ruta 1

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1149,60
Tiempo	33,08

Costes fijos	
Amortización	177,96
Financiación	22,82
Conductor	335,74
Seguro	82,36
Costes fiscales	11,25
Dietas	165,06
Costes variables	
Combustible	356,38
Neumáticos	45,98
Mantenimiento	11,50
Reparaciones	22,99
Peajes	173,26
<b>Coste total</b>	<b>1405,30</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	744,50
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	315,89
Dist. Total	315,89
Tiempo	34,83

Costes fijos	
Amortización	187,39
Financiación	24,03
Conductor	353,52
Seguro	86,73
Costes fiscales	11,84
Dietas	173,80
Costes variables	
Combustible	97,93
Neumáticos	12,64
Mantenimiento	3,16
Reparaciones	6,32
Flete	402,03
<b>Costes totales</b>	<b>1359,38</b>

### 5.3.2.2 Ruta 2

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1738,00
Tiempo	55,92

Costes fijos	
Amortización	300,87
Financiación	38,59
Conductor	567,62
Seguro	139,25
Costes fiscales	19,01
Dietas	279,06
Costes variables	
Combustible	538,78
Neumáticos	69,52
Mantenimiento	17,38
Reparaciones	34,76
Peajes	173,26
<b>Coste total</b>	<b>2178,10</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1405,60
Dist. 1er tramo	123,00
Dist. 2n tramo	315,75
<b>Dist. Total terrestre</b>	<b>438,75</b>
<b>Tiempo</b>	<b>56,55</b>

Costes fijos	
Amortización	304,26
Financiación	39,02
Conductor	574,02
Seguro	140,81
Costes fiscales	19,23
Dietas	282,20
Costes variables	
Combustible	136,01
Neumáticos	17,55
Mantenimiento	4,39
Reparaciones	8,78
Flete	759,16
<b>Costes totales</b>	<b>2285,44</b>

### 5.3.2.3 Ruta 3

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1610,00
Tiempo	53,47

Costes fijos	
Amortización	287,65
Financiación	36,89
Conductor	542,69
Seguro	133,13
Costes fiscales	18,18
Dietas	266,80
Costes variables	
Combustible	499,10
Neumáticos	64,40
Mantenimiento	16,10
Reparaciones	32,20
Peajes	208,36
<b>Coste total</b>	<b>2105,50</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	744,50
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	780,50
<b>Dist. Total</b>	<b>780,50</b>
<b>Tiempo</b>	<b>54,02</b>

Costes fijos	
Amortización	290,63
Financiación	37,27
Conductor	548,30
Seguro	134,51
Costes fiscales	18,37
Dietas	269,56
Costes variables	
Combustible	241,96
Neumáticos	31,22
Mantenimiento	7,81
Reparaciones	15,61
Flete	402,03
<b>Costes totales</b>	<b>1997,26</b>

### 5.3.2.4 Ruta 4

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1493,00
Tiempo	51,91

Costes fijos	
Amortización	279,26
Financiación	35,82
Conductor	526,85
Seguro	129,25
Costes fiscales	17,65
Dietas	259,01
Costes variables	
Combustible	462,83
Neumáticos	59,72
Mantenimiento	14,93
Reparaciones	29,86
Peajes	189,26
<b>Coste total</b>	<b>2004,44</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1037,12
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	141,80
<b>Dist. Total</b>	<b>141,80</b>
<b>Tiempo</b>	<b>41,39</b>

Costes fijos	
Amortización	222,68
Financiación	28,56
Conductor	420,11
Seguro	103,06
Costes fiscales	14,07
Dietas	206,54
Costes variables	
Combustible	43,96
Neumáticos	5,67
Mantenimiento	1,42
Reparaciones	2,84
Flete	560,04
<b>Costes totales</b>	<b>1608,94</b>

### 5.3.2.5 Ruta 5

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	2082,00
Tiempo	74,76

Costes fijos	
Amortización	402,21
Financiación	51,58
Conductor	758,81
Seguro	186,15
Costes fiscales	25,42
Dietas	373,05
Costes variables	
Combustible	645,42
Neumáticos	83,28
Mantenimiento	20,82
Reparaciones	41,64
Peajes	189,26
<b>Coste total</b>	<b>2777,65</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1696,40
Dist. 1er tramo	123,00
Dist. 2n tramo	141,80
Dist. Total	264,40
Tiempo	63,06

Costes fijos	
Amortización	339,25
Financiación	43,51
Conductor	640,03
Seguro	156,99
Costes fiscales	21,44
Dietas	314,65
Costes variables	
Combustible	82,09
Neumáticos	10,59
Mantenimiento	2,65
Reparaciones	5,30
Flete	916,06
<b>Costes totales</b>	<b>2532,57</b>

### 5.3.2.6 Ruta 6

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1358,30
Tiempo	50,11

Costes fijos	
Amortización	269,60
Financiación	34,58
Conductor	508,62
Seguro	124,78
Costes fiscales	17,04
Dietas	250,05
Costes variables	
Combustible	421,07
Neumáticos	54,33
Mantenimiento	13,58
Reparaciones	27,17
Peajes	249,17
<b>Coste total</b>	<b>1969,98</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	813,02
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	82,60
<b>Dist. Total</b>	<b>82,60</b>
<b>Tiempo</b>	<b>33,80</b>

Costes fijos	
Amortización	181,82
Financiación	23,32
Conductor	343,03
Seguro	84,16
Costes fiscales	11,49
Dietas	168,64
Costes variables	
Combustible	25,61
Neumáticos	3,30
Mantenimiento	0,83
Reparaciones	1,65
Flete	439,03
<b>Costes totales</b>	<b>1282,87</b>

### 5.3.2.7 Ruta 7

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1304,50
Tiempo	35,14

Costes fijos	
Amortización	189,07
Financiación	24,25
Conductor	356,70
Seguro	87,51
Costes fiscales	11,95
Dietas	175,37
Costes variables	
Combustible	404,40
Neumáticos	52,18
Mantenimiento	13,05
Reparaciones	26,09
Peajes	177,29
<b>Coste total</b>	<b>1517,85</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	738,90
Dist. 1er tramo	278,20
Dist. 2n tramo	141,80
Dist. Total	420,00
Tiempo	36,04

Costes fijos	
Amortización	193,90
Financiación	24,87
Conductor	365,81
Seguro	89,74
Costes fiscales	12,25
Dietas	179,84
Costes variables	
Combustible	130,20
Neumáticos	16,80
Mantenimiento	4,20
Reparaciones	8,40
Flete	399,01
<b>Costes totales</b>	<b>1425,01</b>

### 5.3.2.8 Ruta 8

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	2106,40
Tiempo	75,09

Costes fijos	
Amortización	403,96
Financiación	51,81
Conductor	762,12
Seguro	186,96
Costes fiscales	25,53
Dietas	374,68
Costes variables	
Combustible	652,98
Neumáticos	84,26
Mantenimiento	21,06
Reparaciones	42,13
Peajes	289,00
<b>Coste total</b>	<b>2894,48</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1314,90
Dist. 1er tramo	374,10
Dist. 2n tramo	0,00
<b>Dist. Total</b>	<b>374,10</b>
<b>Tiempo</b>	<b>53,68</b>

Costes fijos	
Amortización	288,80
Financiación	37,04
Conductor	544,85
Seguro	133,66
Costes fiscales	18,25
Dietas	267,86
Costes variables	
Combustible	115,97
Neumáticos	14,96
Mantenimiento	3,74
Reparaciones	7,48
Flete	710,05
<b>Costes totales</b>	<b>2142,67</b>

### 5.3.2.9 Ruta 9

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1689,30
Tiempo	55,30

Costes fijos	
Amortización	297,52
Financiación	38,16
Conductor	561,30
Seguro	137,70
Costes fiscales	18,80
Dietas	275,95
Costes variables	
Combustible	523,68
Neumáticos	67,57
Mantenimiento	16,89
Reparaciones	33,79
Peajes	228,69
<b>Coste total</b>	<b>2200,05</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	944,50
Dist. 1er tramo	631,90
Dist. 2n tramo	141,80
Dist. Total	773,70
Tiempo	47,75

Costes fijos	
Amortización	256,90
Financiación	32,95
Conductor	484,66
Seguro	118,90
Costes fiscales	16,24
Dietas	238,27
Costes variables	
Combustible	239,85
Neumáticos	30,95
Mantenimiento	7,74
Reparaciones	15,47
Flete	510,03
<b>Costes totales</b>	<b>1951,95</b>

### 5.3.2.10 Ruta 10

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	1455,00
Tiempo	51,40

Costes fijos	
Amortización	276,53
Financiación	35,47
Conductor	521,71
Seguro	127,99
Costes fiscales	17,48
Dietas	256,49
Costes variables	
Combustible	451,05
Neumáticos	58,20
Mantenimiento	14,55
Reparaciones	29,10
Peajes	228,69
<b>Coste total</b>	<b>2017,25</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	738,90
Dist. 1er tramo	545,10
Dist. 2n tramo	141,80
Dist. Total	686,90
Tiempo	40,35

Costes fijos	
Amortización	217,08
Financiación	27,84
Conductor	409,55
Seguro	100,47
Costes fiscales	13,72
Dietas	201,35
Costes variables	
Combustible	212,94
Neumáticos	27,48
Mantenimiento	6,87
Reparaciones	13,74
Flete	399,01
<b>Costes totales</b>	<b>1630,04</b>

### 5.3.2.11 Ruta 11

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	2969,00
Tiempo	101,59

Costes fijos	
Amortización	546,54
Financiación	70,09
Conductor	1031,10
Seguro	252,95
Costes fiscales	34,54
Dietas	506,92
Costes variables	
Combustible	920,39
Neumáticos	118,76
Mantenimiento	29,69
Reparaciones	59,38
Peajes	237,89
<b>Coste total</b>	<b>3808,25</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	2853,90
Dist. 1er tramo	101,50
Dist. 2n tramo	289,30
Dist. Total	390,80
Tiempo	99,89

Costes fijos	
Amortización	537,41
Financiación	68,92
Conductor	1013,88
Seguro	248,73
Costes fiscales	33,96
Dietas	498,45
Costes variables	
Combustible	121,15
Neumáticos	15,63
Mantenimiento	3,91
Reparaciones	7,82
Flete	1541,11
<b>Costes totales</b>	<b>4090,97</b>

### 5.3.2.12 Ruta 12

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	2193,50
Tiempo	76,25

Costes fijos	
Amortización	410,21
Financiación	52,61
Conductor	773,90
Seguro	189,85
Costes fiscales	25,92
Dietas	380,47
Costes variables	
Combustible	679,99
Neumáticos	87,74
Mantenimiento	21,94
Reparaciones	43,87
Peajes	250,19
<b>Coste total</b>	<b>2916,69</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1929,80
Dist. 1er tramo	219,80
Dist. 2n tramo	289,30
Dist. Total	509,10
Tiempo	73,40

Costes fijos	
Amortización	394,89
Financiación	50,65
Conductor	745,01
Seguro	182,77
Costes fiscales	24,96
Dietas	366,27
Costes variables	
Combustible	157,82
Neumáticos	20,36
Mantenimiento	5,09
Reparaciones	10,18
Flete	1042,09
<b>Costes totales</b>	<b>3000,09</b>

### 5.3.2.13 Ruta 13

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	2416,00
Tiempo	79,96

Costes fijos	
Amortización	430,20
Financiación	55,17
Conductor	811,63
Seguro	199,11
Costes fiscales	27,19
Dietas	399,02
Costes variables	
Combustible	748,96
Neumáticos	96,64
Mantenimiento	24,16
Reparaciones	48,32
Peajes	237,89
<b>Coste total</b>	<b>3078,29</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1853,80
Dist. 1er tramo	397,50
Dist. 2n tramo	289,30
Dist. Total	686,80
Tiempo	74,21

Costes fijos	
Amortización	399,25
Financiación	51,20
Conductor	753,23
Seguro	184,78
Costes fiscales	25,23
Dietas	370,31
Costes variables	
Combustible	212,91
Neumáticos	27,47
Mantenimiento	6,87
Reparaciones	13,74
Flete	1001,05
<b>Costes totales</b>	<b>3046,04</b>

### 5.3.2.14 Ruta 14

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	2338,50
Tiempo	78,18

Costes fijos	
Amortización	420,61
Financiación	53,94
Conductor	793,53
Seguro	194,67
Costes fiscales	26,58
Dietas	390,12
Costes variables	
Combustible	724,94
Neumáticos	93,54
Mantenimiento	23,39
Reparaciones	46,77
Peajes	237,89
<b>Coste total</b>	<b>3005,97</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1827,90
Dist. 1er tramo	209,10
Dist. 2n tramo	289,30
Dist. Total	498,40
Tiempo	70,17

Costes fijos	
Amortización	377,51
Financiación	48,42
Conductor	712,23
Seguro	174,72
Costes fiscales	23,86
Dietas	350,15
Costes variables	
Combustible	154,50
Neumáticos	19,94
Mantenimiento	4,98
Reparaciones	9,97
Flete	987,07
<b>Costes totales</b>	<b>2863,34</b>

### 5.3.2.15 Ruta 15

TRANSPORTE CARRETERA	
Distancia	2118,00
Tiempo	75,24

Costes fijos	
Amortización	404,79
Financiación	51,92
Conductor	763,69
Seguro	187,35
Costes fiscales	25,58
Dietas	375,45
Costes variables	
Combustible	656,58
Neumáticos	84,72
Mantenimiento	21,18
Reparaciones	42,36
Peajes	237,89
<b>Coste total</b>	<b>2851,50</b>

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1896,40
Dist. 1er tramo	158,90
Dist. 2n tramo	289,30
<b>Dist. Total</b>	<b>448,20</b>
<b>Tiempo</b>	<b>71,58</b>

Costes fijos	
Amortización	385,10
Financiación	49,39
Conductor	726,54
Seguro	178,23
Costes fiscales	24,34
Dietas	357,18
Costes variables	
Combustible	138,94
Neumáticos	17,93
Mantenimiento	4,48
Reparaciones	8,96
Flete	1024,06
<b>Costes totales</b>	<b>2915,16</b>

De los cálculos anteriores, se obtiene la siguiente tabla resumen:

	Coste Unimodal	Coste Multimodal
Ruta 1	1405,30	1359,38
Ruta 2	2178,10	2285,44
Ruta 3	2105,50	1997,26
Ruta 4	2004,44	1608,94
Ruta 5	2777,65	2532,57
Ruta 6	1969,98	1282,87
Ruta 7	1517,85	1425,01
Ruta 8	2894,48	2142,67
Ruta 9	2200,05	1951,95
Ruta 10	2017,25	1630,04
Ruta 11	3808,25	4090,97
Ruta 12	2916,69	3000,09
Ruta 13	3078,29	3046,04
Ruta 14	3005,97	2863,34
Ruta 15	2851,50	2915,16

Tabla 5-8: Coste en euros del transporte por carretera y por transporte marítimo de corta distancia para las quince rutas. (Fuente propia)

Ruta	Costes
Ruta 1	45,92
Ruta 2	-107,34
Ruta 3	108,24
Ruta 4	395,50
Ruta 5	245,08
Ruta 6	687,11
Ruta 7	92,84
Ruta 8	751,81
Ruta 9	248,10
Ruta 10	387,21
Ruta 11	-282,72
Ruta 12	-83,40
Ruta 13	32,24
Ruta 14	142,63
Ruta 15	-63,66

Tabla 5-9: Variable costes, relación entre los costes del transporte multimodal y unimodal. (Fuente propia)

Finalmente, para poder hacer el cómputo de la segunda variable, se ha calculado la diferencia de costes entre ambos tipos de transportes. Un valor negativo significa que la opción unimodal es más económica que la opción multimodal.

En estas tablas se observa que la diferencia entre los resultados obtenidos en el capítulo 4, resultados basados en las hipótesis del proyecto INECEU, difieren substancialmente de los resultados hallados en este capítulo, que, a su vez, también son bastante más elevados que los del capítulo anterior. El motivo de esta diferencia es que en este capítulo se ha realizado un estudio más detallado y se han considerado más variables relacionadas con el transporte terrestre, así como datos más actualizados, tanto en tiempo como en coste, dando unos resultados más próximos a la realidad.

### **5.3.3 Variable adecuación intermodalidad de los puertos**

En este apartado se han evaluado las condiciones actuales de los puertos españoles de las rutas en cuestión. Para ello se tendrán en cuenta los siguientes indicadores:

- Tráfico intermodal.
- Comunicaciones intermodales.
- Infraestructuras portuarias intermodales.

Los 27 puertos de interés general que componen la red de Puertos del Estado, movieron durante el año 2007 un total de 484 millones de toneladas, lo que supone un aumento del 4,9% en relación con el año anterior<sup>5</sup>.

Las mercancías en contenedores fueron las que experimentaron el mayor crecimiento, con un 11,7%, hasta alcanzar los 140 millones de toneladas y los 13,4 millones de TEU.

---

<sup>5</sup> *Tráfico portuario español, 2007. [economista.es](http://economista.es) [20/02/2008]*

Los puertos que registraron mayor incremento del tráfico fueron Cádiz (25,3%), Tarragona (16,0%) y Valencia (12,7%), mientras que, por mercancías de contenedores, destacan Algeciras, con 3,53 millones de TEU, Valencia, con 3,01 millones, y Barcelona, con 2,61 millones.

### Tráfico intermodal

El tráfico idóneo para el Transporte Marítimo de Corta Distancia es el de contenedores y el Ro-Ro, ya que tanto la carga containerizada como la rodada permiten el trasvase entre los diferentes modos que forman el transporte intermodal.

En la siguiente tabla se especifica el volumen del tráfico de contenedores y de Ro-Ro en los puertos españoles de las rutas de estudio y la evolución de este tipo de tráfico entre el año 2003 y 2004.

	Tipo de tráfico	Volumen año 2004 (Contenedores y Ro-Ro)	Evolución Año 2003-2004
Puerto Alicante	Contenedores	153870	+5,05%
	Ro-Ro	280	+8,10%
Puerto Cádiz	Contenedores	114549	-23,68%
	Ro-Ro	1795	+1,79%
Puerto Barcelona	Contenedores	1,910723	+15,6%
	Ro-Ro	6767	+16,55%
Puerto Tarragona	Contenedores	17214	-69,81%
	Ro-Ro	427	-10,29%
Puerto Valencia	Contenedores	2134	-99,89%

	Ro-Ro	3512	+11,84%
Puerto Huelva	Contenedores	0	-
	Ro-Ro	0	-
Puerto Pasajes	Contenedores	0	-
	Ro-Ro	488	20,49%
Puerto Santander	Contenedores	143	-98,57%
	Ro-Ro	829	+18,25%
Puerto Gijón	Contenedores	4442	-57,27%
	Ro-Ro	1	+100%
Puerto Bilbao	Contenedores	468958	+4,55%
	Ro-Ro	568	+28,21%

*Tabla 5-10: Detalle del tráfico de contenedores (nº de TEU) y Tráfico Ro-Ro (KTm) en los distintos puertos. (Fuente: [www.puertos.es](http://www.puertos.es))*

### **Comunicaciones intermodales**

El puerto debe tener buenos accesos terrestres tanto interiores como exteriores por carretera y ferrocarril. Éstos deben garantizar la buena comunicación entre los distintos muelles y terminales del puerto, así como la de éstos con el exterior del puerto y su hinterland para garantizar una buena conexión entre todos los elementos integrantes de una cadena intermodal.

### **Infraestructuras portuarias intermodales**

Se considera importante que el puerto disponga de terminales para contenedores y carga rodada. En caso de no tenerlas, sí debería disponer de otras que aunque no sean específicas tengan los medios mínimos necesarios para darle servicio. Además debe disponer de muelles con líneas de atraque con los suficientes metros lineales

como para acoger de forma simultánea a varios buques de las dimensiones medias de los buques que operan en rutas del Transporte Marítimo de Corta Distancia. Para obtener estos datos se ha realizado un estudio en función de los buques que operan en las principales rutas del Short Sea Shipping<sup>6</sup>. De dicho documento se obtuvieron los siguientes resultados:

Eslora media	141,52 m
Manga media	21,56 m
Calado medio	7,35 m
TRB medio	14722,64 GT

Tabla 5-11: Características medias de los buques que operan en rutas del TMCD. (Fuente: <http://hdl.handle.net/2117/554>)

También el puerto debería disponer de superficies para almacenamiento de contenedores y de carga rodada, y de medios mecánicos adecuados a los trabajos, como son grúas portacontenedores y rampas Ro-Ro.

La existencia de una Zona de Actividades Logísticas en la propia terminal portuaria o en sus inmediaciones es un factor clave para que un puerto ofrezca unos buenos servicios de intermodalidad.

A continuación se definen las infraestructuras portuarias intermodales de que disponen los puertos en cuestión:

		Instalaciones o terminales	Líneas de atraque (metros lineales)	Superficie Total	Medios mecánicos	ZAL
Puerto Alicante	Contenedores	1	354m	42400m <sup>2</sup>	2 grúas pórtico	En el centro de Alicante
	Ro-Ro	1	395m	-	5 puestos atraque	
Puerto Cádiz	Contenedores	1	600m	140000m <sup>2</sup>	3 grúas pórtico de 40 Tm	-
	Ro-Ro	3	998m	-	7 puestos	

<sup>6</sup> Ver artículo *Análisis de los buques en el SSS Español en el año 2005*, Martínez de Osés, F.X. & Castells, M. <http://hdl.handle.net/2117/554>.

Puerto Barcelona	Contenedores	2 más 2 terminales de carga general adaptadas	4325m	97.43 Ha	45 grúas de muelle (20 de contenedores)	Sí, integrada en el propio puerto
	Ro-Ro	2 terminales de automóviles	2420m	920000m <sup>2</sup>	31 rampas	
Puerto Tarragona	Contenedores	1	-	-	-	
	Ro-Ro	No específica	-	-	10 rampa	
Puerto Valencia	Contenedores	3 más 2 muelles dedicados	> de 4000m	300 Ha	Más de 30 grúas pórtico y 60 transtrainers	Junto a la terminal de contenedores de Valenciaport
	Ro-Ro	1	> de 2400m	237000m <sup>2</sup>		
Puerto Huelva	Contenedores	No	-	-	-	CTM Cartaya (a 40 km del puerto)
	Ro-Ro	No	-	-	-	
Puerto Pasajes	Contenedores	No	-	-	-	Centro de transporte Zaisa Irún (a 14 Km. del puerto)
	Ro-Ro	No existe terminal específica	281 m	-	3 pasarelas móviles	
Puerto Santander	Contenedores	No existe terminal específica. Se utilizan otros 2 muelles	839 m (13 m calado)	60000	1 grúa portacontenedores de 35 Tm. de capacidad	
	Ro-Ro	No existe terminal específica	873 m	-	3 rampas Ro-Ro y una rampa flotante	
Puerto Gijón	Contenedores	1	210 m	40000m	2 grúas, 2 reachstacker, plataformas y cabezas tractoras	CTM Gijón (14 Km. puerto). Puerto Seco Venta de Baños Puerto Seco Toral de los Vados Puerto Seco de la Robla
	Ro-Ro	2	206 m	> 265000	1 rampa móvil	

Puerto Bilbao	Contenedores	2	3054 m	1,208000	10 grúas porta-contenedores y 18 grúas trastainer	Bikakobo – Aparcabisa (7 Km.)
	Ro-Ro	1 terminal de vehículo más 2 muelles	186 m en los muelles	62000	5 rampas Ro-Ro	Centro de Transportes Zaiza Irún (111 Km.)

Tabla 5-12: Infraestructuras intermodales portuarias. (Fuente propia)

### Valoración global

**Puerto de Alicante:** buenas características para el tráfico del Transporte Marítimo de Corta Distancia, ya que mueve tráfico de contenedores y Ro-Ro. La ZAL de Alicante no está en el mismo puerto pero sí en el centro de la ciudad. Los accesos por carretera y ferrocarril están bien resueltos. La autovía de circunvalación de Alicante enlaza la red interior del puerto con la red nacional de carreteras, que a su vez lo comunica con su *hinterland*. Es el área de entrada y salida, junto con Valencia, de la zona centro de la Península.

**Puerto de Cádiz:** buenas características para el tráfico del Transporte Marítimo de Corta Distancia. El ferrocarril llega hasta la terminal portuaria pero no dispone de una terminal ferroviaria para la manipulación de contenedores. Los accesos al puerto por carretera están bien resueltos, aunque existen puntos conflictivos en el acceso a las dársenas de Cádiz y Zona Franca por la Carretera Industrial, y se produce una saturación en la N-443. El ferrocarril comunica directamente el puerto con la línea Madrid-Cádiz. El tráfico de contenedores disminuyó en el 2004. A pesar de ello, el tráfico acumulado a mes de marzo de 2005 ha aumentado un 10,98% respecto al 2004. El tráfico de Ro-Ro se ha mantenido casi invariable, aunque ha disminuido un 6,25% a mes de marzo de 2005, respecto al mismo mes del año anterior.

**Puerto de Barcelona:** excelentes características para el Transporte Marítimo de Corta Distancia. El puerto dispone de una vía de circunvalación interior de doble carril que comunica entre sí todos los muelles. Éstos a su vez están comunicados por una línea de ferrocarril de tres tipos de ancho diferente. Existen algunas deficiencias en el

sistema ferroviario, como los accesos a la red general ferroviaria, en Casa Antúnez, el acceso al puerto desde la Zona Franca y también en los accesos a las terminales de Morrot y Muelle de Contradique. Accesos al puerto muy congestionados.

**Puerto de Tarragona:** los accesos y comunicaciones por carretera y ferrocarril son correctos. El tráfico de Ro-Ro ha aumentado los últimos años, pero el de contenedores ha disminuido. Dispone de infraestructuras adecuadas para este tráfico, grandes zonas abiertas para albergar carga rodada y es un puerto donde no se producen tantas congestiones como, por ejemplo, el de Barcelona.

**Puerto de Valencia:** se puede considerar uno de los mejores puertos para el Transporte Marítimo de Corta Distancia dada su situación estratégica y las comunicaciones e infraestructuras portuarias. Éstas lo convierten en un puerto *hub*, con conexión al Norte y al Sur de Europa y a todo el Mediterráneo en general. Dispone de buenas comunicaciones interiores, entre todos sus muelles, mediante carreteras y con una red interior de ferrocarril que los enlaza con la red ferroviaria nacional e internacional. Tiene conexión directa, mediante dos vías de circunvalación, con la red de carreteras europeas. Con su *hinterland*, que abarca todo el centro peninsular, se comunica a través de una autopista sin peaje. El resto de comunicaciones se hacen a través de la AP-7 y E-15 por el acceso sur.

**Puerto de Huelva:** tiene como objetivo convertir Huelva en una plataforma logística, como puerto *hub*, para dar salida a la producción hortofrutícola del sur peninsular y que a su vez distribuya la producción que podría captar, proveniente del Norte y del Sur de África y de Sudamérica. Para ello dispone de una red interior de ferrocarril con una estación de mercancías y de clasificación, y unos accesos viarios correctos, pero no dispone de infraestructura ni medios mecánicos, ni de tráfico de contenedores y de carga rodada. Necesitaría pues, de estas instalaciones, sobretudo con zonas adyacentes a la próxima terminal de frutas y con medios para almacenar contenedores refrigerados.

**Puerto de Pasajes:** dispone de una buena situación geográfica, ya que lo está respecto al Atlántico, y a su vez respecto a la frontera francesa por Irún y a la parte española mediterránea. Sus infraestructuras viarias y ferroviarias han mejorado mucho los

últimos años, poseyendo una buena red ferroviaria interior que conecta todos los muelles entre sí, y de cuatro accesos ferroviarios al puerto. También está bien comunicado por autopista con el oeste y sur peninsular y con Francia. Enlaza también con la N-I que comunica Madrid con Irún. Es un puerto vinculado al sector siderúrgico, siendo este tipo de mercancía no apta para los contenedores en el transporte intermodal. Para que sea un puerto apto para el Transporte Marítimo de Corta Distancia sería necesario que se llevaran a cabo las obras del Puerto exterior de Pasaia, para liberar las limitaciones de eslora, calado y espacios en tierra.

**Puerto de Santander:** las comunicaciones viarias son buenas entre los muelles nuevos, pero no entre estos y el resto del recinto portuario. El ferrocarril llega directamente hasta el puerto, a través de RENFE y FEVE<sup>7</sup>. Está comunicado por carretera nacional con el noroeste peninsular, y por autovía con Bilbao, pero no dispone de buenas comunicaciones con el interior de la Península. Está bien conectado con Madrid a través de RENFE y con el Norte peninsular con FEVE, pero sólo existe un acceso al puerto. Aunque no dispone de terminal de contenedores ni de Ro-Ro, sí que dispone de instalaciones suficientes dedicadas a estos tráfico. Se observa un descenso importante del número de TEU's movidos durante el año 2004 respecto a 2003. Esta tendencia a la baja se está manteniendo. El tráfico de Ro-Ro va en aumento año tras año. Es un puerto adecuado para el Transporte Marítimo de Corta Distancia, pero sólo para el tráfico de Ro-Ro, ya que el tráfico de contenedores tiende a reducirse. Necesitaría mejorar las comunicaciones con el interior de la Península por autopista. Una de las especialidades del puerto santanderino es el tráfico de vehículos.

**Puerto de Gijón:** en general es un puerto adecuado para el Transporte Marítimo de Corta Distancia, aunque debe mejorar sus comunicaciones y accesos. Cuenta con una estación TECO<sup>8</sup> que lo enlaza con la red europea de transporte combinado, pero carece de accesos ferroviarios a todos los muelles. También están en proceso de mejora los accesos por carretera al puerto. Las comunicaciones con el norte, oeste e interior peninsular están bien resueltas por autopista. Por ferrocarril está conectado con

---

<sup>7</sup> Ferrocarriles de Vía Estrecha (FEVE) es una compañía pública de ferrocarriles de España que opera en las comunidades autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Castilla y León y Murcia.

<sup>8</sup> Se trata de la división comercial dedicada al transporte combinado de la operadora ferroviaria española Renfe Operadora. Su nombre oficial es "Dirección General de Servicios de Mercancía y Logística", aunque se la conoce en el mundo del transporte ferroviario como TECO (Tren Expreso de Contenedores).

RENFE y FEVE. Se puede observar un descenso en el tráfico de contenedores en el año 2004, sin embargo durante el primer trimestre del 2005, el aumento ha sido extraordinario respecto al mismo trimestre del año anterior. Desde la Autoridad Portuaria se pretende captar nuevas líneas de contenedores para paliar sus recientes carencias, y potenciar el puerto de Gijón como puerto de salida del interior peninsular, apoyado por CTM de Gijón y otros tres puertos secos en proyecto.

**Puerto de Bilbao:** sus buenas conexiones con el Norte de Europa y con el continente americano hacen este puerto adecuado para el Transporte Marítimo de Corta Distancia. Tiene buenas comunicaciones interiores, ya que todos los muelles disponen de viales que los comunican entre ellos, y desde todos ellos se puede acceder directamente a la Autopista A-8, menos el de Zorroza, desde el cual se accede a la Nacional N-634. Dispone de una estación de mercancías compuesta de: una estación clasificadora que recibe y expide los trenes; una terminal de cargas; y una terminal TECO de contenedores. Los muelles de Zorroza y Santurce tienen servicio y acceso ferroviario a RENFE. Está conectado por carretera y autopista con el norte de la península y la frontera francesa, y con el interior de la península que forma parte de su *hinterland*. Por ferrocarril está conectado con el interior y con Santander a través de la Red Nacional, y algunos tramos son de vía ancha y otros de doble vía ancha.

Para este estudio se ha elegido la opción de diversificar las rutas del Transporte Marítimo de Corta Distancia a los puertos de menor importancia, a pesar de que estos carezcan de todas las infraestructuras ideales para ello, ya que de lo contrario, se liberaría la frontera, pero se colapsarían los accesos a los principales puertos. Es por este motivo que a los principales puertos, como Barcelona y Bilbao, a pesar de tener buenas infraestructuras y medios mecánicos, se les ha calificado con menor puntuación que otros puertos que no disponen de ellos.

Ruta	Puerto de Embarque	Variable Puerto
Ruta1	Puerto de Alicante	4
Ruta 2	Puerto de Cadiz	3
Ruta 3	Puerto de Alicante	4
Ruta 4	Puerto de Alicante	4
Ruta 5	Puerto de Cadiz	3
Ruta 6	Puerto Barcelona	2
Ruta 7	Puerto Tarragona	4
Ruta 8	Puerto Valencia	2
Ruta 9	Puerto Valencia	2
Ruta 10	Puerto Tarragona	4
Ruta 11	Puerto Huelva	3
Ruta 12	Puerto Pasajes	4
Ruta 13	Puerto Santander	3
Ruta 14	Puerto Gijon	3
Ruta 15	Puerto Bilbao	2

Tabla 5-13: Variable intermodalidad del puerto. (Fuente propia)

### 5.3.4 Variable flujos de mercancías por carretera

En este apartado se evalúan las cifras de transporte de mercancías por carretera, seleccionando los destinos u orígenes con mayor volumen de intercambios y el tipo de cargas mayoritarias. Para realizar dicho estudio se han utilizado los datos obtenidos en la *Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2004*<sup>9</sup>, realizada por la Dirección General de Programación Económica, del Ministerio de Fomento. Para ello es necesario calcular el flujo de mercancías transportadas por carretera desde las diferentes Comunidades Autónomas, en función de las rutas. Se ha dividido el cálculo en dos parámetros diferentes:

- Movimiento total de las mercancías, es decir, la suma del transporte internacional recibido y expedido. Cuanto mayor sea este valor, más movimiento de flujo se realiza, y más óptima será la ruta para el Transporte Marítimo de Corta Distancia.
- Diferencia entre el transporte recibido y el expedido (*Imbalance*): un valor alto de

<sup>9</sup> *Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2004*. D.G de Programación económica. Ministerio de Fomento. Tabla 6.3

este parámetro actúa negativamente en el Transporte Marítimo de Corta Distancia.

Para hallar la variable, se restará al movimiento total de mercancías la diferencia entre el transporte recibido y el expedido:

	Transp.Int.Recibido	Transp.Int.Expedido	Total flujo	Diferencia
Ruta 1(Com.Val.)	2999	4516	7515	1517
Ruta 2(Andalucía)	1788	4106	5894	2318
Ruta 3(Andalucía)	1788	4106	5894	2318
Ruta 4(Com.Val.)	2999	4516	7515	1517
Ruta 5(Com.Val.)	2999	4516	7515	1517
Ruta 6(Cataluña)	8659	7087	15746	1572
Ruta 7(Aragón)	1524	1171	2695	353
Ruta 8(Madrid)	2657	1107	3764	1550
Ruta 9(Cast.León)	1377	1381	2758	4
Ruta 10(Cast.León)	1377	1381	2758	4
Ruta 11(Andalucía)	1788	4106	5894	2318
Ruta 12(Aragón)	1524	1171	2695	353
Ruta 13(Madrid)	2657	1107	3764	1550
Ruta 14(Cast.León)	1377	1381	2758	4
Ruta 15(Cast.León)	1377	1381	2758	4

Tabla 5-14: Total y diferencia del flujo de transferencia internacional recibido y expedido (en miles de Tm). (Fuente: Encuesta Permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2004)

Esta variable también nos dará una idea del nivel de llenado del buque en los viajes de retorno.

A continuación se ha realizado el cuadro resumen de la cuarta variable a tener en cuenta en este capítulo, considerando una importancia de un 60% al primer parámetro y de un 40% al segundo:

	<b>Variable Flujos</b>
Ruta 1 (Com.Valenciana)	3,90
Ruta 2 (Andalucía)	2,61
Ruta 3 (Andalucía)	2,61
Ruta 4 (Com.Valenciana)	3,90
Ruta 5 (Com.Valenciana)	3,90
Ruta 6 (Catalunya)	8,82
Ruta 7 (Aragón)	1,48
Ruta 8 (Com. Madrid)	1,64
Ruta 9 (Castilla León)	1,65
Ruta 10 (Castilla León)	1,65
Ruta 11(Andalucía)	2,61
Ruta 12 (Aragón)	1,48
Ruta 13 (Com. Madrid)	1,64
Ruta 14 (Castilla León)	1,65
Ruta 15 (Castilla León)	1,65

*Tabla 5-15: Variable flujos de mercancías para las 15 rutas. (Fuente propia)*

## **5.3.5 Variable meteorológica**

### **5.3.5.1 Introducción**

Las condiciones meteorológicas juegan un papel importante en la derrota de un buque. Incluso con las nuevas tecnologías de los buques de alta velocidad, las malas condiciones meteorológicas pueden afectar al servicio, y hacer variar el tiempo de entrega de la mercancía.

Antes de la asignación de un buque a una línea regular de corta distancia determinada es necesario estudiar diferentes parámetros para que, una vez aplicados estos factores, unos a favor y otros en contra, se pueda asignar la línea del buque que se crea más competitiva.

El origen del trazado de rutas de navegación teniendo en cuenta las circunstancias meteorológicas, la conocida navegación meteorológica, podría remontarse al año 1842, cuando el lugarteniente Matthew Fontaine Maury decidió ampliar el conocimiento de los marineros acerca de la meteorología, los vientos y las corrientes existentes. Con este fin ideó un programa hidrográfico de intercambio de información entre capitanes de buques con los datos de los diarios de a bordo, permitiendo, por primera vez, una recomendación de rutas dependiendo de la estación del año.

En 1950 se realizaron avances importantes en el campo de la navegación meteorológica, aplicando la predicción meteorológica disponible, siendo así posible evitar el peor tiempo y recortar las rutas de navegación. Estos métodos confiaban en minimizar el tiempo de tránsito, y evitar las tormentas y otras circunstancias atmosféricas que podían molestar al pasaje de un buque. A pesar de que algunos métodos tendían a ser demasiado simples, y de que los resultados iniciales estaban adversamente afectados por la falta de precisión de las predicciones meteorológicas disponibles, las ventajas estratégicas y económicas fueron reconocidas y confirmadas.

A medida que se fueron mejorando la velocidad y las capacidades de los ordenadores, se fueron instalando mejores modelos de predicción meteorológica así como avances significativos en el campo de la ingeniería naval, de los ordenadores personales, del instrumental de abordo y de la tecnología de comunicaciones por satélite.

La OMI aprobó en 1983 la resolución A.528(13) – Recomendación sobre la navegación meteorológica, en la que se reconoce que la navegación meteorológica – gracias a la cual se proporcionan a los buques las “derrotas óptimas” para evitar condiciones meteorológicas adversas – puede reforzar la seguridad. Recomienda también a los gobiernos que hagan saber a los buques que enarbolan sus respectivos pabellones, que se dispone de información acerca de navegación meteorológica, especialmente la facilitada por los servicios que figuran en una lista publicada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

### 5.3.5.2 Información meteorológica

Para la elaboración de los datos que a continuación se detallan, se han consultado las siguientes fuentes de información:

1. Puertos del Estado (España): información sobre meteorología y oceanografía a partir de unas redes de medida que están destinadas a obtener información detallada sobre las características físicas (oleaje, corrientes, temperaturas, vientos, etc.) del entorno marino y portuario. Existen seis redes de objetivos distintos y complementarios: la de aguas profundas, la costera, la de radares, la de cadenas de correntímetros, la meteorológica y la de mareógrafos.
2. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH (Alemania): realiza medidas de ola en la zona de Alemania.
3. Centre d'études techniques maritimes et fluviales (Francia). Centre d'Archivage Nationale de Donnés de Houles In Situ, CANDHIS. Medidas del oleaje de la zona de Francia (Atlántica y Mediterránea).
4. MétéoFrance (Francia): información meteorológica en Francia.
5. Idromare (Italia). Información sobre la altura de la ola en la zona italiana.
6. Eurometeo: información sobre el oleaje en el mediterráneo central.

A partir de las rutas sujetas a estudio se van a analizar los siguientes trayectos marítimos y sus distancias:

1. Alicante – Marsella: 402' (Ruta 1 y 3)
2. Cádiz – Marsella: 759'
3. Alicante – Génova: 560'
4. Cádiz – Génova: 916'
5. Barcelona – Civitavecchia: 439'
6. Tarragona – Génova: 399' (Ruta 7 y 10)
7. Valencia – Nápoles: 710'
8. Valencia – Génova: 510'
9. Huelva – Hamburgo: 1541'
10. Pasajes – Hamburgo: 1042'
11. Santander – Hamburgo: 1001'
12. Gijón – Hamburgo: 987'

### 13. Bilbao – Hamburgo: 1024'

Para la realización de este estudio se han calculado las alturas significativas ( $H_s$ ) a partir de los datos obtenidos en las boyas meteorológicas de las instituciones definidas anteriormente. Se define como altura significativa de la ola,  $H_{1/3}$  o  $H_s$ , como la altura media del tercio mayor de todas las olas observadas. En la zona del noroeste de Europa se ha realizado también una división en función de la pendiente de las olas, clasificando las olas entre olas de mar y olas de viento.

A continuación se definen todas las boyas meteorológicas que se han tenido en cuenta, considerando las boyas oportunas en cada uno de los 13 trayectos definidos.



Figura 5-1: Situación de las boyas meteorológicas. (Fuente propia)

#### **Boyas en España**

Boya 1: Bilbao – Vizcaya. Situación  $I=43^{\circ}38'24''N$  y  $L=003^{\circ}03'07''W$

Boya 2: Gijón. Situación  $I=43^{\circ}36'43''N$  y  $L=008^{\circ}40'01''W$

Boya 3: Estaca de Bares. Situación  $I=44^{\circ}03'54''N$   $L=007^{\circ}37'05''W$

Boya 4: Silleiro (boya RAYO). Situación  $I=42^{\circ}07'48''N$   $L=009^{\circ}23'24''W$

Boya 5: Cádiz – Huelva. Situación  $I=36^{\circ}28'37''N$   $L=006^{\circ}57'47''W$

Boya 6: Mar de Alborán. Situación  $I=36^{\circ}16'01''N$   $L=005^{\circ}01'59''W$

Boya 7: Alicante. Situación I=38° 15'N L=000°25'01"W  
Boya 8: Valencia. Situación I=39°78'61"N L=000°16'59"W  
Boya 9: Tarragona. Situación I=41°03'57"N L=001°11'27"E  
Boya 10: Barcelona. Situación I=41°22'30"N L=002°15'E  
Boya 11: Baleares. Situación I=40°07'30"N L=003°30'E

#### **Boyas en Francia**

Boya 12: Nice. Situación I=43° 38'13"N L=007°13'53"E  
Boya 13: Bastia. Situación I=43° 12'54"N L=009° 28'48"E  
Boya 14: Porquerolles. Situación I=42° 58'N L=006°12'18"E  
Boya 15: Camargue. Situación I=43° 21'N L=004°34'E  
Boya 16: Sète. Situación I=43° 19'42"N L=003° 39'33"E  
Boya 17: Dunkerque. Situación I=51°09'42"N L=001°46'06"E  
Boya 18: Ouessant large. Situación I=48°30'N L=005°45'W  
Boya 19: Lezardrieux. Situación I=48° 54'42"N L=003° 09'06"W  
Boya 20: Cherbourg. Situación I=49° 40'7"N L=001°39'W

#### **Boyas en Alemania**

Boya 21: Elbe. Situación I=54°00'N L=008°07'E  
Boya 22: Helgoland. Situación I=54°10'N L=007°53'E

#### **Boyas en Italia**

Boya 23: Alghero. Situación I=40°32'54"N L=008° 06'24"E  
Boya 24: Capo Comino. Situación I=40°37'N L=009° 53'30"E  
Boya 25: Capo Linazo. Situación I=42°00'N L=011° 46'36"E  
Boya 26: Ponza. Situación I=40°52'N L=012° 57'E

### **5.3.5.3 Rutas marítimas y condiciones de navegabilidad**

A pesar de que los buques convencionales en general no presentan ninguna obligatoriedad de suspender la navegación en función de la altura de la ola, para este estudio se ha considerado una altura significativa de ola límite a partir de la cual las condiciones de navegabilidad del buque empeoran sustancialmente, y también el confort del pasaje y de la tripulación.

En el caso de los buques de alta velocidad, uno de los objetivos del *HSC Code* es establecer unos niveles de seguridad que sean equivalentes a los prescritos para los buques convencionales. Una de las prescripciones es que “las condiciones ambientales más desfavorables previstas para las que se permitan las operaciones sean objeto de restricciones mediante la imposición de límites operacionales”. Los buques de alta velocidad deben disponer de un “Manual de Operaciones”, que debe recoger “las limitaciones operacionales incluidas las peores condiciones previstas” (ver Anexo III).

De momento en este apartado, se ha estudiado el caso para los buques convencionales, el número de días en que la altura de las olas sea superior a 4 metros.

También ha sido necesario clasificar las olas entre olas de viento y mar de fondo. Se ha utilizado el criterio que el mar de fondo presenta una pendiente de entre 1/30 y 1/100 y que las olas de viento presentan una pendiente de entre 1/10 y 1/30.

Para el cálculo del porcentaje máximo de altura de ola para una ruta determinada se ha tenido en cuenta que los sucesos son independientes, es decir, que la altura de ola, por ejemplo, en Barcelona no tiene ninguna relación directa con la altura de ola en Civitavecchia. A partir de aquí se ha calculado la probabilidad de que se produzca una altura de ola determinada en cualquiera de los puntos por los que pasa la ruta. Por ejemplo, la ruta que une Barcelona con Roma pasa por las boyas de Barcelona, Alghero, Capo Comino y Capo Linazo y se han obtenido las probabilidades en cada uno de estos puntos para diferentes alturas de ola. Es necesario conocer la probabilidad de esa altura de ola en toda la ruta, por lo que se ha de considerar que esa altura de ola se puede dar, sólo en Barcelona, en Barcelona y en Alghero, en Barcelona y en Capo Linaro, etc., para la probabilidad total de la ruta se han de considerar todas las posibles combinaciones.

Si se denomina  $P(A_i)$  a la probabilidad de la altura de ola, en tanto por uno, por un punto determinado de la ruta, la probabilidad total de la ruta se calculará<sup>10</sup>:

---

<sup>10</sup> Paul L.Meyer, *Probabilidad y aplicaciones estadísticas*. Fondo Educativo Interamericano, S.A. 1973

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_k) = \sum_{i=1}^k P(A_i) - \sum_{i<j=2}^k P(A_i \cap A_j) + \sum_{i<j<r=3}^k P(A_i \cap A_j \cap A_r) + \dots + (-1)^{k-1} P(A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_k)$$

Las probabilidades  $P(A_i \cap A_j)$  indican la probabilidad de que se produzca esa altura de ola en dos de los puntos de la ruta. Como ya se ha comentado, que una misma altura de ola se produzca en dos puntos de la ruta, son sucesos independientes por lo que la probabilidad se calcula como  $P(A_i \cap A_j) = P(A_i) \cdot P(A_j)$ .

Concluyendo, la probabilidad total de la ruta se ha calculado a partir de la siguiente función:

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_k) = \sum_{i=1}^k P(A_i) - \sum_{i<j=2}^k P(A_i) \cdot P(A_j) + \sum_{i<j<r=3}^k P(A_i) \cdot P(A_j) \cdot P(A_r) + \dots + (-1)^{k-1} P(A_1) \cdot P(A_2) \cdot \dots \cdot P(A_k)$$

### 5.3.5.4 Obtención de resultados

#### RUTA 1 y Ruta 3: ALICANTE - MARSELLA

##### ESPAÑA

BOYA ALICANTE	
Sep.1985-Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	39,098
1	45,602
1,5	10,882
2	2,799
2,5	0,96
3	0,417
3,5	0,131
4	0,082
4,5	0,026
5	0,003
>5	0

##### BOYA BCN

2004	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	67,342
1	24,341
1,5	5,882
2	1,704
2,5	0,406
3	0,284
3,5	0,041
4	0
4,5	0
5	0
>5	0

##### FRANCIA

BOYA PORQUEROLLES	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,3	9,08%
0,6	19,90%
0,9	12,60%
1,2	12,20%
1,5	8,50%
1,8	8,90%
2,1	9,10%
2,4	7,04%
2,7	4,86%
3	3,68%
3,3	2,25%
3,6	0,97%
3,9	0,80%
4,2	0,05%
4,5	0,06%
12,8	0,01%

##### BOYA CAMARGUE

Jun.2002 - Ago.2005	
Hs [m]	Total (%)
0,3	19,80%
0,6	27,70%
0,9	20,40%
1,2	15,30%
1,5	8,90%
1,8	3,60%
2,1	1,80%
2,4	1,30%
2,7	0,78%
3	0,35%
3,3	0,07%

**RUTA 2: CADIZ - MARSELLA**

**ESPAÑA**

BOYA CADIZ	
Jul.1984-Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	18,917
1	52,046
1,5	17,762
2	5,776
2,5	2,81
3	1,362
3,5	0,663
4	0,37
4,5	0,197
5	0,058
>5	0,039

BOYA ALICANTE	
Sep.1985-Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	39,098
1	45,602
1,5	10,882
2	2,799
2,5	0,96
3	0,417
3,5	0,131
4	0,082
4,5	0,026
5	0,003
>5	0

BOYA BCN	
2004	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	67,342
1	24,341
1,5	5,882
2	1,704
2,5	0,406
3	0,284
3,5	0,041
4	0
4,5	0
5	0
>5	0

**FRANCIA**

BOYA PORQUEROLLES	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,3	9,08%
0,6	19,90%
0,9	12,60%
1,2	12,20%
1,5	8,50%
1,8	8,90%
2,1	9,10%
2,4	7,04%
2,7	4,86%
3	3,68%
3,3	2,25%
3,6	0,97%
3,9	0,80%
4,2	0,05%
4,5	0,06%
12,8	0,01%

BOYA CAMARGUE	
Jun.2002 - Ago.2005	
Hs [m]	Total (%)
0,3	19,80%
0,6	27,70%
0,9	20,40%
1,2	15,30%
1,5	8,90%
1,8	3,60%
2,1	1,80%
2,4	1,30%
2,7	0,78%
3	0,35%
3,3	0,07%

**RUTA 4: ALICANTE - GENOVA**

**ESPAÑA**

BOYA ALICANTE	
Sep.1985-Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	39,098
1	45,602
1,5	10,882
2	2,799
2,5	0,96
3	0,417
3,5	0,131
4	0,082
4,5	0,026
5	0,003
>5	0

BOYA BCN	
2004	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	67,342
1	24,341
1,5	5,882
2	1,704
2,5	0,406
3	0,284
3,5	0,041
4	0
4,5	0
5	0
>5	0

**FRANCIA**

BOYA PORQUEROLLES	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,3	9,08%
0,6	19,90%
0,9	12,60%
1,2	12,20%
1,5	8,50%
1,8	8,90%
2,1	9,10%
2,4	7,04%
2,7	4,86%
3	3,68%
3,3	2,25%
3,6	0,97%
3,9	0,80%
4,2	0,05%
4,5	0,06%
12,8	0,01%

BOYA NICE	
Jun.2002 - Ago.2005	
Hs [m]	Total (%)
0,2	12,05%
0,4	35,70%
0,6	22,35%
0,8	13,41%
1	7,15%
1,2	3,86%
1,4	2,09%
1,6	1,45%
1,8	0,83%
2	0,46%
2,2	0,33%
2,4	0,20%
2,6	0,05%
2,8	0,02%
3	0,02%
3,2	0,02%
3,4	0,01%
3,6	4,525E-05

**RUTA 5: CADIZ - GENOVA**

ESPAÑA	
BOYA CADIZ	
Jul.1984-Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	18,917
1	52,046
1,5	17,762
2	5,776
2,5	2,81
3	1,362
3,5	0,663
4	0,37
4,5	0,197
5	0,058
>5	0,039

BOYA ALICANTE	
Sep.1985-Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	39,098
1	45,602
1,5	10,882
2	2,799
2,5	0,96
3	0,417
3,5	0,131
4	0,082
4,5	0,026
5	0,003
>5	0

BOYA BCN	
2004	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	67,342
1	24,341
1,5	5,882
2	1,704
2,5	0,406
3	0,284
3,5	0,041
4	0
4,5	0
5	0
>5	0

FRANCIA	
BOYA PORQUEROLLES	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,3	9,08%
0,6	19,90%
0,9	12,60%
1,2	12,20%
1,5	8,50%
1,8	8,90%
2,1	9,10%
2,4	7,04%
2,7	4,86%
3	3,68%
3,3	2,25%
3,6	0,97%
3,9	0,80%
4,2	0,05%
4,5	0,06%
12,8	0,01%

BOYA NICE	
Jun.2002 - Ago.2005	
Hs [m]	Total (%)
0,2	12,05%
0,4	35,70%
0,6	22,35%
0,8	13,41%
1	7,15%
1,2	3,86%
1,4	2,09%
1,6	1,45%
1,8	0,83%
2	0,46%
2,2	0,33%
2,4	0,20%
2,6	0,05%
2,8	0,02%
3	0,02%
3,2	0,02%
3,4	0,01%
3,6	4,525E-05

**RUTA 6: BARCELONA -  
CIVITAVECCHIA**

**ESPAÑA**

BOYA BCN	
2004	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	67,342
1	24,341
1,5	5,882
2	1,704
2,5	0,406
3	0,284
3,5	0,041
4	0
4,5	0
5	0
>5	0

**ITALIA**

BOYA ALGHERO		
2005		
Hs [m]		%
≤0,5	4409	35,77%
1	3595	29,16%
1,5	2049	16,62%
2	1021	8,28%
2,5	652	5,29%
3	350	2,84%
3,5	124	1,01%
4	72	0,58%
4,5	37	0,30%
5	15	0,12%
>5	3	0,02%

BOYA CAPO COMINO		
2005		
Hs [m]		%
≤0,5	689	24,77%
1	624	22,43%
1,5	205	7,37%
2	789	28,36%
2,5	271	9,74%
3	96	3,45%
3,5	54	1,94%
4	25	0,90%
4,5	14	0,50%
5	11	0,40%
>5	4	0,14%

BOYA CAPO LINARO		
2005		
Hs [m]		%
≤0,5	6821	43,85%
1	4679	30,08%
1,5	2116	13,60%
2	923	5,93%
2,5	508	3,27%
3	319	2,05%
3,5	132	0,85%
4	48	0,31%
4,5	8	0,05%
5	2	0,01%
>5	1	0,01%

**RUTA 7 y Ruta 10: TARRAGONA - GENOVA**

ESPAÑA	
BOYA TARRAGONA	
Nov. 1992 - Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	53,481
1	38,526
1,5	5,979
2	1,49
2,5	0,419
3	0,081
3,5	0,024
4	0
4,5	0
5	0

BOYA BCN	
2004	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	67,342
1	24,341
1,5	5,882
2	1,704
2,5	0,406
3	0,284
3,5	0,041
4	0
4,5	0
5	0

FRANCIA	
BOYA PORQUEROLLES	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,3	9,08%
0,6	19,90%
0,9	12,60%
1,2	12,20%
1,5	8,50%
1,8	8,90%
2,1	9,10%
2,4	7,04%
2,7	4,86%
3	3,68%
3,3	2,25%
3,6	0,97%
3,9	0,80%
4,2	0,05%
4,5	0,06%
12,8	0,01%

BOYA NICE	
Jun.2002 - Ago.2005	
Hs [m]	Total (%)
0,2	12,05%
0,4	35,70%
0,6	22,35%
0,8	13,41%
1	7,15%
1,2	3,86%
1,4	2,09%
1,6	1,45%
1,8	0,83%
2	0,46%
2,2	0,33%
2,4	0,20%
2,6	0,05%
2,8	0,02%
3	0,02%
3,2	0,02%
3,4	0,01%
3,6	4,525E-05

**ruta 8: VALENCIA - NAPOLI**

**ESPAÑA**

BOYA VALENCIA	
May. 1992 - Jul.2001	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	51,874
1	36,906
1,5	7,627
2	2,267
2,5	0,789
3	0,358
3,5	0,135
4	0,039
4,5	0,005
5	0
>5	0

BALEARES	
2005	
Hs [m]	
≤0,5	42,421
1	29,751
1,5	9,351
2	6,033
2,5	4,751
3	2,753
3,5	1,659
4	1,32
4,5	0,943
5	0,566
>5	0,452

**ITALIA**

BOYA ALGHERO		
2005		
Hs [m]		%
≤0,5	4409	35,77%
1	3595	29,16%
1,5	2049	16,62%
2	1021	8,28%
2,5	652	5,29%
3	350	2,84%
3,5	124	1,01%
4	72	0,58%
4,5	37	0,30%
5	15	0,12%
>5	3	0,02%

BOYA CAPO COMINO		
2005		
Hs [m]		%
≤0,5	689	24,77%
1	624	22,43%
1,5	205	7,37%
2	789	28,36%
2,5	271	9,74%
3	96	3,45%
3,5	54	1,94%
4	25	0,90%
4,5	14	0,50%
5	11	0,40%
>5	4	0,14%

BOYA PONZA		
2005		
Hs [m]		%
≤0,5	5644	38,08%
1	4542	30,65%
1,5	2524	17,03%
2	1151	7,77%
2,5	548	3,70%
3	232	1,57%
3,5	95	0,64%
4	77	0,52%
4,5	8	0,05%
5	0	0,00%
>5	0	0,00%

**RUTA 9: VALENCIA - GENOVA**

**ESPAÑA**

BOYA VALENCIA	
May. 1992 - Jul.2001	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	51,874
1	36,906
1,5	7,627
2	2,267
2,5	0,789
3	0,358
3,5	0,135
4	0,039
4,5	0,005
5	0
>5	0

**BOYA BARCELONA**

2004	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	67,342
1	24,341
1,5	5,882
2	1,704
2,5	0,406
3	0,284
3,5	0,041
4	0
4,5	0
5	0
>5	0

**FRANCIA**

BOYA PORQUEROLLES	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,3	9,08%
0,6	19,90%
0,9	12,60%
1,2	12,20%
1,5	8,50%
1,8	8,90%
2,1	9,10%
2,4	7,04%
2,7	4,86%
3	3,68%
3,3	2,25%
3,6	0,97%
3,9	0,80%
4,2	0,05%
4,5	0,06%
12,8	0,01%

**BOYA NICE**

Jun.2002 - Ago.2005	
Hs [m]	Total (%)
0,2	12,05%
0,4	35,70%
0,6	22,35%
0,8	13,41%
1	7,15%
1,2	3,86%
1,4	2,09%
1,6	1,45%
1,8	0,83%
2	0,46%
2,2	0,33%
2,4	0,20%
2,6	0,05%
2,8	0,02%
3	0,02%
3,2	0,02%
3,4	0,01%
3,6	4,525E-05

**ruta 11: HUELVA - HAMBURGO**

**ESPAÑA**

BOYA CADIZ	
Jul.1984-Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	18,917
1	52,046
1,5	17,762
2	5,776
2,5	2,81
3	1,362
3,5	0,663
4	0,37
4,5	0,197
5	0,058
>5	0,039

**BOYA SILLEIRO**

BOYA SILLEIRO	
Jul. 1987 - Dic.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	0,477
1	10,453
1,5	21,531
2	22,188
2,5	16,045
3	10,273
3,5	6,969
4	4,3
4,5	2,881
5	2,108
>5	2,775

**BOYA ESTACA DE BARES**

BOYA ESTACA DE BARES	
Feb. 1997 - Nov.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤0,5	0,071
1	9,3
1,5	19,954
2	20,009
2,5	14,919
3	12,102
3,5	7,656
4	5,13
4,5	3,439
5	2,329
>5	5,091

**FRANCIA**

BOYA OUESSANT	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,8	7,57%
1,6	27,50%
2,4	25,31%
3,2	15,29%
4	9,29%
4,8	5,29%
5,6	3,86%
6,4	2,54%
7,2	1,86%
8	0,87%
8,8	0,33%
9,6	0,12%
10,4	0,09%
11,2	0,05%
12	0,00%
12,8	0,01%

**BOYA CHERBOURG**

BOYA CHERBOURG	
Jul.1999 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,2	17,40%
0,4	26,90%
0,6	17,90%
0,8	13,10%
1	11,20%
1,2	6,90%
1,4	3,90%
1,6	1,40%
1,8	0,90%
2	0,40%

**BOYA DUNKERQUE**

BOYA DUNKERQUE	
Dic.1987 - set.1996	
Hs [m]	Total (%)
0,3	2,81%
0,6	25,21%
0,9	23,63%
1,2	20,30%
1,5	10,24%
1,8	6,64%
2,1	3,89%
2,4	2,45%
2,7	1,52%
3	1,06%
3,3	1,31%
3,6	0,57%
3,9	0,20%
4,2	0,15%

ALEMANIA	
BOYA ELBE	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	21,90%
0,75	32,80%
1,25	22,30%
1,75	12,40%
2,25	5,30%
2,75	2,90%
3,25	1,40%
3,75	0,75%
4,25	0,25%

BOYA HELGOLAND	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	20,20%
0,75	33,10%
1,25	23,00%
1,75	11,90%
2,25	6,30%
2,75	3,30%
3,25	1,60%
3,75	0,50%

**RUTA 12: PASAJES - HAMBURGO**

**ESPAÑA**

BOYA BILBAO-VIZCAYA	
Nov. 1990 - Oct.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤1	27,85%
2	43,48%
3	18,17%
4	6,75%
5	2,75%
6	0,74%
7	0,24%
8	0,03%
9	0,00%
10	0,00%
>10	0,00%

**FRANCIA**

BOYA OUESSANT	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,8	7,57%
1,6	27,50%
2,4	25,31%
3,2	15,29%
4	9,29%
4,8	5,29%
5,6	3,86%
6,4	2,54%
7,2	1,86%
8	0,87%
8,8	0,33%
9,6	0,12%
10,4	0,09%
11,2	0,05%
12	0,00%
12,8	0,01%

**BOYA CHEBOURG**

Jul.1999 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,2	17,40%
0,4	26,90%
0,6	17,90%
0,8	13,10%
1	11,20%
1,2	6,90%
1,4	3,90%
1,6	1,40%
1,8	0,90%
2	0,40%

**BOYA DUNKERQUE**

Dic.1987 - set.1996	
Hs [m]	Total (%)
0,3	2,81%
0,6	25,21%
0,9	23,63%
1,2	20,30%
1,5	10,24%
1,8	6,64%
2,1	3,89%
2,4	2,45%
2,7	1,52%
3	1,06%
3,3	1,31%
3,6	0,57%
3,9	0,20%
4,2	0,15%

ALEMANIA	
BOYA ELBE	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	21,90%
0,75	32,80%
1,25	22,30%
1,75	12,40%
2,25	5,30%
2,75	2,90%
3,25	1,40%
3,75	0,75%
4,25	0,25%

BOYA HELGOLAND	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	20,20%
0,75	33,10%
1,25	23,00%
1,75	11,90%
2,25	6,30%
2,75	3,30%
3,25	1,60%
3,75	0,50%

**ruta 13: SANTANDER - HAMBURGO**

**ESPAÑA**

BOYA GIJON	
Nov. 1990 - Oct.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤1	27,257
2	46,712
3	17,643
4	5,924
5	1,954
6	0,414
7	0,075
8	0,021
9	0
10	0
>10	0

**FRANCIA**

BOYA OUESSANT	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,8	7,57%
1,6	27,50%
2,4	25,31%
3,2	15,29%
4	9,29%
4,8	5,29%
5,6	3,86%
6,4	2,54%
7,2	1,86%
8	0,87%
8,8	0,33%
9,6	0,12%
10,4	0,09%
11,2	0,05%
12	0,00%
12,8	0,01%

**BOYA CHEBOURG**

BOYA CHEBOURG	
Jul.1999 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,2	17,40%
0,4	26,90%
0,6	17,90%
0,8	13,10%
1	11,20%
1,2	6,90%
1,4	3,90%
1,6	1,40%
1,8	0,90%
2	0,40%

**BOYA DUNKERQUE**

BOYA DUNKERQUE	
Dic.1987 - set.1996	
Hs [m]	Total (%)
0,3	2,81%
0,6	25,21%
0,9	23,63%
1,2	20,30%
1,5	10,24%
1,8	6,64%
2,1	3,89%
2,4	2,45%
2,7	1,52%
3	1,06%
3,3	1,31%
3,6	0,57%
3,9	0,20%
4,2	0,15%

ALEMANIA	
BOYA ELBE	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	21,90%
0,75	32,80%
1,25	22,30%
1,75	12,40%
2,25	5,30%
2,75	2,90%
3,25	1,40%
3,75	0,75%
4,25	0,25%

BOYA HELGOLAND	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	20,20%
0,75	33,10%
1,25	23,00%
1,75	11,90%
2,25	6,30%
2,75	3,30%
3,25	1,60%
3,75	0,50%

**RUTA 14: GIJÓN - HAMBURGO**

ESPAÑA	
BOYA GIJÓN	
Nov. 1990 - Oct.2002	
Hs [m]	Total (%)
≤1	27,257
2	46,712
3	17,643
4	5,924
5	1,954
6	0,414
7	0,075
8	0,021
9	0
10	0
>10	0

FRANCIA	
BOYA OUESSANT	
Agos.1985 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,8	7,57%
1,6	27,50%
2,4	25,31%
3,2	15,29%
4	9,29%
4,8	5,29%
5,6	3,86%
6,4	2,54%
7,2	1,86%
8	0,87%
8,8	0,33%
9,6	0,12%
10,4	0,09%
11,2	0,05%
12	0,00%
12,8	0,01%

BOYA CHERBOURG	
Jul.1999 - Dic.2000	
Hs [m]	Total (%)
0,2	17,40%
0,4	26,90%
0,6	17,90%
0,8	13,10%
1	11,20%
1,2	6,90%
1,4	3,90%
1,6	1,40%
1,8	0,90%
2	0,40%

BOYA DUNKERQUE	
Dic.1987 - set.1996	
Hs [m]	Total (%)
0,3	2,81%
0,6	25,21%
0,9	23,63%
1,2	20,30%
1,5	10,24%
1,8	6,64%
2,1	3,89%
2,4	2,45%
2,7	1,52%
3	1,06%
3,3	1,31%
3,6	0,57%
3,9	0,20%
4,2	0,15%

**ALEMANIA**

BOYA ELBE	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	21,90%
0,75	32,80%
1,25	22,30%
1,75	12,40%
2,25	5,30%
2,75	2,90%
3,25	1,40%
3,75	0,75%
4,25	0,25%

BOYA HELGOLAND	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	20,20%
0,75	33,10%
1,25	23,00%
1,75	11,90%
2,25	6,30%
2,75	3,30%
3,25	1,60%
3,75	0,50%

**RUTA 15: BILBAO - HAMBURGO**

**ESPAÑA**

**BOYA BILBAO-VIZCAYA**

Nov. 1990 - Oct.2002

Hs [m]	Total (%)
≤1	27,85%
2	43,48%
3	18,17%
4	6,75%
5	2,75%
6	0,74%
7	0,24%
8	0,03%
9	0,00%
10	0,00%
>10	0,00%

**FRANCIA**

**BOYA OUESSANT**

Agos.1985 - Dic.2000

Hs [m]	Total (%)
0,8	7,57%
1,6	27,50%
2,4	25,31%
3,2	15,29%
4	9,29%
4,8	5,29%
5,6	3,86%
6,4	2,54%
7,2	1,86%
8	0,87%
8,8	0,33%
9,6	0,12%
10,4	0,09%
11,2	0,05%
12	0,00%
12,8	0,01%

**BOYA CHERBOURG**

Jul.1999 - Dic.2000

Hs [m]	Total (%)
0,2	17,40%
0,4	26,90%
0,6	17,90%
0,8	13,10%
1	11,20%
1,2	6,90%
1,4	3,90%
1,6	1,40%
1,8	0,90%
2	0,40%

**BOYA DUNKERQUE**

Dic.1987 - set.1996

0,3	2,81%
0,6	25,21%
0,9	23,63%
1,2	20,30%
1,5	10,24%
1,8	6,64%
2,1	3,89%
2,4	2,45%
2,7	1,52%
3	1,06%
3,3	1,31%
3,6	0,57%
3,9	0,20%
4,2	0,15%

**ALEMANIA**

BOYA ELBE	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	21,90%
0,75	32,80%
1,25	22,30%
1,75	12,40%
2,25	5,30%
2,75	2,90%
3,25	1,40%
3,75	0,75%
4,25	0,25%

BOYA HELGOLAND	
2004	
Hs [m]	Total (%)
0,25	20,20%
0,75	33,10%
1,25	23,00%
1,75	11,90%
2,25	6,30%
2,75	3,30%
3,25	1,60%
3,75	0,50%

### 5.3.5.5 Conclusiones

Como conclusiones, se han definido los porcentajes de afectación a la navegación a partir de los porcentajes de la altura significativa, siendo en este caso la altura significativa límite para los buques convencionales superior a 4 metros.

#### Ruta 1 y Ruta 3:

		ALICANTE	BCN	PORQUEROLLES	CAMARGUE
Convencional	>4	0,03%	0,00%	0,07%	0,00%

#### Ruta 2:

		CADIZ	ALICANTE	BCN	PORQUEROLLES	CAMARGUE
Convencional	>4	0,29%	0,03%	0,00%	0,07%	0,00%

#### Ruta 4:

		ALICANTE	BCN	PORQUEROLLES	NICE
Convencional	>4	0,03%	0,00%	0,07%	0,00%

#### Ruta 5:

		CADIZ	ALICANTE	BCN	PORQUEROLLES	NICE
Convencional	>4	0,29%	0,03%	0,00%	0,07%	0,00%

#### Ruta 6:

		BCN	ALGHERO	CAPO COMINO	CAPO LINARO
Convencional	>4	0,00%	0,44%	1,04%	0,07%

**Ruta 7 y Ruta 10:**

		TRG	BCN	PORQUEROLLES	NICE
Convencional	>4	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%

**Ruta 8:**

		VALENCIA	BALEARES	ALGHERO	CAPO COMINO	PONZA
Convencional	>4	0,005%	1,96%	0,44%	1,04%	0,05%

**Ruta 9:**

		VALENCIA	BCN	PORQUEROLLES	NICE
Convencional	>4	0,005%	0,00%	0,07%	0,00%

**Ruta 11:**

		CADIZ	SILLEIRO	ESTACA DE BARES	OUessant	CHEBOURG	DUNKERQUE	ELBE	HELGOLAND
Convencional	>4	0,29%	7,76%	10,80%	5,80%	0,00%	0,00%	0,25%	0,10%

**Ruta 12:**

		BILBAO	OUessant	CHEBOURG	DUNKERQUE	ELBE	HELGOLAND
Convencional	>4	2,00%	5,80%	0,00%	0,00%	0,25%	0,10%

**Ruta 13:**

		GIJÓN	OUessant	CHEBOURG	DUNKERQUE	ELBE	HELGOLAND
Convencional	>4	2,40%	5,80%	0,00%	0,00%	0,25%	0,10%

**Ruta 14:**

		GIJÓN	OUessant	CHEBOURG	DUNKERQUE	ELBE	HELGOLAND
Convencional	>4	2,40%	5,80%	0,00%	0,00%	0,25%	0,10%

### Ruta 15:

		BILBAO	OUessant	CHEBOURG	DUNKERQUE	ELBE	HELGOLAND
Convencional	>4	2,00%	5,80%	0,00%	0,00%	0,25%	0,10%

Una vez obtenidos estos resultados y considerando, de momento, el caso de los buques convencionales, a raíz de los resultados obtenidos se pueden agrupar en dos grandes grupos, que están claramente diferenciados por las zonas geográficas: la vertiente atlántica y la vertiente mediterránea.

	% anual de altura >4	Variable meteorológica
Ruta 1	0,099	4
Ruta 2	0,39	4
Ruta 3	0,099	4
Ruta 4	0,099	4
Ruta 5	0,39	4
Ruta 6	1,54	4
Ruta 7	0,079	4
Ruta 8	3,46	3
Ruta 9	0,07	4
Ruta 10	0,079	4
Ruta 11	22,98	1
Ruta 12	8	2
Ruta 13	8,38	2
Ruta 14	8,38	2
Ruta 15	8	2

Tabla 5-16: Variable factor meteorológico. (Fuente propia)

Rango % anual de altura >4	Valoración
Menor del 2%	4
Entre 2 – 5%	3
Entre 5 – 10%	2
Superior al 10%	1

Tabla 5-17: Puntuación según porcentaje de altura de la ola superior a 4 metros. (Fuente propia)

### 5.3.6 Producto Interior Bruto (PIB) del *hinterland*

El PIB mide la actividad económica de un área. El PIB por capita<sup>11</sup> es el resultado de dividir el total del PIB de un área por el número de habitantes. A continuación se ha tenido en cuenta el valor del PIB del año 2003 como una variable para identificar las rutas más óptimas, dividiéndola en tres grupos:

Rango PIB	Valoración
PIB<15000	1
15000<PIB<20000	2
PIB>20000	3

Tabla 5-18: Puntuación según el PIB de cada comunidad autónoma. (Fuente propia)

	PIB habitante (2003)	Variable PIB
Ruta 1 (Com.Valenciana)	17314	2
Ruta 2 (Andalucía)	13709	1
Ruta 3 (Andalucía)	13709	1
Ruta 4 (Com.Valenciana)	17314	2
Ruta 5 (Com.Valenciana)	17314	2
Ruta 6 (Cataluña)	21601	3
Ruta 7 (Aragón)	19726	2
Ruta 8 (Com. Madrid)	24392	3
Ruta 9 (Castilla León)	16956	2
Ruta 10 (Castilla León)	16956	2
Ruta 11 (Andalucía)	13709	1
Ruta 12 (Aragón)	19726	2
Ruta 13 (Com. Madrid)	24392	3
Ruta 14 (Castilla León)	16956	2
Ruta 15 (Castilla León)	16956	2

Tabla 5-19: Variable PIB. (Fuente: propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadística)

---

<sup>11</sup> Instituto Nacional de Estadística. Contabilidad Nacional de España para el año 2003.

### 5.3.7 Población del *hinterland*

A partir de la información facilitada por el *Instituto Nacional de Estadística*<sup>12</sup>, se han obtenido los datos de la población por comunidad autónoma. Esta variable ha sido agrupada en 4 niveles. La puntuación se ha realizado en función del número de habitantes siguiendo la valoración siguiente:

Rango de habitantes	Valoración
0 – 2,000.000	1
2,000.000 – 4,000.000	2
4,000.000-6,000.000	3
> 6,000.0000	4

Tabla 5-20: Niveles a considerar en función del número de habitantes. (Fuente propia)

	Habitantes	Variable Poblacion
<b>Ruta 1 (Com.Valenciana)</b>	4543,304	3
<b>Ruta 2 (Andalucía)</b>	7687,518	4
<b>Ruta 3 (Andalucía)</b>	7687,518	4
<b>Ruta 4 (Com.Valenciana)</b>	4543,304	3
<b>Ruta 5 (Com.Valenciana)</b>	4543,304	3
<b>Ruta 6 (Cataluña)</b>	6813,319	4
<b>Ruta 7 (Aragón)</b>	1249,584	1
<b>Ruta 8 (Com. Madrid)</b>	5804,829	3
<b>Ruta 9 (Castilla León)</b>	2493,918	2
<b>Ruta 10 (Castilla León)</b>	2493,918	2
<b>Ruta 11(Andalucía)</b>	7687,518	4
<b>Ruta 12 (Aragón)</b>	1249,584	1
<b>Ruta 13 (Com. Madrid)</b>	5804,829	3
<b>Ruta 14 (Castilla León)</b>	2493,918	2
<b>Ruta 15 (Castilla León)</b>	2493,918	2

Tabla 5-21: Variable en función de la población. (Fuente propia a partir de los datos obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística)

<sup>12</sup> Instituto Nacional de Estadística, Cifras de población referidas al 01/01/2004. Real Decreto 2348/2004, de 23 de diciembre <http://www.ine.es/> [14/10/2005]

## 5.4 Resultados finales

A partir de las indicaciones de la tabla 5-2, y de las diferentes variables calculadas en los apartados anteriores, se ha elaborado la siguiente tabla:

	Tiempo	Costes	Intermodalidad	Flujos	Meteorológica	PIB	Población
Ruta 1	-1,75	45,92	4	3,90	4	2	3
Ruta 2	-0,63	-107,34	3	2,61	4	1	4
Ruta 3	-0,55	108,24	4	2,61	4	1	4
Ruta 4	10,52	395,5	4	3,90	4	2	3
Ruta 5	11,70	245,08	3	3,90	4	2	3
Ruta 6	16,31	687,11	2	8,82	4	3	4
Ruta 7	-0,90	92,84	4	1,48	4	2	1
Ruta 8	21,40	751,81	2	1,64	3	3	3
Ruta 9	7,52	248,1	2	1,65	4	2	2
Ruta 10	11,05	387,21	4	1,65	4	2	2
Ruta 11	1,70	-282,72	3	2,61	1	1	4
Ruta 12	2,85	-83,4	4	1,48	2	2	1
Ruta 13	5,75	32,24	3	1,64	2	3	3
Ruta 14	8,01	142,63	3	1,65	2	2	2
Ruta 15	3,66	-63,66	2	1,65	2	2	2

Tabla 5-22: Cuadro resumen de los valores de las variables. (Fuente propia)

Para poder hallar unos resultados globales, es necesario establecer un porcentaje y ponderación para cada una de las variables en función de la importancia, indicada mediante un peso.

La voluntad de las instituciones europeas y nacionales, para conseguir que el Transporte Marítimo de Corta Distancia sea una alternativa real de transporte en los intercambios europeos, contrasta con lo que son los mecanismos de decisión empresarial a la hora de organizar la logística y el transporte, siendo los objetivos de ámbito general responsabilidad de las Administraciones. Una decisión empresarial de alteración de la composición modal de la organización del transporte dependerá de si la alternativa que se plantee supone una mejora en los costes, en los tiempos, o en otros

parámetros de calidad tales como la fiabilidad, la flexibilidad o la seguridad e integridad de los envíos<sup>13</sup>. Por este motivo se le han aplicado unos porcentajes del 25% a ambas variables, de tiempo y de coste.

A las siguientes variables, de menor importancia pero necesarias de ser consideradas, se les ha dado un porcentaje del 15% a la variable de la intermodalidad y utillaje portuario, un 20% al flujo de mercancías por carretera, y al resto se les ha aplicado un peso del 5%.

Así mismo, también se ha realizado esta evaluación separando las variables en dos grupos: variables internas y variables externas. Una vez hallado el valor global de cada una de las dos variables, se pueden integrar en una gráfica para hallar la ruta más viable.

A continuación se puede observar el sistema de porcentajes aplicado en cada una de las siete variables, y si es una variable considerada interna o externa:

Variables	Peso de la variable (%)	Categoría
1. Diferencia de los tiempos entre transporte multimodal y por carretera	25	Interna
2. Diferencia entre los costes del transporte multimodal y por carretera	25	Interna
3. Adecuación de la intermodalidad de los puertos	15	Externa
4. Flujo de mercancías por carretera	20	Externa
5. Factor meteorológico	5	Externa
6. PIB del <i>hinterland</i> de la ruta	5	Externa
7. Habitantes del <i>hinterland</i> de la ruta	5	Externa

Tabla 5-23: Porcentajes y categoría aplicados a las variables del sistema. (Fuente propia)

Para hallar el valor general de las variables internas primero se han normalizado, para poderlas dibujar en una misma gráfica:

<sup>13</sup> *Análisis de costes. Viabilidad del short sea shipping.* Jaime Luezas Alvarado, Vice-Presidente del ShortSea Promotion Center – Spain.

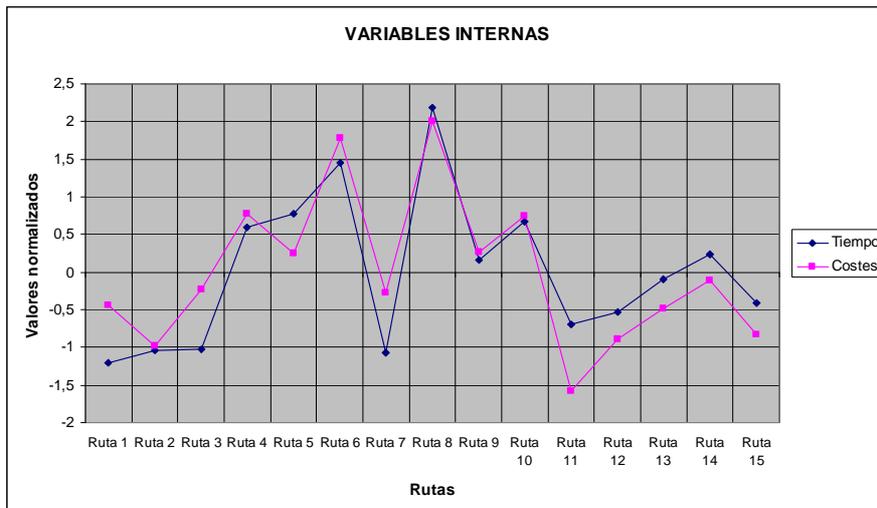


Figura 5-2: Variables internas normalizadas. (Fuente propia)

Una vez hallada la gráfica, se han aplicado los porcentajes descritos para hallar un único valor de la variable interna para cada ruta:

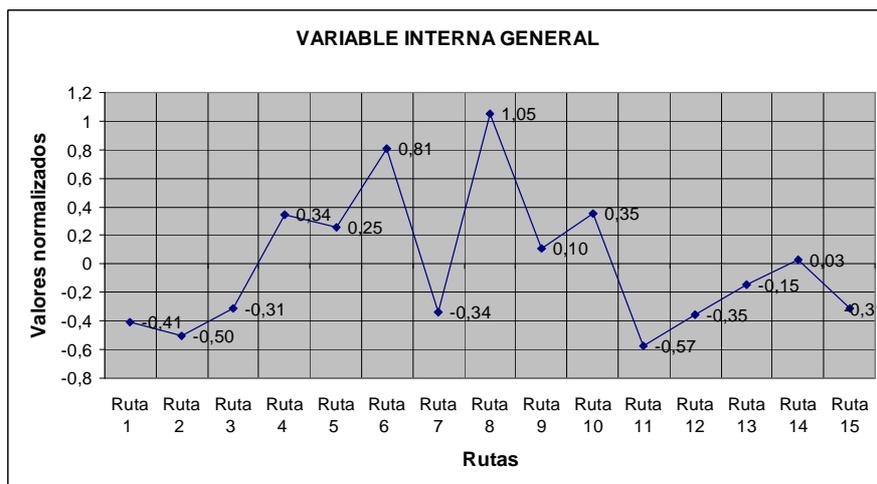


Figura 5-3: Variable interna global para cada ruta. (Fuente propia)

A continuación se han realizado los mismos pasos para las variables externas:

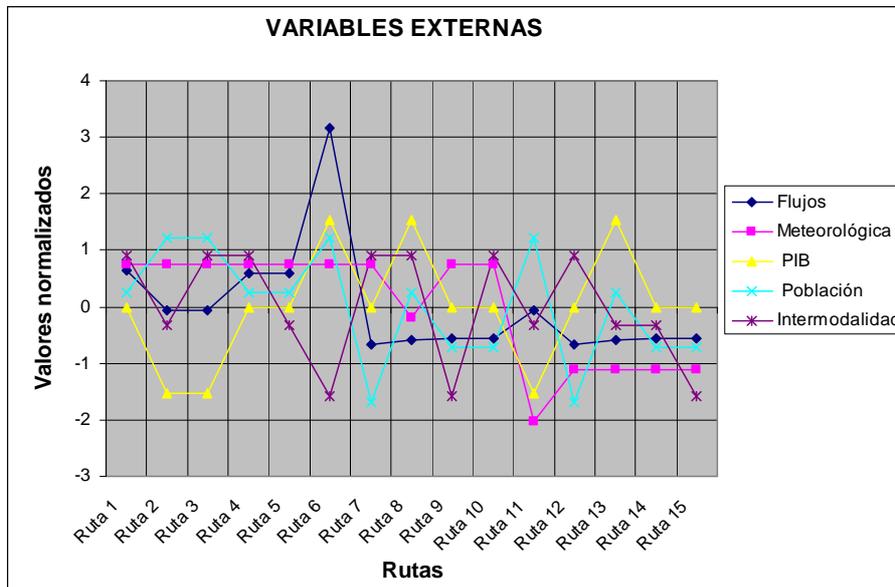


Figura 5-4: Variables externas normalizadas. (Fuente propia)

Obteniendo la siguiente gráfica general de las variables externas:

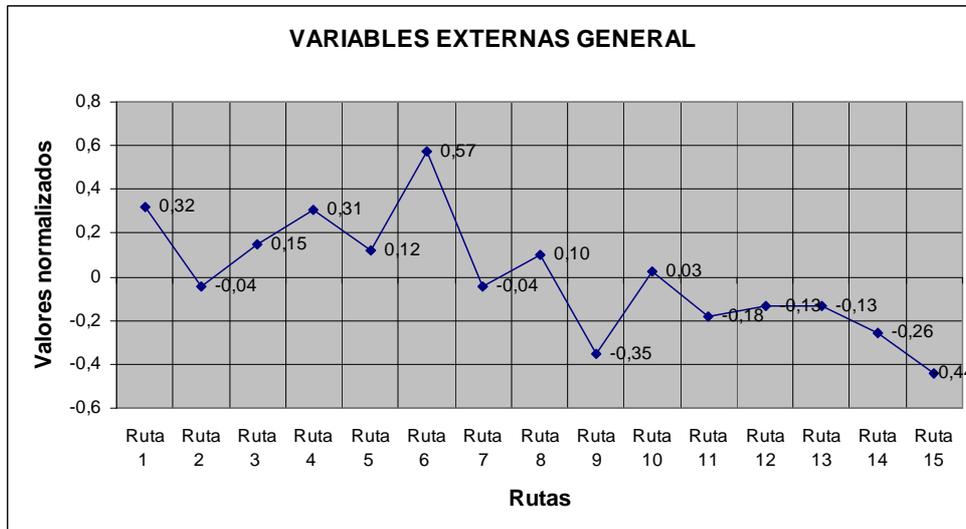


Figura 5-5: Variable interna global para cada ruta. (Fuente propia)

Una vez calculadas las dos variables se ha realizado el análisis DAFO<sup>14</sup> para las 15 rutas, hallando las rutas más óptimas:

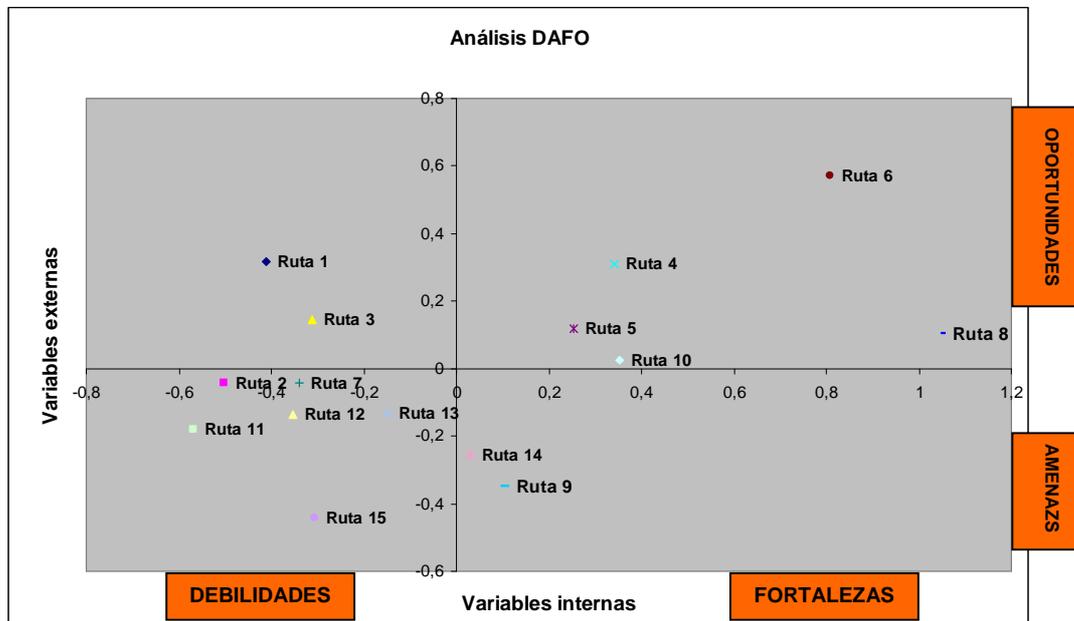


Figura 5-6: Evaluación final de las rutas. (Fuente propia)

Se observa que en el cuadrante superior derecho es donde se hallan las rutas más óptimas, ya que son rutas que presentan oportunidades y fortalezas. Las rutas menos viables de este estudio son las que se encuentran en el cuadrante inferior izquierdo.

Rutas	Origen	Puerto de embarque	Puerto de desembarque	Destino
Ruta 8	Azuqueca (Madrid)	Valencia	Nápoles	Nápoles
Ruta 6	ZAL Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma
Ruta 4	ZAL Alicante	Alicante	Génova	Milán
Ruta 10	CETABSA Burgos	Tarragona	Génova	Milán
Ruta 5	CTM Sevilla	Cádiz	Génova	Milán

Tabla 5-24: Rutas más adecuadas en función de las variables consideradas. (Fuente propia)

<sup>14</sup> En este caso el análisis DAFO se trata de una metodología de estudio para determinar las Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de las diferentes opciones marítimas en función de las variables expuestas.

Como se puede comprobar en todas las rutas, no hay ningún puerto de origen en la cornisa atlántica. A pesar de ello, para poder realizar un estudio más amplio, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Que los puntos de partida de las mercancías en la península ibérica sean diferentes, para poder evaluar diferentes flujos de mercancías y diferentes transportistas/cargadores/navieras que operan en dichas rutas.
- Y, a su vez, también se considerarán rutas que operen en el marco Atlántico y en el Mediterráneo. Para ello, la única opción que ha salido positiva en el cálculo anterior es la ruta 14, que une el centro de mercancías de Benavente con Berlín a través de los puertos de Gijón y Hamburgo.

Finalmente y por los motivos anteriores, las rutas que se evaluarán en el siguiente capítulo son las que se detallan a continuación:

Ruta 1: ZAL Azuqueca de Henares – Valencia – Nápoles
Ruta 2: ZAL Barcelona – Barcelona – Civitavecchia - Roma
Ruta 3: ZAL Alicante – Alicante – Génova - Milán
Ruta 4: CETABSA Burgos – Tarragona – Génova - Milán
Ruta 5: CTB Benavente – Gijón – Hamburgo – Berlín

*Figura 5-7: Rutas seleccionadas como más viables. (Fuente propia)*

## 5.5 Conclusiones

Se han seleccionado cinco rutas, basándose en una evaluación detallada y en la puntuación de las variables clave. El resto de rutas consideradas inicialmente han sido descartadas. Aunque en principio se han seleccionado las rutas de puntuaciones más altas, esto no se ha utilizado como valor absoluto, permitiendo la investigación de otras áreas.



Figura 5-8: Resumen rutas seleccionadas. (Fuente propia)

Como conclusión principal, se puede destacar que las rutas más viables del Transporte Marítimo de Corta Distancia son las del arco mediterráneo, siendo el país más idóneo Italia, tal y como se ha detallado en las conclusiones del capítulo 4, donde se expone que existe una distancia mínima por debajo de la cual el coste del transporte multimodal es mayor y más largo en tiempo; este límite se halla en destinos a partir de la frontera italiana en el Mediterráneo, coincidente con los 1000 ó 1300 Km.

Dos de las rutas seleccionadas tienen el mismo punto de destino pero el punto de origen es diferente; esto permitirá un estudio más complejo, pero a la vez más variado dando la opción a la evaluación de diferentes tipos de mercancías para diferentes rutas del Transporte Marítimo de Corta Distancia. A continuación se ha resumido, a partir de la zonificación del Estado Español del capítulo 4 (apartado 4.5.2), la zona donde se halla el centro logístico, y la zona donde se halla el puerto español:

ZONA CENTRO LOGÍSTICO	ZONA PUERTO ESPAÑOL
ZONA 3	ZONA 1
ZONA 2	ZONA 2
ZONA 1	ZONA 1
ZONA 3	ZONA 2
ZONA 3	ZONA 4

*Tabla 5-25: Tabla resumen de las zonas de expedición de las mercancías y de los puertos de entrada/salida de las rutas propuestas (Fuente propia)*

Como se puede observar en la tabla anterior, todos los casos son diferentes, y se podrán evaluar flujos de carga diferentes en función de la zona o centro logístico de que se trate.

También se ha realizado un breve estudio sobre cada una de las rutas, para averiguar si ya existen estas rutas en el mercado. De las cinco rutas seleccionadas, sólo la ruta que une el puerto español de Barcelona con el puerto italiano de Civitavecchia tiene servicio en buques Ro-Ro con seis salidas semanales en la actualidad.

No existen rutas actuales de servicio Ro-Ro realizando el servicio de la primera ruta, que une el puerto de Valencia con el puerto de Nápoles, aunque si existen varias rutas Ro-Ro de Transporte Marítimo de Corta Distancia entre el puerto de Valencia e Italia, con los puertos de Livorno, Salerno, Cagliari, Civitavecchia, Génova, Leghorn y Palermo. Existe una única línea de servicio semanal de contenedores entre los puertos seleccionados, operada por la compañía Mediterranean Shipping Company (MSC)<sup>15</sup>.

---

<sup>15</sup> Datos obtenidos del estudio realizado en el capítulo 2 (apartado 2.5) a partir de la base de datos de [www.shortsea.info](http://www.shortsea.info) de la Unión Europea.



Figura 5-9: Ruta 1 seleccionada. (Fuente propia)

El caso de la ruta 2, entre Barcelona y Civitavecchia que ya ha sido comentado, existe más de una ruta de Transporte Marítimo de Corta Distancia; una de ellas es la ruta operada por la compañía Grimaldi Lines con dos buques, el “Cruise Roma” y el “Cruise Barcelona”, que tienen una capacidad 3000 metros lineales, 215 coches y 2200 pasajeros y una velocidad de servicio de 28 nudos, siendo el tiempo de tránsito de 20 horas, considerándose un transporte marítimo con un buque convencional rápido. Estos buques fueron botados el año 2007. Según fuentes de la empresa Grimaldi, la ruta es de gran fiabilidad, ya que ha dado servicio todos los días con la máxima regularidad, siendo los precios plenamente competitivos con los costes que tiene la carretera. El nivel de ocupación, al año del inicio de la línea, era del 80 por ciento en carga. Durante el 2004, teniendo en cuenta que se inició el servicio el 8 de marzo y con un solo buque, se movieron unos 100.000 metros lineales de carga, el equivalente a 15.000 camiones y 200.000 toneladas. En cuanto a pasajeros, la cifra se aproximó a los 70.000. Entre enero y abril del 2005 y todavía con un solo barco, la línea movió 27.000 pasajeros. Durante la temporada alta, de junio a septiembre, se computaron puntas de 800 ó 900 pasajeros cada día. En la línea Barcelona-Civitavecchia, a pesar de la desigual balanza comercial entre ambos países, los flujos de tráfico italianos y

españoles están muy equilibrados, prácticamente han venido el mismo número de pasajeros y camiones italianos que los españoles que han ido hacia Italia<sup>16</sup>.

A parte de este servicio ofrecido por la compañía Grimaldi Lines, también existe otro servicio semanal (con dos días de tiempo de tránsito) realizado por la Flota Suardiaz. Barcelona tiene varios servicios regulares de contenedores y convencionales con otros puertos italianos.



Figura 5-10: Ruta 2 seleccionada. (Fuente propia)

No existe ninguna ruta Ro-Ro de Transporte Marítimo de Corta Distancia entre el puerto de Alicante y el de Génova en la actualidad. Existen dos rutas de servicio container entre el puerto de Alicante y los puertos italianos de Catania y Livorno, y un servicio convencional regular al puerto de Catania.

---

<sup>16</sup> Entrevista realizada a la Compañía Grimaldi por *CCLink on line* de la Autoritat Portuaria de Barcelona, como operador destacado, el verano de 2005. Núm. 8



Figura 5-11: Ruta 3 seleccionada. (Fuente propia)

Existen dos servicios cada mes con buques Ro-Ro entre los puertos de Tarragona y Génova realizados por la compañía Hartel y dos servicios semanales con buques contenedores de la compañía JSV Logistics. Al igual que la primera ruta, existen varios servicios Ro-Ro regulares entre el puerto de Tarragona y los puertos italianos de Livorno, Salerno, Savona, y Civitavecchia.



Figura 5-12: Ruta 4 seleccionada. (Fuente propia)

Finalmente, el puerto de Gijón tampoco tiene ningún servicio de Transporte Marítimo de Corta Distancia con el puerto de Hamburgo; únicamente tiene líneas regulares de contenedores con diferentes puertos alemanes.



Figura 5-13: Ruta 5 seleccionada. (Fuente propia)

En junio del año 2006 la Autoridad Portuaria de Gijón se presentó como la plataforma marítima de salida y entrada para los productos de los empresarios de la meseta española (Castilla León).

## **6 Proyecto de viabilidad del transporte marítimo de alta velocidad en rutas del SW de Europa**

El objetivo principal de este apartado es investigar, y hallar alternativas, al transporte marítimo, basándonos en la tecnología de los buques de alta velocidad que existen en la actualidad. Para ello se evaluará la viabilidad del transporte marítimo de alta velocidad en las cinco rutas seleccionadas en el apartado anterior.

Los objetivos específicos de este capítulo son los siguientes:

1. Seleccionar tipos y diseños de buques de carga rápidos.
2. Identificar y definir las variables a considerar en este apartado.
3. Aplicar las variables en las 5 rutas propuestas en el capítulo anterior.
4. Determinar el tipo de buque óptimo para cada línea marítima seleccionada.
5. Obtener conclusiones sobre la viabilidad de ofrecer líneas de alta velocidad en las rutas concretas, estudiadas individualmente.

En el capítulo anterior se ha estudiado el caso comparativo del Transporte Marítimo de Corta Distancia de buques convencionales Ro-Ro, navegando a la velocidad de 18 nudos, con el transporte por carretera, obteniendo un total de 5 rutas donde el transporte marítimo era más viable. Partiendo de la base que el transporte marítimo en estas 5 rutas es más eficiente que el terrestre, a continuación sólo se van a analizar los cálculos comparativos entre buques con diferentes velocidades de servicio.

### **6.1 Tipos de buques seleccionados**

En el capítulo 3 (apartado 3.8) se ha tratado sobre la tecnología y el mercado de los buques de alta velocidad, destacando los buques Ro-Ro como buques característicos para el Transporte Marítimo de Corta Distancia. En él se han definido tres tipos de buques Ro-Ro en función de la velocidad desarrollada:

- Buques convencionales: velocidad de servicio inferior a los 23 nudos.
- Buques rápidos o convencionales rápidos: velocidad de servicio entre los 23 y los 30 nudos.
- Buques de alta velocidad: velocidad de servicio superior a los 30 nudos.

La utilización de los buques de alta velocidad en el transporte marítimo de corta distancia ha suscitado muchos estudios con resultados, hasta ahora, poco favorables a la exhaustiva utilización de los mismos. No obstante y a medida que los avances en construcción naval mejoran sus prestaciones, se cree necesario realizar un análisis de su potencial en la actualidad.

En función del tipo de buque, se destacan diferentes diseños, criterios de explotación y comercialización, criterios de seguridad, fletes y costes, y, en definitiva, el tipo de tráfico que realizan. Cada uno de estos buques tiene unas particularidades diferentes, fruto de la velocidad que desarrollan y las limitaciones constructivas que tienen, siendo lógicamente la menor velocidad en el caso del grupo de buques más lentos, pero que puede ser paliada por su superior capacidad de carga.

Es conocido que una línea de transporte debe de ser servida por un tipo de buque que se adecue lo más perfectamente posible a las necesidades de la misma, y podemos definir como factores determinantes: la velocidad en función de la distancia de navegación; los horarios que puedan mantener; la adecuación de las infraestructuras portuarias a la operativa de los buques; la capacidad de carga acorde con las necesidades de transporte; y sobretodo que el buque en cuestión pueda operar sin dificultad ante las condiciones meteorológicas reinantes de la zona.

A continuación se van a describir las características técnicas de los tres tipos de buques de transbordo rodado que se han elegido para representar a cada una de las tipologías de buque consideradas en este estudio. Para ello los buques seleccionados para cada grupo, son ejemplos reales de naves en servicio en la actualidad en rutas de corta distancia.

### 6.1.1 Buque convencional

Cabe recordar, que el tipo de buque Ro-Ro con velocidad de servicio convencional ya ha sido analizado en el capítulo anterior. El buque elegido para el estudio fue el *Fantastic*, de la compañía italiana Grandi Navi Veloci, que realiza la línea regular entre Barcelona y Génova seis veces por semana, en una travesía que dura aproximadamente 18 horas, a una velocidad de 18 nudos.

### 6.1.2 Buque convencional rápido

Para seleccionar el buque de esta categoría se ha optado por un buque que está, en la actualidad, realizando un servicio de Transporte Marítimo de Corta Distancia entre el puerto español de Barcelona y el puerto italiano de Civitavecchia (Roma).

Dicho servicio está atendido por el buque “Eurostar Roma”, con capacidad de 1400 pasajeros y 1700 metros lineales para carga, lo que supone 110 camiones tipo trailer y 100 coches. La velocidad de servicio del buque es de 27 nudos.

El buque realiza el trayecto Barcelona – Civitavecchia tres veces por semana, con salidas desde el puerto de Barcelona los lunes, los miércoles y los viernes a las 19:00. El tiempo de tránsito es de 18 horas entre los dos puertos que une la línea.



Figura 6-1: Buque convencional rápido, Eurostar Roma. (Fuente: <http://www.shortsea-es.org>)

### 6.1.3 Buque de alta velocidad

La mayoría de los buques de alta velocidad tienen una estructura multicasco, ya que ofrecen una plataforma ideal sobre la que construir un buque Ro-Ro, puesto que son anchos, relativamente cortos, y con una cubierta por encima del agua<sup>83</sup> que permite la operativa de carga de forma ágil. Sin embargo, los buques de esta categoría aprovechan su menor capacidad para el pasaje con un pequeño porte para la carga.

Uno de los diseños innovadores en este campo es la serie llamada HSS 1500 ferries de la compañía Stena Lines. Esta compañía también ofrece en el mercado la serie HSS 900. El HSS 1500 presenta más capacidad para la carga y el pasaje, mientras que el HSS 900 transporta sólo pasaje, coches y autobuses.

Para realizar este estudio, y teniendo en cuenta que nos interesa el transporte de carga, se ha optado por elegir un buque de la serie HSS 1500. La compañía Stena Lines disponía de tres buques de esta serie, el Stena Discovery, el Stena Voyager y el Stena Explorer. El primero de ellos realizaba la ruta Hoek van Holland - Harwich, el segundo la ruta Stranraer – Belfast y el tercero Holyhead – Dun Laoghaire. A pesar de que las distancias de navegación que realizan estos buques son más cortas que las que se van a analizar, la capacidad de carga es la variable que nos interesa para este estudio. Este tipo de buque realiza la operativa con cuatro rampas, dos para pasajeros y dos para carga, permitiendo un embarque y desembarque más ágil que se deben completar en sólo 30 minutos para no incurrir en retrasos en el horario.

---

<sup>83</sup> Lagoudis et al. *Defining a conceptual model for high-speed vessels*. International Journal of Transport Management 1 (2002) 69–78.



Figura 6-2: Buque de alta velocidad, Stena Voyager. (Fuente: [www.ferry-site.dk](http://www.ferry-site.dk))

#### 6.1.4 Comparación entre buques

En el cuadro siguiente se han plasmado las características básicas de los tres tipos de buques seleccionados:

Características	Convencional	Convencional rápido	Buque Alta velocidad
<b>Nombre</b>	Fantastic	Eurostar Roma	Stena Voyager
<b>Compañía</b>	Grande Navi Veloci (Grupo Grimaldi)	Grimaldi Group Napoli	Stena Lines
<b>Bandera</b>	Italiana	Italiana	Holandesa
<b>Tipo de buque</b>	Monocasco Ro-Pax	Monocasco Ro-Pax	Catamarán Ro-Pax
<b>Eslora</b>	188,22 metros	174 metros	127 metros
<b>Manga</b>	27,6 metros	24 metros	40 metros
<b>Calado</b>	6,7 metros	6,42 metros	4,8 metros
<b>Peso muerto</b>	7150 Tm	5717 Tm	1500 Tm
<b>GT</b>	35186 Tm	23933 Tm	19638 Tm
<b>Velocidad de servicio</b>	18 nudos	27 nudos	40 nudos
<b>Capacidad de carga</b>	1850 metros lineales	1700 metros lineales	900 metros lineales
<b>Trailers/camiones</b>	123 remolques de 15 m.	113 remolques de 15 m.	50 remolques
<b>Coches</b>	variable	100	360
<b>Pasajeros</b>	2033	1400	1500

(con tripulación)			
<b>Motor principal</b>	4 motores diesel	4 Wartsila NSD 12 ZAV 40 S diesel	4 turbinas de gas
<b>Potencia (kW)</b>	25916,04	31680	68000
<b>Propulsión</b>	2 Hélices de paso variable	2 Hélices de paso variable	4 waterjets
<b>Material casco</b>	Acero	Acero	Aluminio
<b>Año de construcción</b>	1996	1995	1997

*Tabla 6-1: Características del buque convencional, del buque rápido y del buque de alta velocidad. (Fuente propia)*

Estos buques representan las diferentes opciones del transporte marítimo. Cada una de las opciones presenta diferencias operacionales y está sujeta a diferentes convenciones internacionales relativas a la seguridad marítima. Entre estas diferencias se puede destacar:

- El buque de alta velocidad necesita más del doble de potencia que el buque rápido, y 2,6 veces la potencia del buque convencional.
- El buque de alta velocidad ofrece más del doble de velocidad que el buque convencional, y el buque rápido es un 50% más rápido que el buque convencional.
- El buque rápido y el buque convencional ofrecen aproximadamente el doble de capacidad de metros lineales para la carga que el buque de alta velocidad, siendo, por lo tanto, necesario realizar el doble de viajes para transportar la misma carga.

## **6.2 Variables relacionadas con el transporte de alta velocidad**

Siguiendo el esquema realizado en el capítulo anterior, se va a realizar el estudio de cada una de las variables que afectan al transporte marítimo de alta velocidad comparando los buques convencionales rápidos y los de alta velocidad con el transporte marítimo convencional.

VARIABLES	
1	Tiempo
2	Frecuencia
3	Meteorología
4	Coste
5	Tripulaciones/acomodación

Tabla 6-2: Variables relacionadas con el Transporte Marítimo de Corta Distancia de alta velocidad. (Fuente propia)

### 6.2.1 Variable Tiempo

La variable tiempo, en este caso será un factor determinante para la ruta en función del tipo de carga; es conocido que cierta mercancía de alto valor y/o perecedera es más susceptible a ser transportada por vía rápida, siendo necesario en alguna ocasión, realizar incluso un estudio comparativo con el transporte aéreo.

Las cinco rutas obtenidas en el capítulo anterior como las más viables para la opción marítima son:

Ruta	Centro de mercancías español	Puerto español	Puerto receptor/emisor	Centro de mercancías receptor/emisor
Ruta 1	ZAL Azuqueca de Henares	Valencia	Nápoles	Nápoles
Ruta 2	ZAL Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma
Ruta 3	ZAL Alicante	Alicante	Génova	Milán
Ruta 4	CETABSA Burgos	Tarragona	Génova	Milán
Ruta 5	CTB Benavente	Gijón	Hamburgo	Berlín

Tabla 6-3: Descripción de las rutas viables para el transporte marítimo obtenidas en el capítulo 5. (Fuente propia)

De la misma forma que en el capítulo anterior, se han calculado los tiempos totales de los trayectos puerta – puerta de las cinco rutas variando el tiempo de tránsito del trayecto marítimo.

Debido a las características de manipulación de la carga de los buques de alta velocidad y al menor espacio disponible de carga, se han supuesto los tiempos de embarque y desembarque de 1,5 horas en lugar de las 2 horas consideradas en el caso de los buques convencionales y los convencionales rápidos.

### 6.2.1.1 Ruta 1

TRANSPORTE SSS									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1689,00	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1351,50	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1351,50	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	0,49	75,00	36,60	374,10	1314,90	7,74	6,99	4,99	0,32
Embarque	2,00	0,00	0,00	374,10	1314,90	9,74	8,99	4,99	0,41
Navegación	39,94	32,92	1314,90	1689,00	0,00	49,68	8,99	4,99	2,07
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1689,00	0,00	51,68	10,99	4,99	2,15
Conducción	0,00	75,00	0,00	1689,00	0,00	51,68	10,99	4,99	2,15
Descarga	2,00	0,00	0,00	1689,00	0,00	53,68	12,99	4,99	2,24
<b>Tiempo total</b>							<b>53,68</b>		

Dist. carretera	374,1
Dist. marítima	1314,9
Dist. carretera	0
<b>Dist. Total</b>	<b>1689</b>

TRANSPORTE SSS rápido									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1689,00	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1351,50	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1351,50	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	0,49	75,00	36,60	374,10	1314,90	7,74	6,99	4,99	0,32
Embarque	2,00	0,00	0,00	374,10	1314,90	9,74	8,99	4,99	0,41
Navegación	26,30	50,00	1314,90	1689,00	0,00	36,04	8,99	4,99	1,50
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1689,00	0,00	38,04	10,99	4,99	1,58
Conducción	0,00	75,00	0,00	1689,00	0,00	38,04	10,99	4,99	1,58
Descarga	2,00	0,00	0,00	1689,00	0,00	40,04	12,99	4,99	1,67
<b>Tiempo total</b>							<b>40,04</b>		

TRANSPORTE SSS alta velocidad									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1689,00	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1351,50	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1351,50	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	0,49	75,00	36,60	374,10	1314,90	7,74	6,99	4,99	0,32
Embarque	1,50	0,00	0,00	374,10	1314,90	9,24	8,49	4,50	0,38
Navegación	17,75	74,08	1314,90	1689,00	0,00	26,99	8,49	4,50	1,12
Desembarque	1,50	0,00	0,00	1689,00	0,00	28,49	9,99	4,50	1,19
Conducción	0,00	75,00	0,00	1689,00	0,00	28,49	9,99	4,50	1,19
Descarga	2,00	0,00	0,00	1689,00	0,00	30,49	11,99	4,50	1,27
<b>Tiempo total</b>							<b>30,49</b>		

<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS convencional</b>	<b>53,68</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS rápido</b>	<b>40,04</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS alta velocidad</b>	<b>30,49</b>

## 6.2.1.2 Ruta 2

TRANSPORTE SSS convencional									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	895,60	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	895,60	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	895,60	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	24,69	32,92	813,00	813,00	82,60	28,69	4,00	0,00	1,20
Desembarque	2,00	0,00	0,00	813,00	82,60	30,69	6,00	0,00	1,28
Conducción	1,10	75,00	82,60	895,60	0,00	31,80	7,10	1,10	1,32
Descarga	2,00	0,00	0,00	895,60	0,00	33,80	9,10	1,10	1,41
<b>Tiempo total</b>							<b>33,80</b>		

Dist. carretera	0
Dist. marítima	813
Dist. carretera	82,6
<b>Dist. Total</b>	<b>895,6</b>

TRANSPORTE SSS rápido									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	895,60	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	895,60	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	895,60	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	16,26	50,00	813,00	813,00	82,60	20,26	4,00	0,00	0,84
Desembarque	2,00	0,00	0,00	813,00	82,60	22,26	6,00	0,00	0,93
Conducción	1,10	75,00	82,60	895,60	0,00	23,36	7,10	1,10	0,97
Descarga	2,00	0,00	0,00	895,60	0,00	25,36	9,10	1,10	1,06
<b>Tiempo total</b>							<b>25,36</b>		

Dist. carretera	0
Dist. marítima	813
Dist. carretera	82,6
<b>Dist. Total</b>	<b>895,6</b>

TRANSPORTE SSS alta velocidad									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	895,60	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	895,60	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	1,50	0,00	0,00	0,00	895,60	3,50	3,50	0,00	0,15
Navegación	10,97	74,08	813,00	813,00	82,60	14,47	3,50	0,00	0,60
Desembarque	1,50	0,00	0,00	813,00	82,60	15,97	5,00	0,00	0,67
Conducción	1,10	75,00	82,60	895,60	0,00	17,08	6,10	1,10	0,71
Descarga	2,00	0,00	0,00	895,60	0,00	19,08	8,10	1,10	0,79
<b>Tiempo total</b>							<b>19,08</b>		

Dist. carretera	0
Dist. marítima	813
Dist. carretera	82,6
<b>Dist. Total</b>	<b>895,6</b>

<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS convencional</b>	<b>33,80</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS rápido</b>	<b>25,36</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS alta velocidad</b>	<b>19,08</b>

### 6.2.1.3 Ruta 3

TRANSPORTE SSS convencional									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	1178,92	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	31,50	32,92	1037,12	1037,12	141,80	35,50	4,00	0,00	1,48
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1037,12	141,80	37,50	6,00	0,00	1,56
Conducción	1,89	75,00	141,80	1178,92	0,00	39,39	7,89	1,89	1,64
Descarga	2,00	0,00	0,00	1178,92	0,00	41,39	9,89	1,89	1,72

**Tiempo total** 41,39

Dist. Carretera	0
Dist. marítima	1037,12
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1178,92

TRANSPORTE SSS -rápido									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	2,00	0,00	0,00	0,00	1178,92	4,00	4,00	0,00	0,17
Navegación	20,74	50,00	1037,12	1037,12	141,80	24,74	4,00	0,00	1,03
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1037,12	141,80	26,74	6,00	0,00	1,11
Conducción	1,89	75,00	141,80	1178,92	0,00	28,63	7,89	1,89	1,19
Descarga	2,00	0,00	0,00	1178,92	0,00	30,63	9,89	1,89	1,28

**Tiempo total** 30,63

Dist. carretera	0
Dist. marítima	1037,12
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1178,92

TRANSPORTE SSS alta velocidad									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	0,00	75,00	0,00	0,00	1178,92	2,00	2,00	0,00	0,08
Embarque	1,50	0,00	0,00	0,00	1178,92	3,50	3,50	0,00	0,15
Navegación	14,00	74,08	1037,12	1037,12	141,80	17,50	3,50	0,00	0,73
Desembarque	1,50	0,00	0,00	1037,12	141,80	19,00	5,00	0,00	0,79
Conducción	1,89	75,00	141,80	1178,92	0,00	20,89	6,89	1,89	0,87
Descarga	2,00	0,00	0,00	1178,92	0,00	22,89	8,89	1,89	0,95

**Tiempo total** 22,89

Dist. Carretera	0
Dist. marítima	1037,12
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1178,92

<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS convencional</b>	<b>41,39</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS rápido</b>	<b>30,63</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS alta velocidad</b>	<b>22,89</b>

### 6.2.1.4 Ruta 4

TRANSPORTE SSS convencional									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1425,80	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1088,30	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1088,30	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	2,77	75,00	207,60	545,10	880,70	10,02	9,27	7,27	0,42
Embarque	2,00	0,00	0,00	545,10	880,70	12,02	11,27	7,27	0,50
Navegación	22,44	32,92	738,90	1284,00	141,80	34,46	11,27	0,00	1,44
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1284,00	141,80	36,46	13,27	0,00	1,52
Conducción	1,89	75,00	141,80	1425,80	0,00	38,35	15,16	1,89	1,60
Descarga	2,00	0,00	0,00	1425,80	0,00	40,35	17,16	1,89	1,68

Tiempo total **40,35**

Dist. carretera	545,1
Dist. marítima	738,9
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1425,8

TRANSPORTE SSS rápido									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1425,80	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1088,30	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1088,30	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	2,77	75,00	207,60	545,10	880,70	10,02	9,27	7,27	0,42
Embarque	2,00	0,00	0,00	545,10	880,70	12,02	11,27	7,27	0,50
Navegación	14,78	50,00	738,90	1284,00	141,80	26,80	11,27	0,00	1,12
Desembarque	2,00	0,00	0,00	1284,00	141,80	28,80	13,27	0,00	1,20
Conducción	1,89	75,00	141,80	1425,80	0,00	30,69	15,16	1,89	1,28
Descarga	2,00	0,00	0,00	1425,80	0,00	32,69	17,16	1,89	1,36

Tiempo total **32,69**

Dist. carretera	545,1
Dist. marítima	738,9
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1425,8

TRANSPORTE SSS alta velocidad									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	1425,80	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	4,50	75,00	337,50	337,50	1088,30	6,50	6,50	4,50	0,27
Interrupción	0,75	0,00	0,00	337,50	1088,30	7,25	6,50	4,50	0,30
Conducción	2,77	75,00	207,60	545,10	880,70	10,02	9,27	7,27	0,42
Embarque	1,50	0,00	0,00	545,10	880,70	11,52	10,77	7,27	0,48
Navegación	9,97	74,08	738,90	1284,00	141,80	21,49	10,77	0,00	0,90
Desembarque	1,50	0,00	0,00	1284,00	141,80	22,99	12,27	0,00	0,96
Conducción	1,89	75,00	141,80	1425,80	0,00	24,88	14,16	1,89	1,04
Descarga	2,00	0,00	0,00	1425,80	0,00	26,88	16,16	1,89	1,12

Tiempo total **26,88**

Dist. carretera	545,1
Dist. marítima	738,9
Dist. carretera	141,8
Dist. Total	1425,8

TIEMPO TRANSPORTE SSS convencional	40,35
TIEMPO TRANSPORTE SSS rápido	32,69
TIEMPO TRANSPORTE SSS alta velocidad	26,88

## 6.2.1.5 Ruta 5

TRANSPORTE SSS convencional									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	2326,30	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	2,79	75,00	209,10	209,10	2117,20	4,79	4,79	2,79	0,20
Embarque	2,00	0,00	0,00	209,10	2117,20	6,79	6,79	2,79	0,28
Navegación	55,52	32,92	1827,90	2037,00	289,30	62,31	6,79	2,79	2,60
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2037,00	289,30	64,31	8,79	2,79	2,68
Conducción	3,86	75,00	289,30	2326,30	0,00	68,17	12,65	6,65	2,84
Descarga	2,00	0,00	0,00	2326,30	0,00	70,17	14,65	6,65	2,92

**Tiempo total** 70,17

Dist. carretera	209,1
Dist. marítima	1827,9
Dist. carretera	289,3
Dist. Total	2326,3

TRANSPORTE SSS rápido									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	2326,30	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	2,79	75,00	209,10	209,10	2117,20	4,79	4,79	2,79	0,20
Embarque	2,00	0,00	0,00	209,10	2117,20	6,79	6,79	2,79	0,28
Navegación	36,56	50,00	1827,90	2037,00	289,30	43,35	6,79	2,79	1,81
Desembarque	2,00	0,00	0,00	2037,00	289,30	45,35	8,79	2,79	1,89
Conducción	3,86	75,00	289,30	2326,30	0,00	49,20	12,65	6,65	2,05
Descarga	2,00	0,00	0,00	2326,30	0,00	51,20	14,65	6,65	2,13

**Tiempo total** 51,20

Dist. carretera	209,1
Dist. marítima	1827,9
Dist. carretera	289,3
Dist. Total	2326,3

TRANSPORTE SSS - alta velocidad									
	Tiempo	Velocidad	Dist. recorrida	Dist. acumulada	Dist. pendiente	Horas acumuladas	Horas trabajo	Horas conducción	Días
Carga	2,00	0,00	0,00	0,00	2326,30	2,00	2,00	0,00	0,08
Conducción	2,79	75,00	209,10	209,10	2117,20	4,79	4,79	2,79	0,20
Embarque	1,50	0,00	0,00	209,10	2117,20	6,29	6,29	2,79	0,26
Navegación	24,67	74,08	1827,90	2037,00	289,30	30,96	6,29	2,79	1,29
Desembarque	1,50	0,00	0,00	2037,00	289,30	32,46	7,79	2,79	1,35
Conducción	3,86	75,00	289,30	2326,30	0,00	36,32	11,65	6,65	1,51
Descarga	2,00	0,00	0,00	2326,30	0,00	38,32	13,65	6,65	1,60

**Tiempo total** 38,32

Dist. carretera	209,1
Dist. marítima	1827,9
Dist. carretera	289,3
Dist. Total	2326,3

<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS convencional</b>	<b>70,17</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS rápido</b>	<b>51,20</b>
<b>TIEMPO TRANSPORTE SSS alta velocidad</b>	<b>38,32</b>

### 6.2.1.6 Cuadro comparativo de tiempos

Las diferencias de tiempos entre los diferentes tipos de buques se observan en la tabla siguiente:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
Ruta 1	53,68	40,04	30,49
Ruta 2	33,80	25,36	19,08
Ruta 3	41,39	30,63	22,89
Ruta 4	40,35	32,69	26,88
Ruta 5	70,17	51,20	38,32

*Tabla 6-4: Tiempos de trayecto en horas en función de la ruta y del tipo de buque. (Fuente propia)*

Lógicamente, el tiempo total de transporte es menor en función de la velocidad de navegación desarrollada. Una vez calculados estos tiempos, para obtener unas conclusiones más amplias, se procederá a realizar un esquema de las posibles frecuencias de viaje.

### 6.2.2 Variable frecuencia

Una vez calculados los tiempos en función de la velocidad de cada uno de los tres tipos de buques, se va a desarrollar el posible esquema que pueden realizar los buques, determinando la frecuencia, los horarios y el número de buques necesarios. A partir de esto, se pueden definir las salidas semanales y el flujo anual que puede mover cada uno de los servicios prestados.

Para realizar estos cálculos se han tenido en cuenta los requisitos obtenidos en el estudio *UK Marine Motorways*, donde se realizaron unas entrevistas a diferentes compañías de transporte y logística, para conocer las preferencias de los clientes:

- Se requiere un servicio de seis días a la semana, con un mínimo de un buque por día por ruta en ambas direcciones.

- El servicio necesita un tiempo fijo de salida diario desde ambos puertos (preferiblemente a las 23:00) ofreciendo las mercancías al día siguiente (o al siguiente).
- La hora de llegada a puerto, preferiblemente debería ser temprano por la mañana.
- El tiempo de tránsito que ofrece el buque rápido y el de alta velocidad deben mantener los tiempos de entrega existentes sin retrasos indebidos en las terminales.
- El servicio debe ser fiable incluso en condiciones de tiempo adversas, y ofrecer facilidades a bordo para los camioneros (camarotes, duchas, restaurantes...) dentro del precio.

En la mayoría de los cálculos, se considera que los buques no trabajan en puerto los domingos (pero pueden estar navegando y descansar otro día de la semana), y que los horarios en los centros de emisión y recepción de la mercancía son de 08:00 a 20:00. Se ha intentado que la hora de partida de los buques de puerto sea las 23:00, ya que la mayoría de los transportistas prefieren navegar de noche, aunque no en todos los casos ha sido posible seguir esta premisa.

### **6.2.2.1 Ruta 1**

#### **6.2.2.1.1 Esquema con buque convencional**

El tiempo de navegación para el buque convencional en la primera ruta se calculó de 40 horas. Considerando que el buque tarda dos horas para el embarque y dos horas para el desembarque, y que la primera salida es a las 23:00, se puede esbozar el siguiente esquema de servicio:

ESQUEMA BUQUE CONVENCIONAL			
SALIDA PUERTO DE VALENCIA	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE NAPOLES	15:00	DIA 3	MIÉRCOLES
OPERACIONES EMBARQUE/DESEMBARQUE (4 horas)	19:00	DIA 3	MIÉRCOLES
SALIDA PUERTO DE NAPOLES	23:00	DIA 3	MIÉRCOLES
LLEGADA PUERTO VALENCIA	15:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	19:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE VALENCIA	23:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE NAPOLES	15:00	DIA 7	DOMINGO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	19:00	DIA 8	LUNES
SALIDA PUERTO DE NAPOLES	23:00	DIA 8	LUNES

Tabla 6-5: Esquema buque convencional, Ruta 1. (Fuente propia)

Como se puede observar, un solo buque de las características del buque convencional podría realizar tres viajes a la semana, descansando el domingo en puerto. Si se realiza este servicio con dos buques de las mismas características, el otro buque realizaría el mismo esquema, pero con la ruta contraria. Cada semana se intercambiaría el puerto de comienzo del servicio, de la siguiente manera:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VALENCIA	BUQUE A 23:00		BUQUE B 23:00		BUQUE A 23:00		
NAPOLES	BUQUE B 23:00		BUQUE A 23:00		BUQUE B 23:00		

Tabla 6-6: Frecuencia semanal buque convencional, Ruta 1. Opción 1. (Fuente propia)

En la tabla anterior se indica la hora de salida de los dos buques de velocidad convencional, en función del puerto y del día de la semana.

También hay la posibilidad de alternar ambos buques para que cada día hubiera un buque en puerto, de la siguiente manera:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VALENCIA	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00		
NAPOLES		BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	

Tabla 6-7: Frecuencia semanal buque convencional, Ruta 1. Opción 2. (Fuente propia)

En este caso, el buque B navegaría todo el domingo y estaría en puerto sin realizar el embarque el lunes.

Hasta este momento sólo se ha considerado el trayecto marítimo y se ha estipulado el tipo de navegación que debería realizar el buque. A continuación se va detallar el trayecto global de la mercancía desde el centro de emisión hasta el centro de recepción:

ESQUEMA GENERAL BUQUE CONVENCIONAL		
COMIENZO PUERTO SECO AZUQUECA HENARES	13:00	DIA 1
CARGA (2 horas)	15:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (6 horas)	21:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	23:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (40 horas)	15:00	DIA 3
DESEMBARQUE (2 horas)	17:00	DIA 3
CONDUCCIÓN (0 horas)	17:00	DIA 3
DESCARGA (2 horas)	19:00	DIA 3
COMIENZO NAPOLES	19:00	DIA 1
CARGA (2horas)	21:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (0 horas)	21:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	23:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (40 horas)	15:00	DIA 3
DESEMBARQUE (2 horas)	17:00	DIA 3
CONDUCCIÓN (6 horas)	23:00	DIA 3
DESCARGA (2 horas)	08:00	DIA 4

Tabla 6-8: Esquema general buque convencional, Ruta 1. (Fuente propia)

En el primer caso, el camión llega al centro de mercancías y se puede descargar; sin embargo, en el segundo caso, el camión llegaría a las once de la noche y tendría que esperar hasta el día siguiente para realizar la descarga, a las 08:00 de la mañana.

#### 6.2.2.1.2 Esquema con buque rápido

En este segundo caso, la velocidad para realizar el trayecto marítimo es de 27 horas y, saliendo a las 23:00, se tendría el siguiente esquema:

ESQUEMA BUQUE RÁPIDO			
SALIDA PUERTO DE VALENCIA	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE NAPOLES	2:00 (4:00)	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	08:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE NAPOLES	08:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO VALENCIA	11:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	15:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE VALENCIA	15:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO DE NAPOLES	18:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	22:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE NAPOLES	23:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO VALENCIA	04:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-9: Esquema buque convencional rápido, Ruta 1. (Fuente propia)

De la tabla anterior, se observa que en el primer trayecto el buque llegaría a hora muy temprana en el puerto; es por este motivo que el trayecto nocturno se podría realizar a 25 nudos en vez de a 27 nudos, llegando al puerto de Nápoles a las cuatro de la madrugada. El resto de viajes se realizarían a la velocidad de servicio de 27 nudos.

Este caso es diferente del anterior, porque el buque no realiza siempre el mismo horario, y la hora de partida del buque es diferente; los horarios de salida son a las 23:00, a las 08:00 y a las 15:00.

Con este servicio se obtiene que se puedan realizar 4 viajes semanales, llegando el buque a las 04:00 del domingo, descansando este día para volver a empezar la misma secuencia el lunes a las 23:00 desde el mismo puerto que la semana anterior. Si se realiza el estudio con dos buques de las mismas características, se obtiene:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VALENCIA	BUQUE A 23:00		BUQUE B 08:00	BUQUE A 15:00	BUQUE B 23:00		
NAPOLES	BUQUE B 23:00		BUQUE A 08:00	BUQUE B 15:00	BUQUE A 23:00		

Tabla 6-10: Frecuencia semanal buque convencional rápido, Ruta 1. (Fuente propia)

Considerando el trayecto global, con el transporte por carretera:

<b>ESQUEMA GENERAL BUQUE RÁPIDO</b>		
<b>COMIENZO PUERTO SECO AZUQUECA HENARES</b>	13:00	DIA 1
<b>CARGA (2 horas)</b>	15:00	DIA 1
<b>CONDUCCIÓN (6 horas)</b>	21:00	DIA 1
<b>EMBARQUE (2 horas)</b>	23:00	DIA 1
<b>NAVEGACIÓN (29 horas)</b>	04:00	DIA 3
<b>DESEMBARQUE (2 horas)</b>	06:00	DIA 3
<b>CONDUCCIÓN (0 horas)</b>	06:00	DIA 3
<b>DESCARGA (2 horas)</b>	08:00	DIA 3

<b>COMIENZO NAPOLES</b>	19:00	DIA 1
<b>CARGA (2horas)</b>	21:00	DIA 1
<b>CONDUCCIÓN (0 horas)</b>	21:00	DIA 1
<b>EMBARQUE (2 horas)</b>	23:00	DIA 1
<b>NAVEGACIÓN (29 horas)</b>	04:00	DIA 3
<b>DESEMBARQUE (2 horas)</b>	06:00	DIA 3
<b>CONDUCCIÓN (6 horas)</b>	12:00	DIA 3
<b>DESCARGA (2 horas)</b>	14:00	DIA 3

Tabla 6-11: Esquema general buque convencional rápido, Ruta 1. (Fuente propia)

En este caso es necesario realizar la misma operación por las tres posibles salidas, a las 23:00, a las 08:00 y a las 15:00.

En el esquema descrito y considerando el tiempo de trayecto de 29 horas en vez de 27, se observa que en el primer caso, saliendo del puerto de Valencia, el camión llegará al centro receptor a las seis de la mañana, teniendo que esperar hasta las ocho para empezar la descarga. En el segundo ejemplo se llega al mediodía, pudiendo realizar la descarga directamente.

Este caso es más complicado que el caso anterior, ya que será más difícil que los transportistas se adapten a horarios diferentes en función del día de la semana; de la misma forma, en función del horario, el camión quizá no llegará a tiempo para la descarga y deberá esperarse hasta el día siguiente para continuar.

### 6.2.2.1.3 Esquema con buque de alta velocidad

El buque de alta velocidad ofrece un tiempo de navegación de sólo 18 horas. Se ha considerado que los buques de alta velocidad realizan las operaciones de embarque y desembarque en 3 horas en vez de 4 horas, ya que tienen menos capacidad de carga. A pesar de que muchos buques de alta velocidad duermen en puerto durante la noche para realizar las operaciones de mantenimiento, en el ejemplo se ha considerado, al igual que los casos anteriores, que el buque parte a las 23:00 y navega durante la noche y descansa el domingo. En este caso se ha desarrollado el esquema que podría realizar el buque navegando a la velocidad de 40 nudos:

ESQUEMA BUQUE ALTA VELOCIDAD			
SALIDA PUERTO DE VALENCIA	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE NAPOLES	17:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	20:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE NAPOLES	23:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO VALENCIA	17:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	20:00	DIA 3	MIRECOLES
SALIDA PUERTO DE VALENCIA	23:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO DE NAPOLES	17:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	20:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE NAPOLES	23:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO VALENCIA	17:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	20:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE VALENCIA	23:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE NAPOLES	17:00	DIA 6	SÁBADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	20:00	DIA 6	SÁBADO
SALIDA PUERTO DE NAPOLES	23:00	DIA 6	SÁBADO
LLEGADA PUERTO VALENCIA	17:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-12: Esquema buque alta velocidad, Ruta 1. (Fuente propia)

En este caso hay la posibilidad de asegurar un viaje por día, y, si el servicio se realiza con dos buques de las mismas características, se tendrá el siguiente esquema:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VALENCIA	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	
NAPOLES	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	

Tabla 6-13: Frecuencia semanal buque alta velocidad, Ruta 1. (Fuente propia)

Como se puede observar, en el caso de realizar el transporte con un buque de alta velocidad, la frecuencia semanal es de 6 días a la semana.

Un vez más, considerando el trayecto terrestre-marítimo-terrestre, se obtiene:

ESQUEMA GENERAL BUQUE ALTA VELOCIDAD		
COMIENZO PUERTO SECO AZUQUECA HENARES	13:30	DIA 1
CARGA (2 horas)	15:30	DIA 1
CONDUCCIÓN (6 horas)	21:30	DIA 1
EMBARQUE (1,5 horas)	23:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (18 horas)	17:00	DIA 2
DESEMBARQUE (1,5 horas)	18:30	DIA 2
CONDUCCIÓN (0 horas)	18:30	DIA 2
DESCARGA (2 horas)	8:00	DIA 3

COMIENZO NAPOLES	19:30	DIA 1
CARGA (2 horas)	21:30	DIA 1
CONDUCCIÓN (0 horas)	21:30	DIA 1
EMBARQUE (1,5 horas)	23:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (18 horas)	17:00	DIA 2
DESEMBARQUE (1,5 horas)	18:30	DIA 2
CONDUCCIÓN (6 horas)	00:30	DIA 3
DESCARGA (2 horas)	08:00	DIA 3

Tabla 6-14: Esquema general buque convencional alta velocidad, Ruta 1. (Fuente propia)

En ambos caso, el camión llegará demasiado tarde al centro de recepción de la mercancía y no podrá descargar hasta el día siguiente.

#### 6.2.2.1.4 Conclusiones ruta 1

Una vez analizados los tres casos anteriores, se ha podido desarrollar la siguiente tabla:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (km)	1689	1689	1689
TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)	40	27/29	18
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE	4	4	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	3	4	6
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	156	208	312
CAPACIDAD POR SEMANA (m.l.)	5550	6800	5400
CAPACIDAD POR AÑO (m.l.)	288600	353600	280800

Tabla 6-15: Tabla resumen de la comparativa entre tipos de buques para la Ruta 1 con un solo buque. (Fuente propia)

En esta tabla se han calculado los metros lineales de capacidad que puede transportar un buque realizando esta línea marítima que navega todas las semanas del año utilizando la máxima capacidad.

Del estudio anterior, se observa que el buque que es capaz de mover más capacidad de carga al año es el buque convencional rápido, a pesar de que el esquema del servicio es menos atractivo que el buque convencional y el de alta velocidad.

### 6.2.2.2 Ruta 2

Esta ruta une la ZAL de Barcelona con el puerto de Barcelona y el puerto de Civitavecchia con Roma.

#### 6.2.2.2.1 Esquema con buque convencional

El buque convencional realiza el trayecto entre puertos con un periodo de 25 horas de navegación. A partir del siguiente esquema, se ha observado que el buque convencional podría realizar 5 viajes semanales:

ESQUEMA BUQUE CONVENCIONAL			
<b>SALIDA PUERTO DE BARCELONA</b>	06:00	DIA 1	LUNES
<b>LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA</b>	07:00	DIA 2	MARTES
<b>OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)</b>	11:00	DIA 2	MARTES
<b>SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA</b>	11:00	DIA 2	MARTES
<b>LLEGADA PUERTO BARCELONA</b>	12:00	DIA 3	MIERCOLES
<b>OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)</b>	16:00	DIA 3	MIERCOLES
<b>SALIDA PUERTO DE BARCELONA</b>	18:00	DIA 3	MIERCOLES
<b>LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA</b>	19:00	DIA 4	JUEVES
<b>OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)</b>	23:00	DIA 4	JUEVES
<b>SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA</b>	06:00	DIA 5	VIERNES
<b>LLEGADA PUERTO BARCELONA</b>	07:00	DIA 6	SABADO
<b>OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)</b>	11:00	DIA 6	SABADO
<b>SALIDA PUERTO BARCELONA</b>	11:00	DIA 6	SABADO
<b>LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA</b>	12:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-16: Esquema buque convencional, Ruta 2. (Fuente propia)

El esquema que se ha esbozado es el de un buque que realiza salidas desde Barcelona los lunes a las 06:00 de la mañana, llegando a Civitavecchia a las 07:00 del martes, saliendo otra vez a las 11:00 de la mañana para llegar otra vez al puerto de Barcelona a las 12:00 del miércoles, saliendo de este puerto a las 18:00 del mismo día, hacia el puerto de Civitavecchia que llegaría a las 19:00 del jueves. Si el buque saliera a las 23:00 de este puerto, llegaría al puerto de Barcelona a las 24:00, siendo demasiado tarde para realizar las operaciones de embarque y desembarque, y es por este motivo que se ha estimado que el buque no saldría de puerto hasta las 06:00 del día siguiente y volviendo a empezar la misma secuencia pero desde el puerto de Civitavecchia. Finalmente, el domingo volvería a llegar al puerto de Civitavecchia a las 12:00. En este caso, el buque estará en puerto toda la noche como en el caso anterior.

La opción ideal sería realizar este trayecto con dos buques, ya que cada semana se cambiarían la rotación de la siguiente manera:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
BARCELONA	BUQUE A 06:00	BUQUE B 11:00	BUQUE A 18:00		BUQUE B 06:00	BUQUE A 11:00	
CIVITAVECCHIA	BUQUE B 06:00	BUQUE A 11:00	BUQUE B 18:00		BUQUE A 06:00	BUQUE B 11:00	

Tabla 6-17: Frecuencia semanal buque convencional, Ruta 2. (Fuente propia)

Si se realiza el cálculo para el transporte terrestre, se tienen las siguientes opciones:

- Salida a las 06:00 y llegada a las 07:00. En este caso el problema será la carga, ya que tanto en el puerto de Barcelona como en el puerto de Civitavecchia, el conductor tendrá que realizar la carga en el centro de mercancías el día anterior. Para la descarga, en ninguno de los dos casos hallará problemas.
- Salida a las 11:00 y llegada a las 12:00. En ambos casos el conductor también tendrá problemas para realizar la carga, pero ningún problema para realizar la descarga.
- Salida a las 18:00 y llegada a las 19:00. Este es el caso contrario, ya que para la carga no habrá ninguna dificultad, pero para la descarga, en ambos puertos, el conductor deberá esperar hasta las 08:00 del día siguiente.

### 6.2.2.2.2 Esquema con buque rápido

Si el buque rápido navega a 27 nudos el tiempo total del trayecto será de 17 horas, y podría realizar los siguientes horarios:

ESQUEMA BUQUE RÁPIDO			
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	16:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	20:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	23:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO BARCELONA	16:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	20:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	23:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	16:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	20:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	23:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO BARCELONA	16:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	20:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	23:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	16:00	DIA 6	SÁBADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	20:00	DIA 6	SÁBADO
SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	23:00	DIA 6	SÁBADO
LLEGADA PUERTO BARCELONA	16:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-18: Esquema buque convencional rápido, Ruta 2. (Fuente propia)

En este caso, el buque saldría todas las noches a las 23:00, los lunes, miércoles y viernes desde un puerto y los martes, jueves y sábado desde el otro. Los domingos llegaría a puerto a las 16:00 y no volvería a empezar el servicio hasta el siguiente lunes. En este caso, cabe remarcar que no sería necesario que el buque desarrollara la velocidad de 27 nudos, ya que tiene 3 horas de espera en muelle hasta la siguiente salida. La frecuencia semanal es de 6 viajes por semana.

Si se realizara el servicio con dos buques, uno saldría del puerto de Barcelona a las 23:00 y el otro a la misma hora desde el puerto de Civitavecchia de la siguiente manera:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
BARCELONA	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	
CIVITAVECCHIA	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	

Tabla 6-19: Frecuencia semanal buque convencional rápido, Ruta 2. (Fuente propia)

Se podría optar por salir a las 21:00 en lugar de las 23:00, por motivos de descarga del camión al centro de mercancías. Si el buque partiera a las 21:00 el camión podría llegar a Roma dentro del mismo día como se observa:

ESQUEMA GENERAL BUQUE RÁPIDO		
COMIENZO ZAL BARCELONA	17:00	DIA 1
CARGA (2horas)	19:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (0 horas)	19:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	21:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (17 horas)	14:00	DIA 2
DESEMBARQUE (2 horas)	16:00	DIA 2
CONDUCCIÓN (1,5 horas)	17:30	DIA 2
DESCARGA (2 horas)	19:30	DIA 2
COMIENZO ROMA	15:30	DIA 1
CARGA (2horas)	17:30	DIA 1
CONDUCCIÓN (1,5 horas)	19:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	21:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (17 horas)	14:00	DIA 2
DESEMBARQUE (2 horas)	16:00	DIA 2
CONDUCCIÓN (0 horas)	16:00	DIA 2
DESCARGA (2 horas)	18:00	DIA 2

Tabla 6-20: Esquema general buque convencional rápido, Ruta 2. (Fuente propia)

En ninguno de los dos casos el transportista encontraría limitaciones en los horarios.

### 6.2.2.2.3 Esquema con buque de alta velocidad

El buque de alta velocidad, navegando a 40 nudos, realiza el mismo trayecto en 11 horas. El esquema que se ha dibujado es el siguiente:

ESQUEMA BUQUE ALTA VELOCIDAD			
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	19:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	06:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	09:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	09:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO BARCELONA	20:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	23:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	23:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	10:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	13:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	19:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO BARCELONA	06:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	09:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	09:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	20:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	23:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	23:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO BARCELONA	10:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	13:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	19:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	06:00	DIA 6	SÁBADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	09:00	DIA 6	SÁBADO
SALIDA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	09:00	DIA 6	SÁBADO
LLEGADA PUERTO DE BARCELONA	20:00	DIA 6	SABADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	23:00	DIA 6	SABADO
SALIDA PUERTO DE BARCELONA	23:00	DIA 6	SABADO
LLEGADA PUERTO DE CIVITAVECCHIA	10:00	DIA 7	DOMINGO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	13:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-21: Esquema buque alta velocidad, Ruta 2. (Fuente propia)

Para realizar un esquema con unas frecuencias regulares, se ha analizado el realizar un día con dos viajes, con salidas a las 09:00 y a las 23:00 y el siguiente con una salida a las 19:00. Con este esquema se realizarán 9 viajes durante la semana, pero sería necesario tener dos buques ya que cada semana, cada buque, realizaría el servicio intercambiado.

El esquema semanal para un solo buque quedaría definido de la siguiente manera:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
BARCELONA	BUQUE A 19:00	BUQUE A 23:00		BUQUE A 09:00	BUQUE A 19:00	BUQUE A 23:00	
CIVITAVECCHIA		BUQUE A 09:00	BUQUE A 19:00	BUQUE A 23:00		BUQUE A 09:00	

Tabla 6-22: Frecuencia semanal buque de alta velocidad, Ruta 2. (Fuente propia)

En este caso el buque llegaría el domingo a las 10:00 de la mañana al puerto de Civitavecchia y descansaría para volver a empezar el lunes otra vez con el servicio desde el puerto contrario.

Se tienen tres opciones diferentes:

- Salida a las 09:00 y llegada a las 20:00. En ambos casos el transportista por carretera tendrá problemas para cargar y descargar la mercancía en los puntos de almacenaje.
- Salida a las 23:00 y llegada a las 10:00. En ambos casos se estará dentro de los horarios normales de trabajo de los centros de mercancías.
- Salida a las 19:00 y llegada a las 06:00. Igual que el caso anterior, el horario es ideal para realizar la carga y descarga dentro de los horarios de trabajo.

#### 6.2.2.2.4 Conclusiones ruta 2

Una vez realizado este estudio, se ha podido calcular la cantidad de carga que se podrá mover a lo largo de una semana, con los servicios establecidos, y a lo largo de un año:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (Km.)	895,6	895,6	895,6
TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)	25	17	11
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE	4	4	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	5	6	9
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	260	312	468
CAPACIDAD POR SEMANA	9250	10200	8100
CAPACIDAD POR AÑO	481000	530400	421200

Tabla 6-23: Tabla resumen de la comparativa entre tipos de buques para la Ruta 2. (Fuente propia)

Una vez más, se destaca que el buque rápido es el que está más capacitado para transportar carga a lo largo del año, pero en esta ocasión, ofrece también el esquema

más cómodo de las tres opciones, sin problemas para realizar la carga y la descarga en los centros de recepción y destino de la mercancía.

### 6.2.2.3 Ruta 3

Esta ruta une la ZAL de Alicante con Milán. La distancia total a recorrer es de 1178,9 Km. En este caso se considera que no existe distancia a recorrer entre la ZAL de Alicante y el puerto, ya que la ZAL está dentro de la ciudad. En el tramo terrestre italiano, el tiempo de conducción es de aproximadamente 2 horas.

#### 6.2.2.3.1 Esquema con buque convencional

El buque convencional puede realizar el trayecto en un total de 32 horas. El esquema que se ha dibujado para poder hallar la frecuencia es el siguiente:

ESQUEMA BUQUE CONVENCIONAL			
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	07:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	11:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	11:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO ALICANTE	19:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	23:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	23:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	07:00	DIA 6	SÁBADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	11:00	DIA 6	SÁBADO
SALIDA PUERTO DE GENOVA	11:00	DIA 6	SÁBADO
LLEGADA PUERTO ALICANTE	19:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-24: Esquema buque convencional, Ruta 3. (Fuente propia)

Empezando el primer servicio a las 23:00, se puede proponer el esquema anterior, considerando que el buque sólo está en puerto las 4 horas de operativa (2 horas de desembarque y dos horas de embarque). Si se realiza el servicio con dos buques de las mismas características, se puede dibujar el siguiente esquema semanal:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
ALICANTE	BUQUE A 23:00		BUQUE B 11:00	BUQUE A 23:00		BUQUE B 11:00	
GENOVA	BUQUE B 23:00		BUQUE A 11:00	BUQUE B 23:00		BUQUE A 11:00	

Tabla 6-25: Frecuencia semanal buque convencional, Ruta 3. (Fuente propia)

Llegan ambos buques el domingo a las 19:00, en el puerto en el que se inicia el servicio semanal, descansando hasta el lunes a las 23:00, que vuelve a empezar el esquema. Cada buque puede realizar un total de 4 servicios a la semana.

En este caso se tienen dos situaciones para realizar el trayecto completo, considerando que no existe conducción entre la ZAL Alicante y Alicante y una conducción terrestre de aproximadamente 2 horas entre Génova y Milán:

- Salida a las 23:00 y llegada a las 07:00. No existe ningún problema para carga/descarga de la mercancía.
- Salida a las 11:00 y llegada a las 19:00. No existe ningún problema para la carga, pero si para realizar la descarga ya que el buque llegaría a las 19:00, y ya no podría realizar la descarga en el punto de destino dentro del mismo día.

#### 6.2.2.3.2 Esquema con buque rápido

En este caso como el trayecto marítimo es de 21 horas, para poder realizar un esquema diario, se podría considerar que las operaciones de embarque y desembarque deben agilizarse y realizarse en 3 horas (1,5 para el desembarque y 1,5 para el embarque).

Se podrá dibujar el siguiente esquema:

ESQUEMA BUQUE RÁPIDO			
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	17:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	14:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	17:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	17:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO ALICANTE	14:00	DIA 3	MIÉRCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	17:00	DIA 3	MIÉRCOLES
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	17:00	DIA 3	MIÉRCOLES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	14:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	17:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	17:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO ALICANTE	14:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	17:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	17:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	14:00	DIA 6	SÁBADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	17:00	DIA 6	SÁBADO
SALIDA PUERTO DE GENOVA	17:00	DIA 6	SÁBADO
LLEGADA PUERTO ALICANTE	14:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-26: Esquema buque convencional rápido, Ruta 3. (Fuente propia)

Con este esquema se consigue tener un servicio diario, con llegada a las 14:00 y salida a las 17:00 de ambos puertos, considerando dos buques realizando la misma línea y con descanso el domingo. Se obtiene:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
ALICANTE	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	
GENOVA	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	

Tabla 6-27: Frecuencia semanal buque convencional rápido, Ruta 3. (Fuente propia)

Ambos buques llegarían el domingo a las 14:00 al puerto del que han iniciado el servicio el lunes, descansando el domingo para reemprender el servicio otra vez el lunes desde el mismo puerto que la semana anterior.

Como se puede observar del esquema anterior, se ha optado por no salir a las 23:00 ya que de esta manera se podrían realizar todas las operaciones de carga y descarga dentro de los horarios.

ESQUEMA GENERAL BUQUE RÁPIDO		
COMIENZO ZAL ALICANTE	13:30	DIA 1
CARGA (2horas)	15:30	DIA 1
CONDUCCIÓN (0 horas)	15:30	DIA 1
EMBARQUE (1,5 horas)	17:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (21 horas)	14:00	DIA 2
DESEMBARQUE (1,5 horas)	15:30	DIA 2
CONDUCCIÓN (2 horas)	17:30	DIA 2
DESCARGA (2 horas)	19:30	DIA 2

COMIENZO MILAN	11:30	DIA 1
CARGA (2horas)	13:30	DIA 1
CONDUCCIÓN (2 horas)	15:30	DIA 1
EMBARQUE (1,5 horas)	17:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (21 horas)	14:00	DIA 2
DESEMBARQUE (1,5 horas)	15:30	DIA 2
CONDUCCIÓN (0 horas)	15:30	DIA 2
DESCARGA (2 horas)	17:30	DIA 2

Tabla 6-28: Esquema general buque convencional rápido, Ruta 3. (Fuente propia)

En este caso la mercancía puede llegar al punto de destino y descargar directamente, sin necesidad de esperar al día siguiente.

### 6.2.2.3.3 Esquema con buque de alta velocidad

En este caso, y debido a que se trata de un buque de alta velocidad, se ha considerado un viaje por día, aunque siguiendo este esquema, la estancia en puerto es de 7 horas, no siendo necesario realizar el trayecto a la velocidad de 40 nudos.

ESQUEMA BUQUE ALTA VELOCIDAD			
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	13:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	16:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	23:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO ALICANTE	13:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	16:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	23:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	13:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	16:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	23:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO ALICANTE	13:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	16:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE ALICANTE	23:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	13:00	DIA 6	SABADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	16:00	DIA 6	SABADO

<b>SALIDA PUERTO DE GENOVA</b>	23:00	DIA 6	SABADO
<b>LLEGADA PUERTO ALICANTE</b>	13:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-29: Esquema buque alta velocidad, Ruta 3. (Fuente propia)

Con este esquema, el buque partiría cada día a las 23:00, para llegar a puerto a las 13:00. Si se realiza el trayecto con dos buques, se obtiene:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
<b>ALICANTE</b>	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	
<b>GENOVA</b>	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	

Tabla 6-30: Frecuencia semanal buque alta velocidad, Ruta 3. (Fuente propia)

De esta manera cada día sale un buque del puerto, llegando ambos buques a las 13:00 horas del domingo, descansando hasta el siguiente lunes a las 23:00.

Si se realiza el estudio desde el inicio del trayecto en los centros de mercancías, se tiene que:

<b>ESQUEMA GENERAL BUQUE ALTA VELOCIDAD</b>		
<b>COMIENZO ZAL ALICANTE</b>	19:30	DIA 1
<b>CARGA (2 horas)</b>	21:30	DIA 1
<b>CONDUCCIÓN (0 horas)</b>	21:30	DIA 1
<b>EMBARQUE (1,5 horas)</b>	23:00	DIA 1
<b>NAVEGACIÓN (14 horas)</b>	13:00	DIA 2
<b>DESEMBARQUE (1,5 horas)</b>	15:30	DIA 2
<b>CONDUCCIÓN (2 horas)</b>	17:30	DIA 2
<b>DESCARGA (2 horas)</b>	19:30	DIA 2
<b>COMIENZO GENOVA</b>		
	17:30	DIA 1
<b>CARGA (2horas)</b>	19:30	DIA 1
<b>CONDUCCIÓN (2 horas)</b>	21:30	DIA 1
<b>EMBARQUE (1,5 horas)</b>	23:00	DIA 1
<b>NAVEGACIÓN (14 horas)</b>	13:00	DIA 2
<b>DESEMBARQUE (1,5 horas)</b>	14:30	DIA 2
<b>CONDUCCIÓN (0 horas)</b>	14:30	DIA 2
<b>DESCARGA (2 horas)</b>	16:30	DIA 2

Tabla 6-31: Esquema general buque alta velocidad, Ruta 3. (Fuente propia)

En ambos casos se podría realizar la carga y la descarga dentro de los horarios establecidos, excepto la carga en Alicante que se debería realizar una hora y media antes del esquema definido. Cabe la opción de considerar que el buque navegue de

día y realice las operaciones de mantenimiento durante la noche, pero en este caso, el transporte terrestre no se adaptaría tan bien como en el caso anterior a los horarios.

#### 6.2.2.3.4 Conclusiones ruta 3

Una vez establecidas las frecuencias para la ruta 3 con los diferentes buques Ro-Ro, se ha obtenido la siguiente tabla:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (Km.)	1178,9	1178,9	1178,9
TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)	32	21	14
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE	4	3	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	4	6	6
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	208	312	312
CAPACIDAD POR SEMANA	7400	10200	5400
CAPACIDAD POR AÑO	384800	530400	280800

*Tabla 6-32: Tabla resumen de la comparativa entre tipos de buques para la Ruta 3. (Fuente propia)*

A pesar de que el buque convencional rápido es el que ofrece más capacidad de carga, es necesario recordar que se han agilizado las operaciones de embarque y desembarque a tres horas.

#### 6.2.2.4 Ruta 4

Esta ruta es la que une el centro de mercancías CETABASA Burgos y la ciudad italiana de Milán. El trayecto implica una conducción de 8 horas entre el centro de mercancías español y el puerto de Tarragona. Debido a que el tiempo de conducción es superior a 4,5 horas, se deberá realizar una parada de 45 minutos hasta llegar al puerto de Tarragona. El trayecto entre el puerto de Génova y Milán tiene una duración de 2 horas.

### 6.2.2.4.1 Esquema con buque convencional

El trayecto entre ambos puertos con un buque convencional tiene una duración de 23 horas. Uno de los esquemas que se pueden perfeñar para realizar este trayecto es el siguiente:

ESQUEMA BUQUE CONVENCIONAL			
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	17:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	16:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	20:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	23:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	22:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	02:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	08:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	07:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	11:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	17:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	16:00	DIA 6	SABADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	20:00	DIA 6	SABADO
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	23:00	DIA 6	SABADO
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	22:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-33: Esquema buque convencional, Ruta 4. (Fuente propia)

En este caso el buque llega a puerto y no empieza otro viaje inmediatamente después del embarque, sino que se espera unas horas en puerto, tres o seis horas en función de la hora de llegada a puerto. Con este esquema se podrían realizar un total de cinco viajes a la semana.

Si se realiza el mismo trayecto con dos buques de iguales características, se podría dibujar un ciclo siguiendo la siguiente tabla:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
TARRAGONA	BUQUE A 17:00	BUQUE B 23:00		BUQUE A 08:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 23:00	
GENOVA	BUQUE B 17:00	BUQUE A 23:00		BUQUE B 08:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 23:00	

Tabla 6-34: Frecuencia semanal buque convencional, Ruta 4. (Fuente propia)

El buque A saldría del puerto de Tarragona a las 17:00 el lunes y llegaría el domingo al puerto de Génova a las 22:00 esperando a realizar las operaciones de embarque para salir del puerto de Génova el lunes a las 17:00. De igual forma, el buque B saldría el lunes a las 17:00 del puerto de Génova y llegaría al puerto de Barcelona el domingo a

las 22:00, empezando otra vez el ciclo desde el puerto de Barcelona a las 17:00 del lunes siguiente.

En este caso se considera innecesario realizar el cálculo del transporte por carretera entre el centro de CETABSA Burgos y el puerto de Tarragona, ya que el trayecto tiene una duración de 8 horas, y es casi imposible que el conductor llegue dentro de los horarios. En el caso del transporte terrestre italiano, el tiempo de conducción son dos horas, siendo posible la llegada y descarga dentro del mismo día, los días que el buque llega a las 07:00, y es posible la carga y embarque dentro del mismo día, los días que el buque parte a las 17:00 y a las 23:00.

#### 6.2.2.4.2 Esquema con buque rápido

En este caso el trayecto se realiza en un total de 15 horas. Con el siguiente esquema, un buque puede realizar seis viajes por semana:

ESQUEMA BUQUE RÁPIDO			
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	21:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	12:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	16:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	21:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	12:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	16:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	21:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	12:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	16:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	21:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	12:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	16:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	21:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	12:00	DIA 6	SABADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	16:00	DIA 6	SABADO
SALIDA PUERTO DE GENOVA	21:00	DIA 6	SABADO
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	12:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-35: Esquema buque convencional rápido, Ruta 4. (Fuente propia)

Si se realiza el trayecto con dos buques, saliendo uno a las 21:00 del puerto de Tarragona y el otro desde el puerto de Génova a la misma hora, se tendrá la siguiente frecuencia:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
TARRAGONA	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	
GENOVA	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	

Tabla 6-36: Frecuencia semanal buque convencional rápido, Ruta 4. (Fuente propia)

Se ha considerado la salida a las 21:00, en lugar de las 23:00, para poder realizar la descarga dentro de los horarios establecidos en Milán. En el caso de la carga y descarga en el centro de mercancías de CETABSA Burgos, será posible realizar la carga en el centro dentro de un mismo día, pero no la descarga en el caso de que la mercancía venga de Italia:

ESQUEMA GENERAL BUQUE RÁPIDO		
COMIENZO CETABSA BURGOS	9:00	DIA 1
CARGA (2 horas)	11:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (8 horas)	19:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	21:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (15 horas)	12:00	DIA 2
DESEMBARQUE (2 horas)	14:00	DIA 2
CONDUCCIÓN (2 horas)	16:00	DIA 2
DESCARGA (2 horas)	20:00	DIA 2
COMIENZO MILAN	15:00	DIA 1
CARGA (2horas)	17:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (2 horas)	19:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	21:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (15 horas)	12:00	DIA 2
DESEMBARQUE (2 horas)	14:00	DIA 2
CONDUCCIÓN (8 horas)	22:00	DIA 2
DESCARGA (2 horas)	08:00	DIA 3

Tabla 6-37: Esquema general buque convencional rápido, Ruta 4. (Fuente propia)

#### 6.2.2.4.3 Esquema con buque de alta velocidad

Si se realiza el mismo trayecto con un buque navegando a una velocidad de 40 nudos, el trayecto se podrá realizar en un total de diez horas.

ESQUEMA BUQUE ALTA VELOCIDAD			
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	09:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	19:00	DIA 1	LUNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	22:00	DIA 1	LUNES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	22:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	08:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	11:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	11:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	21:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	00:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	09:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	19:00	DIA 3	MIERCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	22:00	DIA 3	MIERCOLES
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	22:00	DIA 3	MIERCOLES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	08:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	11:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	11:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	21:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	00:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	09:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	19:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	22:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE GENOVA	22:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO TARRAGONA	08:00	DIA 6	SABADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	11:00	DIA 6	SABADO
SALIDA PUERTO DE TARRAGONA	11:00	DIA 6	SABADO
LLEGADA PUERTO DE GENOVA	21:00	DIA 6	SABADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	0:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-38: Esquema buque alta velocidad, Ruta 4. (Fuente propia)

Siguiendo los pasos anteriores, el buque llegaría el sábado a las 21:00 al puerto de Génova, pero esperaría hasta el lunes a las 09:00 para empezar otra vez el ciclo desde el otro puerto. El esquema semanal sería el siguiente, realizando 9 viajes cada semana:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
TARRAGONA	BUQUE A 09:00	BUQUE A 11:00	BUQUE A 22:00		BUQUE A 09:00	BUQUE A 11:00	
GENOVA	BUQUE A 22:00		BUQUE A 09:00	BUQUE A 11:00	BUQUE A 22:00		

Tabla 6-39: Frecuencia semanal buque alta velocidad, Ruta 4. (Fuente propia)

Para una buena coordinación, sería necesario realizar el servicio con dos buques de las mismas características.

Para el cálculo de los tiempos de carga y descarga en los centros de mercancías, se tienen los siguientes tres casos:

- Salida de puerto a las 09:00 y llegada a las 19:00. En este caso no se podrá realizar ni la carga ni la descarga dentro de un mismo día en ninguno de los dos puertos.
- Salida de puerto a las 22:00 y llegada a las 08:00. En ambos casos se podrán realizar las operaciones de carga y descarga dentro de un mismo día.
- Salida a las 11:00 y llegada a las 21:00. En el caso del puerto de destino, no se podrá realizar la descarga dentro de un mismo día en ninguno de los dos casos. En el caso de la carga, se podrá realizar cuando el puerto italiano sea el de carga; en el caso del puerto de Tarragona, la carga se deberá realizar el día anterior.

#### 6.2.2.4.4 Conclusiones ruta 4

Una vez estudiados los tres casos anteriores, se puede realizar la siguiente tabla resumen:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (km)	1425,8	1425,8	1425,8
TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)	23	15	10
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE	4	4	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	5	6	9
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	260	312	468
CAPACIDAD POR SEMANA	9250	10200	8100
CAPACIDAD POR AÑO	481000	530400	421200

Tabla 6-40: Tabla resumen de la comparativa entre tipos de buques para la Ruta 4. (Fuente propia)

El buque que ofrece mejores condiciones de horarios y de capacidad de carga es el buque convencional rápido.

### 6.2.2.5 Ruta 5

La ruta 5 seleccionada en el capítulo anterior, es la única ruta que realiza el trayecto en el arco atlántico, entre los puertos de Gijón y Hamburgo y es la ruta más larga. El centro de mercancías español CTB Benavente seleccionado está situado en la Comunidad de Castilla y León y el centro de mercancías alemán seleccionado está situado en Berlín.

En los tres casos, la distancia total de la opción multimodal es de 2326,3 Km., siendo el tiempo de conducción terrestre entre CTB Benavente y el puerto de Gijón de 3 horas y entre el puerto de Hamburgo y Berlín de 4 horas.

#### 6.2.2.5.1 Esquema con buque convencional

Con el buque navegando a 18 nudos, el tiempo de navegación total es de 56 horas, más de 2 días de navegación. El posible esquema que se ha dibujado es el siguiente:

ESQUEMA BUQUE CONVENCIONAL			
SALIDA PUERTO DE GIJÓN	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE HAMBURGO	07:00	DIA 4	JUEVES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	11:00	DIA 4	JUEVES
SALIDA PUERTO DE HAMBURGO	11:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO GIJÓN	19:00	DIA 7	DOMINGO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	23:00	DIA 7	DOMINGO
SALIDA PUERTO DE GIJÓN	23:00	DIA 8	LUNES

Tabla 6-41: Esquema buque convencional, Ruta 5. (Fuente propia)

La frecuencia de este servicio es de 2 viajes a la semana, partiendo el buque todos los lunes desde el puerto de Gijón a las 23:00 y todos los jueves del puerto de Hamburgo a las 11:00.

A partir del esquema anterior, se podría realizar el mismo viaje desde el puerto de Hamburgo hacia Gijón otro día de la semana, siendo un ejemplo el siguiente:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
GIJÓN	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00			
HAMBURGO				BUQUE A 11:00			BUQUE B 11:00

Tabla 6-42: Frecuencia semanal buque convencional, Ruta 5. (Fuente propia)

Se tendrían dos salidas semanales desde el puerto de Gijón a las 23:00, los lunes y los jueves, y dos salidas semanales desde el puerto de Hamburgo a las 11:00, los miércoles y los domingos.

El esquema multimodal sería el siguiente:

ESQUEMA GENERAL BUQUE CONVENCIONAL		
COMIENZO CTB BENAVENTE	16:00	DIA 1
CARGA (2horas)	18:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (3 horas)	21:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	23:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (56 horas)	07:00	DIA 4
DESEMBARQUE (2 horas)	09:00	DIA 4
CONDUCCIÓN (4 horas)	13:00	DIA 4
DESCARGA (2 horas)	15:00	DIA 4
COMIENZO BERLIN	03:00	DIA 1
CARGA (2horas)	05:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (4 horas)	09:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	11:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (53 horas)	13:00	DIA 4
DESEMBARQUE (2 horas)	19:00	DIA 4
CONDUCCIÓN (3 horas)	21:00	DIA 4
DESCARGA (2 horas)	08:00	DIA 5

Tabla 6-43: Esquema general buque convencional, Ruta 5. (Fuente propia)

En el caso anterior, partiendo del CTB Benavente hacia Berlín, no comportaría ningún tipo de problema, ya que tanto la carga como la descarga se podrían realizar dentro de los horarios establecidos. En el caso de partir de Berlín hacia CTB Benavente, la carga se debería realizar con anterioridad, porque como se observa en el cuadro anterior se debería realizar a las 00:00 del mismo día del embarque; la carga debería estar ya en el muelle para realizar el embarque a las 06:00 de la mañana, de la misma forma que la descarga sería preciso esperar para realizarla al día siguiente.

### 6.2.2.5.2 Esquema con buque rápido

El buque convencional rápido realiza el trayecto marítimo en un total de 37 horas.

ESQUEMA BUQUE RÁPIDO			
SALIDA PUERTO DE GIJÓN	23:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE HAMBURGO	12:00	DIA 3	MIÉRCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	16:00	DIA 3	MIÉRCOLES
SALIDA PUERTO DE HAMBURGO	23:00	DIA 3	MIÉRCOLES
LLEGADA PUERTO GIJÓN	12:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (4 horas)	16:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE GIJÓN	23:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO DE HAMBURGO	12:00	DIA 7	DOMINGO

Tabla 6-44: Esquema buque convencional rápido, Ruta 5. (Fuente propia)

Un buque de estas características podría realizar tres servicios semanales, partiendo todos los lunes y los viernes del puerto de Gijón a las 23:00, y todos los miércoles a la misma hora desde el puerto de Hamburgo. El buque llegaría al puerto de Hamburgo el domingo a las 12:00, realizando las operaciones de embarque al día siguiente, pero desde el puerto de Hamburgo.

De la misma forma que en el caso anterior, se podría considerar la opción de realizar el trayecto en ambos sentidos con dos buques de las mismas características.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
GIJÓN	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00		
HAMBURGO		BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	

Tabla 6-45: Frecuencia semanal buque convencional rápido, Ruta 5. (Fuente propia)

En este caso, el buque A realiza el descanso en domingo y el buque B realizaría su descanso el lunes en vez del domingo.

ESQUEMA GENERAL BUQUE RÁPIDO		
COMIENZO CTB BENAVENTE	16:00	DIA 1
CARGA (2 horas)	18:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (3 horas)	21:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	23:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (37 horas)	12:00	DIA 3
DESEMBARQUE (2 horas)	14:00	DIA 3
CONDUCCIÓN (4 horas)	18:00	DIA 3
DESCARGA (2 horas)	20:00	DIA 3

COMIENZO BERLIN	15:00	DIA 1
CARGA (2 horas)	17:00	DIA 1
CONDUCCIÓN (4 horas)	21:00	DIA 1
EMBARQUE (2 horas)	23:00	DIA 1
NAVEGACIÓN (37 horas)	12:00	DIA 3
DESEMBARQUE (2 horas)	14:00	DIA 3
CONDUCCIÓN (3 horas)	17:00	DIA 3
DESCARGA (2 horas)	19:00	DIA 3

Tabla 6-46: Esquema general buque convencional rápido, Ruta 5. (Fuente propia)

De la tabla anterior se observa que la conducción terrestre se podrá desarrollar sin problemas, realizando la carga y la descarga dentro de los horarios establecidos en todos los casos.

### 6.2.2.5.3 Esquema con buque de alta velocidad

El tiempo total para realizar un trayecto es de 25 horas. Debido a la tipología de este buque y a la larga duración del trayecto, se ha optado por un descanso de una noche entre trayectos, para realizar las operaciones de mantenimiento. La hora de salida se ha escogido en un puerto a las 12:00 del mediodía, y en el otro a las 18:00, para poder realizar las operaciones de carga y descarga a los centros de mercancías dentro del mismo día. El esquema estudiado ha sido el siguiente:

ESQUEMA BUQUE ALTA VELOCIDAD			
SALIDA PUERTO DE GIJÓN	12:00	DIA 1	LUNES
LLEGADA PUERTO DE HAMBURGO	13:00	DIA 2	MARTES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	16:00	DIA 2	MARTES
SALIDA PUERTO DE HAMBURGO	18:00	DIA 2	MARTES
LLEGADA PUERTO GIJÓN	19:00	DIA 3	MIÉRCOLES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	22:00	DIA 3	MIÉRCOLES
SALIDA PUERTO DE GIJÓN	12:00	DIA 4	JUEVES
LLEGADA PUERTO DE HAMBURGO	13:00	DIA 5	VIERNES
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	16:00	DIA 5	VIERNES
SALIDA PUERTO DE HAMBURGO	18:00	DIA 5	VIERNES
LLEGADA PUERTO GIJÓN	19:00	DIA 6	SABADO
OPERACIONES EMBARQUE DESEMBARQUE (3 horas)	22:00	DIA 6	SABADO
SALIDA PUERTO DE GIJÓN	12:00	DIA 1	LUNES

Tabla 6-47: Esquema buque alta velocidad, Ruta 5. (Fuente propia)

Como se observa, el buque realiza un viaje de ida y vuelta y descansa una noche. Así, con el esquema anterior, el buque dormirá las noches del miércoles y del sábado en el puerto de Gijón, y con este esquema el buque de alta velocidad podrá realizar 4 viajes a la semana.

Si se realiza un esquema con dos buques, se podría obtener la siguiente configuración:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
GIJÓN	BUQUE A 12:00	BUQUE B 12:00		BUQUE A 12:00	BUQUE B 12:00		
HAMBURGO		BUQUE A 18:00	BUQUE B 18:00		BUQUE A 18:00	BUQUE B 18:00	

Tabla 6-48: Frecuencia semanal buque alta velocidad, Ruta 5. (Fuente propia)

Un servicio saldría todos los días de la semana desde el puerto de Gijón a las 12:00, exceptuando los miércoles, los sábados y los domingos, y por el otro lado, desde el puerto de Hamburgo, habría un servicio todos los días a las 18:00, exceptuando los lunes, los jueves y los domingos.

#### 6.2.2.5.4 Conclusiones ruta 5

Como conclusiones de esta ruta se puede establecer la siguiente tabla, sin considerar el efecto del tiempo meteorológico en el trayecto:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (km)	2326,3	2326,3	2326,3
TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)	56	37	25
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE	4	4	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	2	3	4
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	104	156	208
CAPACIDAD POR SEMANA	3700	5100	3600
CAPACIDAD POR AÑO	192400	265200	187200

Tabla 6-49: Tabla resumen de la comparativa entre tipos de buques para la Ruta 5. (Fuente propia)

### 6.2.2.6 Conclusiones variable frecuencia

A continuación se ha realizado una tabla resumen de las diferentes rutas, en función de la cantidad de carga que pueden transportar durante un año considerando cada tipo de buque que realice el servicio:

Ruta	Variables	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
Ruta 1	Tiempo de navegación	40	27	18
	Nº viajes/año	156	208	312
	Metros lineales/año	288600	353600	280800
Ruta 2	Tiempo de navegación	25	17	11
	Nº viajes/año	260	312	468
	Metros lineales/año	481000	530400	421200
Ruta 3	Tiempo de navegación	32	21	14
	Nº viajes/año	208	312	312
	Metros lineales/año	384800	530400	280800
Ruta 4	Tiempo de navegación	23	15	10
	Nº viajes/año	260	312	468
	Metros lineales/año	481000	530400	421200
Ruta 5	Tiempo de navegación	56	37	25
	Nº viajes/año	104	156	208
	Metros lineales/año	192400	265200	187200

Tabla 6-50: Tabla resumen de la variable frecuencia para las 5 rutas. (Fuente propia)

La tabla anterior muestra que el incremento de velocidad no siempre es un beneficio; en todos los casos, el buque rápido navegando a 27 nudos es el buque con más capacidad de carga al año.

Si se considera la primera ruta, el incremento de velocidad en el buque de alta velocidad no implica un incremento de la capacidad de carga al año, siendo el buque

rápido el que ofrece un incremento de capacidad de carga si se compara con los otros dos tipos de buques. El buque de alta velocidad, realizando la frecuencia descrita, podría transportar 7800 metros lineales de carga menos que el buque convencional, a pesar de que debería realizar el doble de viajes. Con 52 viajes más al año, el buque rápido podría transportar un total de 65000 metros lineales más de carga al año que el buque convencional.

En la ruta 2, a pesar de que la diferencia entre el buque convencional rápido y el de alta velocidad sea de 109200 metros lineales a favor del buque convencional rápido, y la capacidad por año es muy inferior, también se debe tener en cuenta que la navegación del buque rápido se puede realizar en menos de 24 horas, mientras que el buque de alta velocidad lo realiza en menos de 12 horas.

En la ruta 3, se observa que a pesar del incremento de velocidad del buque de alta velocidad, no es posible realizar más viajes al año, siendo la diferencia entre ambas opciones de 249600 metros lineales. A su vez, si el buque rápido realiza 104 viajes más al año que el buque convencional, es capaz de transportar 145600 metros lineales más de carga al año.

En el caso de la ruta 4, el buque rápido vuelve a presentar las mejores opciones de máxima carga, aunque se debe destacar que en este caso, el buque rápido realiza el trayecto marítimo en menos de 24 horas y el buque de alta velocidad en menos de 12 horas.

Una vez más, en la ruta 5 el buque rápido es el que presenta las mejores opciones de capacidad de carga anual, siendo los tiempos de navegación demasiado largos en los tres casos para realizar un viaje por día.

Como se puede observar, el tipo de buque y la velocidad dependen de la ruta escogida; cada ruta tiene un buque adecuado en función de sus características. Se debe realizar un estudio concreto para cada ruta.

### 6.2.3 Variable Factor Meteorológico

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, los buques de alta velocidad pueden estar sujetos a unas restricciones adicionales sobre la altura del oleaje que limitan su disponibilidad según el Código Internacional de buques de alta velocidad.<sup>84</sup> Esto significa que en ciertas condiciones meteorológicas, un buque puede no salir, o debe buscar refugio si ya está navegando.

Para ello es necesario estimar el tiempo de inactividad posible de los buques que realizan las rutas preestablecidas a partir de una determinada altura de ola.

Según un estudio realizado para Austal Ships de Henderson<sup>85</sup>, señaló que la experiencia con el buque de alta velocidad Stena HSS en el mar de Irlanda, registró sólo una tasa de cancelación del 0,3% sobre 5000 travesías; esta compañía constató que una tasa de cancelación menor al 1% era aceptable para estos buques de alta velocidad. En este caso debemos tener en cuenta que se trata de un mar interior, en el que las condiciones de tiempo son más suaves que alrededor del archipiélago británico.

Para el siguiente estudio se han tenido en cuenta que los buques de alta velocidad deben de disponer de un Manual de operaciones, que debe recoger *las limitaciones operacionales, incluidas las peores condiciones previstas*.<sup>86</sup> Como regla general, se deben realizar las siguientes reducciones de velocidad:

- Medio nudo por cada medio metro de altura de oleaje hasta los dos metros.
- Un nudo por cada medio metro entre los dos y los tres metros.
- Dos nudos para cada medio metro a partir de los tres metros.

---

<sup>84</sup> International Code for High Speed Crafts. 2000. Organización Marítima Internacional.

<sup>85</sup> Datos obtenidos en el proyecto final UK Marine Motorways, realizado en Marzo del 2003 por la Napier University, la Heriot-Watt University.

<sup>86</sup> Algunas administraciones fijan los límites de altura de ola significativa considerando el rumbo del buque con la mar. La cláusula 3.1.2 del Anexo 9 del Código HSC 2000 explícitamente dice que “las peores condiciones previstas, referidas en 1.4.57 del Código, son aquellas en las cuales sería posible mantener una navegación segura sin un gobierno excepcional. Sin embargo, las operaciones con todos los rumbos relativos al viento y mar no serían posibles”.

Como resumen se estudiarán los siguientes casos:

- Para buques convencionales: días en que la altura de las olas sea superior a 4 metros (apartado estudiado en el capítulo 5).
- Para buques convencionales rápidos: días en que la altura de las olas sea superior a 3 metros.
- Para buques de alta velocidad:
  - Mareo: días en que la altura de las olas es superior a 1,5 metros y afectan a un periodo de navegación superior a 2 horas. Se podría hacer el viaje aunque se marearía el 90% del pasaje.
  - Suspensión: días en que la altura de las olas sea superior a 2,5 metros y afectan un periodo de navegación superior a 2 horas.

A continuación se detallan los estudios realizados para hallar la variable meteorológica en función del tipo de buque, a partir de los datos obtenidos de las boyas meteorológicas que se encuentran en la ruta objeto de estudio:

### 6.2.3.1 Ruta 1

		VALENCIA	BALEARES	ALGHERO	CAPO COMINO	PONZA
Mareo HSC	>1,5	3,59%	18,48%	18,45%	45,43%	14,24%
Suspensión HSC	>2,5	0,54%	7,69%	4,88%	7,33%	2,78%
Rápido	>3	0,18%	4,94%	2,04%	3,88%	1,21%
Convencional	>4	0,005%	1,96%	0,44%	1,04%	0,05%

Tabla 6-51: Cálculo variable meteorológica para la Ruta 1. (Fuente propia)

### 6.2.3.2 Ruta 2

		BCN	ALGHERO	CAPO COMINO	CAPO LINARO
Mareo HSC	>1,5	2,44%	18,45%	45,43%	12,48%
Suspensión HSC	>2,5	0,33%	4,88%	7,33%	3,28%
Rápido	>3	0,04%	2,04%	3,88%	1,23%
Convencional	>4	0,00%	0,44%	1,04%	0,07%

Tabla 6-52: Cálculo variable meteorológica para la Ruta 2. (Fuente propia)

### 6.2.3.3 Ruta 3

		ALICANTE	BCN	PORQUEROLLES	NICE
Mareo HSC	>1,5	4,42%	2,44%	37,72%	1,94%
Suspensión HSC	>2,5	0,66%	0,33%	12,68%	0,11%
Rápido	>3	0,24%	0,04%	4,14%	0,03%
Convencional	>4	0,03%	0,00%	0,07%	0,00%

Tabla 6-53: Cálculo variable meteorológica para la Ruta 3. (Fuente propia)

### 6.2.3.4 Ruta 4

		TRG	BCN	PORQUEROLLES	NICE
Mareo HSC	>1,5	2,01%	2,44%	37,72%	1,94%
Suspensión HSC	>2,5	0,11%	0,33%	12,68%	0,11%
Rápido	>3	0,02%	0,04%	4,14%	0,03%
Convencional	>4	0,00%	0,00%	0,07%	0,00%

Tabla 6-54: Cálculo variable meteorológica para la Ruta 4. (Fuente propia)

### 6.2.3.5 Ruta 5

		GIJÓN	OUESSANT	CHEBOURG	DUNKERQUE	ELBE	HELGOLAND
Mareo HSC	>1,5	49,39%	64,93%	1,30%	17,80%	23,00%	23,70%
Suspensión HSC	>2,5	17,21%	39,62%	0,00%	4,82%	5,30%	5,50%
Rápido	>3	8,39%	24,33%	0,00%	2,24%	2,40%	2,20%
Convencional	>4	2,40%	5,80%	0,00%	0,00%	0,25%	0,10%

Tabla 6-55: Cálculo variable meteorológica para la Ruta 5. (Fuente propia)

### 6.2.3.6 Conclusiones variable meteorológica

A partir de los cálculos anteriores se ha realizado la siguiente tabla resumen del porcentaje máximo de la altura de la ola que se puede encontrar un buque en cada una de las rutas:

	TIPO DE BUQUE	% DE ALTURA DE OLA
<b>Ruta 1</b>	Convencional	3,46%
	Rápido	11,73%
	Alta velocidad cancelación	21,3%
	Alta velocidad mareo	68,26%
<b>Ruta 2</b>	Convencional	1,54%
	Rápido	7,03%
	Alta velocidad cancelación	17,14%
	Alta velocidad mareo	61,86%
<b>Ruta 3</b>	Convencional	0,099%
	Rápido	4,43%
	Alta velocidad cancelación	16,21%
	Alta velocidad mareo	43,02%
<b>Ruta 4</b>	Convencional	0,079%
	Rápido	4,22%
	Alta velocidad cancelación	15,75%
	Alta velocidad mareo	41,6%
<b>Ruta 5</b>	Convencional	8,38%
	Rápido	35,26%
	Alta velocidad cancelación	57,02%
	Alta velocidad mareo	80,63%

Tabla 6-56: Tabla resumen variable meteorológica para las 5 rutas. (Fuente propia)

De la tabla anterior, se observa que la ruta que presenta mejores condiciones meteorológicas es la ruta que une los puertos de Tarragona y Génova (ruta 4) para los tres tipos de buques.

A parte de la ruta 4, las rutas 2 y 3 también presentan buenas condiciones para navegar en buques convencionales, ya que en ninguna de las tres rutas supera el 2% de ola significativa superior a los 4 metros.

Como es obvio, la ruta atlántica es la que presenta peores condiciones meteorológicas. Los buques de alta velocidad tendrían un porcentaje de cancelación del 57,02% anual y un índice de mareo del 80,63%.

En función del estudio anterior y de los esquemas presentados en la variable frecuencia, se debe considerar si se permiten ciertas reducciones de velocidad sobre la máxima desarrollable por el buque, manteniendo el esquema fijado. Lo que supone disponer de una cierta reserva de velocidad para contrarrestar las condiciones meteorológicas.

En el caso de la ruta 1, el buque convencional estará 4 horas en puerto antes del siguiente viaje, pudiendo asumir el 3,46% de porcentaje de altura de ola superior a 4 metros de altura. El buque rápido, que es el buque que ofrece mayor capacidad de carga anual, tiene el esquema de frecuencias más variado y a su vez menos práctico. En este caso, en uno de los horarios ya se ha supuesto una reducción de velocidad de 27 a 25 nudos, para poder cuadrar la hora de llegada a puerto y en otro hay una hora de espera en puerto; en este mismo caso el buque rápido tiene un 11,73% anual de altura superior a los 3 metros. Los buques de alta velocidad deberían asumir una cancelación anual de los viajes de alrededor del 21%, aunque el elevado índice de mareo se podría reducir, puesto que el buque de alta velocidad con la frecuencia establecida está 3 horas de espera en puerto.

De las tres posibilidades en la ruta 2, el buque convencional y el buque de alta velocidad, aparte de ofrecer menor capacidad de carga, también son las opciones menos regulares en cuanto a frecuencia, no existiendo tiempo de parada en puerto en algunos casos. Los buques convencionales sólo ofrecen el 1% de ola significativa superior a los 4 metros, y podría ser asumido, dado que en una de las tres opciones permanece 7 horas en puerto, pudiendo recuperar la línea. En el caso de los buques de alta velocidad, dos de las opciones no tienen descanso en puerto, y realizan la siguiente navegación una vez finalizado el embarque, y sólo la tercera opción está 6 horas en puerto. El caso del buque rápido es el que ofrece mejores opciones, ya que tiene una frecuencia diaria a las 23:00, y está un total de 7 horas en puerto cada día, pudiendo asumir la reducción de velocidad que implica el 4% anual de ola superior a 3 metros de altura.

En la ruta 3, el buque convencional y el buque rápido no están en puerto más que las horas dedicadas a su embarque y desembarque. Para el buque convencional no es un

inconveniente, ya que sólo tiene un 0,099% de altura de ola superior a la estipulada. En el caso del buque rápido, si que presentaría un problema, ya que se ha reducido el tiempo de embarque y desembarque a tres horas en vez de cuatro, y sería difícil asumir el 4,43% anual con una reducción de velocidad; la mejor opción en este caso sería reducir el número de viajes de 6 a 5 y cambiar el esquema descrito. Los buques de alta velocidad están 7 horas en puerto sin la necesidad de realizar los trayectos a la velocidad de 40 nudos; se podría considerar esta posibilidad, si reduciendo la velocidad se reduce el porcentaje de cancelación de viajes anuales.

En la ruta 4, el buque convencional está afectado de una forma casi nula por la variable meteorológica, siendo este un factor que no afectará al esquema del buque. En el caso del buque convencional rápido, existe alrededor de un 4% de reducción anual de la velocidad. En el esquema dibujado en el apartado anterior, el buque podrá asumir dicha reducción, ya que está un total de 5 horas en puerto. Por el contrario, el buque de alta velocidad, a pesar de ofrecer 9 viajes semanales y buena ocupación anual de carga, dos de las tres opciones de llegada a puerto son sin parada, y difícilmente el buque podrá recuperar el tiempo perdido por culpa del mal tiempo.

Como ya se ha comentado anteriormente, la ruta 5 es la que ofrece peores condiciones de mar, ya que se realiza por el arco atlántico. La ruta con el buque convencional se enfrenta, en alrededor de un 8% de casos, con una altura de ola superior a los 4 metros, siendo posible recuperar en uno de los casos, ya que el buque estaría 8 horas en puerto; en el segundo caso, el buque no estaría ninguna hora en puerto, y sería difícil recuperar el esquema hasta el siguiente viaje. El buque rápido sufre un elevado porcentaje de olas superiores a los 3 metros, un 35%, pero el buque realiza una parada de 7 horas en puerto cada viaje, pudiendo realizar este trayecto con una velocidad más moderada. El buque de alta velocidad realiza una parada de 14 horas en el trayecto de ida y vuelta, y una parada de 2 horas en el trayecto de ida. En este caso el porcentaje de cancelación a la velocidad de 40 nudos es muy elevado, llegando al 57% anual.

Básicamente, se puede observar que el buque convencional rápido, a pesar de ofrecer un tiempo de tránsito más largo entre ambos puertos, da un nivel de fiabilidad superior que el buque de alta velocidad. Se han obtenido los siguientes porcentajes de cancelaciones anuales en los casos de buques rápidos y buques de alta velocidad:

Ruta	Tipo buque	% cancelación anual	Viajes anulados anuales
Ruta 1	Buque rápido	11,73%	24
	Buque alta velocidad	21,3%	66
Ruta 2	Buque rápido	7,03%	22
	Buque alta velocidad	17,14%	80
Ruta 3	Buque rápido	4,43%	14
	Buque alta velocidad	16,21%	50
Ruta 4	Buque rápido	4,22%	13
	Buque alta velocidad	15,75%	74
Ruta 5	Buque rápido	35,26%	55
	Buque alta velocidad	57,02%	118

Tabla 6-57: Cancelación anual del viaje en función de la ruta y del tipo buque. (Fuente propia)

## 6.2.4 Variable Coste

En este apartado se han calculado los costes para las tres categorías de buque Ro-Ro. Para calcular los costes marítimos no se podrá aplicar la misma expresión que en el caso de la navegación convencional, ya que el coste por milla debido a la alta velocidad es superior. En estos casos, los costes de combustible representan la principal diferencia entre los buques, y por ello el flete marítimo es el que variará.

Mientras que los datos de la categoría convencional derivan de los análisis del trabajo realizado en el capítulo 5, los datos de los buques convencional rápido y de alta velocidad se han obtenido a partir de información obtenida por las compañías navieras, puesto que ambos buques están operando en la actualidad, y por lo tanto, se ha podido obtener el precio por milla navegada de cada uno de los casos:

- Buque convencional: 1 euro/milla para la velocidad de 18 nudos.
- Buque convencional rápido: 1,852 euros/milla para la velocidad de 27 nudos.
- Buque de alta velocidad: 3,43 euros/milla para la velocidad de 40 nudos.

En la elaboración del modelo de costes, se ha asumido que para el propósito del análisis, todos los tipos de buques tienen los mismos costes de tripulación.

A continuación se reflejan los cálculos de los costes realizados para las cinco rutas en función del tipo de buque:

### 6.2.4.1 Ruta 1

TRANSPORTE SSS convencional		TRANSPORTE SSS rápido		TRANSPORTE SSS alta velocidad	
Dist. Marítima	1314,90	Dist. Marítima	1314,90	Dist. Marítima	1314,90
Dist. 1er tramo	374,10	Dist. 1er tramo	374,10	Dist. 1er tramo	374,10
Dist. 2n tramo	0,00	Dist. 2n tramo	0,00	Dist. 2n tramo	0,00
<b>Dist. Total</b>	<b>374,10</b>	<b>Dist. Total</b>	<b>374,10</b>	<b>Dist. Total</b>	<b>374,10</b>
<b>Tiempo</b>	<b>53,68</b>	<b>Tiempo</b>	<b>40,04</b>	<b>Tiempo</b>	<b>30,49</b>

Costes fijos		Costes fijos		Costes fijos	
Amortización	288,80	Amortización	215,39	Amortización	164,02
Financiación	37,04	Financiación	27,62	Financiación	21,04
Conductor	544,85	Conductor	406,37	Conductor	309,45
Seguro	133,66	Seguro	99,69	Seguro	75,91
Costes fiscales	18,25	Costes fiscales	13,61	Costes fiscales	10,37
Dietas	267,86	Dietas	199,78	Dietas	152,13
Costes variables		Costes variables		Costes variables	
Combustible	115,97	Combustible	115,97	Combustible	115,97
Neumáticos	14,96	Neumáticos	14,96	Neumáticos	14,96
Mantenimiento	3,74	Mantenimiento	3,74	Mantenimiento	3,74
Reparaciones	7,48	Reparaciones	7,48	Reparaciones	7,48
Flete	710,05	Flete	1314,90	Flete	2432,57
<b>Costes totales</b>	<b>2142,67</b>	<b>Costes totales</b>	<b>2419,52</b>	<b>Costes totales</b>	<b>3307,65</b>

Modo de Transporte	Costes totales
Carretera	2894,48
SSS convencional	2142,67
SSS rápido	2419,52
SSS alta velocidad	3307,65

Tabla 6-58: Cálculo variable coste para la Ruta 1. (Fuente propia)

### 6.2.4.2 Ruta 2

TRANSPORTE SSS convencional	
Dist. Marítima	813,02
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	82,60
<b>Dist. Total</b>	<b>82,60</b>
<b>Tiempo</b>	<b>33,80</b>

TRANSPORTE SSS rápido	
Dist. Marítima	813,02
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	82,60
<b>Dist. Total</b>	<b>82,60</b>
<b>Tiempo</b>	<b>25,36</b>

TRANSPORTE SSS alta velocidad	
Dist. Marítima	813,02
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	82,60
<b>Dist. Total</b>	<b>82,60</b>
<b>Tiempo</b>	<b>19,08</b>

Costes fijos	
Amortización	181,82
Financiación	23,32
Conductor	343,03
Seguro	84,15
Costes fiscales	11,49
Dietas	168,64
Costes variables	
Combustible	25,61
Neumáticos	3,30
Mantenimiento	0,83
Reparaciones	1,65
Flete	439,03
<b>Costes totales</b>	<b>1282,87</b>

Costes fijos	
Amortización	136,45
Financiación	17,50
Conductor	257,42
Seguro	63,15
Costes fiscales	8,62
Dietas	126,56
Costes variables	
Combustible	25,61
Neumáticos	3,30
Mantenimiento	0,83
Reparaciones	1,65
Flete	813,02
<b>Costes totales</b>	<b>1454,10</b>

Costes fijos	
Amortización	102,63
Financiación	13,16
Conductor	193,62
Seguro	47,50
Costes fiscales	6,49
Dietas	95,19
Costes variables	
Combustible	25,61
Neumáticos	3,30
Mantenimiento	0,83
Reparaciones	1,65
Flete	1504,09
<b>Costes totales</b>	<b>1994,07</b>

Modo de Transporte	Costes totales
Carretera	1969,98
SSS convencional	1282,87
SSS rápido	1454,10
SSS alta velocidad	1994,07

Tabla 6-59: Cálculo variable coste para la Ruta 2. (Fuente propia)

### 6.2.4.3 Ruta 3

TRANSPORTE SSS	
Dist. Marítima	1037,12
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	141,80
<b>Dist. Total</b>	<b>141,80</b>
<b>Tiempo</b>	<b>41,39</b>

TRANSPORTE SSS rápido	
Dist. Marítima	1037,12
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	141,80
<b>Dist. Total</b>	<b>141,80</b>
<b>Tiempo</b>	<b>30,63</b>

TRANSPORTE SSS alta velocidad	
Dist. Marítima	1037,12
Dist. 1er tramo	0,00
Dist. 2n tramo	141,80
<b>Dist. Total</b>	<b>141,80</b>
<b>Tiempo</b>	<b>22,89</b>

Costes fijos	
Amortización	222,69
Financiación	28,56
Conductor	420,13
Seguro	103,07
Costes fiscales	14,07
Dietas	206,55
Costes variables	
Combustible	43,96
Neumáticos	5,67
Mantenimiento	1,42
Reparaciones	2,84
Flete	560,04
<b>Costes totales</b>	<b>1608,94</b>

Costes fijos	
Amortización	164,81
Financiación	21,14
Conductor	310,93
Seguro	76,28
Costes fiscales	10,42
Dietas	152,86
Costes variables	
Combustible	43,96
Neumáticos	5,67
Mantenimiento	1,42
Reparaciones	2,84
Flete	1037,12
<b>Costes totales</b>	<b>1827,42</b>

Costes fijos	
Amortización	123,15
Financiación	15,79
Conductor	232,34
Seguro	57,00
Costes fiscales	7,78
Dietas	114,22
Costes variables	
Combustible	43,96
Neumáticos	5,67
Mantenimiento	1,42
Reparaciones	2,84
Flete	1918,67
<b>Costes totales</b>	<b>2522,85</b>

Modo de Transporte	Costes totales
Carretera	2004,44
SSS convencional	1608,94
SSS rápido	1827,42
SSS alta velocidad	2522,85

Tabla 6-60: Cálculo variable coste para la Ruta 3. (Fuente propia)

#### 6.2.4.4 Ruta 4

TRANSPORTE SSS convencional	
Dist. Marítima	738,90
Dist. 1er tramo	545,10
Dist. 2n tramo	141,80
Dist. Total	<b>686,90</b>
Tiempo	<b>40,35</b>

TRANSPORTE SSS rápido	
Dist. Marítima	738,90
Dist. 1er tramo	545,10
Dist. 2n tramo	141,80
Dist. Total	<b>686,90</b>
Tiempo	<b>32,69</b>

TRANSPORTE SSS alta velocidad	
Dist. Marítima	738,90
Dist. 1er tramo	545,10
Dist. 2n tramo	141,80
Dist. Total	<b>686,90</b>
Tiempo	<b>26,88</b>

Costes fijos	
Amortización	217,08
Financiación	27,84
Conductor	409,55
Seguro	100,47
Costes fiscales	13,72
Dietas	201,35
Costes variables	
Combustible	212,94
Neumáticos	27,48
Mantenimiento	6,87
Reparaciones	13,74
Flete	399,01
<b>Costes totales</b>	<b>1630,04</b>

Costes fijos	
Amortización	175,85
Financiación	22,55
Conductor	331,77
Seguro	81,39
Costes fiscales	11,11
Dietas	163,11
Costes variables	
Combustible	212,94
Neumáticos	27,48
Mantenimiento	6,87
Reparaciones	13,74
Flete	738,90
<b>Costes totales</b>	<b>1785,71</b>

Costes fijos	
Amortización	144,63
Financiación	18,55
Conductor	272,86
Seguro	66,94
Costes fiscales	9,14
Dietas	134,15
Costes variables	
Combustible	212,94
Neumáticos	27,48
Mantenimiento	6,87
Reparaciones	13,74
Flete	1366,97
<b>Costes totales</b>	<b>2274,25</b>

Modo de Transporte	Costes totales
Carretera	2017,25
SSS convencional	1630,04
SSS rápido	1785,71
SSS alta velocidad	2274,25

Tabla 6-61: Cálculo variable coste para la Ruta 4. (Fuente propia)

### 6.2.4.5 Ruta 5

TRANSPORTE SSS convencional	
Dist. Marítima	1827,90
Dist. 1er tramo	209,10
Dist. 2n tramo	289,30
Dist. Total	<b>498,40</b>
Tiempo	<b>70,17</b>

TRANSPORTE SSS rápido	
Dist. Marítima	1827,90
Dist. 1er tramo	209,10
Dist. 2n tramo	289,30
Dist. Total	<b>498,40</b>
Tiempo	<b>51,20</b>

TRANSPORTE SSS alta velocidad	
Dist. Marítima	1827,90
Dist. 1er tramo	209,10
Dist. 2n tramo	289,30
Dist. Total	<b>498,40</b>
Tiempo	<b>38,32</b>

Costes fijos	
Amortización	377,51
Financiación	48,42
Conductor	712,23
Seguro	174,72
Costes fiscales	23,86
Dietas	350,15
Costes variables	
Combustible	154,50
Neumáticos	19,94
Mantenimiento	4,98
Reparaciones	9,97
Flete	987,07
<b>Costes totales</b>	<b>2863,34</b>

Costes fijos	
Amortización	275,46
Financiación	35,33
Conductor	519,68
Seguro	127,49
Costes fiscales	17,41
Dietas	255,49
Costes variables	
Combustible	154,50
Neumáticos	19,94
Mantenimiento	4,98
Reparaciones	9,97
Flete	1827,90
<b>Costes totales</b>	<b>3248,14</b>

Costes fijos	
Amortización	206,16
Financiación	26,44
Conductor	388,95
Seguro	95,42
Costes fiscales	13,03
Dietas	191,22
Costes variables	
Combustible	154,50
Neumáticos	19,94
Mantenimiento	4,98
Reparaciones	9,97
Flete	3381,62
<b>Costes totales</b>	<b>4492,22</b>

Modo de Transporte	Costes totales
Carretera	3005,97
SSS convencional	2863,34
SSS rápido	3248,14
SSS alta velocidad	4492,22

Tabla 6-62: Cálculo variable coste para la Ruta 5. (Fuente propia)

### 6.2.4.6 Conclusiones variable coste

Se ha evaluado el coste de cada línea para los tres conceptos de buques y se han comparado con los costes por carretera. Los costes hallados son los costes puerta a puerta.

A pesar de que el servicio convencional es más económico comparado con el transporte por carretera, cuando se han realizado los cálculos de coste con servicios convencionales rápidos y de alta velocidad, no siempre el servicio marítimo es el más rentable:

Ruta	Modo de transporte	Costes totales	% incremento coste
Ruta 1	Carretera	2894,48	
	SSS convencional	2142,67	-25,97%
	SSS rápido	2419,52	-16,41%
	SSS alta velocidad	3307,65	14,27%
Ruta 2	Carretera	1969,98	
	SSS convencional	1282,87	-34,87%
	SSS rápido	1454,10	-26,19%
	SSS alta velocidad	1994,07	1,22%
Ruta 3	Carretera	2004,44	
	SSS convencional	1608,94	-19,73%
	SSS rápido	1827,42	-8,83%
	SSS alta velocidad	2522,85	25,86%
Ruta 4	Carretera	2017,25	
	SSS convencional	1630,04	-19,19%
	SSS rápido	1785,71	-11,48%
	SSS alta velocidad	2274,25	12,74%
Ruta 5	Carretera	3005,97	
	SSS convencional	2863,34	-4,74%
	SSS rápido	3248,14	8,06%
	SSS alta velocidad	4492,22	49,44%

Tabla 6-63: Tabla resumen variable coste para las 5 rutas. (Fuente propia)

Como se puede observar de la tabla anterior, el cálculo comparativo de los costes es diferente para cada tipo de buque. En el caso de los buques convencionales siempre es la opción más económica, en el caso de los buques convencionales rápidos también es la opción más económica para todas las rutas estudiadas excepto para la ruta 5. Finalmente, los buques de alta velocidad ofrecen precios más elevados que la opción terrestre debido al elevado precio del flete marítimo.

A continuación se ha realizado un estudio del ahorro o pérdidas económicas respecto al transporte por carretera al final del año, con las frecuencias descritas en el apartado anterior:

Ruta		Buque convencional	Buque rápido	Buque de alta velocidad
Ruta 1	Beneficios-pérdidas/viaje	751,81	474,96	-413,17
	Viajes/año	156	208	312
	Beneficios-pérdidas/año	117282,36	98791,68	-128909,04
Ruta 2	Beneficios-pérdidas/viaje	687,11	515,85	-24,09
	Viajes/año	260	312	468
	Beneficios-pérdidas/año	178648,6	160948,32	-11274,12
Ruta 3	Beneficios-pérdidas/viaje	395,5	177,02	-518,41
	Viajes/año	208	312	312
	Beneficios-pérdidas/año	82264	55230,24	-161743,92
Ruta 4	Beneficios-pérdidas/viaje	387,21	231,54	-257
	Viajes/año	260	312	468
	Beneficios-pérdidas/año	100674,6	72240,48	-120276
Ruta 5	Beneficios-pérdidas/viaje	142,63	-242,17	-1486,25
	Viajes/año	104	156	208
	Beneficios-pérdidas/año	14833,52	-37778,52	-309140

Tabla 6-64. Cálculo de los beneficios-pérdidas anuales en función del tipo de buque y de la ruta. (Fuente propia)

La distancia media entre el punto de partida y el punto de destino tiene una influencia en la competitividad del transporte. En el caso del buque convencional, tal y como se ha expresado en el capítulo 4, existe una distancia mínima por debajo de la cual el coste del transporte multimodal es mayor y más largo en tiempo. A partir de esta distancia mínima, cuanto más largo es el trayecto más competitivo es el transporte marítimo comparado con el transporte por carretera. Para el transporte marítimo con buque convencional rápido, existe a su vez una distancia umbral máxima, que como se puede observar en la gráfica, se encuentra alrededor de los 1800 km de distancia total; a partir de esta distancia, el transporte unimodal es más económico. En el caso de los buques de alta velocidad, ya se apuntó en el apartado 3.8.2 que las distancias óptimas de operación de este tipo de buque eran entre las 50 y las 150 millas. El coste es siempre más elevado que en el resto de los modos de transporte, siendo más caro con el aumento de la distancia.

## 6.2.5 Variable Tripulaciones/ Acomodación buques HSC

En el capítulo 18 del Código HSC, sobre las prescripciones operacionales de los buques de alta velocidad, se trata de las restricciones con respecto a las horas de trabajo, turnos de la tripulación y otras medidas adoptadas para evitar la fatiga, incluidos los periodos de descanso adecuados. Para este tipo de buques normalmente se requiere dos cambios de tripulación en un periodo de 24 horas, es decir dos turnos de 12 horas; así, para rutas más largas, representaría unos costes adicionales para acomodar a dos tripulaciones. La principal diferencia es que, debido al menor tamaño del compartimiento de máquinas, el mantenimiento de este tipo de buques normalmente se lleva a cabo durante la noche anterior al inicio de las operaciones en puerto, factor que dificulta su operativa continua.

A continuación se detallan las rutas que tienen trayectos que no superan las 12 horas en el caso de operar con buque de alta velocidad:

Ruta	Duración del trayecto (horas)
Ruta 1	18
Ruta 2	11
Ruta 3	14
Ruta 4	10
Ruta 5	25

Tabla 6-65: Duración del trayecto marítimo, en horas, en función de la ruta. (Fuente propia)

De la tabla anterior se obtiene que sólo la ruta 2 y la ruta 4 realizan el trayecto en menos de 12 horas.

Otra debilidad asociada a los buques de alta velocidad es el hecho de que normalmente no llevan camarotes a bordo para pasar la noche. El buque convencional rápido no tiene este tipo de restricciones y puede ofrecer un camarote para los conductores.

Para los buques de alta velocidad, la mayoría de movimientos de carga serán no acompañados, independientemente de la distancia de la ruta. El hecho de realizar el transporte en estas condiciones, supone encontrar socios con los que trabajar en el puerto de destino, a la vez que se ahorra en costes de conductores y vehículos propios.

### 6.3 Conclusiones

Una vez analizadas todas las variables relacionadas con los buques de alta velocidad se ha obtenido qué tipo de buque es el más óptimo para realizar el servicio de transporte marítimo de corta distancia para cada una de las rutas.

En el caso de la ruta 1, la variable relacionada con el tiempo nos dió como resultados los siguientes tiempos de tránsito puerta a puerta:

	Buque convencional	Buque rápido	Buque de alta velocidad
<b>Ruta 1</b>	53,68	40,04	30,49

A partir de estos cálculos, se pergeñaron unas frecuencias y unos horarios considerando, en la medida de lo posible, los requisitos de las compañías de transporte y logística.

En el caso del buque convencional el esquema es de seis salidas semanales, con dos buques realizando el servicio de la siguiente manera:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
<b>VALENCIA</b>	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00		
<b>NAPOLES</b>		BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	

Si el recorrido se realiza con salida en la ZAL de Azuqueca de Henares, el camión llega al centro de mercancías pudiendo descargar el camión, sin embargo, en el segundo caso, el camión llegaría a las once de la noche y tendría que esperar hasta el día siguiente para realizar la descarga a las 08:00 de la mañana.

En el caso del buque convencional rápido, el buque no realiza siempre el mismo horario y la hora de partida del buque es diferente; los horarios de salida son a las 23:00, a las 08:00 y a las 15:00.

Con este servicio, se obtiene que se pueden realizar 4 viajes semanales, llegando el buque a las 04:00 del domingo, descansando este día para volver a empezar la misma

secuencia el lunes a las 23:00, desde el mismo puerto que la semana anterior. Si se realiza el estudio con dos buques de las mismas características, se obtiene:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VALENCIA	BUQUE A 23:00		BUQUE B 08:00	BUQUE A 15:00	BUQUE B 23:00		
NAPOLES	BUQUE B 23:00		BUQUE A 08:00	BUQUE B 15:00	BUQUE A 23:00		

Este caso es más complicado que el caso anterior, ya que será más difícil que los transportistas se adapten a horarios diferentes en función del día de la semana; de la misma forma, en función del horario, el camión quizá no llegará a tiempo para la descarga y deberá esperarse hasta el día siguiente para continuar.

El buque de alta velocidad asegura un viaje por día, y, si el servicio se realiza con dos buques de las mismas características, se tendrá el siguiente esquema:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
VALENCIA	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	
NAPOLES	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	

En ambos casos, el camión llegará demasiado tarde al centro de recepción de la mercancía y no podrá descargar hasta el día siguiente.

Una vez analizados los tres casos se ha desarrollado la siguiente tabla resumen:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (km)	1689	1689	1689
TIEMPO DE NAVEGACION (horas)	40	27/29	18
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE	4	4	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	3	4	6
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	156	208	312
CAPACIDAD POR SEMANA	5550	6800	5400
CAPACIDAD POR AÑO	288600	353600	280800

Del estudio anterior se observa que el buque que es capaz de mover más capacidad de carga al año es el buque convencional rápido, a pesar de que el esquema del servicio es menos atractivo que el buque convencional y el de alta velocidad. El buque

convencional puede realizar tres salidas semanales, y el buque de alta velocidad ofrece un servicio diario desde cada puerto.

El incremento de velocidad en el buque de alta velocidad no implica un incremento de la capacidad de carga al año, siendo el buque rápido el que ofrece un incremento de capacidad de carga, si se compara con los otros dos tipos de buques. El buque de alta velocidad, realizando la frecuencia descrita podría transportar 7800 metros lineales de carga menos que el buque convencional a pesar de que debería realizar el doble de viajes. Con 52 viajes más al año, el buque convencional rápido podría transportar un total de 65000 metros lineales más de carga al año que el buque convencional. Se debe valorar si es más importante ofrecer un servicio diario, o la capacidad total de carga a transportar.

Una vez estudiada la variable meteorológica, el porcentaje de altura superior a las limitaciones operacionales es:

TIPO DE BUQUE	% de altura de la ola
Convencional	3,46%
Rápido	11,73%
Alta velocidad cancelación	21,3%
Alta velocidad mareo	68,26%

El buque convencional estará 4 horas en puerto antes del siguiente viaje, pudiendo asumir el 4% de porcentaje de altura de ola superior a 4 metros de altura. El buque rápido, que es el buque que ofrece mayor capacidad de carga anual, tiene el esquema de frecuencias más variado y a su vez menos práctico. En este caso, en uno de los horarios ya se ha supuesto una reducción de velocidad de 27 a 25 nudos para poder cuadrar la hora de llegada a puerto, y en otro hay una hora de espera en puerto; en este caso el buque rápido tiene un 12% anual de altura superior a los 3 metros. Los buques de alta velocidad deberían asumir una cancelación anual de los viajes de alrededor del 21%, aunque el elevado índice de mareo se podría reducir, puesto que el buque de alta velocidad con la frecuencia establecida está 3 horas de espera en puerto.

Si observamos los resultados de la variable del coste, la comparación entre el transporte marítimo y el transporte terrestre nos da los siguientes resultados:

Ruta		Buque convencional	Buque rápido	Buque de alta velocidad
Ruta 1	Beneficios-pérdidas/viaje	751,81	474,96	-413,17
	Viajes/año	156	208	312
	Beneficios-pérdidas/año	117282,36	98791,68	-128909,04

Concluyendo que el buque de alta velocidad es el único modo de transporte marítimo más caro que el camión.

En el caso de esta ruta, la duración del trayecto marítimo en el modo de alta velocidad es superior a las 12 horas, lo que representaría unos costes adicionales para acomodar a dos tripulaciones.

Se puede concluir, que para realizar la ruta entre la ZAL de Azuqueca de Henares y la ciudad de Nápoles el buque óptimo para realizar dicho trayecto **es el buque convencional**.

El estudio de las variables para la **ruta 2** es el siguiente:

Los tiempos calculados en la primera variable en función del tipo de buque utilizado, son los siguientes:

Buque convencional	Buque convencional rápido	Buque de alta velocidad
33,80	25,36	19,08

A partir de estos tiempos se han definido los siguientes esquemas. El buque convencional podría realizar 5 viajes semanales:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
BARCELONA	BUQUE A 06:00	BUQUE B 11:00	BUQUE A 18:00		BUQUE B 06:00	BUQUE A 11:00	
CIVITAVECCHIA	BUQUE B 06:00	BUQUE A 11:00	BUQUE B 18:00		BUQUE A 06:00	BUQUE B 11:00	

El buque convencional rápido ofrece el siguiente esquema, con una frecuencia semanal de 6 viajes por semana.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
BARCELONA	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	

CIVITAVECCHIA	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00
---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

En ninguno de los dos casos el transportista encontraría limitaciones de horarios.

El esquema que se ha dibujado para el buque de alta velocidad es el siguiente con un solo buque:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
BARCELONA	BUQUE A 19:00	BUQUE A 23:00		BUQUE A 09:00	BUQUE A 19:00	BUQUE A 23:00	
CIVITAVECCHIA		BUQUE A 09:00	BUQUE A 19:00	BUQUE A 23:00		BUQUE A 09:00	

En este caso, se tienen tres opciones diferentes:

- Salida a las 09:00 y llegada a las 20:00. En ambos casos el transportista por carretera tendrá problemas para cargar y descargar la mercancía en los puntos de almacenaje.
- Salida a las 23:00 y llegada a las 10:00. Ambos casos estarán dentro de los horarios normales de trabajo de los centros de mercancías.
- Salida a las 19:00 y llegada a las 06:00. Igual que el caso anterior, el horario es ideal para realizar la carga y descarga dentro de los horarios de trabajo.

Una vez realizado este estudio, se ha podido calcular la cantidad de carga que se podrá mover a lo largo de una semana, con los servicios establecidos, y a lo largo de un año:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (km)	895,6	895,6	895,6
TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)	25	17	11
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE	4	4	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	5	6	9
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	260	312	468
CAPACIDAD POR SEMANA	9250	10200	8100
CAPACIDAD POR AÑO	481000	530400	421200

Una vez más, se destaca que el buque rápido es el más capacitado para transportar carga a lo largo del año, pero en esta ocasión, ofrece también el esquema más cómodo de las tres opciones, sin problemas para realizar la carga y la descarga en los centros de recepción y destino de la mercancía.

La siguiente tabla resume el porcentaje máximo de la altura de la ola que se puede encontrar un buque en cada una de las rutas:

Tipo de buque	% de altura de ola
Convencional	1,54%
Rápido	7,03%
Alta velocidad cancelación	17,14%
Alta velocidad mareo	61,86%

El buque convencional y el buque de alta velocidad, a parte de ofrecer menos capacidad de carga también son las opciones menos regulares en cuanto a frecuencia, no existiendo tiempo de parada en puerto en algunos casos. Los buques convencionales sólo ofrecen el 1% de ola significativa superior a los 4 metros, y podría ser asumido, dado que en una de las tres opciones permanece 7 horas en puerto, pudiendo recuperar la línea. En el caso de los buques de alta velocidad, dos de las opciones no tienen descanso en puerto y realizan la siguiente navegación una vez finalizado el embarque, y sólo la tercera opción está 6 horas en puerto. El caso del buque rápido es el que ofrece mejores opciones, ya que tiene una frecuencia diaria a las 23:00 y está un total de 3 horas en puerto cada día, pudiendo asumir la reducción de velocidad que implica el 7% anual de ola superior a 3 metros de altura.

Si observamos los resultados de la variable del coste, la comparación entre el transporte marítimo y el transporte terrestre nos da los siguientes resultados:

Ruta		Buque convencional	Buque rápido	Buque de alta velocidad
Ruta 2	Beneficios-pérdidas/viaje	687,11	515,85	-24,09
	Viajes/año	260	312	468
	Beneficios-pérdidas/año	178648,6	160948,32	-11274,12

Concluyendo que el buque de alta velocidad es el único modo de transporte marítimo más caro que el camión.

Finalmente, la última variable nos da que esta ruta, operada por un buque de alta velocidad, no tendría problemas en la acomodación de la tripulación ya que la duración del trayecto es de 11 horas.

En este caso existen dos buques que se podrían considerar como más óptimos para operar en esta ruta; por un lado el **buque convencional**, y por el otro lado, el **buque convencional rápido**, por ofrecer más capacidad de carga con un mejor esquema de frecuencias.

Para la **ruta 3**, los tiempos totales calculados en la primera variable son:

Buque convencional	Buque convencional rápido	Buque de alta velocidad
41,39	30,63	22,89

A partir de estos tiempos se han definido las siguientes frecuencias semanales para los diferentes buques:

El buque convencional realiza el siguiente servicio semanal con dos buques de las mismas características:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
ALICANTE	BUQUE A 23:00		BUQUE B 11:00	BUQUE A 23:00		BUQUE B 11:00	
GENOVA	BUQUE B 23:00		BUQUE A 11:00	BUQUE B 23:00		BUQUE A 11:00	

En este caso se tienen dos situaciones para realizar el trayecto completo, considerando que no existe conducción entre la ZAL Alicante y Alicante y una conducción terrestre de aproximadamente 2 horas entre Génova y Milán:

- Salida a las 23:00 y llegada a las 07:00. No existe ningún problema para carga/descarga de la mercancía.
- Salida a las 11:00 y llegada a las 19:00. No existe ningún problema para la carga, pero si para realizar la descarga, ya que el buque llegaría a las 19:00 y ya no podría realizar la descarga en el punto de destino.

El buque convencional rápido puede realizar un servicio diario, considerando dos buques realizando la misma línea y con descanso el domingo, se obtiene:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
ALICANTE	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	
GENOVA	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 17:00	

Como se puede observar del esquema anterior, se ha optado por no salir a las 23:00, ya que de esta manera se podrían realizar todas las operaciones de carga y descarga dentro de los horarios.

En el caso de un buque de alta velocidad, se ha considerado un viaje por día, y la estancia en puerto es de 7 horas, no siendo necesario realizar el trayecto a la velocidad de 40 nudos:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
ALICANTE	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	
GENOVA	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00	

En ambos casos se podría realizar la carga y la descarga dentro de los horarios establecidos. Cabe la opción de considerar el buque que navegue de día y realice las operaciones de mantenimiento durante la noche. Pero en estos casos, sin embargo, el transporte terrestre no se adaptaría tan bien como en el caso anterior a los horarios.

Una vez establecidas las frecuencias para la ruta 3 con los diferentes buques Ro-Ro, se ha obtenido la siguiente tabla:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
DISTANCIA DEL VIAJE (km)	1178,9	1178,9	1178,9
TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)	32	21	14
TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE	4	3	3
CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)	1850	1700	900
VIAJES POR SEMANA	4	6	6
VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)	208	312	312
CAPACIDAD POR SEMANA	7400	10200	5400
CAPACIDAD POR AÑO	384800	530400	280800

A pesar de que el buque de convencional rápido es el que ofrece más capacidad de carga, es necesario recordar que se han agilizado las operaciones de embarque y desembarque a tres horas.

Una vez calculada la variable de frecuencia, se ha evaluado el porcentaje máximo de la altura de la ola:

Tipo de buque	% de altura de la ola
Convencional	0,099%
Rápido	4,43 %
Alta velocidad cancelación	16,21 %
Alta velocidad mareo	43,02%

El buque convencional y el buque convencional rápido no están en puerto más que las horas dedicadas al embarque y desembarque, lo que para el buque convencional no es un inconveniente, ya que sólo tiene un 0,099% de altura de ola superior a la estipulada. En el caso del buque rápido, si que presentaría un problema, ya que se ha reducido el tiempo de embarque y desembarque a 3 horas en vez de 4, y sería difícil asumir el 4,43% anual con una reducción de velocidad; la mejor opción en este caso sería reducir el número de viajes de 6 a 5 y cambiar el esquema descrito. Los buques de alta velocidad están 7 horas en puerto sin la necesidad de realizar los trayectos a la velocidad de 40 nudos, y se podría considerar esta posibilidad si reduciendo la velocidad se reduce el porcentaje de cancelación de viajes anuales.

Si observamos los resultados de la variable del coste, la comparación entre el transporte marítimo y el transporte terrestre nos da los siguientes resultados:

Ruta		Buque convencional	Buque rápido	Buque de alta velocidad
Ruta 3	Beneficios-pérdidas/viaje	395,5	177,02	-518,41
	Viajes/año	208	312	312
	Beneficios-pérdidas/año	82264	55230,24	-161743,92

Concluyendo que el buque de alta velocidad es el único modo de transporte marítimo más caro que el camión.

Finalmente, la última variable nos da que esta ruta, operada por un buque de alta velocidad, tendría problemas en la acomodación de la tripulación ya que la duración del trayecto es de 14 horas.

A partir del análisis de todas las variables relacionadas con el transporte marítimo de alta velocidad se concluye que el buque óptimo para operar en esta ruta es **el buque convencional**.

Para el estudio de la **ruta 4**, de la primera variable se obtuvieron los siguientes tiempos totales:

Buque convencional	Buque convencional rápido	Buque de alta velocidad
40,35	32,69	26,88

El trayecto entre ambos puertos con un buque convencional tiene una duración de 23 horas, si se realiza el mismo trayecto con dos buques de iguales características, y se podría realizar un ciclo siguiendo la siguiente tabla:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
TARRAGONA	BUQUE A 17:00	BUQUE B 23:00		BUQUE A 08:00	BUQUE B 17:00	BUQUE A 23:00	
GENOVA	BUQUE B 17:00	BUQUE A 23:00		BUQUE B 08:00	BUQUE A 17:00	BUQUE B 23:00	

En este caso se considera innecesario realizar el cálculo del transporte por carretera entre el centro de CETABSA Burgos y el puerto de Tarragona, ya que el trayecto tiene una duración de 8 horas, y es casi imposible que el conductor llegue dentro de los horarios. En el caso del transporte terrestre italiano, el tiempo de conducción son dos horas, siendo posible la llegada y descarga dentro del mismo día, los días que el buque llega a las 07:00, y posible la carga y embarque dentro del mismo día, los días que el buque parte a las 17:00 y a las 23:00.

En el caso de un buque convencional rápido, que se realiza el viaje en un total de 15 horas, un buque puede realizar seis viajes por semana:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
TARRAGONA	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	
GENOVA	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	BUQUE B 21:00	BUQUE A 21:00	

En este caso, se ha considerado la salida a las 21:00 en lugar de las 23:00 para poder realizar la descarga dentro de los horarios establecidos en Milán. En el caso de la carga y descarga en el centro de mercancías de CETABSA Burgos, será posible realizar la carga en el centro dentro de un mismo día, pero no la descarga en el caso de que la mercancía venga de Italia.

Si se realiza el mismo trayecto con un buque navegando a una velocidad de 40 nudos, el trayecto se podrá realizar en un total de diez horas, realizando 9 viajes cada semana:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
TARRAGONA	BUQUE A 09:00	BUQUE A 11:00	BUQUE A 22:00		BUQUE A 09:00	BUQUE A 11:00	
GENOVA	BUQUE A 22:00		BUQUE A 09:00	BUQUE A 11:00	BUQUE A 22:00		

Una vez estudiados los tres casos anteriores, se puede realizar la siguiente tabla resumen:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
<b>DISTANCIA DEL VIAJE (km)</b>	1425,8	1425,8	1425,8
<b>TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)</b>	23	15	10
<b>TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE</b>	4	4	3
<b>CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)</b>	1850	1700	900
<b>VIAJES POR SEMANA</b>	5	6	9
<b>VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)</b>	260	312	468
<b>CAPACIDAD POR SEMANA</b>	9250	10200	8100
<b>CAPACIDAD POR AÑO</b>	481000	530400	421200

El buque que ofrece mejores condiciones de horarios y de capacidad de carga es el buque convencional rápido.

La variable para calcular el porcentaje máximo de la altura de la ola es:

Tipo de buque	% de altura de ola
Convencional	0,07%
Rápido	4,22%
Alta velocidad cancelación	15,75%
Alta velocidad mareo	41,6%

El buque convencional está afectado de una forma casi nula por la variable meteorológica, siendo este un factor que no afectará al esquema del buque. En el caso del buque convencional rápido, existe alrededor de un 4% de reducción anual de la velocidad. En el esquema dibujado en el apartado anterior, el buque podrá asumir dicha reducción ya que está un total de 5 horas en puerto. Por el contrario, el buque de alta velocidad, a pesar de ofrecer 9 viajes semanales y buena ocupación anual de carga, dos de las tres opciones de llegada a puerto son sin parada, y difícilmente el buque podrá recuperar el tiempo perdido por culpa del mal tiempo.

Básicamente, se puede observar que el buque rápido, a pesar de ofrecer un tiempo de tránsito más largo entre ambos puertos, da un nivel de fiabilidad superior que el buque de alta velocidad.

Si observamos los resultados de la variable del coste, la comparación entre el transporte marítimo y el transporte terrestre nos da los siguientes resultados:

Ruta		Buque convencional	Buque rápido	Buque de alta velocidad
Ruta 4	Beneficios-pérdidas/viaje	387,21	231,54	-257
	Viajes/año	260	312	468
	Beneficios-pérdidas/año	100674,6	72240,48	-120276

Concluyendo que el buque convencional y el buque convencional rápido son los de transporte marítimo más barato que el camión.

Finalmente, la última variable nos da que esta ruta, operada por un buque de alta velocidad, no tendría problemas en la acomodación de la tripulación ya que la duración del trayecto es de 10 horas.

A partir del análisis de todas las variables relacionadas con el transporte marítimo de alta velocidad se concluye que el buque óptimo para operar en esta ruta es **el buque convencional rápido**.

Finalmente, para la **ruta 5** se han obtenido las siguientes conclusiones:

Los tiempos de tránsito totales calculados en el apartado de la variable tiempo para cada tipo de buque son los siguientes:

Buque convencional	Buque convencional rápido	Buque de alta velocidad
70,17	51,20	38,32

Con el buque navegando a 18 nudos, el tiempo de navegación total es de 56 horas, más de 2 días de navegación:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
GIJÓN	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00			
HAMBURGO				BUQUE A 11:00			BUQUE B 11:00

En el caso anterior, se tendrían dos salidas semanales desde el puerto de Gijón a las 23:00, los lunes y los jueves, y dos salidas semanales desde el puerto de Hamburgo a las 11:00, los miércoles y los domingos.

La salida del CTB Benavente hacia Berlín, no comportaría ningún tipo de problema, ya que tanto la carga y la descarga se podrían realizar dentro de los horarios establecidos. En el caso contrario, la carga se debería realizar con anterioridad, porque como se observa en el cuadro anterior, se debería realizar a las 00:00 del mismo día del embarque, y la carga debería estar ya en el muelle para realizar el embarque a las 06:00 de la mañana, de la misma forma que para la descarga sería preciso esperar al día siguiente.

El buque de velocidad rápida realiza el trayecto marítimo en un total de 37 horas:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
GIJÓN	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00		
HAMBURGO		BUQUE B 23:00	BUQUE A 23:00			BUQUE B 23:00	

La conducción terrestre se podrá realizar sin problemas, con la carga y la descarga dentro de los horarios establecidos en todos los casos.

Debido a la tipología del buque de alta velocidad y a la larga duración del trayecto, se ha optado por un descanso de una noche entre trayectos, para realizar las operaciones de mantenimiento. Se podría obtener la siguiente configuración:

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
GIJÓN	BUQUE A 12:00	BUQUE B 12:00		BUQUE A 12:00	BUQUE B 12:00		
HAMBURGO		BUQUE A 18:00	BUQUE B 18:00		BUQUE A 18:00	BUQUE B 18:00	

Como conclusiones de esta ruta se puede establecer la siguiente tabla, sin considerar el efecto del tiempo meteorológico en el trayecto:

	BUQUE CONVENCIONAL	BUQUE RÁPIDO	BUQUE ALTA VELOCIDAD
<b>DISTANCIA DEL VIAJE (km)</b>	2326,3	2326,3	2326,3
<b>TIEMPO DE NAVEGACIÓN (horas)</b>	56	37	25
<b>TIEMPO EMBARQUE/DESEMBARQUE BUQUE</b>	4	4	3
<b>CAPACIDAD DEL BUQUE (m.l.)</b>	1850	1700	900
<b>VIAJES POR SEMANA</b>	2	3	4
<b>VIAJES POR AÑO (52 semanas/año)</b>	104	156	208
<b>CAPACIDAD POR SEMANA</b>	3700	5100	3600
<b>CAPACIDAD POR AÑO</b>	192400	265200	187200

En la ruta 5 el buque rápido es el que presenta las mejores opciones de capacidad de carga anual, siendo los tiempos de navegación demasiado largos en los tres casos para realizar un viaje por día.

A partir de los cálculos anteriores se ha realizado la siguiente tabla resumen del porcentaje máximo de la altura de la ola que se puede encontrar un buque en cada una de las rutas:

	TIPO DE BUQUE	% DE ALTURA DE OLA
<b>Ruta 5</b>	Convencional	8,38%
	Rápido	35,26%
	Alta velocidad cancelación	57,02%
	Alta velocidad mareo	80,63%

Los buques de alta velocidad tendrían un elevado porcentaje de cancelación del 57% anual y un índice de mareo del 80%.

La ruta con el buque convencional se enfrenta con alrededor de un 8% de casos con una altura de ola superior a los 4 metros anuales, siendo posible recuperar en uno de los casos, ya que el buque estaría 8 horas en puerto; en el segundo caso, el buque no estaría ninguna hora en puerto, y sería difícil recuperar el esquema hasta el siguiente viaje. El buque rápido sufre un elevado porcentaje de olas superiores a los 3 metros, un 35%, pero el buque realiza una parada de 7 horas en puerto cada viaje, pudiendo realizar entre trayecto con una velocidad más moderada. El buque de alta velocidad realiza una parada de 14 horas en el trayecto de ida y vuelta, y una parada de 2 horas en el trayecto de ida. En este caso el porcentaje de cancelación a la velocidad de 40 nudos es muy elevado, llegando al 57% anual.

Básicamente, se puede observar que el buque rápido, a pesar de ofrecer un tiempo de tránsito más largo entre ambos puertos, da un nivel de fiabilidad superior que el buque de alta velocidad.

Si observamos los resultados de la variable del coste, la comparación entre el transporte marítimo y el transporte terrestre nos da los siguientes resultados:

Ruta		Buque convencional	Buque rápido	Buque de alta velocidad
Ruta 5	Beneficios-pérdidas/viaje	142,63	-242,17	-1486,25
	Viajes/año	104	156	208
	Beneficios-pérdidas/año	14833,52	-37778,52	-309140

Concluyendo que el buque convencional es el único modo de transporte marítimo más barato que el camión.

Finalmente, la última variable nos da que esta ruta operada por un buque de alta velocidad tendría problemas en la acomodación de la tripulación, ya que la duración del trayecto es de 25 horas.

A partir del análisis de todas las variables relacionadas con el transporte marítimo de alta velocidad se concluye que el buque óptimo para operar en esta ruta es el **buque convencional**.

Finalmente, los buques óptimos para realizar cada una de las rutas se pueden resumir en la siguiente tabla.

Ruta 1	Buque convencional
Ruta 2	Buque convencional o convencional rápido
Ruta 3	Buque convencional
Ruta 4	Buque convencional rápido
Ruta 5	Buque convencional

*Tabla 6-66: Buque óptimo para cada una de las rutas en función de todas las variables. (Fuente propia)*



## **7 Análisis de la eficiencia ambiental en el TMCD frente a su alternativa por carretera**

La valoración de las emisiones del transporte es un concepto complejo donde se interrelacionan multitud de parámetros. Estos parámetros pueden estar relacionados con la tecnología de la propulsión (tipo de vehículo, motor y tipo de combustible, capacidad del motor, año...), o bien del tipo operacional (tráfico, velocidad, carga del vehículo, comportamiento de la conducción, ruta...); ambos influyen en la cantidad de gases contaminantes emitidos y del ruido generado.

Se ha utilizado el concepto de externalidades del transporte para referirse a las situaciones en las que el usuario del transporte no soporta la totalidad de los costes de su actividad de transporte, o no obtiene la totalidad de beneficios que de él se derivan.

En este capítulo se han tratado de definir y cuantificar los costes externos del transporte de mercancías para los diferentes modos de transporte. Se han determinado cuales son los beneficios medioambientales que aporta el transporte marítimo de corta distancia frente al transporte por carretera, considerando, entre otros, la reducción del impacto medioambiental y la reducción del tráfico por las carreteras sobrecargadas.

Se ha definido una metodología de análisis para su aplicación en las rutas sujetas a estudio (unimodales y multimodales), y así poder valorar si el transporte multimodal aporta beneficios medioambientales, y cuales son sus costes externos, considerando el tipo de buque óptimo obtenido para cada ruta en el capítulo anterior.

Finalmente, en el último apartado, se ha estudiado el escenario actual, considerando las rutas de transporte marítimo de corta distancia existentes entre España y Francia, Italia, Alemania y Holanda. Se han obtenido unas conclusiones que pueden ser utilizadas como base para definir unas propuestas políticas y así poder reducir los costes externos que conlleva el transporte de mercancías.

## 7.1 Introducción

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas sobre emisiones de gases con efecto invernadero, España es el país de la Unión Europea que más incumple los objetivos del protocolo de Kyoto. España aumentó entre 1990 y 2005 sus emisiones en un 53,3%, mientras que los acuerdos de Kyoto sólo le permitían un incremento del 15%. El consumo de energía primaria en España se ha incrementado un 60% en 15 años, pasando de 90,6 Mtep en 1990 a 146 Mtep en 2005<sup>83</sup>.

La mayoría de países desarrollados utiliza un sistema de carreteras nacionales para el transporte de mercancías, a pesar de que éste sea uno de los modos de transporte más caros, más contaminantes y que más consumen<sup>84</sup>. El transporte por carretera es el mayor responsable de la emisión de CO<sub>2</sub>, y es el responsable del 92% de las emisiones de dióxido de nitrógeno y partículas en suspensión, muy perjudiciales para la salud.

La política europea del transporte pretende lograr que el sistema de transporte transeuropeo sea sostenible. La reducción de las emisiones contaminantes y la descongestión del tráfico en las carreteras constituyen un pilar fundamental para alcanzar tal objetivo. Estos factores hacen que las miradas se dirijan tanto al tráfico ferroviario de mercancías como al marítimo, en busca de la alternativa más plausible. Es este último, precisamente, uno de los modos de transporte menos contaminante y con la capacidad adicional de contribuir a paliar los problemas de congestión de carreteras y mantener el desarrollo económico basado en una actividad de transporte de carga eficiente. Las emisiones del transporte marítimo por unidad de transporte (tonelada por milla) son entre 4 y 18 veces menos que el transporte por carretera y hasta 100 veces inferiores a las del transporte aéreo<sup>85</sup>.

Todos los medios de transporte están buscando formas de mejorar, y así están surgiendo nuevos vehículos basados en fuentes de energía alternativas a los derivados del petróleo, y los coches que siguen utilizando gasóleo o gasolina están obligados a mejorar su eficiencia energética. En el transporte aéreo, Boeing y Airbus

---

<sup>83</sup> España en cifras 2007, Instituto Nacional de Estadística, <http://www.ine.es/prodyser/pubweb/esp/cif/ener07.pdf>

<sup>84</sup> Lombardo, G.A. Short Sea Shipping: Practices, Opportunities and Challenges. TRAnposrGistics, Inc. White Paper Series, May 19, 2004.

<sup>85</sup> Asociación de navieros españoles (ANAVE). *En la lucha contra el cambio climático, el transporte no es un problema, es parte de la solución*. 27 de Junio 2008.

también han adoptado medidas en la construcción de sus últimos modelos, encaminadas a reducir el impacto del carburante en el medio ambiente. En el sector del ferrocarril, los nuevos trenes poseen menos masa por plaza, y los vehículos tienen más capacidad de plazas.

## **7.2 Beneficios medioambientales del TMCD**

El transporte marítimo genera menos contaminantes atmosféricos que los modos de transporte terrestres, en especial la carretera, si se mide por unidad de transporte (pasajero x kilómetro o tonelada x kilómetro).

En el conjunto del transporte, la carretera genera más del 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Europa, siendo con diferencia el modo más contaminante, mientras que el transporte marítimo se mantiene como el modo menos contaminante (0,479 gramos/tonelada-kilómetro de CO<sub>2</sub> por carretera frente a 0,036 por buque, es decir, unas 13 veces menos).

Esta situación, favorable al transporte marítimo, se mantiene también para las emisiones de NO<sub>x</sub> a la atmósfera. Del total de este tipo de emisiones en la Unión Europea, el 51% procede de los vehículos por carretera y un 12% de los otros medios de transporte.

Sin embargo, el transporte marítimo es el modo que genera mayores emisiones de SO<sub>2</sub> a la atmósfera, y solamente con medidas de reducción del contenido de azufre de los combustibles para buques, o de la implantación en éstos de sistemas de depuración de gases de escape, sería posible equipararse con los modos de transporte terrestre.

Como ya se ha comentado, otro beneficio que representa el TMCD es la descongestión de las carreteras. Actualmente pasan por la frontera pirenaica unos 20000 camiones diarios (aparte de los autobuses y vehículos privados), que suponen unos costes en congestión en toda Europa del 1% del PIB europeo.

Respecto a la accidentabilidad, en el año 2006 murieron alrededor de 43000 personas al año, en los 27 países de la Unión Europea, por transporte por carretera<sup>86</sup>, mientras que por transporte marítimo mueren un total de unas 700 personas al año a nivel mundial.

A continuación se muestra una tabla donde se observa la diferencia de los costes marginales para los diferentes modos de transporte:

	<b>Carretera</b>	<b>TMCD</b>	<b>Ferrocarril</b>
<b>Accidentes</b>	5,44	0	1,46
<b>Ruido</b>	2,14	0	3,45
<b>Polución</b>	7,85	2	3,8
<b>Costes climáticos</b>	0,79	Negligible	0,5
<b>Congestión</b>	5,45	Negligible	0,235
<b>Total</b>	<b>24,12</b>	<b>Máximo 4</b>	<b>12,35</b>

*Tabla 7-1: Costes externos marginales medios en función del modo de transporte €/ 1000 t/km. (Fuente: Edvard Thonstad Sandvik, Environmental impacts of intermodal freight transport, 2005)*

En conjunto, el diagnóstico en cuanto a emisiones atmosféricas es favorable al transporte marítimo y claramente desfavorable para la carretera, de ahí que el fomento de cadenas de transporte marítimo-terrestres, apoyadas en el transporte marítimo de corta distancia, cuente con ventaja a la hora de aproximarse al objetivo de movilidad sostenible de la Unión Europea.

Uno de los problemas que más preocupan hoy en día al desarrollo del transporte marítimo de corta distancia, y en especial atención a los buques de alta velocidad, es el alto coste del combustible, que encarece de una manera drástica el combustible utilizado para los buques y al mismo tiempo es responsable de las elevadas emisiones de gases (particularmente SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>). El alto precio del combustible hace que los buques, pudiendo navegar a alta velocidad, tengan que reducirla. Por ejemplo, buques rápidos de alta velocidad que desarrollan 29 nudos realizando la ruta entre Rosyth y Zeebrugge, acostumbran a reducir la velocidad a 23 nudos, ajustando los horarios y las rotaciones.

---

<sup>86</sup> Cifras para el año 2006. Fuente Statistical Pocketbook 2007. EU Energy and transport in figures. Bruselas.

Otro obstáculo que presentan los buques de alta velocidad son sus características de comportamiento en la mar; este tipo de buques tienen peor comportamiento en la mar que los buques convencionales, ya que son más sensibles a las condiciones meteorológicas adversas. Consecuentemente, en áreas típicas de mal tiempo (Mar del Norte, Atlántico Norte...), sólo los grandes buques de alta velocidad pueden ser utilizados y el servicio de alta velocidad solo es viable si existe una demanda suficiente.

Si la industria marítima no está capacitada para mantener o incrementar su respeto al entorno medioambiental, perderá todo el soporte de las diferentes organizaciones y de la opinión pública; para ello es necesario aplicar soluciones como la reducción de las emisiones de los motores o la mejora de las frecuencias, en lugar de un incremento de la velocidad. Estas soluciones podrían ser efectivas pero requieren inversiones.

Finalmente añadir que también se podrían determinar los costes que los impactos medioambientales producen a la salud humana; aunque para ello sería necesario realizar unos métodos de cálculos indirectos, basados en valores teóricos o políticos.

### **7.3 Categorización de los costes externos**

El enorme crecimiento del transporte durante las últimas décadas ha venido acompañado de una factura ambiental y social considerable: daños a la salud de las personas y al medio ambiente, riesgo de accidentes y creciente congestión en las vías. La valoración económica de estas externalidades se considera una herramienta esencial para incluir los costes ambientales y sociales en la toma de decisiones políticas, especialmente en materia de transporte.

Los costes externos son el principal indicador de la sostenibilidad del transporte, al mismo tiempo que permiten cuantificar económicamente el impacto en la sociedad y en el medio ambiente de los diferentes modos de transporte.

La magnitud de los costes ambientales y sociales del transporte en la Unión Europea (en torno al 10% del PIB) ha puesto de manifiesto la urgente necesidad de introducir medidas para la internalización de las externalidades, y avanzar así hacia una mayor eficiencia del sistema del transporte.

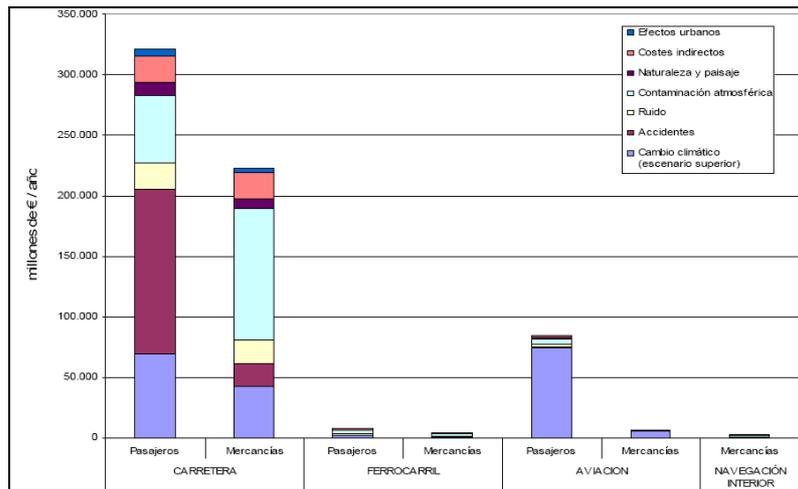


Figura 7-1: Media de los costes externos en el año 2000 en la Europa de los 17, por modos de transporte y tipos de coste (excluida la congestión) en el transporte de mercancías. (Fuente: INFRAS e IWW, 2004)

Para realizar este estudio se han dividido los costes externos en dos categorías: costes externos medioambientales y costes externos no medioambientales.

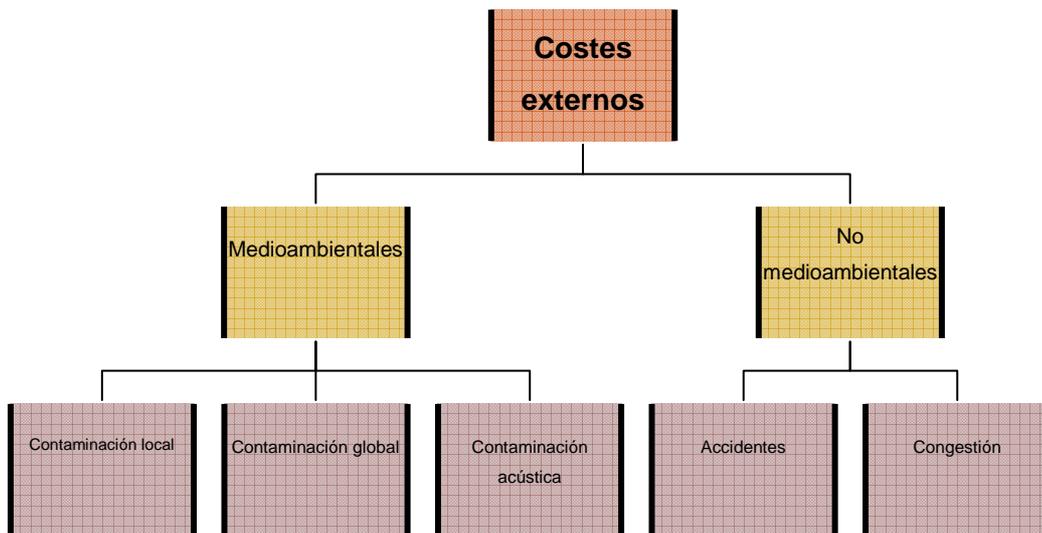


Figura 7-2: Clasificación de los costes externos. (Fuente propia)

### 7.3.1 Costes externos medioambientales

La contaminación del aire es un hecho inherente a la vida moderna. Su causa principal es la combustión de combustibles fósiles. En una combustión perfecta o teórica, el hidrógeno y el carbono del combustible reaccionan con el oxígeno del aire para producir calor, luz, dióxido de carbono y agua.

De todas formas, las impurezas de los combustibles, o una relación incorrecta entre el combustible y el aire, o temperaturas de combustión demasiado elevadas o demasiado bajas, son la causa de formación de productos secundarios como pueden ser el monóxido de carbono, los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno, las cenizas finas y los hidrocarburos no quemados, todos ellos contaminantes del aire.

La producción de estos contaminantes puede ser de origen natural (incendios forestales, descomposición de la vegetación erupciones volcánicas, entre otras) o de origen antropogénico.

A pesar de que la producción mundial de muchos de los gases y materias particuladas sea mucho más elevada cuando procede de fuentes naturales que cuando procede de fuentes antropogénicas, la distribución y dispersión global de estos contaminantes resulta en concentraciones promedio de un valor mucho más bajo. Los contaminantes producidos por el hombre se concentran en general en regiones geográficas de poca extensión, siendo la mayor parte de la contaminación producida por el hombre, que provoca efectos en la salud y el bienestar de las personas, la que ha producido daños generalizados a la vegetación, a las cosechas, a la fauna, al patrimonio y a la atmósfera, provocando la reducción de los recursos naturales necesarios para el desarrollo económico a largo plazo.

Se entiende por contaminación del aire como la presencia en la atmósfera exterior de uno o más contaminantes, o de sus combinaciones, en cantidades dadas, y durante un tiempo determinado que puedan afectar a la vida humana, la de los animales, de las plantas o de la propiedad, que interfieran en el bienestar, las propiedades o el ejercicio de las actividades<sup>87</sup>.

---

<sup>87</sup> Apuntes de la Asignatura Tecnología del Medio Ambiente. *Contaminación atmosférica*. Profesor Josep Arnaldos Viger, Departamento de Ingeniería Química. ETSEIB (UPC).

Los contaminantes del aire son aquellas sustancias presentes en la atmósfera en concentraciones superiores a las naturales, ya sean sustancias alienas al aire como si son de las de presencia habitual.

Dentro de los costes externos medioambientales se puede realizar la siguiente subdivisión:

- Contaminación local del aire.
- Calentamiento global.
- Contaminación acústica.

Así pues, dentro de las emisiones atmosféricas producidas por el transporte, se pueden distinguir los gases de efecto más local y que tienen una vida relativamente corta (máximo de dos días), como son los compuestos volátiles y los óxidos de nitrógeno y de azufre, que contribuyen a las lluvias ácidas y a la creación de ozono troposférico, el monóxido de carbono y el plomo, o la emisión de partículas, que provocan o agravan enfermedades respiratorias, alérgicas o cancerosas y los gases que contribuyen a la modificación del clima mundial y que tienen una larga vida, como son los que propician el efecto invernadero (clorofluorcarburos, dióxido de carbono, metano). El efecto invernadero es un fenómeno natural que permite la absorción de parte de la radiación de onda larga que la superficie terrestre emite y que de otra forma se perdería en el espacio. Ello se consigue debido a la existencia de ciertos gases en la atmósfera que son capaces de absorber esa parte de las radiaciones y con ello mantener una temperatura superior en el planeta. El aumento de la concentración de algunos de estos gases como el dióxido de carbono, que proviene del uso de combustibles fósiles, es un factor que ha intensificado este fenómeno, y como consecuencia ha contribuido a un ascenso de la temperatura global. Se prevé que la temperatura de la Tierra subirá entre 1,8 y 4°C este siglo, y el nivel del mar hasta 59 cm<sup>88</sup>.

Entre los contribuyentes a la **contaminación local del aire** se pueden distinguir los siguientes compuestos<sup>89</sup>:

---

<sup>88</sup> Conclusión del cuarto informe realizado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC). <http://www.ipcc.ch/2007>.

<sup>89</sup> Datos obtenidos a través de la organización GreenFacts, que tiene como objetivo proporcionar información científica imparcial sobre temas de medioambiente y salud. <http://www.greenfacts.org>

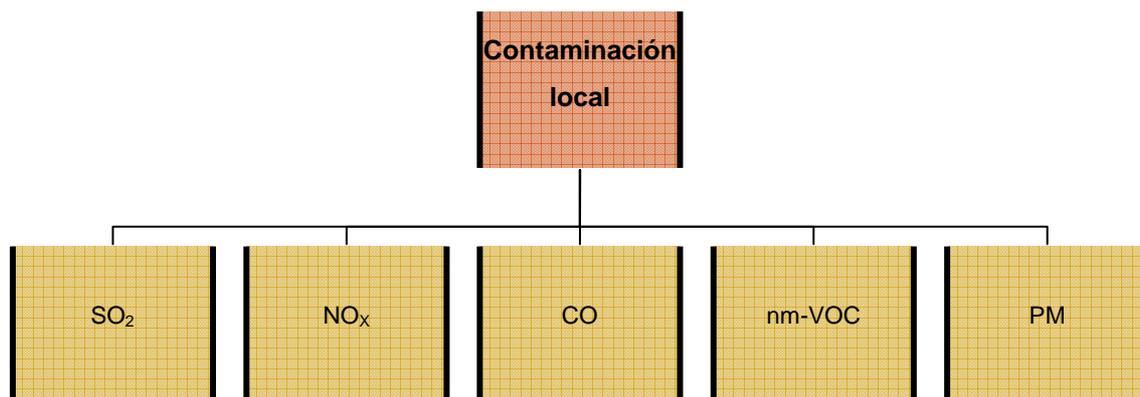


Figura 7-3: Clasificación de los contaminantes relacionados con la contaminación al aire local. (Fuente propia)

**SO<sub>2</sub> (Dióxido de azufre):** Aunque es un compuesto que normalmente no está incluido en los análisis relacionados con el impacto medioambiental, es importante considerarlo ya que los combustibles marinos contienen una elevada proporción de azufre. Es un gas incoloro, de olor fuerte y sofocante (por encima de los 3 ppm). Algunas de las fuentes emisoras antropogénicas son el transporte (principalmente los vehículos con gasoil) y la combustión de los carburantes líquidos y sólidos.

**NO<sub>x</sub> (Óxido de nitrógeno):** Contribuyen con un impacto negativo en la calidad del aire en la Unión Europea, incluyendo la acidificación, la eutrofización, el ozono y las partículas en suspensión.

**CO (Monóxido de carbono):** Es un gas incoloro, inodoro e insípido, pero a su vez muy venenoso; es tóxico en altas concentraciones (por encima de los 100 ppm) y en exposiciones cortas de tiempo: mareos, dolor de cabeza y agotamiento. Algunas de las fuentes emisoras antropogénicas son el transporte (principalmente los vehículos de gasolina) y la combustión de carburantes (gas natural, líquidos y sólidos).

**nm-VOC (Grupo de los compuestos no metánicos volátiles):** Agrupa a una gran cantidad de tipos de compuestos químicos. Los principales efectos sobre el medio ambiente son sus efectos nocivos sobre la salud humana y ecosistemas, desperfectos sobre los materiales, formación de oxidantes fotoquímicos troposféricos y aumento del ozono troposférico y olores.

**Partículas en suspensión: (PM, del inglés Particulate Matter):** Incluyen todas las partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el aire con un tamaño,

en general, menor de 10 micras ( $PM_{10}$ ); esta mezcla compleja contiene, entre otras cosas, polvo, polen, hollín, humo y pequeñas gotas. En Europa, los sulfatos y la materia orgánica son los principales componentes del conjunto de partículas en suspensión que contaminan el aire. Suponen un peligro para la salud. Algunas de las fuentes emisoras antropogénicas son el transporte y la combustión de carburantes.

Por otro lado de entre los compuestos que contribuyen al **calentamiento global** de la atmósfera, dada su capacidad de absorber las radiaciones de determinada longitud de onda, se distinguen los siguientes parámetros:

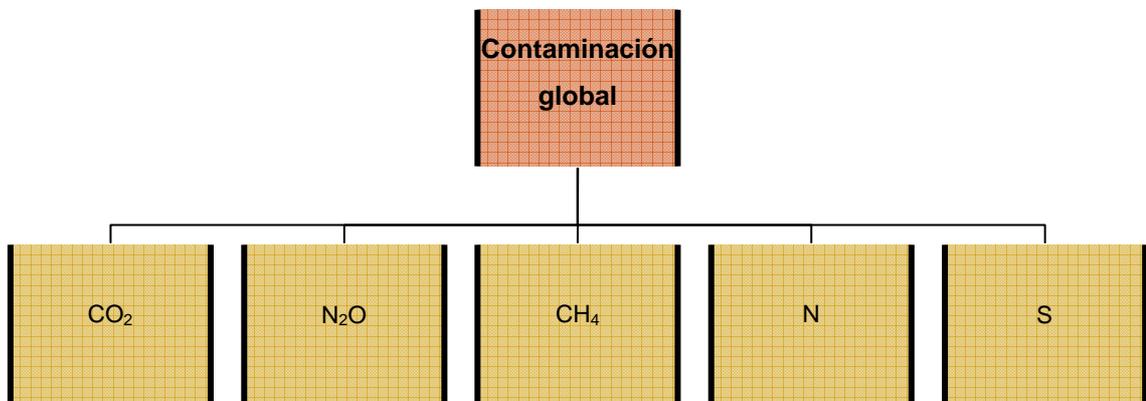


Figura 7-4: Clasificación de los contaminantes relacionados con la contaminación al aire global. (Fuente propia)

**CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono):** Es el principal agente contribuyente del efecto invernadero. Durante la combustión de los combustibles fósiles es el gas que se produce en mayor proporción.

**N<sub>2</sub>O (Óxido Nitroso):** Es un gas inerte que contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO<sub>2</sub>) y a la destrucción de la capa de ozono.

**CH<sub>4</sub> (Metano):** Agente que contribuye al efecto invernadero.

**Nitrógeno (N):** Molécula aislada que contribuye a la inertización del ambiente y a la absorción de la radiación.

**Azufre (S):** Tiene un comportamiento refractario de la radiación a corto plazo, por lo que aparte de su papel de agente contaminante, tiene un efecto negativo en el calentamiento global.

Finalmente para el estudio de **la contaminación acústica** se debe de tener en cuenta:

- La medida de la intensidad acústica (en decibelios) que determina la molestia producida por el ruido.
- La fuente que lo produce.
- Su duración.
- Su frecuencia.
- La (dis)continuación, así como ciertas características específicas.

Según la O.C.D.E.<sup>90</sup> 130 millones de personas se encuentran con nivel sonoro superior a 65 decibelios (dB), el límite aceptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otros 300 millones residen en zonas de incomodidad acústica, es decir entre 55 y 65 dB. Por debajo de 45 dB no se perciben molestias, con sonidos de 55 dB un 10% de la población se ve afectada, y con 85 dB todos los seres humanos se sienten alterados.

Según estudios de la OMS, el ruido ambiental tiene efectos adversos sobre la salud de las personas: deficiencias en la audición, trastornos del sueño y de la conducta, merma en el rendimiento y disfunciones fisiológicas o de salud mental. El incremento de los niveles de ruido ha crecido de forma desproporcionada en las últimas décadas, y sólo en España se calcula que al menos 9 millones de personas soportan niveles medios de 65 dB, siendo el segundo país, detrás de Japón, con mayor índice de población expuesta a altos niveles de contaminación acústica<sup>91</sup>.

Según el apartado 4.10 del HSC Code<sup>92</sup>, el nivel de ruido en los espacios públicos y en los alojamientos de la tripulación se mantendrá lo más bajo posible para que se pueda escuchar el sistema megafónico, y no excederá en general los 75 dB. El nivel máximo de ruido en el compartimiento de gobierno no excederá en general de 65 dB, a fin de

---

<sup>90</sup> Organización para la Economía, Cooperación y Desarrollo.

<sup>91</sup> Datos obtenidos en el artículo *Obligaciones de los empresarios propietarios de locales de pública concurrencia en materia de ruido*. Vicente Cubells Argudo (Director División Medio Ambiente). [http://www.ashotur.org/revista/revista\\_25/23.pdf](http://www.ashotur.org/revista/revista_25/23.pdf)

<sup>92</sup> Código de Naves de Gran Velocidad. Organización Marítima Internacional, Londres (2000).

facilitar la comunicación dentro de dicho compartimiento y las radiocomunicaciones exteriores.

### 7.3.2 Costes externos no medioambientales

A pesar de que no siguen un criterio medioambiental *per sé*, no son unos costes totalmente internalizados y por eso se consideran dentro de la categoría de costes externos; entre ellos podemos distinguir los accidentes y la congestión.

**Accidentes:** Según datos de la Organización Mundial de la Salud, el transporte rodado es el causante directo de la muerte de 250.000 personas anualmente en todo el mundo, y de cerca de siete millones de heridos. Los accidentes cuestan cada año 200.000 millones de euros, el equivalente al 2 por ciento del PIB de toda la Unión Europea<sup>93</sup>.

En cuanto a los costes por víctima, se incluyen:

- Los costes médicos, de primeros auxilios, tratamiento, prótesis y las atenciones no médicas de adaptación de discapacitados.
- La pérdida de capacidad productiva.
- Otros costes económicos (desplazamientos familiares, funerales, ayudas).
- Los costes humanos de las víctimas y familiares.

Por lo que respecta a los costes por accidente, se incluyen:

- Los daños a la propiedad, incluyendo los daños al vehículo, a edificios, a la carga, y el medioambiental.
- Los costes administrativos (policía, bomberos, compañías de seguros, juicios).

---

<sup>93</sup> Fuente EUROSTAT según la Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones - Iniciativa del vehículo inteligente - «Sensibilización sobre las TIC al servicio de vehículos más inteligentes, seguros y limpios». COM/2006/0059

**Congestión:** La congestión del tráfico en horas punta, con la enorme pérdida de horas en los atascos, y el consiguiente despilfarro de recursos, constituye una de las principales externalidades del transporte. En este sentido, estudios recientes señalan que los períodos considerados como de tráfico congestionado son cada vez más prolongados, y que las velocidades medias en los principales países de la OCDE<sup>94</sup> se han reducido a lo largo de los últimos 20 años.

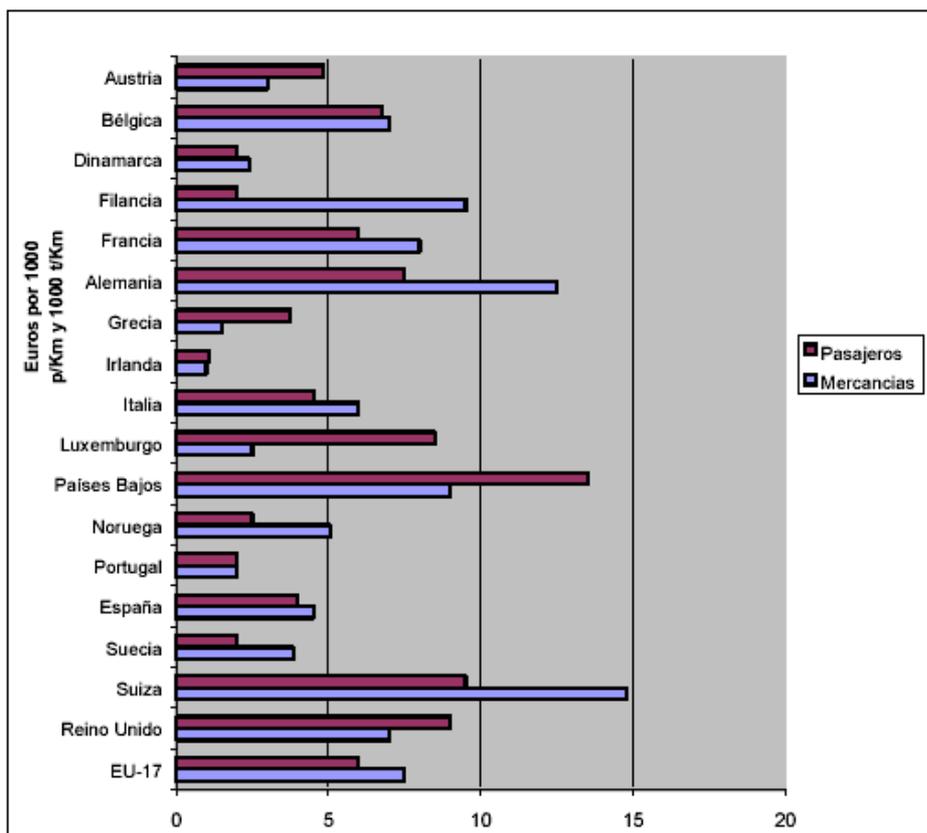


Figura 7-5: Media de los costes externos por congestión, 1995 (euros por 1.000 pasajero/km y 1.000 tonelada/km). (Fuente: Libro Blanco: La política europea de transportes de cara al 2010 (2001))

Se considera que si la capacidad del sistema de transporte es fija, cuanto mayor sea el número de usuarios más grande será la posibilidad de que el tiempo medio de viaje por usuario incremente y/o que aumente la media entre los horarios reales y los planeados.

<sup>94</sup> OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, organización de cooperación internacional, compuesta por 30 Estados, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales. Fue fundada en 1961 y su sede central se encuentra en la ciudad de París, Francia.

Sólo por los daños causados por las congestiones, la Unión paga 50.000 millones de euros al año, lo que representa un 0,5% por ciento de su PIB, y que antes de 2010 podrían situarse en el 1% del PIB de la Unión. La distancia total recorrida por los vehículos en carretera se ha triplicado en los últimos 30 años; además, en los últimos diez años el volumen de transporte por carretera creció en un 35%. Todo ello contribuye a tener 7.500 km, el 10% de la red, afectada diariamente por atascos<sup>95</sup>.

## **7.4 Normativa sobre las emisiones del transporte**

La Unión Europea, tanto a través de la Estrategia para un Desarrollo Sostenible como del Libro Blanco del Transporte, ha manifestado en repetidas ocasiones su preocupación por los impactos generados por el sector de los transportes. Así, es necesario encontrar un equilibrio entre desarrollo económico, transporte y medio ambiente, enfrentándose fundamentalmente a tres dificultades: impacto ambiental, congestión y seguridad. La aplicación de medidas para la solución de estos problemas requiere ineludiblemente la integración de las cuestiones medioambientales en las políticas de transporte y los sectores afines.

Desde hace años se han venido aplicando políticas de control medioambiental al transporte por carretera, y esto ha hecho que se haya reducido significativamente y de forma progresiva el total de sus emisiones a la atmósfera.

En el entorno marítimo el punto de partida ha sido bastante posterior, y por lo tanto aún está en pleno proceso de desarrollo. Pero desde que se comenzó a detectar que su porcentaje de participación en la aportación al total de las emisiones estaba aumentando, desde la Unión Europea se empezó a tomar en consideración aquello que hasta entonces no se había considerado nunca un problema.

---

<sup>95</sup> Fuente DG TREN según la Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones - Iniciativa del vehículo inteligente - «Sensibilización sobre las TIC al servicio de vehículos más inteligentes, seguros y limpios». COM/2006/0059.

### 7.4.1 Normativa sobre las emisiones del transporte terrestre

Se estima que el transporte en automóvil y camión es actualmente la principal fuente de emisiones de productos contaminantes a la atmósfera. Entre el 70 y el 80% de las ciudades europeas de más de un millón de habitantes presentan niveles de contaminantes atmosféricos que exceden en ocasiones los niveles aconsejados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Recientes estimaciones hablan de un 69% del monóxido de carbono, del 63% de los óxidos de nitrógeno y de un 30% de los compuestos orgánicos volátiles, si bien los porcentajes varían bastante dependiendo del país analizado.

Existe una normativa europea sobre emisiones que regula los límites aceptables para las emisiones de gases de combustión de los vehículos nuevos vendidos en los Estados Miembros de la Unión Europea. Las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la Unión Europea, con implantación progresiva, que son cada vez más restrictivas. Actualmente, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO) y partículas están reguladas para la mayoría de los tipos de vehículos, incluyendo automóviles, camiones, trenes, tractores y máquinas similares, barcas; pero excluyendo los barcos de navegación marítima y los aviones. Para cada tipo de vehículo se aplican normas diferentes.

La siguiente tabla contiene un resumen de las normas sobre emisiones y de sus fechas de aplicación.

Tipo	Fecha de aplicación
Euro I (Directiva 91/542 <sup>a</sup> )	Octubre de 1993
Euro II (Directiva 91/542B)	Octubre de 1996
Euro III (Directiva 1999/66 <sup>a</sup> )	Octubre de 1999
Euro IV (Directiva 1999/66B1)	Octubre de 2006
Euro V (Directiva 1999/66B2)	Octubre de 2009

*Tabla 7-2: Normas europeas sobre emisiones y sus fechas de aplicación para motores diesel (camiones y autobuses). (Fuente: artículo "La contaminación no va a más" obtenido en [www.motor.terra.es](http://www.motor.terra.es) [22/07/2008])*

El Parlamento Europeo adoptó (diciembre 2006) las normas Euro V y Euro VI, en virtud de las cuales se endurecerá progresivamente la normativa sobre emisiones contaminantes de los vehículos, especialmente en lo que se refiere a los límites de emisión de partículas y óxidos nitrosos (NOx).

Concretamente, la norma Euro V establece que a partir de septiembre de 2009 “se impondrá la instalación de un filtro de partículas en todos los nuevos modelos de coches con motor diésel”, una medida que a partir de enero de 2011 se extenderá a las versiones diésel de modelos ya existentes, que deberán contar con un filtro de partículas a su salida de fábrica.

Por su parte, la norma Euro VI entrará en vigor en 2014 e impondrá límites aún más severos a las emisiones contaminantes. De hecho, Bruselas espera conseguir una reducción del 68% en las emisiones de óxidos nitrosos respecto a los niveles actuales<sup>96</sup>.

La siguiente tabla define los factores de emisión en función de los diferentes estándares:

Carretera	Euro III		Euro IV		Euro V	
SO <sub>2</sub> (g/kg fuel)	0,8	0,5	0,114	0,071	0,114	0,071
NO <sub>x</sub> (g/kg fuel)	56,25	45,8	28,125	8,98	3,661	5,131
CO (g/kg fuel)	6,7	12,1	5,75	2,78	5,75	2,78
nm-VOC (g/kg fuel)	2,9	7,1	2,316	1,558	2,316	1,558
PM <sub>10</sub> (g/kg fuel)	1,8	3,4	0,45	0,111	0,45	0,111
CH <sub>4</sub> (g/kg fuel)	0,3	0,5	0,095	0,104	0,095	0,104
CO <sub>2</sub> (g/kg fuel)	3323	3534	3323	3534	3323	3534
S (g/kg fuel)	0,35	0,35	0,05	0,05	0,05	0,05

*Tabla 7-3: Factores de emisión por kilogramo de fuel consumido en el transporte por carretera no congestionada (autopista) y congestionada según los diferentes estándares. (Fuente: ICF, proyecto Realise, 2005)*

A continuación se expresa la evolución de la flota de camiones en Europa en las siguientes décadas, considerando la plena integración de la flota europea del Este (que implicaría un retraso del 10% si no se considerara esta flota):

<sup>96</sup> <http://www.ifemamotor.ifema.es/modules/news/index.php?storytopic=3&start=5> [19-02-07]

Motor/Año	2005	2010	2015	2020
Tecnología anterior	52	6	0	0
Euro III	48	45	6	0
Euro IV	0	27	22	10
Euro V	0	22	72	90

Tabla 7-4: Evolución de la composición de la flota de camiones en la EU en porcentajes.  
(Fuente: Análisis basado en Copert (1999))

#### 7.4.2 Normativa sobre las emisiones del transporte marítimo

El transporte marítimo goza, en general, de unos costes externos bajos y de una eficiencia energética alta, y genera menos contaminantes atmosféricos que el terrestre, sobretodo el realizado por carretera, si se mide por unidad de transporte (pasajero x kilómetro o tonelada x kilómetro).

Sin embargo existen dos factores que hacen que esta brillantez de la que hace gala el transporte marítimo, quede irremediamente empañada, y son los debidos a los altos índices que registra en las emisiones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, haciéndole perder eficiencia a la hora de apostar por éste como una sólida alternativa al transporte terrestre. Esta preocupación se ha hecho también extensiva a los gases que provocan el efecto invernadero.

Varios estudios demuestran que la aportación negativa que los buques hacen, con sus emisiones a la atmósfera, va a verse incrementada durante los próximos años, hasta el 2020-2030, con relación al transporte por carretera, principalmente por dos razones: por un lado el largo período de explotación comercial que tienen los buques debido a su larga durabilidad constructiva y tiempo de amortización, que hacen que la tecnología aplicada en éstos no pueda ser renovada con la misma rapidez con la que lo hacen los adelantos tecnológicos, y en relación a éstos con las normativas a aplicar; y por el otro lado, tenemos las cada vez más estrictas políticas europeas actuales y futuras que regulan los límites máximos de las emisiones de los vehículos de carretera.

Otro factor que influye en el elevado porcentaje de emisiones contaminantes es el incremento de velocidad de los buques. Un incremento de velocidad de los buques implica un incremento en el consumo de energía y por lo tanto de las emisiones contaminantes.

Se cree que una nueva normativa más estricta en relación con las emisiones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> es necesaria para el Transporte Marítimo de Corta Distancia, para poder competir con la carretera en las emisiones de estos componentes.

En la siguiente tabla se definen los factores de emisión para una situación actual y una situación futura aplicando unas restricciones más estrictas:

TMCD	Situación actual	Situación mejorada
SO <sub>2</sub> (g/kg fuel)	50	30
NO <sub>x</sub> (g/kg fuel)	88	19,36
CO (g/kg fuel)	9	8,1
nm-VOC (g/kg fuel)	2,74	2,466
PM (g/kg fuel)	7,6	1,4
CH <sub>4</sub> (g/kg fuel)	0,11	0,099
CO <sub>2</sub> (g/kg fuel)	3170	2853
S (g/kg fuel)	25	15

Tabla 7-5: Perfiles de las emisiones para el TMCD. (Fuente basada en el capítulo "Technologies and instruments for ship emissions abatement" de la Deagraen, Ir.Peer, Ship emissions of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>: the need and strategies for future reductions, Katholieke Universiteit Leuven, 2003)

Desde 1979 han existido varios acuerdos y convenios internacionales en materia de política medioambiental, pero ninguno de ellos hacía referencia a las emisiones de buques. El *The Convention on Long-range Transboundary Air pollution 1979*<sup>97</sup>, fue el primero de todos. Posteriormente, del Tratado de Génova de 1979 surgieron los protocolos de Helsinki 1985, Sofía 1988, Génova 1991, Oslo 1994, Aarhus 1998 y Göteborg 1999; de la Convención de Viena de 1985 surgieron a su vez el protocolo de Montreal de 1992; y de la Conferencia de Río 1992 el protocolo de Kyoto de 1997. No fue hasta la aparición del OSPAR<sup>98</sup> de 1992, el NSC de 1984, y el MARPOL 73/78 (especialmente en el Anexo VI), cuando se empezó a tratar directamente la problemática de la contaminación marítima.

<sup>97</sup> The Convention on Long-range Transboundary Air pollution 1979, entró en vigor en 1983.

<sup>98</sup> OSPAR, Convention for the Protection of the Marine Environment of North-East Atlantic.

Así pues, desde la Organización Marítima Internacional se han tomado cartas en el asunto a nivel internacional, y a su vez, desde la Unión Europea a nivel comunitario, también se han tomado medidas oportunas como la Directiva 2005/33/EC<sup>99</sup>.

El objetivo de la Directiva 2005/33/EC es reducir el impacto de las emisiones de buques en cuanto a óxidos de sulfuro (SO<sub>2</sub> o SO<sub>x</sub>) y la solución del problema de las partículas (PM) relacionadas con la acidificación del medioambiente y en la salud humana.

Desde la adopción por parte de la IMO del Convenio MARPOL 73 y de su posterior modificación en 1978, varios anexos han sido aceptados, y entre ellos el que nos ocupa es el Anexo VI, que tras ser aceptado el 26 de septiembre de 1997, entraría en vigor 12 meses más tarde siendo ratificado por 15 estados miembros (computando más del 50% del tonelaje mundial).

El Anexo VI incluye valores límite para de emisiones de óxidos de sulfuro, óxidos de nitrógeno, y prohíbe también la emisión deliberada de sustancias destructivas de la capa de ozono, (incluyendo los halones y clorofluorocarbonos (CFCs)). Están prohibidas las instalaciones nuevas que contengan este tipo de sustancias en cualquier buque, pero las instalaciones nuevas que contengan hidroc fluorocarbonos (HFCFs) están permitidas hasta el 1 de enero del 2020.

El Anexo VI del Convenio MARPOL 73/78, determina los límites de emisión del SO<sub>2</sub> (con el establecimiento de áreas de control de emisiones, como por ejemplo la región del Mar del Norte) y del NO<sub>x</sub> (con límites de emisiones de los motores diesel). En lo que concierne al contenido de azufre, se tiene como objetivo llegar a un contenido máximo de 1,5% de azufre en los combustibles marinos en la mar, y del 0,2% en los utilizados en puerto. Así, a partir del mes de mayo del 2006 se prohibió quemar combustibles marinos con un contenido de azufre superior al 1,5% en el Mar Báltico, y en otoño del 2007 esta restricción se amplió al Mar del Norte y al Canal de la Mancha.

Esto tiene un efecto positivo, con el descenso de las emisiones de SO<sub>x</sub>, especialmente en el transporte marítimo de corta distancia. También se podría decir que tiene un efecto positivo en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero en paralelo éstas vienen acompañadas por un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte de las refinerías

---

<sup>99</sup> La EU Directiva 2005/33/EC entró en vigor el 11 de agosto de 2005.

(para desulfurizar los combustibles); por lo tanto sólo se considerará que existe una reducción del SO<sub>x</sub>.

El Anexo prohíbe también la incineración a bordo de ciertos productos, tales como materiales procedentes de embalajes contaminados y bifenilos policlorinados (PCBs).

Se establecen unas inspecciones periódicas que, una vez pasadas, extienden al buque inspeccionado el "*International Air Pollution Prevention Certificate*", con una validez de 5 años.

Las directivas 1993/12/EEC y 1999/32/EC también están relacionadas con el contenido de azufre de combustibles líquidos.

Una iniciativa, auspiciada por la empresa Marintek y la Asociación de Armadores Noruegos, fundó el "Forum para reducir las emisiones de sulfuro de los buques" en el año 2004. Este Forum actualmente consta de más de 40 miembros noruegos y extranjeros, representando todos los sectores del mundo marítimo.

En el mundo marítimo, a diferencia de otros ámbitos, los programas de observación y control de emisiones están en pleno desarrollo y es por ello que la contaminación generada por buques en navegación no está siendo por el momento atribuida a ningún país determinado, debido a la dificultad que existe para determinar a qué país se debe asignar ya que existe una gran diferencia entre los lugares de compra del fuel, y los lugares dónde las correspondientes emisiones se emiten posteriormente. Estas emisiones se están dejando de lado en programas internacionales como el *Protocolo de Kyoto*, el *UNFCCC*<sup>100</sup> europeo, y el *IPCC*<sup>101</sup>.

También existen iniciativas de la OMI para la reducción de las emisiones de los gases invernaderos (principalmente el CO<sub>2</sub>) desde los buques: en diciembre del año 2003, la OMI adoptó la resolución A.963(23), informando de las prácticas y las políticas que se están llevando a cabo en relación con este tipo de reducciones.

---

<sup>100</sup> UNFCCC, United National Convention on Climate Change.

<sup>101</sup> IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change.

### 7.4.2.1 Óxidos de azufre

El límite global del contenido de sulfuro en el fuel para buques en navegación es del 4,5% y, se establecen también dos áreas de control de emisiones (SECAs), en las cuales las restricciones de emisiones de sulfuro son más restrictivas, ya que se reducen hasta el 1,5%. Alternativamente, los buques deben disponer de un sistema de limpieza de gases de escape o usar cualquier otro sistema que limite las emisiones de NO<sub>x</sub> de forma equivalente.

Hasta el momento la OMI ha adoptado y ratificado dos áreas de control de emisiones (Sulphur Emisión Control Areas, SECAs), el mar Báltico y el Mar del Norte/Canal de la Mancha (en vigor desde mayo de 2006 y noviembre de 2007 respectivamente), en las cuales las emisiones de sulfuro son más restrictivas.

Los límites establecidos según las directivas en el contenido de azufre en los combustibles marinos son:

Directiva	Entrada en vigor	Contenido máximo de S (%)	Aplicable en
EU 93/12/EEC	01/10/1994	0,2	-Aguas territoriales <sup>102</sup> -Gasóleos, incluye gasóleos marinos
EU 1999/32/EU	01/07/2000	0,2	-Aguas territoriales -Gasóleos, incluye gasóleos marinos
EU 2005/33/EC	19/04/2006	1,5	-En áreas SECAs y por buques de pasaje -Fueles marinos
	01/01/2010	0,1	-Para buques en aguas interiores y buques en navegación atracados en puertos de la U.E. <sup>103</sup> -Fueles marinos

*Tabla 7-6: Directivas relativas al contenido de azufre en los combustibles marinos. (Fuente: elaboración propia a partir de SPSPD II Monitoring Programme on air pollution from sea-going vessels (MOPSEA))*

La idea básica de la nueva propuesta es que cualquier reducción de las emisiones de SO<sub>x</sub> (mediante el uso de destilados) se debe centrar en las zonas en las que esta medida tenga un resultado tangible inmediato, por ejemplo, en zonas urbanas con gran densidad de población, y permitir que se continúe utilizando fuel pesado (HFO-Heavy fuel Oil) allí donde su utilización cause menos o ningún daño. A diferencia de los gases de efecto invernadero, los SO<sub>x</sub> son un problema localizado que afecta únicamente hasta cierta distancia de la fuente de emisión, que depende de factores

<sup>102</sup> Las aguas territoriales incluyen las zonas marítimas hasta 12 millas náuticas desde la línea de base, así como las aguas interiores.

<sup>103</sup> Tiempo mínimo de estancia de dos horas.

como la altura de la chimenea, la velocidad y la dirección del viento y la humedad del aire, entre otros. Además sus efectos más o menos nocivos dependen de la naturaleza ácida o básica del terreno. En consecuencia, mientras una reducción de las emisiones de SOx procedentes de los buques puede redundar en una diferencia sustancial en la calidad el aire en ciertas zonas muy pobladas con suelos ácidos, por otra parte, y dado que existe una escasez de combustibles destilados con bajo contenido de azufre, en opinión de BIMCO<sup>104</sup>, sería un esfuerzo vano utilizar dichos combustibles en alta mar, e incluso podría tener una repercusión negativa en el equilibrio de CO<sub>2</sub>, ya que la desulfuración es un proceso que consume mucha energía y genera CO<sub>2</sub>.

BIMCO también propone el nuevo concepto de “micro-SECA”, es decir, zonas geográficas de control de emisiones de azufre más pequeñas; un ejemplo podría ser el delta del río Perla en China. En principio se podría aplicar a los principales puertos o hasta una distancia determinada de la costa. Las micro-SECAs se deben establecer bajo los auspicios de la OMI y, en principio seguir los procedimientos para su designación en el apéndice III del Anexo VI del MARPOL. La aceptación del concepto de micro-SECA también debe evitar la aparición de numerosas iniciativas locales o regionales no armonizadas. Así, mientras se logra una mejora sustancial y positiva en la calidad del aire en las zonas portuarias pobladas, el sector naviero podría evitar la proliferación de medidas locales y regionales dispares. Con el fin de que exista una diferencia real, el contenido permisible de azufre en el combustible dentro de las micro-SECAs debe reducirse al 0,1% o 0,2%.

BIMCO también propone una reducción gradual global del límite máximo del contenido de azufre en el combustible, del 4,5% actual al 3%; esta propuesta está abierta a la utilización de mecanismos alternativos (tales como sistemas de limpieza de gases de escape) para lograr niveles equivalentes de reducción de las emisiones a los que se conseguirían limitando el contenido de azufre en el combustible.

---

<sup>104</sup> [www.bimco.org](http://www.bimco.org) [21/07/2008]

Actualmente, los puertos del sur de California están exigiendo utilizar combustibles con un contenido de azufre del 0,1%, y en los últimos dos años, Maersk, el principal operador mundial de portacontenedores, ha cambiado el combustible HFO (*Heavy Fuel Oil*) por MGO (*Marine Gas Oil*) de 0,1% de azufre cuando accede a las aguas territoriales, a 21 millas náuticas de la costa. Algunas opiniones, en particular la de Intertanko, que apoya el uso de combustibles destilados exclusivamente, afirman que pasar de HGO al MGO es una operación compleja y arriesgada, sin embargo Maersk no ha experimentado ningún problema hasta el momento<sup>105</sup>.

#### 7.4.2.2 Óxidos de nitrógeno

El Anexo VI también establece límites en las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) para motores diésel dependiendo de la velocidad máxima operativa. Esto queda establecido en el *NO<sub>x</sub> Technical Code*, desarrollado también por la IMO. Este código define los procedimientos para probar, inspeccionar y certificar los motores diesel marinos, para asegurarse que cumplen con los límites de emisión de NO<sub>x</sub> establecidos por el mismo.

Velocidad del motor – N (rpm)	N < 130	130 ≤ N < 2000	N ≥ 2000
Valor límite (g/kW)	17,0	45 * n <sup>-0,2</sup>	9,8

Tabla 7-7: Límites de emisiones de NO<sub>x</sub> para buques en navegación según el Anexo VI de MARPOL. (Fuente: elaboración propia a partir del SPSPD II Monitoring Programme on air pollution from sea.)

Los límites para las emisiones de NO<sub>x</sub> se aplican a todo buque mayor de 400 TRB y a cualquier plataforma de perforación, y cuando el motor desarrolle una potencia superior a los 130 kW instalados en buques construidos después del 1 de enero del 2000 y a cualquier motor que haya sido transformado a una conversión mayor después del 1 de enero del 2000.

<sup>105</sup> Se debe recordar que el cambio de combustibles HFO a gasóleo cada vez que un buque entra o sale de puerto, ha sido un procedimiento normativo de hace sólo un par de décadas.

### 7.4.2.3 PM

En el BLG12<sup>106</sup> se llegó a un consenso sobre la reducción de SO<sub>x</sub> que hará innecesaria una actuación específica adicional sobre las PM a corto plazo, ya que una reducción de azufre significa una reducción en peso de las PM producidas. Sin embargo, se argumentó que la utilización de combustibles destilados aumentaría el número de las PM de menor tamaño, que son precisamente las más perjudiciales para la salud.

### 7.4.2.4 Gases efecto invernadero

El Convenio MARPOL no establece ninguna directriz o recomendación acerca de la emisión de gases de efecto invernadero, aunque en noviembre de 2003, la IMO adoptó la resolución A.963(23)107, relacionada con la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero procedentes de los buques.

En la 52ª sesión del MEPC<sup>108</sup> el Comité realizó progresos en el desarrollo de las *Guidelines on the CO<sub>2</sub> Indexing Scheme*, con las cuáles instaba a todos sus miembros a que llevaran a cabo de forma urgente pruebas usando el esquema propuesto para una posterior presentación de los resultados. Una de las propuestas para llevar esto a la práctica consistía en el desarrollo de un sistema simple, que pudiera ser usado voluntariamente por los operadores de buques durante un período de prueba. El Comité reconoció que las recomendaciones de la IMO respecto a los gases de efecto invernadero debían dirigirse a los seis gases contemplados por el Protocolo de Kyoto<sup>109</sup>.

La Agencia Internacional de la Energía (IEA), en su informe *World Energy Outlook 2006*, estima que el transporte marítimo mantendrá hasta 2030 una cuota de aproximadamente el 2% en las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>.

---

<sup>106</sup> Sesión 12ª del Subcomité de Transporte de Líquidos y Gases a Granel de la IMO (BLG12), que tuvo lugar del 4 al 8 de Febrero del 2008 en Londres.

<sup>107</sup> Resolución A.963(23) IMO Polices and practices relate to the reduction of greenhouse gas emissions from ships.

<sup>108</sup> MECP, Marine Environment Protection. La sesión 52ª del MECP fue celebrada en octubre de 2004.

<sup>109</sup> Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs) y Sulfuro hexafluorado (SF<sub>6</sub>).

#### 7.4.2.5 Acciones futuras

Desde la IMO se están llevando a cabo estudios para redefinir los límites máximos en cuanto a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera por parte de los buques.

Así pues, la IMO pretende aprobar una serie de enmiendas que revisen el Anexo VI del MARPOL, referentes a la emisión de partículas, así como el código asociado *NOx Technical Code*, que regula la emisión de óxido de nitrógeno de los buques. Estas enmiendas entrarían en vigor en marzo de 2010.

Existe una controversia en cuanto a la revisión del Anexo VI, ya que por un lado hay opiniones a favor de que exista un único límite para el contenido en SO<sub>x</sub> en el fuel, y otras que prefieren únicamente aplicar límites más estrictos en las áreas marítimas más vulnerables.

Por otro lado, el Anexo VI del MARPOL nunca fue diseñado para cumplir con los protocolos relacionados con el cambio climático y la reducción en la emisión de gases que potencian el efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sino que lo fue para controlar precisamente las emisiones de óxidos de sulfuro (SO<sub>x</sub>) provenientes de la combustión de fueles pesados. Es por esto que se pretende incluir dentro de la revisión del Anexo VI la preocupación relacionada con la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Principalmente existen tres propuestas para la modificación del Anexo VI de MARPOL, referidas a la limitación de sulfuros a la atmósfera:

OPCIÓN	Límites de sulfuro recomendados y año de entrada en vigor		
	Límite Global	Límite Regional (SECAs)	Límite Micro-SECAs
<b>Opción 1: límite global único</b>	1% <sup>110</sup> (2012)	-	-
<b>Opción 2: límite global + regional (SECAs)</b>	4,5% (Actual)	0,10% (2012)	-
<b>Opción 3: límite global+regional+Micro-SECAs<sup>111</sup></b>	3% (2012)	1% (2010) 0,50% (2015)	0,10% Puertos (2010)

*Tabla 7-8: BLG12 - Recomendaciones sobre los límites de emisiones de sulfuro para su decisión por parte del MEPC 57. (Fuente: elaboración propia a partir del artículo Ship's emissions reach crucial stage)*

<sup>110</sup> Este porcentaje equivale a 10.000 ppm (partes por millón).

<sup>111</sup> Esta área está establecida en una distancia de no más de 24 millas náuticas desde la línea de base, pero no se extiende dentro de estrechos usados para la navegación internacional. Se pueden considerar áreas Micro-SECAs las zonas portuarias. De hecho, desde el 1 de enero de 2010, los puertos de la Unión Europea pasarán a tener esta condición, por ello los buques que recalen en ellos deberán utilizar fueles con un contenido máximo de sulfuro del 0,10%.

Algunos países escandinavos y europeos así como los Estados Unidos instan a la IMO para que interfiera legalmente en la determinación del contenido de sulfuro en los fueles marinos, y que establezca un método estándar de regulación que evite posibles disputas legales y técnicas, ya que actualmente no se indica un criterio técnico concreto. Sin embargo, países como Grecia se oponen a que la IMO interfiera en el criterio de calidad del fuel, ya que según ellos esto es competencia de la ISO<sup>112</sup>.

Por otra parte, la mayoría de países miembros proponen que la ISO desarrolle un fuel con especificaciones y características enfocadas hacia la protección de la calidad del aire y de la seguridad de los buques, para su subsiguiente consideración por parte de la IMO.

Según un estudio llevado a cabo por un grupo de expertos para el MEPC 57, el uso de fueles destilados comparado con el uso de fueles pesados, conllevaría grandes ventajas y beneficios a nivel operacional del buque, así como a nivel de salud pública y de protección medioambiental. Sin embargo, estos beneficios vendrían acompañados por varios aspectos negativos, como son el alto precio económico requerido para la conversión del fuel por parte de las refinerías<sup>113</sup> y sobretudo la cantidad de CO<sub>2</sub> que este proceso generaría<sup>114</sup>.

Por último, en referencia al precio del fuel marino destilado, el estudio encontró que éste es del 50% al 75% más caro que el hasta ahora utilizado fuel pesado.

En cuanto a la revisión del *NO<sub>x</sub> Technical Code*, se están estudiando también medidas de renovación de la flota en función de la edad de los propulsores y de las cifras de emisión de estos gases.

Además, se deben tener en cuenta las nuevas tecnologías de control de emisión de gases, como la reducción selectiva catalítica o los nuevos diseños de motores diésel marinos, el uso de los cuáles van directamente asociados a una reducción en el consumo de fuel, en la generación de CO<sub>2</sub> y por tanto en la reducción de gases y partículas contaminantes emitidas a la atmósfera.

---

<sup>112</sup> ISO: International Standards Organization.

<sup>113</sup> Se estima este coste en 127 billones de dólares americanos para un período de unos 15 años.

<sup>114</sup> Se estima que esta cantidad de CO<sub>2</sub> generado supondría un aumento del 11%, o lo que es lo mismo, el equivalente a 133 millones de toneladas.

<b>Cálculo estimatorio</b>	<b>Resultado 2007 Mill ton.</b>	<b>Resultado 2020 Mill ton.</b>
Consumo total de fuel por buques	369	486
Consumo total de HFO por buques	286	382
Consumo de fuel destilado	83	104
Emissiones de CO <sub>2</sub> por buques	1120	1475
Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> para un límite global del 0,5% de S en fueles marinos destilados	-43	-59
Emissiones totales de SO <sub>x</sub> de buques	16,2	22,7
Reducciones de emisiones de SO <sub>x</sub> por el actual SECAs	-0,78	*
Reducción de emisiones de SO <sub>x</sub> para un límite global del 0,5% de S en fueles marinos destilados	-12,7	-17,8
Reducción de emisiones de SO <sub>x</sub> en un medioambiente múltiple SECA con un límite SECA del 0,5% de fuel marino destilado	*	-3,4
Reducción de emisiones de SO <sub>x</sub> en un medioambiente múltiple SECA con un límite SECA del 0,1% de fuel marino destilado	*	-3,7
Emissiones de NO <sub>2</sub> emitidas por buques	25,8	34,2
Emissiones PM <sub>10</sub> emitidas por buques	1,8	2,4
Emissiones PM <sub>10</sub> reducidas por un límite global de 0,5% de S en fueles marinos destilados	-1,5	-2,0

*Tabla 7-9. Emisiones de CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> calculadas para buques. (Fuente: elaboración propia a partir del artículo Ship's emissions reach crucial stage)*

## **7.5 Medidas e incentivos para reducir los niveles contaminantes**

A parte de los límites de las emisiones impuestos por los diferentes estándares o normativas, existen también distintas medidas para la reducción de los niveles contaminantes en el transporte de mercancías, como por ejemplo:

- Reducción del impacto de cada modo de transporte a través de motores más limpios, combustibles más limpios o nuevos combustibles (*fuel switching*). Fuel con menos contenido de azufre o con ciertos aditivos que permiten reducir las emisiones por tonelada quemada.

- Instalación de motores con nuevas tecnologías (SCR/HAM/depuradores)<sup>115</sup>: Se ha desarrollado una variedad de tecnologías que reducen las emisiones de los motores marinos, modificando el propio motor o instalando un equipo para reducir el contenido de emisiones. Estas tecnologías reducen las emisiones alterando la reacción química que tiene lugar en los motores marinos y transformando los contaminantes, que son emitidos por otras sustancias menos nocivas medioambientalmente.
- Incrementando el mantenimiento del motor, reduciendo el consumo de electricidad, mejorando el diseño del buque o ajustando la velocidad del buque para que navegue utilizando menos fuel por unidad de distancia navegada.
- Formación y sensibilización del conductor/piloto, promoviendo la conducción eficiente.
- Reducción del número real de vehículos en circulación, los kilómetros por vehículo y los kilómetros por tonelada mediante el aumento de los factores de carga (reduciendo la circulación en vacío o a media carga de los camiones), el uso de las nuevas tecnologías de la información para optimizar la carga de retorno y el reagrupar entregas con otras empresas.
- La mejor formación de itinerarios y cambio de rutas: un cambio de ruta podría reducir los efectos de sus emisiones emitiendo menos cantidad de contaminantes. Un buque se debería alejar de tierra la mayor parte del viaje, así como evitar los puertos en áreas particularmente sensibles.

---

<sup>115</sup> Datos obtenidos en el informe *Evaluation of the feasibility of Alternative market-Based Mechanisms To Promote Low-Emission Shipping In Europe Union Sea Areas*. Nera Economic Consulting. Final Report. London. March 2004 SCR: Selective Catalytic Reduction: utilizado en muchos tipos de motores. HAM: Humid Air Motor: diseño específico para motores marinos.

Se ha estimado que cambios en los procedimientos de operación podrían reducir un total del consumo de fuel de hasta el 40%, lo que implicaría una reducción importante en el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub><sup>116</sup>.

En concreto, el caso marítimo se pueden destacar las siguientes iniciativas:

- El nuevo buque que opera desde finales del 2007 y surgido en el seno de la Unión Europea, bajo la iniciativa “Cleanest Ship”, en la que participan 15 socios europeos entre los que se encuentran BP Shipping, Yara y Lloyd’s Register. Esta gabarra consume un tercio de lo habitual en un camión y cuya tecnología, muy similar a la que utilizan los vehículos pesados de nueva generación (euro IV y V), ha permitido reducir el 99,5% de emisión de sulfatos y el 86% de dióxido de nitrógeno a la atmósfera.
- MAN Diesel se ha marcado el desafío de construir el motor menos contaminante del mercado, dotado de una tecnología capaz de reducir el consumo de combustible para los buques Ro-Ro de Wallenius Lines.
- Un buque de cruceros de la Holland America Line ha sido equipado con una nueva tecnología que reduce la emisión de gases a la atmósfera, y que fue instalada durante dos semanas en las que el buque permaneció en dique seco. El sistema, desarrollado por la compañía Krystallon, subsidiaria de BP, utiliza la química natural del agua marina para eliminar prácticamente todo el óxido sulfúrico, así como reducir significativamente las emisiones de partículas; el agua de mar es tratada para eliminar los componentes perjudiciales, mientras el carbonato cálcico del agua del mar vuelve el óxido sulfúrico inofensivo por la conversión a sulfatos y sales neutrales. El precio de esta remodelación ha sido de 1,1 millones de euros.

Otras medidas que pueden ser aplicadas en buques existentes, o de nueva construcción, se resumen en la siguiente tabla:

---

<sup>116</sup> Marintek et al. *Study of Greenhouse gas emissions from ships*. Final Report to the International Maritime Organization, 2000.

Descripción	Buques existentes (% de mejora)	Buques nuevos (% de mejora)
Ratio de eficiencia del motor principal	2	-
Optimización del motor principal	-	2
Recuperación del gasto calorífico	-	5-10
Optimización de la forma del buque, reducción de Cb <sup>117</sup> incluida	-	3-10
Optimización de la hélice	2	3-6
Mantenimiento de la obra viva	2-5	2-5
Pinturas "antifouling" mejoradas	2-8	1-2
Doble timón + doble hélice	-	5-8
Optimización del trimado- Cb buques grandes	1-2	1-2
Diferentes sistemas de ahorro de combustible	2-6	2-6

Tabla 7-10. Medidas que pueden ser aplicadas en buques nuevos o existentes para limitar las emisiones a la atmósfera. (Fuente: elaboración propia a partir del artículo Ship's emissions reach crucial stage)

### 7.5.1 Medidas portuarias para reducir los niveles contaminantes

Para mejorar las características del transporte marítimo, relativas a los contaminantes, se han seguido una serie de estrategias para reducir las emisiones atmosféricas de los buques desde los puertos. En la siguiente tabla se muestran algunos de los instrumentos que se han introducido por algunos países y puertos:

<b>Instrumentos Económicos/de mercado</b>	<i>Green Award</i>	Incentivos por parte de diferentes puertos en función de las características medioambientales del buque <sup>118</sup> .
	<i>Green shipping bonus (Hamburg)</i>	Desde 2001, rebaja de las tasas portuarias a los buques dependiendo de las características medioambientales.
	Diferenciación medioambiental de la tasa por tonelaje (Noruega)	Tasas medioambientales a los buques con bandera Noruega en función de criterios determinados.
	Suecia	Desde 1998, el Gobierno Sueco aplica una recaudación nacional vía la Autoridad Marítima, a través de los buques de todas las banderas visitando los puertos suecos, en base a su GT y el volumen de carga transportado.
<b>Medidas voluntarias/operacionales</b>	Subvención a los armadores que instalen SCR para reducir las emisiones de NO <sub>x</sub> (programa sueco).	
	Buques conectados a la electricidad de tierra en puerto (Göteborg-Kiel).	
	Reducción de velocidad voluntaria (Los Angeles).	
	Seis compañías marítimas de la EU han registrado por la EMAS (European Commission's Eco-Management and audit. Écheme).	

Figura 7-6: Instrumentos para reducir las emisiones atmosféricas de los buques. (Fuente: Proyecto REALISE, 2005)

<sup>117</sup> Coeficiente de bloque del buque.

<sup>118</sup> www.greenaward.org [23/07/2008]

Otro ejemplo más próximo es el de la Autoridad Portuaria de Barcelona (APB), que a partir del Plan de Actuación para la mejora de la calidad del aire de la *Generalitat de Catalunya*, ha establecido las siguientes medidas:

- Rediseño de las tasas portuarias para favorecer a los buques menos contaminantes.
- Requerimientos ambientales para la flota de camiones de contenedores, con obligaciones e incentivos precisos para obtener la autorización de entrada y salida del recinto.
- Renovación de la flota de embarcaciones de soporte a la prestación de servicio que operan en el interior de la dársena.
- Promoción para la renovación de la maquinaria auxiliar de carga y descarga.
- Reserva necesaria de espacio para el suministro eléctrico a los buques, en las nuevas terminales o en las que estén afectadas por una modificación sustancial, evitando utilizar los motores de los buques cuando están atracados en el muelle (reducción del 90% de las emisiones).<sup>119</sup>
- Desarrollo del transporte ferroviario de mercancías, absorbiendo parte del incremento que genera la ampliación del puerto.
- Limitar o suspender determinadas operaciones en la manipulación de productos pulverulentos, cuando se produzcan velocidades elevadas de viento.

Con todas estas medidas será posible una reducción del 20% de las emisiones del dióxido de nitrógeno y del 10% de las partículas en suspensión de diámetro inferior a las 10 micras (PM<sub>10</sub>).

---

<sup>119</sup> Se asume que la generación de electricidad en tierra está sujeta a unos estándares de emisiones muy superiores al de los motores marinos (Cold Ironing).

## 7.5.2 Estudio del ecobono para el transporte en Italia

El 7 de junio de 2006, el Boletín Oficial de la República Italiana publicó el decreto que regula el denominado *ecobono*, y que establece incentivos económicos para los transportistas que embarquen sus camiones o semirremolques en buques que cubran trayectos alternativos a la carretera. El principal objetivo es el desarrollo de cadenas logísticas, la potenciación de la intermodalidad, el desarrollo del cabotaje marítimo, la reestructuración del sector de transporte por carretera, la innovación tecnológica y la mejora del medio ambiente.

Este incentivo es de aplicación como descuento en el precio del billete pagado como tasa de embarque.

El presupuesto disponible es de 20.000.000 euros a repartir en quince años. El *ecobono* se distribuirá mediante un reembolso anual en función de los viajes efectuados y hasta un máximo del 20% del coste del billete en las líneas marítimas existentes, o del 30% de nuevas líneas a promocionar.

El Ministerio Italiano define el importe exacto de descuento y va a ser proporcional a los kilómetros no realizados por carretera, o bien proporcional a los ahorros sobre los gastos que el transporte por carretera provoca en términos de contaminación atmosférica, congestión de la red viaria, accidentes, tráfico y atascos.

Para optar al incentivo los transportistas tendrán que efectuar un mínimo de 80 viajes en alguna de las rutas marítimas seleccionadas, y obtendrán un mayor incentivo los que hagan más de 1600 embarques anuales. Las empresas que reciban el *ecobono* habrán de comprometerse a mantener el mismo volumen de tráfico en los tres años siguientes. Las empresas podrán asociarse o agruparse entre ellas para llegar al número mínimo de viajes. Otro objetivo es favorecer el desarrollo del transporte de semiremolques, gracias a la colaboración y acuerdos entre empresas con sedes en diferentes puertos o países.

El Decreto contempla la concesión de ayudas complementarias. El 10% del presupuesto de ayudas se destinará a la concesión de ayudas a la reestructuración de las empresas y a la innovación tecnológica.

Posteriormente, el Ministerio de Transporte Italiano, indicó 30 líneas que se beneficiarán del *ecobono*, líneas que conectan los puertos italianos con cinco puertos europeos, entre los que se encuentran los españoles de Algeciras, Valencia, Barcelona y Tarragona, y el puerto francés de Toulon. La idea es la de aplicar una bonificación del 20% sobre las tarifas aplicadas para todos aquellos transportistas que utilicen estas líneas. La cuantía puede representar entre 135 y 150 euros de descuento para el flete.

A pesar de todos estos esfuerzos, la aplicación de este Real Decreto fue pospuesta para dar prioridad a un plan de eficiencia energética, en el que se presta especial atención a la movilidad sostenible y al transporte.

## **7.6 Cálculo comparativo del impacto medioambiental de las cinco rutas**

El objetivo principal de este apartado es realizar los cálculos de los costes externos de las cinco rutas obtenidas en el apartado anterior, y así poder realizar una comparativa del ahorro obtenido por costes externos entre el transporte marítimo de corta distancia multimodal y el transporte terrestre por carretera unimodal

De esta forma se podrán obtener los beneficios debido a los costes internos (capítulo 6) y los beneficios debido a los costes externos (capítulo 7), y poder así evaluar la viabilidad total de las rutas de este proyecto.

### **7.6.1 Metodología de cálculo**

Para poder hallar los valores de las emisiones producidas por el transporte por carretera y marítimo de corta distancia se ha diseñado una metodología de cálculo en base a dos proyectos: el OMIT<sup>120</sup> y el REALISE<sup>121</sup>.

---

<sup>120</sup>Programa desarrollado por el *Danish Environmental Protection Agency* en 2001 por el *Institut for Transportstudier* conjuntamente con la *Danish Trade Association of Internacional Transport* y el *Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GmbH* para calcular el consumo de energía y emisiones en los tramos marítimos para diferentes buques.

El programa realizado con *Excel*, consiste en varias hojas en las cuáles puede haber una o varias tablas que permiten calcular todos los valores necesarios para llevar a cabo el estudio. A continuación se explicará cada una de las diferentes hojas que constituyen el programa de cálculo, para poder comparar los costes externos incurridos por ambos modos de transporte.

### 7.6.1.1 Hoja 1: Initial data

	Origin	Destination		
Route	Azuqueca Henares	Naples		
Road unimodal distance (km)	2105			
Maritime distance (km)	1314,9			
Road multimodal distance (km)	374,1			
Ship's Name	Fantastic			
Linear meters	1850			
Speed of ship (in knots and km/h)	18	33,336		
Ship's Power (kW)	25916,04			
Number of FEU (theoretical)	66			
Load Factor (SHIP)	70%			
Hours of navigation by SSS	39,44			
Type of ship	Conventional ship			
			Manouvring	Hotteling
	Fuel consumption (kg/h) 100%	Fuel consumption (kg/h) 80%	Fuel consumption (kg/h) 40%	Fuel consumption (kg/h) 20%
Fuel consumption (kg/h) SHIP	5183,208	4146,5664	2073,2832	1036,6416
Load (truck) - maximum 25 Tm	18,75			
LOAD FACTOR (TRUCK)	75%			

Tabla 7-11: Hoja de datos iniciales para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

En primer lugar es necesario detallar:

1. Definición de la ruta: punto de partida (centro de mercancías de origen) y punto de llegada (centro de mercancías de destino). A partir de aquí y conociendo los puertos de origen y destino se obtendrán:
  - a. Distancia terrestre unimodal (en kilómetros).
  - b. Distancia marítima (en kilómetros).

<sup>121</sup> Regional Action for Logistical Integration of Ship. WP 3 – Environmental Impact Analyses. Final Report. June 2005. Shipping across Europe.

- c. Distancia terrestre multimodal (en kilómetros), dato no necesario para el estudio del ecobono español.

En el caso concreto del estudio del ecobono español (ver apartado 7.7), se definirán únicamente el puerto de salida y el puerto llegada, dado que se trata de comparar únicamente entre el tramo marítimo y el de carretera.

2. Nombre del buque: que realiza la ruta (en cada caso se introducirá el obtenido como óptimo en el capítulo anterior), a partir del nombre del buque se obtendrán las características principales del buque:
  - a. Metros lineales de carga del buque (ml).
  - b. Velocidad del buque (en nudos)
  - c. Potencia del buque (en kW).

En el caso del estudio del ecobono español, se usarán los buques que actualmente realizan transporte marítimo de corta distancia en España realizando un estudio global.

3. Factor de carga del buque (en porcentaje).

4. Factor de carga del camión (en porcentaje).

A partir de los metros lineales del buque, se pueden obtener los FEUs<sup>122</sup> teóricos que puede transportar el buque, dividiendo los metros lineales por 19,5 metros (resultado de considerar que la longitud de un vehículo articulado es de 16,5m<sup>123</sup>, más una distancia de 1,5 m a proa y popa del camión para el trincaje y cumplir con la normativa internacional sobre estiba).

La velocidad del buque se pasará a km/h para poder hacer los cálculos con las unidades correctas.

El consumo específico de combustible del motor principal está relacionado con los sistemas de propulsión instalados; pero el consumo de los motores diesel modernos es aproximadamente la mitad comparado con los viejos motores de vapor con la

---

<sup>122</sup> FEU: Forty feet Equivalent Unit, referido a la longitud de un contenedor de 40 pies.

<sup>123</sup> Según la Directiva 2002 CE, del 18 de Febrero del 2002, indica que la longitud máxima de un vehículo articulado es de 16,5m.

misma potencia<sup>124</sup>. Para este estudio se ha considerado que el consumo horario medio es de 200 g/kW por hora, ya que la mayoría de buques contemplados son propulsados por motores diesel de 4 tiempos.

La carga media del motor principal y la velocidad varía en función del tipo de buque. Por ejemplo, los bulkcarriers tienen unos valores medios inferiores (74%) que los petroleros (84%). Consecuentemente, la carga del motor puede variar del 60% al 95% para los buques seleccionados<sup>125</sup>.

A partir de la potencia del buque, y con un consumo medio de 200 g/kW·h se obtendrá el consumo horario del buque (en kg/h), que es el mínimo soportado por un motor diesel con una carga del motor del 100%. Para los cálculos se va a considerar una carga del motor del 80% en navegación, del 40% para las maniobras de atraque y desatraque y del 20% durante las operaciones de estancia en puerto.

Tipo de buque	Velocidad	Tm/Hora (80%)	Tm/Hora (40%)	Tm/Hora (20%)
Buque convencional	20	4,1472	2,0736	1,0368
Buque convencional rápido	27	5,0688	2,5344	1,2672
Buque alta velocidad	40	10,88	5,44	2,72

Tabla 7-12: Consumo horario basado en la carga del motor y la potencia. (Fuente propia)

Conociendo la distancia y la velocidad se pueden hallar las horas de la navegación del buque, y a partir de la potencia el consumo horario al 80% de la carga del motor. Con estos datos podremos saber los kilogramos de combustible consumido durante toda la navegación, y se podrán calcular las emisiones del transporte marítimo (hoja de cálculo SSS MULTIMODAL).

El programa también permite introducir el factor de carga del buque, ya que es normal que no vaya cargado en su totalidad, tanto por factores de estabilidad, seguridad, estiba, meteorología, y sobretodo por variaciones en la demanda de servicios según la época del año, junto con las fluctuaciones del mercado y la marcha de la economía en

<sup>124</sup> Endresen, O. et al. A historical reconstruction of ship's fuel consumption and emissions. Journal of Geophysical Research D. Vol. 11. (2007). D 1230. pp.1-17.

<sup>125</sup> Floedstoem, E. Energy and emission factors for ships in operation. KFB Rep (1997). SweddishTransport and Commerce Res. Board. Swedish Maritime Administration and Mariterm AB. Gothenburg. Sweden.

general. Se ha considerado, para estos cálculos, un factor de carga del 70% (valor promedio de llenado de un buque de transbordo rodado)<sup>126</sup>.

Para los cálculos de transporte por carretera se parte de la distancia terrestre y del peso cargado en un vehículo articulado de 40 Tm de peso máximo admisible y que puede cargar un máximo de 25 Tm.

El programa también permite introducir el peso de la carga que transporta el vehículo articulado. En este caso se ha considerado que el camión va cargado al 75% de la carga máxima, siendo el valor de la carga de 18,75 Tm.

En función del peso cargado y del consumo de fuel del camión en autopista y en congestión, que según el proyecto REALISE, es de 15,8 g/Tm-km en autopista y 25 g/Tm-km en congestión, se pueden hallar los kilogramos de combustible consumidos por el camión que realiza dicha ruta.

Adicionalmente se calcula el número de horas del trayecto marítimo (distancia marítima/velocidad buque) y en función de la velocidad se clasifica el buque en convencional (hasta 23 nudos), convencional rápido (de 23 a 30 nudos) o de alta velocidad (superior a 30 nudos). Se considera que el camión realiza todo el trayecto consumiendo gasoil.

#### **7.6.1.2 Hoja 2: Road unimodal**

Una vez obtenidos los datos iniciales se calcularán los costes externos para las dos condiciones, unimodal (terrestre) y multimodal (marítima y terrestre).

A partir de las emisiones obtenidas debidas al transporte de mercancías se cuantificarán en beneficios o costes económicos (en euros). Tanto los gramos de las emisiones como la cuantificación económica, son datos que se han obtenido del proyecto REALISE. Para el caso del transporte por carretera, los datos utilizados están basados en la normativa Euro IV (aunque la hoja creada también ofrece la posibilidad de calcularlo con la normativa Euro V).

---

<sup>126</sup> Dato obtenido en el *Emission Inventory Guidebook (EIG)*, en el modelo de cálculo del COPERT III (2002).

	Road (diesel) environmental impact
Distance (in km)	
Distance on highway (in km)	
Distance in congestion (in km)	
Load (in FEU)	
Fuel consumption highway (kg)	
Fuel consumption congested (kg)	
Tkm	
Cost air pollutions (in €)	
SO <sub>2</sub>	
NO <sub>x</sub>	
CO	
Nm-VOC	
PM	
Total	
Costs of transshipment (in €)	
Costs of noise (in €)	
Costs of accidents (in €)	
Costs of congestion (in €)	
Costs of global warming (in €)	

Tabla 7-13: Datos del transporte terrestre para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Se estima que en condiciones normales, un camión realiza el 80% del trayecto en autopista o carretera normal y el 20% en condiciones de congestión.

Para hallar las Toneladas por kilómetro (Tkm) se multiplica la distancia total por el número de FEUs y por el peso de cada FEU. Como se ha visto en la hoja 1, no sería realista suponer que el container estuviera totalmente cargado, así que se le supone el factor de carga del vehículo articulado.

A partir de aquí se calcularán, en primer lugar, las emisiones al aire de los diferentes contaminantes.

Para cada contaminante, se ha multiplicado el consumo de combustible total (en kg) por los gramos del contaminante que se emite por kilogramo de combustible consumido, obteniendo los gramos de contaminante total emitidos. A este valor (pasado a toneladas) se le multiplica por los euros que representa cada tonelada de

contaminante emitida, obteniendo los costes externos totales que representaría el consumo de combustible en aquel trayecto debido a cada uno de los contaminantes.

Primeramente se han calculado los contaminantes relacionados con la contaminación local (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, nm-VOC y PM). Con la suma de todos ellos, se obtiene el coste total de las emisiones de estos contaminantes.

A continuación se calculan (de la misma forma que en el apartado anterior) los costes de los contaminantes relacionados con la contaminación global (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y S).

Finalmente, y para obtener los costes externos totales del transporte de mercancías por carretera, se han calculado los costes debidos al ruido, a los accidentes y a la congestión, a partir de las siguientes fórmulas:

- Coste del ruido (en euros) = 0,0145 €/tkm \* Número de tkm
- Coste accidentes (en euros)=0,0035 €/tkm \* Número de tkm
- Coste de congestión (en euros)= 0,002277 €/tkm \* Número de tkm

Si se comparan las emisiones en g/kg del fuel de acuerdo con la normativa Euro V, se observará que el único valor que varía respecto a la normativa Euro IV es el NO<sub>x</sub>:

	Road: Euro IV		Road: Euro V	
	Road (diesel) highway value	Road (diesel) congestion value	Road (diesel) highway value	Road (diesel) congestion value
NO <sub>x</sub> (g/kg fuel)	28,125	8,980	3,661	5,131

Tabla 7-14: Gramos de NO<sub>x</sub> por kg de fuel consumido según la normativa Euro IV y Euro V. (Fuente: Proyecto Realise)

### 7.6.1.3 Hoja 3: Road multimodal

En el transporte multimodal se diferencian los siguientes tramos: Transporte por carretera multimodal y transporte marítimo de corta distancia (TMCD).

Para el transporte por carretera multimodal se aplicarán los mismos criterios que en el transporte unimodal. Este apartado no es aplicable para el estudio del ecobono español.

Los cálculos de esta hoja son los mismos que para la hoja *road unimodal*, cambiando únicamente las distancias. En este caso, la distancia terrestre es la suma de la distancia desde el centro de mercancías de expedición hasta el puerto de salida y la distancia desde el puerto de llegada al centro de mercancías de recepción.

Como ya se ha comentado, en el caso del estudio del ecobono español, esta hoja no se ha tenido en cuenta ya que la comparación de los costes externos es únicamente considerando las distancias, marítima y terrestre, entre los dos puertos de la ruta.

#### 7.6.1.4 Hoja 4: SSS multimodal

En el proyecto Realise, para el transporte marítimo de corta distancia se analizaron dos condiciones: las circunstancias normales (que representan la situación actual) y las circunstancias mejoradas (que se consideran con el 10% menos de emisiones en todos los agentes excepto para el S, el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub>). En este cálculo se han considerado las circunstancias mejoradas.

	SSS Environmental impact
Distance (in km)	
Load (in FEU)	
Hours	
Fuel consumption (in kg)	
Cost air pollutions (in €)	
SO <sub>2</sub>	
NO <sub>x</sub>	
CO	
nm-VOC	
PM	
Total	
Costs of noise (in €)	
Costs of accidents (in €)	
Costs of congestion (in €)	
Costs of global warming (in €)	

Tabla 7-15: Datos del transporte marítimo para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Para el caso del transporte marítimo, se ha calculado el consumo horario del buque (en kg/h); conociendo las horas totales de navegación del buque se obtendrán los kilogramos de combustible consumidos por trayecto.

Operando del mismo modo que para el transporte terrestre se obtendrán, en euros, los costes de la contaminación al aire y del calentamiento global.

Para hallar el valor del resto de los costes externos, se ha considerado:

- Coste debido al ruido: se considera 0,0042428 € por el número de FEU transportados y por el número de paradas por trayecto (siendo en este caso dos, una en cada puerto).
- Coste debido a los accidentes: es 0,00019 € por las Tkm.
- El valor del coste debido a la congestión: es de 3,95 € por el número de FEU transportados y por el número de paradas por trayecto.

#### **7.6.1.5 Hoja 5: Transhipment**

Se consideran las operaciones de estancia (*hotelling*) y de maniobra (*manouvering*) y están relacionadas únicamente con el transporte multimodal. Los costes por contaminación del aire y por el calentamiento global están contemplados en estas operaciones mientras que los costes de ruido, accidentes y congestión no son aplicables.

Se han considerado dos horas para las maniobras de los buques convencionales y los buques convencionales rápidos (1 hora para atraque y 1 hora para desatraque), y una hora para los buques de alta velocidad (media hora para cada maniobra). Para calcular el tiempo de estancia en puerto, se han considerado los valores obtenidos en el capítulo 6, donde se identificaban las frecuencias ideales para cada tipo de buque, y por lo tanto, la estancia de cada tipo de buque en puerto.

Ruta	Tipo de buque	Tiempo de estancia
Ruta 1	Buque convencional	8 horas
	Buque convencional rápido	4 horas
	Buque alta velocidad	6 horas
Ruta 2	Buque convencional	4horas / 6horas
	Buque convencional rápido	7 horas
	Buque alta velocidad	3horas / 9horas
Ruta 3	Buque convencional	4 horas
	Buque convencional rápido	3 horas
	Buque alta velocidad	10 horas
Ruta 4	Buque convencional	7horas/10 horas
	Buque convencional rápido	9 horas
	Buque alta velocidad	3 horas (12 horas)
Ruta 5	Buque convencional	4 horas
	Buque convencional rápido	11 horas
	Buque alta velocidad	5 horas/17 horas

Tabla 7-16: Tiempo de estancia en puerto en función del tipo de buque y de la ruta. (Fuente propia)

Para el estudio del ecobono español, las horas de estancia en puerto varían en función del tipo de buque (dato obtenido en la hoja INITIAL DATA); para realizar un estudio más general se ha considerado que el tiempo de estancia del buque en el puerto es de 4 horas y se ha tratado como una constante.

	Transshipment environmental impact
Length in hour hotel	
Length in hour manoeuvring	
FEU	
Total Fuel consumption (kg)	
<b>Cost air pollutions (in €)</b>	
SO <sub>2</sub>	
NO <sub>x</sub>	
CO	
nm-VOC	
PM	
<b>Total</b>	
Costs of global warming (in €)	

Tabla 7-17: Datos del trasbordo para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Para hallar el consumo total de combustible en kilogramos se multiplicarán las horas de estancia en puerto por el consumo horario del buque en estancia (al 20% de la carga del motor) más las horas de maniobra por el consumo horario del buque en maniobra (al 40% de la carga del motor).

A partir de aquí se hallará el coste del SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, nm-VOC, PM y del calentamiento global.

### 7.6.1.6 Hoja 6: Comparative Study

En esta hoja se muestran los resultados finales del estudio comparativo entre los resultados obtenidos para el transporte por carretera y la suma de los costes del transporte marítimo de corta distancia, más los de la estancia y maniobra (transshipment) más los del terrestre multimodal, obteniendo la diferencia, en coste, entre ambas alternativas de cada uno de los costes externos evaluados.

	Road Unimodal	Multimodal	Difference	SSS	Road Multimodal	Transshipment
SO <sub>2</sub>						
NO <sub>x</sub>						
CO						
nm-VOC						
PM						

	Road Unimodal	Multimodal	Difference	SSS	Road Multimodal	Transshipment
Costs of noise (in €)						
Costs of accidents (in €)						
Costs of congestion (in €)						
Costs of global warming (in €)						
Costs of transshipment (in €)						

Tabla 7-18: Tabla de resultados por categorías del cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

### 7.6.1.7 Hoja 7: Final Results

Finalmente, se ha calculado el ahorro económico total que supondría transportar un FEU a través del transporte marítimo de corta distancia en lugar de por carretera. Se ha dividido la diferencia total de los costes entre ambas alternativas por el número de FEUs que puede transportar el buque, hallando así el ahorro por FEU en cada trayecto.

Si este valor se divide por la distancia terrestre, se obtendrá el ahorro económico de un FEU por kilómetro terrestre no recorrido.

Potential saving (€) per FEU	Saving (€) per FEU per road km not travelled

Tabla 7-19: Resultados finales del cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

### 7.6.1.8 Hoja 8: Data

En esta hoja se han introducido los datos necesarios para calcular las emisiones y los costes del transporte unimodal y multimodal, datos obtenidos en el proyecto REALISE.

## 7.6.2 Cálculos

El objetivo de este apartado es comparar el impacto medioambiental en cada una de las rutas propuestas con la ayuda del programa descrito en el apartado anterior, donde se obtienen los costes externos debidos a las emisiones contaminantes liberadas en la atmósfera por parte de los medios de transporte considerados y su contribución al calentamiento de la atmósfera.

Para el estudio se han escogido aquellos factores relacionados con el impacto medioambiental sin considerar factores como el mantenimiento del vehículo ni el mantenimiento de las infraestructuras; sólo se han estudiado aquellos impactos medioambientales que están relacionados con la operación de los vehículos.

Este cálculo permitirá tener una visión básica de los costes externos del transporte en rutas específicas.

Las cadenas de transporte sujetas a estudio son las rutas obtenidas como más viables en el capítulo anterior. En este capítulo se valorarán los costes externos como otro factor a considerar en la viabilidad de una ruta, y poder decidir cuáles son las ventajas e inconvenientes que representa el transporte de carga y pasaje por vía marítima y por vía terrestre desde el punto de vista medioambiental y de los costes externos.

<b>Ruta 1</b>	ZAL Azuqueca de Henares	Valencia	Nápoles	Nápoles
<b>Ruta 2</b>	ZAL Barcelona	Barcelona	Civitavecchia	Roma
<b>Ruta 3</b>	ZAL Alicante	Alicante	Génova	Milán
<b>Ruta 4</b>	CETABSA Burgos	Tarragona	Génova	Milán
<b>Ruta 5</b>	CTB Benavente	Gijón	Hamburgo	Berlín

*Tabla 7-20: Rutas sujetas a estudio. (Fuente propia)*

En cada una de las rutas se estudiará el caso del transporte por carretera unimodal y el transporte multimodal únicamente con el buque óptimo obtenido en el capítulo anterior:

<b>Ruta 1</b>	Buque convencional
<b>Ruta 2</b>	Buque convencional
<b>Ruta 3</b>	Buque convencional
<b>Ruta 4</b>	Buque convencional rápido
<b>Ruta 5</b>	Buque convencional

*Tabla 7-21: Buques óptimos en función de la ruta. (Fuente propia)*

Las distancias terrestres y marítimas de cada una de las rutas son las siguientes:

	<b>Distancia terrestre (unimodal)</b>	<b>Distancia marítima (multimodal)</b>	<b>Distancia terrestre (multimodal)</b>
<b>Ruta 1</b>	2106,4	1314,9	374,1
<b>Ruta 2</b>	1358,3	813	82,6
<b>Ruta 3</b>	1493	1037,12	141,8
<b>Ruta 4</b>	1455	738,9	686,9
<b>Ruta 5</b>	2338,5	1827,9	498,4

*Tabla 7-22: Distancias terrestres y marítimas en función de la ruta. (Fuente propia)*

Para ello se considerarán aproximadamente las diferentes capacidades de carga de los buques seleccionados en el capítulo 6 en función de los metros lineales de cada uno:

Tipo de buque	Velocidad (nudos)	Potencia (kW)	Metros lineales (m)
Buque convencional	18	25916,04	1850
Buque convencional rápido	27	31680	1700

Tabla 7-23: Velocidad y capacidad de carga en función del tipo de buque. (Fuente propia)

Se calcula la carga en TEU (o FEU) transportada, ya que es la unidad más común para los modos de transporte usados en cadenas multimodales.

### 7.6.3 Comparativa de la contaminación local

En este apartado se ha analizado el coste de la contaminación local en función del agente contaminante y de la ruta:

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
SO <sub>2</sub>	33,092	22393,952	-22360,859
NO <sub>x</sub>	2629,991	5685,772	-3055,781
CO	0,436	2,231	-1,795
nm-VOC	67,795	232,929	-165,134
PM	3087,450	28388,679	-25301,229

Tabla 7-24: Coste de las emisiones de los agentes involucrados en la contaminación local en el aire de la Ruta 1, con buque convencional (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
SO <sub>2</sub>	21,339	14256,192	-14234,852
NO <sub>x</sub>	1695,935	3444,817	-1748,882
CO	0,281	1,569	-1,288
nm-VOC	43,717	156,969	-113,252
PM	1990,924	17741,842	-15750,918

Tabla 7-25: Coste de las emisiones de los agentes involucrados en la contaminación local en el aire de la Ruta 2, con buque convencional (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>SO<sub>2</sub></b>	23,456	17888,938	-17865,482
<b>NO<sub>x</sub></b>	1864,117	4356,892	-2492,775
<b>CO</b>	0,309	1,850	-1,541
<b>nm-VOC</b>	48,052	188,604	-140,552
<b>PM</b>	2188,361	22392,094	-20203,734

Tabla 7-26: Coste de las emisiones de los agentes involucrados en la contaminación local en el aire de la Ruta 3, con buque convencional (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>SO<sub>2</sub></b>	21,005	11088,464	-11067,459
<b>NO<sub>x</sub></b>	1669,374	3408,288	-1738,914
<b>CO</b>	0,277	1,558	-1,282
<b>nm-VOC</b>	43,032	156,991	-113,959
<b>PM</b>	1959,744	14490,090	-12530,347

Tabla 7-27: Coste de las emisiones de los agentes involucrados en la contaminación local en el aire de la Ruta 4, con buque convencional rápido (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>SO<sub>2</sub></b>	36,739	30708,958	-30672,219
<b>NO<sub>x</sub></b>	2919,784	7759,478	-4839,694
<b>CO</b>	0,484	2,872	-2,388
<b>nm-VOC</b>	75,265	304,980	-229,715
<b>PM</b>	3427,650	39016,459	-35588,809

Tabla 7-28: Coste de las emisiones de los agentes involucrados en la contaminación local en el aire de la Ruta 5, con buque convencional (en €). (Fuente propia)

Como regla general se puede decir que todos los agentes relacionados con la contaminación local al aire contaminan más en el caso multimodal que en el caso unimodal.

De entre ellos, el dióxido de azufre y las PM son las emisiones que representan un mayor coste para el transporte multimodal.

En el caso del monóxido de carbono la diferencia entre ambos modos se podría considerar casi despreciable.

El transporte unimodal implica una elevada emisión de NO<sub>x</sub> y PM mientras que el transporte multimodal implica una elevada emisión de SO<sub>2</sub>, así como también de NO<sub>x</sub> y

PM. El coste de las emisiones de nm-VOC en todos los casos son valores pequeños y en el caso del monóxido de carbono son valores que no superan los tres euros.

Cabe recordar que este tipo de contaminantes tienen una vida relativamente corta y por lo tanto su influencia es menor que en el caso de la contaminación global.

#### 7.6.4 Comparativa del calentamiento global y otros costes externos

En este apartado se ha analizado el coste del calentamiento global y de otros costes externos:

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>Coste contaminación acústica</b>	38031,660	6755,047	31276,613
<b>Coste accidentabilidad</b>	9180,056	1941,480	7238,576
<b>Coste de congestión</b>	5972,282	1585,328	4386,954
<b>Coste calentamiento global</b>	219,212	-8871,887	9091,099

Tabla 7-29: Coste de los diferentes costes externos de la Ruta 1, con buque (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>Coste contaminación acústica</b>	24524,498	1491,930	23032,568
<b>Coste accidentabilidad</b>	5919,706	552,330	5367,377
<b>Coste de congestión</b>	3851,192	758,837	3092,355
<b>Coste calentamiento global</b>	141,358	-5523,501	5664,859

Tabla 7-30: Coste de los diferentes costes externos de la Ruta 2, con buque convencional (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>Coste contaminación acústica</b>	26956,546	2560,803	24395,742
<b>Coste accidentabilidad</b>	6506,752	863,358	5643,395
<b>Coste de congestión</b>	4233,107	926,687	3306,420
<b>Coste calentamiento global</b>	155,376	-7026,085	7181,461

Tabla 7-31: Coste de los diferentes costes externos de la Ruta 3, con buque convencional (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>Coste contaminación acústica</b>	24140,409	11397,114	12743,295
<b>Coste accidentabilidad</b>	5826,995	2911,542	2915,453
<b>Coste de congestión</b>	3790,877	2271,761	1519,116
<b>Coste calentamiento global</b>	139,144	-4042,262	4181,405

Tabla 7-32: Coste de los diferentes costes externos de la Ruta 4, con buque convencional rápido (en €). (Fuente propia)

	Unimodal	Multimodal	Diferencia
<b>Coste contaminación acústica</b>	42222,292	8999,319	33222,973
<b>Coste accidentabilidad</b>	10191,588	2604,570	7587,018
<b>Coste de congestión</b>	6630,356	1937,756	4692,600
<b>Coste calentamiento global</b>	243,367	-12312,397	12555,764

Tabla 7-33: Coste de los diferentes costes externos de la Ruta 5, con buque convencional (en €). (Fuente propia)

Los costes por contaminación acústica en el transporte unimodal representan el valor más alto de todos los costes que se están valorando, y es siempre muy superior al caso multimodal; aunque en menor medida, los costes por accidentabilidad también son elevados.

Los costes por congestión son inferiores comparados con la contaminación acústica y la accidentabilidad.

Los costes por calentamiento global del transporte multimodal tienen un valor negativo debido a que el azufre tiene un impacto medioambiental positivo<sup>127</sup>. En este caso se considera al transporte multimodal como un beneficio extra respecto al unimodal.

Todos los costes que se han evaluado en esta sección son superiores en el caso del transporte unimodal respecto al multimodal.

<sup>127</sup> Estudio ExternE en la página 161: "los aerosoles de sulfato tiene un efecto de enfriamiento de corta duración, por lo tanto el modelo de los costes marginales de las emisiones de sulfuro es opuesto al modelo de los costes marginales de las emisiones de nitrógeno".

### 7.6.5 Comparativa de los costes externos totales

En este apartado se han introducido los cálculos finales del ahorro, en coste, de las diferentes rutas en función del tipo de buque. Esto permite al usuario final comparar entre el transporte unimodal y multimodal: los costes externos unimodales menos los costes externos multimodales.

Ruta	Ahorro coste externo multimodal /unimodal
Ruta 1	16,69
Ruta 2	79,92
Ruta 3	-2,66
Ruta 4	-67,06
Ruta 5	-199,88

Tabla 7-34: Ahorros del transporte multimodal por FEU y por viaje en función de la ruta. (Fuente propia)

Se observa que no existe un ahorro por costes externos en la ruta multimodal en todos los casos. Las rutas que tienen una mayor diferencia entre las distancias unimodales y multimodales son las que dan un resultado superior. También se observa que las rutas que tienen una distancia terrestre multimodal inferior también ofrecen valores positivos en el caso del transporte multimodal.

En el caso de comparar el transporte multimodal con un buque convencional rápido de la ruta 4, se observa que el transporte unimodal ofrece mayores beneficios relacionados con los costes externos que el multimodal.

### 7.6.6 Ahorro económico anual

En el apartado 6.2.2.6 del capítulo 6 se obtuvo la cantidad de carga que se podía transportar durante un año en función del tipo de buque y de las rutas. Si se traducen los metros lineales a FEU's, se obtienen aproximadamente el número de camiones que podrían salir de la carretera y pasar al TMCD al año, obteniendo la siguiente tabla:

<b>Ruta 1</b>	FEU's/año	14800
<b>Ruta 2</b>	FEU's/año	24666
<b>Ruta 3</b>	FEU's/año	19733
<b>Ruta 4</b>	FEU's/año	27200
<b>Ruta 5</b>	FEU's/año	9867

*Tabla 7-35: Número de FEU's que podría transportar cada uno de los servicios anualmente en función del buque óptimo. (Fuente propia)*

A partir de aquí y trabajando del mismo modo que en los apartados anteriores, se puede obtener el ahorro relacionado con los costes externos que representará cada una de las rutas anualmente:

	<b>Ahorro económico anual</b>
<b>Ruta 1</b>	247024,20
<b>Ruta 2</b>	1971476,922
<b>Ruta 3</b>	-52612,75
<b>Ruta 4</b>	-1824170,82
<b>Ruta 5</b>	-1972273,82

*Tabla 7-36: Ahorro económico anual en función de la ruta. (Fuente propia)*

Con estos resultados se puede valorar, por parte de los gobiernos, la aplicación de una tasa medioambiental considerando el ahorro anual que la sociedad eludiría en función de costes externos, en el caso de las dos primeras rutas.

## **7.7 Propuesta de metodología del Ecobono Español**

En este apartado se pretende estudiar la implantación del ecobono en el caso del transporte marítimo de corta distancia español. A partir del programa que calcula los costes externos de una ruta unimodal y multimodal, se obtendrán los beneficios que aporta el transporte marítimo de corta distancia en una zona determinada.

Se va a partir de la selección de varias rutas marítimas que tienen por origen y destino a varios puertos de distintas ciudades peninsulares y otros tantos del resto de Europa. Estas rutas, a diferencia del caso anterior, son reales, es decir, son rutas que existen y que están siendo actualmente explotadas por distintas navieras españolas y europeas. A la hora de calcular velocidades, consumos, potencias, emisiones a la atmósfera y tiempos de viaje, se han utilizado los datos extraídos de los buques que realmente

están realizando las rutas en líneas regulares. A partir de aquí, se ha configurado un servicio por carretera de idénticas características, pero partiendo de un modelo de vehículo de carretera articulado estándar.

En este apartado únicamente se han establecido rutas marítimas dejando de lado la parte multimodal del TMCD, lo que por otro lado permite hacer más directa la comparación entre los dos modos de transporte, es decir, en otras ocasiones la comparación se establecía entre sistemas de transporte unimodal versus multimodal con tramo marítimo, y en este caso la comparación es directa entre modos de transporte y no entre cadenas de transporte.

A continuación se ha establecido una comparativa entre todos los buques que realizan una misma ruta, obteniendo la condición más favorable representada por un buque, y además se ha efectuado un promedio para obtener un valor representativo que englobe a todos los buques. Este proceso se ha repetido para cada una de las 25 rutas. Con ello se ha obtenido el coste medio externo unitario por FEU transportado, el ahorro potencial por cada FEU transportado que supone el hecho de hacerlo por vía marítima, y asimismo, el ahorro potencial equivalente por FEU por kilómetro de carretera no recorrido para una posible ruta en el área mediterránea y otra para el área atlántica.

Después se han obtenido los mismos valores anteriores, pero desglosados por países, para obtener los costes que suponen las mercancías totales que se transportan al año hacia éstos o desde éstos, y obteniendo el coste total de todas las mercancías que se transportan por carretera, entre España y los países de la Unión Europea al año.

Y en último lugar, se ha obtenido el coste externo que genera todo el flujo de mercancías a través de los Pirineos, diaria y anualmente.

En el caso de las rutas efectuadas por buques car-carrier, la capacidad de estos buques no se mide usualmente en metros lineales sino en número de coches que son capaces de transportar y resulta muy complicado por no decir imposible hallar el número de FEUs que podrían transportar; el cálculo se ha realizado mediante otro método distinto que consiste en dividir el número máximo de turismos que puede transportar el buque entre 12, que es el número medio que puede transportar un tren de carretera portavehículos. Es decir, se calcula el número de trailers cargados con 12 turismos a los que la capacidad del buque equivale, y que de ser transportados por

vía marítima no circularían por carretera. De esta manera se ha equiparado este número de vehículos transportado por un tren de carretera portavehículos a lo que sería un FEU, como unidad de carga transportada. A partir de este cociente se obtiene, al igual que en el caso de los buque Ro-Ro, el número teórico que el buque podría transportar aplicándole también un factor de carga.

### 7.7.1 Selección de las rutas y de la flota

Para llevar a cabo este estudio, se han escogido un total de 25 rutas consideradas como TMCD entre España y Europa, operadas por distintas navieras, tanto españolas como de otros países comunitarios.

1	Barcelona	Civitavecchia
2	Barcelona	Génova
3	Barcelona	Fos Sur Mer
4	Barcelona	Livorno
5	Valencia	Salerno
6	Valencia	Livorno
7	Valencia	Palermo
8	Tarragona	Salerno
9	Tarragona	Livorno
10	Tarragona	Civitavecchia
11	Tarragona	Vado Savona
12	Vigo	Derince
13	Vigo	Livorno
14	Vigo	Málaga
15	Málaga	Livorno
16	Bilbao	Zeebrugge
17	Bilbao	Antwerp
18	Pasajes	Vlissingen
19	Santander	Zeebrugge
20	Pasajes	Zeebrugge
21	Vigo	Zeebrugge
22	Vigo	Bremerhaven
23	Málaga	Zeebrugge
24	Gijón	Zeebrugge
25	Gijón	Flushing

Tabla 7-37: Descripción de las rutas estudiadas en este apartado. (Fuente propia)

De entrada, se han seleccionado líneas que tuvieran como punto de origen ciudades peninsulares y como destino puertos en países<sup>128</sup> de la Unión Europea. Por otro lado, la frecuencia mínima para seleccionar la línea se estableció en una vez por semana.

Hay que destacar, también, que algunas rutas tienen orígenes o destinos próximos o idénticos a otras, a veces con los mismos países, pero otras con países de destino distintos; no obstante ello, no dejan de ser las rutas existentes en la actualidad.

A lo largo de la elaboración de este apartado alguna de las rutas ha sido modificada por la naviera responsable y otras han sido anuladas. Debido a esto, algunas de ellas no se han incluido en este estudio. De la misma forma, los buques que las realizan también han sido modificados, bien porque se cambiaron a otras rutas, bien porque durante el año y según la demanda de servicio éstos son enviados a otros destinos, o bien porque fueron vendidos a otras navieras; estos factores también se han tenido en cuenta.

Algunas de las navieras mantienen acuerdos de fletamento de buques entre sí, como es el caso de U.E.E.C. con la Flota Suardíaz y con Wallenius and Wilhelmsen.

No se han considerado rutas con países mediterráneos más allá de Italia, bien porque en algunos casos no existen, o bien porque de existir, no son líneas con frecuencias semanales, y están compuestas por varios puertos de recalada entre el origen y el destino. En este aspecto, se considera que los parámetros de flexibilidad, rapidez, regularidad y eficacia que una línea de TMCD requiere no se verían del todo satisfechos por las mismas, aunque sí cumplirían objetivos tan propios del TMCD como son acercar regiones remotas de países comunitarios, en cuanto a términos de cohesión social y económica. Además, se considera que a partir de cierta distancia, el servicio por carretera alternativo con destino a países tan remotos es inexistente a la hora de comparar costes, por ser de entrada completamente antieconómico y siendo por tanto la alternativa marítima claramente superior e incluso la única; para dejar constancia de ello se ha incluido una ruta entre Vigo y Derince<sup>129</sup> (Turquía). Sin

---

<sup>128</sup> A excepción de la ruta nº 14 entre los puertos españoles entre Vigo y Málaga, que se consideró interesante desde el punto de vista del cabotaje español, y que correspondería a la zona tanto atlántica como mediterránea.

<sup>129</sup> Ruta nº 12 Vigo-Derince.

embargo, esta ruta no se ha tenido en cuenta a la hora de establecer comparaciones y promedios, por considerarla poco representativa<sup>130</sup>.

Por lógica, todas las rutas estudiadas que parten de la Península transcurren por el Mar Mediterráneo o el Océano Atlántico, y es por ello que se han dividido en dos zonas bien diferenciadas que se corresponden precisamente con dos de las áreas definidas como Autopistas del Mar<sup>131</sup> por la Unión Europea en su *Libro Blanco del Transporte: tiempo de decidir*<sup>132</sup>, en las que ya las considera como parte integrante de las llamadas Redes Trans Europeas de Transporte (RTE-T)<sup>133</sup>.

Así pues observamos que las rutas definidas en el arco atlántico estarían englobadas en la Autopista del mar de Europa Occidental<sup>134</sup> y las definidas en el arco mediterráneo formarían parte de la Autopista del mar del Suroeste<sup>135</sup>.

La metodología seguida para el análisis de las rutas se basa en un estudio preliminar, por separado, de cada una de ellas mediante la metodología detallada; este estudio comienza con el cálculo del tiempo y del coste económico externo de cada una de las rutas para ambos modos, obteniendo el ahorro potencial que supone la ruta marítima. Este proceso se sigue de idéntico modo para cada buque que realiza la ruta, en el caso de tener características de potencia y de capacidad de carga diferentes.

Una vez finalizados los cálculos para todas las rutas en cada área, se hace una comparación de los costes de cada una, tanto por viaje como por el acumulado durante un año.

---

<sup>130</sup> Existen otros estudios, como el *Análisis medioambiental de la eficacia del transporte marítimo de corta distancia en las cadenas de transporte intermodal*; de los autores F. Xavier Martínez de Oses y José Manuel Rodríguez Nuevo con resultados claramente favorables a la cadena multimodal.

<sup>131</sup> “Una autopista del mar está integrada por el conjunto de orígenes y destinos, agentes, servicios e infraestructuras físicas que intervienen en la cadena de transporte en el entorno de un mar que los aglutina, y que posee unos estándares de calidad para los usuarios, operatividad y eficiencia que los convierte en una alternativa para el transporte atractiva para los cargadores y beneficiosa para la sociedad”. *El concepto de Autopistas del Mar en relación con España*. Asociación Española de Promoción del Transporte Marítimo de Corta Distancia. Consultrans. Septiembre, 2003, p. 167.

<sup>132</sup> COM (2001) 370 final. La política europea de transportes de cara al 2010. Bruselas (2001).

<sup>133</sup> La Red Trans Europea de Transporte (RTE-T) tiene como objetivo principal fomentar el establecimiento de nuevas conexiones regulares de carga entre estados miembros fomentando la sostenibilidad.

<sup>134</sup> Establece una conexión entre la Península Ibérica con el mar del Norte y el mar de Irlanda a través del Atlántico.

<sup>135</sup> Establece una conexión entre España, Francia, Italia y Malta, con la Autopista del mar de Europa del sureste (conexión del mar Adriático con el Jónico y el Mediterráneo oriental para englobar a Chipre).

El resultado final es una ruta media que se obtiene de la media de los resultados de todas las rutas. A partir de aquí se obtienen distintos resultados aplicables al transporte de mercancías entre España y la Unión Europea.

### 7.7.1.1 Navieras

Las navieras que realizan las líneas marítimas del TMCD objeto de análisis de este estudio son las siguientes:

Naviera	Número de líneas
Grimaldi Group Napoli	5
Grandi Navi Veloci	1
Flota Suardiaz	6
Transfennica	1
Finnlines	1
U.E.C.C.	10
Med Seaway	1
<b>Total</b>	<b>25</b>

Tabla 7-38: Líneas que realizan TMCD en función de las navieras. (Fuente propia)

### 7.7.1.2 Países de destino

Los países comunitarios de destino se pueden dividir en dos grandes áreas que se corresponden con los arcos mediterráneo y atlántico.

#### Arco Mediterráneo

País	Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Francia	Barcelona-Fos Sur Mer	1	Flota Suardiaz
Italia	Barcelona-Civitavecchia	6	Grimaldi Group Napoli
	Barcelona-Génova	6	Grandi Navi Veloc.
	Barcelona-Livorno	3	Grimaldi Group Napoli
	Valencia-Salerno	3	Grimaldi Group Napoli
	Valencia-Livorno	3	Grimaldi Group Napoli
	Valencia-Palermo	1	Grimaldi Group Napoli
	Tarragona-Salerno	2	Flota Suardiaz
	Tarragona-Livorno	2	Flota Suardiaz
	Tarragona-Civitavecchia	1	Flota Suardiaz
	Tarragona-Vado Savona	2	Med Seaway
	Vigo-Livorno	1	U.E.C.C.
	Málaga-Livorno	1	U.E.C.C.

Tabla 7-39. Líneas marítimas con Italia y Francia. (Fuente propia)

Existen otras dos rutas que aunque no pertenezcan a los países definidos, se han incluido por tener un interés especial:

<b>Puerto origen-destino</b>	<b>Frecuencia semanal</b>	<b>Naviera</b>
Vigo-Derince	1	U.E.C.C.
Vigo-Málaga	1	U.E.C.C.

*Tabla 7-40. Otras líneas marítimas. (Fuente propia)*

La ruta de Vigo-Málaga podría considerarse tanto atlántica como mediterránea, ya que transcurre por ambas regiones marítimas.

### **Arco atlántico**

<b>País</b>	<b>Puerto origen-destino</b>	<b>Frecuencia semanal</b>	<b>Naviera</b>
Bélgica	Bilbao-Zeebrugge	3	Transfennica
	Bilbao-Antwerp	2	Finnlines
	Santander-Zeebrugge	2	U.E.C.C.
	Pasajes-Zeebrugge	4	U.E.C.C.
	Vigo-Zeebrugge	1	U.E.C.C.
	Málaga-Zeebrugge	1	U.E.C.C.
	Gijón-Zeebrugge	1	Flota Suardíaz
Holanda	Pasajes-Vlissingen	1	U.E.C.C.
	Gijón-Flushing	1	Flota Suardíaz
Alemania	Vigo-Bremerhaven	1	U.E.C.C.

*Tabla 7-41. Líneas marítimas con Bélgica, Holanda y Alemania. (Fuente propia)*

#### **7.7.1.3 Flota**

Las 25 rutas que se han seleccionado para llevar a cabo este estudio están siendo realizadas actualmente por un total de 56 buques, que en algunos casos se repiten. Sin embargo, el hecho de que un buque pueda realizar más de una ruta en diferentes momentos no hace que se considere una sola vez a la hora de contabilizar el total de buques que se están estudiando.

## **Velocidad de los buques**

La velocidad media obtenida de la suma de todas las velocidades es de 19,91 nudos; la velocidad que más se repite de entre todas las observadas es de 20 nudos, siendo un 37% del total de velocidades. Las velocidades mínimas y máximas observadas son 13,5 y 32 nudos respectivamente. El 74% de los buques desarrollan velocidades entre los 17 y los 23 nudos.

<b>Concepto</b>	<b>Velocidad (nudos)</b>	<b>Nº de buques</b>	<b>% del total</b>
Velocidad media	19,91		-
Velocidad tipo	20	21	37,50
Velocidad máxima	32	1	1,78
Velocidad mínima	13,5	1	1,78
Velocidad mayor de	20	16	28,57
Velocidad menor de	20	19	33,93

*Tabla 7-42: Velocidad de la flota analizada, año 2008. (Fuente propia)*

## **Edad de la flota**

La edad media obtenida de los buques analizados es de unos 12 años, resultando una edad no excesivamente elevada, lo que tratándose de buques Ro-Ro y Ro-Pax es importante, debido al hecho de que algunos transportan pasaje y al hecho que la seguridad de éstos, debido a sus características constructivas, ha sido puesta en entredicho en algunas ocasiones a raíz de varios accidentes marítimos ocurridos durante los últimos tiempos.

La edad máxima observada es de 28 años, correspondiendo únicamente a un solo buque, el Malta Express. La edad mínima corresponde al buque Cruise Roma, siendo de solamente 3 meses a junio de 2008.

La edad tipo que se repite con más frecuencia es de 15 años, siendo un 19,6% del total.

Concepto	Años	Nº de buques	% del total
Edad media	12	-	-
Edad tipo	15	11	19,6
Edad máxima	28	1	1,78
Edad mínima	0,25	1	1,78
Edad mayor de	20	5	8,92
Edad mayor de	10	35	62,5
Edad menor de	10	21	37,5
Edad menor de	5	8	14,2

Tabla 7-43: Edad de la flota analizada, año 2008. (Fuente propia)

Si se analizan las características básicas de los buques, el principal tipo de motor de que disponen estos buques es mayoritariamente diesel cuatro tiempos, siendo solamente un 25% de dos tiempos.

Concepto	Promedio	Tipo	Máxima	Mínima
Potencia (kilowatios)	13.596,6	7.943	67.200	4.487
Eslora (metros)	158,732	126,9	225	107,91
Manga (metros)	23,516	28,05	30,41	18,55
Calado (metros)	7,017	6,213	8,79	6
Tonelaje Bruto (GT)	21.264,607	11.591	53.360	8.126
Peso Muerto (Tm)	7.835,56	4.442	15.500	3.314

Tabla 7-44: Características de la flota analizada, año 2008. (Fuente propia)

A continuación se pueden observar los pabellones de la flota analizada en este apartado:

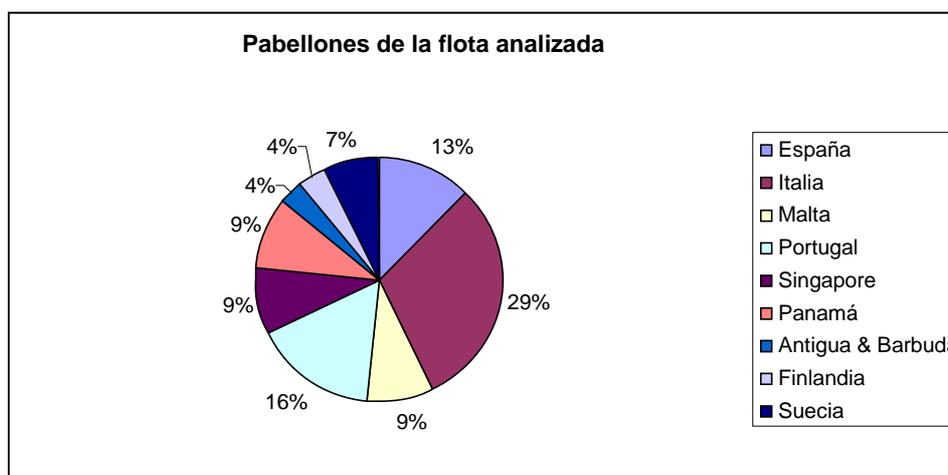


Figura 7-7: Pabellones de la flota, 2008. (Fuente propia)

## 7.7.2 Análisis de las rutas. Cálculo de los costes externos

Del mismo modo que en el estudio de las cinco rutas, se ha realizado el cálculo de los costes externos de las rutas existentes de TMCD entre España y Europa. Como ya se ha comentado, en este caso únicamente se ha considerado el tramo marítimo entre puertos sin tener en cuenta el tramo terrestre multimodal.

En primer lugar se han calculado los viajes que realiza el buque al año, dato que se obtiene de multiplicar la frecuencia semanal de la ruta por 2, ya que se realizan los viajes de ida y vuelta, y luego se multiplica por 52 semanas.

A continuación se ha calculado el número de FEUs susceptible de ser transportado al año por la ruta, y siendo a la vez un número equivalente al número de camiones que dejan de circular por carretera. Este dato se obtiene de multiplicar el número de viajes anual por el número de FEUs transportado en cada viaje por un solo buque.

Seguidamente se han calculado los resultados anuales para los costes externos. A partir del ahorro por FEU transportado en cada viaje se obtiene el ahorro anual por cada FEU transportado, al multiplicarlo por el número de viajes realizados al año. El ahorro total anual de la línea lo obtenemos multiplicando el ahorro por cada FEU transportado en un solo viaje, por el número de FEUs transportados al año en toda la línea.

### 7.7.2.1 Rutas del Mediterráneo

#### 7.7.2.1.1 Ruta Barcelona – Civitavecchia

Características de la ruta	
Puerto de origen	Barcelona
Puerto de destino	Civitavecchia
Distancia terrestre (km)	1274
Tiempo invertido por carretera (h)	34,74
Distancia marítima (km/mn)	813,03/ 439
Frecuencia	6 por semana
Compañía	Grimaldi Group Napoli

Tabla 7-45: Características principales de la ruta Barcelona – Civitavecchia con la compañía Grimaldi Group Napoli. (Fuente propia)

Las características de los buques que actualmente realizan esta ruta son los siguientes:

<b>Buque: Cruise Roma</b>	
<b>Tipo</b>	Ro-Ro/Ro-Pax
<b>Fecha de construcción</b>	13/03/2008
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	27,5/ 50,93
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	19,96
<b>Capacidad en metros lineales</b>	3060
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	157
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	110
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	55440
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	225
<b>Manga (m)</b>	30,41
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	53360
<b>Propietario</b>	Grimaldi Group Napoli
<b>Pabellón de registro</b>	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Registro Italiano Navale
<b>Capacidad camiones</b>	180
<b>Capacidad coches</b>	215
<b>Capacidad pasajeros</b>	2300
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	17.614,98
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	160,3605
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,1259

Tabla 7-46: Características principales del buque Cruise Roma y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: Eurostar Barcelona</b>	
<b>Tipo</b>	Ro-Ro/Ro-Pax
<b>Fecha de construcción</b>	08/03/2001
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	32/ 59,26
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	17,72
<b>Capacidad en metros lineales</b>	1900
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	97
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	68
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	50424
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	211,19
<b>Manga (m)</b>	25
<b>Calado (m)</b>	6,8
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	31730
<b>Peso muerto (Tm)</b>	7680
<b>Propietario</b>	Grimaldi Group Napoli
<b>Pabellón de registro</b>	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Registro italiano Navale
<b>Capacidad camiones</b>	150
<b>Capacidad coches</b>	200
<b>Capacidad pasajeros</b>	1200
<b>Número de rampas</b>	2 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	4.573,22
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	67,0510
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,0526

Tabla 7-47: Características principales del buque Eurostar Barcelona y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: Eurostar Roma</b>	
<b>Tipo</b>	Ro-Ro/Ro-Pax
<b>Fecha de construcción</b>	03/04/1995
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	27/ 50
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	34,74
<b>Capacidad en metros lineales</b>	
	1700
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	87
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	61
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	
	31680
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	
	173,7
<b>Manga (m)</b>	
	24
<b>Calado (m)</b>	
	6,4
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	
	27700
<b>Peso muerto (Tm)</b>	
	5717
<b>Propietario</b>	
	Grimaldi Group Napoli
<b>Pabellón de registro</b>	
	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	
	Registro italiano Navale
<b>Capacidad camiones</b>	
	110
<b>Capacidad coches</b>	
	100
<b>Capacidad pasajeros</b>	
	1335
<b>Número de rampas</b>	
	1 a proa/ 2 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	
	8.738,45
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	
	143,1931
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	
	0,1124

Tabla 7-48: Características principales del buque Eurostar Roma y resultados. (Fuente propia)

De los resultados obtenidos se observa que el buque Cruise Roma, con una potencia de 55.440 kW y una capacidad de 110 FEUs, es el que presenta mejores valores de ahorro en costes externos respecto a la alternativa terrestre para esta ruta, ya que consigue un ahorro en costes externos de 17.614,98 euros anuales, un ahorro por FEU en costes totales de 167,77 euros por viaje, y un ahorro en costes externos por

FEU y por kilómetro recorrido de 0,12587 euros. El siguiente buque en términos de rentabilidad sería el Eurostar Roma, y por último el Eurostar Barcelona.

#### 7.7.2.1.2 Ruta Barcelona – Génova

Características de la ruta	
Puerto de origen	Barcelona
Puerto de destino	Génova
Distancia terrestre (km)	857
Tiempo mínimo invertido por carretera (h)	28,43
Distancia marítima (km/millas)	651,90/ 352
Frecuencia	6 por semana
Compañía	Grandi Navi Veloci

Tabla 7-49: Características principales de la ruta Barcelona –Génova con la compañía Grandi Navi Veloci. (Fuente propia)

Buque: Majestic	
Tipo	Ferry/pasaje/vehículos
Fecha de construcción	Mayo 1993
Velocidad (nudos/ km/h)	23/ 42,6
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	19,30
Capacidad en metros lineales	1850
Capacidad FEUs teóricos	95
Capacidad FEUs efectivos	66
Potencia motor principal (kW)	36000
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	188,22
Manga (m)	28
Calado (m)	6,715
Tonelaje Bruto (GT)	32777
Peso muerto (Tm)	6875
Propietario	Grandi Navi Veloci
Paellón de registro	Italia
Sociedad de Clasificación	American Bureau of Shipping/ Registro Italiano Navale

Capacidad coches	760
Capacidad pasajeros	1790
Número de rampas	3 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	-1.747,51
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	-26,3138
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	-0,0307

Tabla 7-50: Características principales del buque Majestic y resultados. (Fuente propia)

Buque: Splendid	
Tipo	Ferry/pasaje/vehículos
Fecha de construcción	Mayo 1994
Velocidad (nudos/ km/h)	23/ 42,6
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	19,30
Capacidad en metros lineales	2259
Capacidad FEUs teóricos	116
Capacidad FEUs efectivos	81
Potencia motor principal (kW)	36000
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	214,14
Manga (m)	28
Calado (m)	6,65
Tonelaje Bruto (GT)	39139
Peso muerto (Tm)	6875
Propietario	Grandi Navi Veloci
Pabellón de registro	Italia
Sociedad de Clasificación	Registro Italiano Navale
Capacidad coches	1010
Capacidad pasajeros	2200
Número de rampas	3 a popa
Ahorro potencial en costes externos de	3.316,47

la opción marítima (€)	
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	40,8975
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,0477

Tabla 7-51: Características principales del buque Spendid y resultados. (Fuente propia)

Buque: Excellent	
Tipo	Ferry/pasajeros/ vehículos
Fecha de construcción	Junio 1998
Velocidad (nudos/ km/h)	23/42,6
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	19,30
Capacidad en metros lineales	2000
Capacidad FEUs teóricos	103
Capacidad FEUs efectivos	72
Potencia motor principal (kW)	25952
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	202,83
Manga (m)	28
Calado (m)	6,65
Tonelaje Bruto (GT)	39739
Peso muerto (Tm)	7300
Propietario	Grandi Navi Veloci
Pabellón de registro	Italia
Sociedad de Clasificación	American Bureau of Shipping/Registro italiano navale
Capacidad coches	760
Capacidad pasajeros	2230
Número de rampas	3 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	6.990,63
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	97,3695
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,1136

Tabla 7-52: Características principales del buque Excellent y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: Audacia</b>	
<b>Tipo</b>	Ferry/pasaje/ vehículos
<b>Fecha de construcción</b>	Septiembre 2007
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	25/46,3
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	18,08
<b>Capacidad en metros lineales</b>	3000
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	154
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	108
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	24000
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	200
<b>Manga (m)</b>	26,6
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	25058
<b>Propietario</b>	Grandi Navi Veloci
<b>Paellón de registro</b>	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Registro italiano navale
<b>Capacidad coches</b>	500
<b>Capacidad pasajeros</b>	600
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	22.023,57
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	204,5045
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2386

Tabla 7-53: Características principales del buque Audacia y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: Excelsior</b>	
<b>Tipo</b>	Ferry/pasaje/vehículo
<b>Fecha de construcción</b>	07 mayo 1999
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	24/ 44,45
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	18,67
<b>Capacidad en metros lineales</b>	3000

Capacidad FEUs teóricos	154
Capacidad FEUs efectivos	108
Potencia motor principal (kW)	28944,8
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	202
Manga (m)	28
Tonelaje Bruto (GT)	39800
Propietario	Grandi Navi Veloci
Pabellón de registro	Italia
Sociedad de Clasificación	American Bureau of Shipping / Registro italiano navale
Capacidad coches	760
Capacidad pasajeros	2253
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	18.148,41
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	168,5209
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,1966

Tabla 7-54: Características principales del buque Excelsior y resultados. (Fuente propia)

Buque: La Suprema	
Tipo	Ferry/pasaje/vehículos
Fecha de construcción	01 mayo 2003
Velocidad (nudos/ km/h)	30/ 55,56
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	15,733
Capacidad en metros lineales	2.500
Capacidad FEUs teóricos	128
Capacidad FEUs efectivos	90
Potencia motor principal (kW)	67.200
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	211,500
Manga (m)	30,000

<b>Calado (m)</b>	7,450
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	
	49.270
<b>Peso muerto (Tm)</b>	9.720
<b>Propietario</b>	
	Grandi Navi Veloci
<b>Pabellón de registro</b>	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	American Bureau of Shipping/Registro italiano navale
<b>Capacidad coches</b>	
	984
<b>Capacidad pasajeros</b>	2.920
<b>Número de rampas</b>	3 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	
	-4.327,81
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	-48,2242
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	-0,0563

Tabla 7-55: Características principales del buque La Suprema y resultados. (Fuente propia)

Es preciso comentar que en la última consulta a los servicios ofrecidos por esta naviera, los buques Excellent y La Suprema ya no estaban realizando la ruta, siendo el resto de buques los encargados de llevarla a cabo. Sin embargo, y dado que ya se habían incluido en este apartado, se ha considerado interesante que continúen formando parte del mismo, por tratarse de buques de diferentes características que pueden aportar datos adicionales.

De los resultados obtenidos se observa que el Audacia, con una potencia de 24.000 kW y una capacidad de 108 FEUs, es el que presenta mejores valores de costes externos y ahorro en costes externos respecto a la alternativa terrestre para esta ruta. A continuación, el siguiente buque en términos de rentabilidad sería el Excelsior, el Excellent, y el Splendid, y por último el Majestic y la Suprema.

Estos dos últimos presentan valores negativos, lo que representarían el estudio por debajo del umbral de rentabilidad de esta ruta, es decir el punto a partir del cuál no existe un ahorro en costes externos respecto a la opción terrestre.

### 7.7.2.1.3 Ruta Barcelona – Fos Sur Mer

Características de la ruta	
Puerto de origen	Barcelona
Puerto de destino	Fos Sur Mer
Distancia terrestre (km)	454
Tiempo mínimo invertido por carretera (h)	10,80
Distancia marítima (km/millas náuticas)	342,62/ 185,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	Flota Suardíaz

Tabla 7-56: Características principales de la ruta Barcelona –Fos sur Mer con la compañía Suardíaz. (Fuente propia)

Buque La Surprise	
Tipo	Ro-Ro
Fecha de construcción	Marzo 2000
Velocidad (nudos/ km/h)	20/37,04
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	13,25
Capacidad en metros lineales	1500
Capacidad FEUs teóricos	95
Capacidad FEUs efectivos	66
Potencia motor principal (kW)	12960
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	141,25
Manga (m)	21
Calado (m)	6,2
Tonelaje Bruto (GT)	15224
Peso muerto (Tm)	6000
Propietario	Flota Suardíaz, SA
Pabellón de registro	España
Sociedad de Clasificación	Lloyd's Register of Shipping
Capacidad camiones	107
Capacidad coches	1253
Número de rampas	1 a popa

<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	4.080,39
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	75,7787
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,1669

Tabla 7-57: Características principales del buque La Surprise y resultados. (Fuente propia)

Esta ruta, por el hecho de ser la más corta de todas las estudiadas, obtiene valores bajos de ahorro en costes, aunque sigue siendo rentable respecto a la alternativa terrestre ya que es realizada por un buque de potencia moderada (12.960 kW) y capacidad de carga media (66 FEUs al 70%).

#### 7.7.2.1.4 Ruta Barcelona – Livorno

Características de la ruta	
<b>Puerto de origen</b>	Barcelona
<b>Puerto de destino</b>	Livorno
<b>Distancia terrestre (km)</b>	1033
<b>Tiempo invertido por carretera (h)</b>	31,52
<b>Distancia marítima (km/millas náuticas)</b>	717,84/ 387,6
<b>Frecuencia</b>	3 por semana
<b>Compañía</b>	Grimaldi Group Napoli

Tabla 7-58: Características principales de la ruta Barcelona –Livorno con la compañía Grimaldi Group Napoli. (Fuente propia)

Buque: Florencia	
<b>Tipo</b>	Ferry/pasaje/ vehículos
<b>Fecha de construcción</b>	Abril 2004
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	23/42,596
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	20,85
<b>Capacidad en metros lineales</b>	2700
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	138
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	97

<b>Potencia motor principal (kW)</b>	21600
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	186
<b>Manga (m)</b>	25,6
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	26302
<b>Propietario</b>	Atlantica Spa di Navigazione
<b>Pabellón de registro</b>	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Italian International Register
<b>Capacidad camiones</b>	172
<b>Capacidad coches</b>	160
<b>Número de pasajeros</b>	1000
<b>Número de rampas</b>	1 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	24.340,93
<b>Ahorro por FEU en costes externos</b>	251,1366
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2431

Tabla 7-59: Características principales del buque *Florenzia* y resultados. (Fuente propia)

#### 7.7.2.1.5 Ruta Valencia – Salerno

Características de la ruta	
<b>Puerto de origen</b>	Valencia
<b>Puerto de destino</b>	Salerno
<b>Distancia terrestre (km)</b>	1946
<b>Tiempo mínimo invertido por carretera (h)</b>	58,70
<b>Distancia marítima (km/millas náuticas)</b>	731/ 1353,81
<b>Frecuencia</b>	3 por semana
<b>Compañía</b>	Grimaldi Group Napoli

Tabla 7-60: Características principales de la ruta Valencia – Salerno con la compañía Grimaldi Group Napoli. (Fuente propia)

<b>Buque: Eurocarga Valencia</b>	
<b>Tipo</b>	Ro-Ro
<b>Fecha de construcción</b>	Octubre 1999
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	20/37,04
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	40,55
<b>Capacidad en metros lineales</b>	2550
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	131
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	92
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	12510
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	195
<b>Manga (m)</b>	25,2
<b>Calado (m)</b>	7,8
<b>Tonelaje bruto (GT)</b>	20883
<b>Peso muerto (Tm)</b>	15500
<b>Propietario</b>	Atlantica Spa di Navigazione
<b>Pabellón de registro</b>	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Italian International Register
<b>Capacidad pasajeros</b>	12
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	53.086,47
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	579,9363
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2980

Tabla 7-61: Características principales del buque Eurocarga Valencia y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: Eurostar Salerno</b>	
<b>Tipo</b>	Ferry/pasajeros/ vehículos
<b>Fecha de construcción</b>	Diciembre 2003
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	24/44,448
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	34,46
<b>Capacidad en metros lineales</b>	2100
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	108

Capacidad FEUs efectivos	75
Potencia motor principal (kW)	18900
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	186,4
Manga (m)	25,6
Calado (m)	6,62
Tonelaje Bruto (GT)	26000
Peso muerto (Tm)	7150
Propietario	Levantina Transporti Sri
Pabellón de registro	Italia
Sociedad de Clasificación	Registro italiano navale
Capacidad pasajeros	1300
Número de rampas	1 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima anual (€)	34.808,86
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	461,7501
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2373

Tabla 7-62: Características principales del buque Eurostar Salerno y resultados. (Fuente propia)

Buque: Eurostar Valencia	
Tipo	Ferry/pasaje/vehículos
Fecha de construcción	Junio 2003
Velocidad (nudos/ km/h)	24/44,448
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	34,46
Capacidad en metros lineales	2200
Capacidad FEUs teóricos	113
Capacidad FEUs efectivos	79
Potencia motor principal (kW)	18900
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	186,4
Manga (m)	25,6

Calado (m)	6,62
Tonelaje Bruto (GT)	25984
Peso muerto (Tm)	7150
Propietario	Atlantica Spa di Navigazione
Pabellón de registro	Italia
Sociedad de Clasificación	Registro Italiano Navale
Número de camiones	172
Número de coches	160
Capacidad pasajeros	1043
Número de rampas	1 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	37.693,02
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	477,2817
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2453

Tabla 7-63: Características principales del buque Eurostar Valencia y resultados. (Fuente propia)

Buque: Setúbal Express	
Tipo	Ro-Ro
Fecha de construcción	Noviembre 1992
Velocidad (nudos/ km/h)	17,8/32,9656
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	45,07
Capacidad en metros lineales	2350
Capacidad FEUs teóricos	121
Capacidad FEUs efectivos	84
Potencia motor principal (kW)	9720
Tipo de motor principal	Diesel 2t
Eslora (m)	169,4
Manga (m)	23,8
Calado (m)	8,79
Tonelaje Bruto (GT)	16925
Peso muerto (Tm)	13480

<b>Pabellón de registro</b>	Malta
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Registro italiano navale
<b>Número de coches</b>	1158
<b>Número de rampas</b>	1 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	49.916,33
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	591,7133
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,3041

Tabla 7-64: Características principales del buque Setúbal Express y resultados. (Fuente propia)

Buque Salerno Express	
<b>Tipo</b>	Ro-Ro
<b>Fecha de construcción</b>	Agosto 1982
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	16/29,632
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	49,69
<b>Capacidad en metros lineales</b>	770
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	39
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	28
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	4487
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 2t
<b>Eslora (m)</b>	140,11
<b>Manga (m)</b>	19,23
<b>Calado (m)</b>	6,643
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	8428
<b>Peso muerto (Tm)</b>	4600
<b>Pabellón de registro</b>	Malta
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Registro italiano navale
<b>Número de coches</b>	493
<b>Número de rampas</b>	1 a proa/ 1 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	13.035,14

<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	471,5868
<b>Ahorro en coste externo por FEU por Km. de carretera no recorrido</b>	0,2423

Tabla 7-65: Características principales del buque Salerno Express y resultados. (Fuente propia)

En esta ruta todos los buques ofrecen buenos resultados, por tratarse de una distancia bastante larga entre los puntos de origen y destino, y porque todos los buques son de características similares, con potencias moderadas y capacidades de carga medias.

De los resultados obtenidos se observa que el buque Eurocargo Valencia, con una potencia de 12.510 kW y una capacidad de 92 FEUs, es el que presenta mejores valores de ahorro en costes externos respecto a la alternativa terrestre para esta ruta. El siguiente buque en términos de rentabilidad sería el Setúbal Express, el Eurostar Valencia, el Eurostar Salerno, y por último el Salerno Express; este último, aunque dispone de poca potencia (4.487 kW, la mínima observada en todo el estudio), cuenta también con poca capacidad.

#### 7.7.2.1.6 Ruta Valencia – Livorno

<b>Características de la ruta</b>	
<b>Puerto de origen</b>	Valencia
<b>Puerto de destino</b>	Livorno
<b>Distancia terrestre (km)</b>	1373
<b>Tiempo mínimo invertido por carretera (h)</b>	50,31
<b>Distancia marítima (km/millas náuticas)</b>	538,30/996,93
<b>Frecuencia</b>	3 por semana
<b>Compañía</b>	Grimaldi Group Napoli

Tabla 7-66: Características principales de la ruta Valencia –Livorno con la compañía Grimaldi Group Napoli. (Fuente propia)

<b>Buque: Salerno Express</b>	
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	8.783,11
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	317,7561
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2314

Tabla 7-67: Resultados del buque Salerno Express para la ruta Valencia Livorno. (Fuente propia)

<b>Buque: Malta Express</b>	
<b>Tipo</b>	Ferry/pasaje/vehículos
<b>Fecha de construcción</b>	Mayo 1980
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	18/ 33,336
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	33,91
<b>Capacidad en metros lineales</b>	1150
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	59
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	41
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	11032
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	126,5
<b>Manga (m)</b>	21,01
<b>Calado (m)</b>	6,32
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	11457
<b>Peso muerto (Tm)</b>	3314
<b>Propietario</b>	Short Med Shipping Co Ltd
<b>Pabellón de registro</b>	Malta
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Registro italiano navale
<b>Número de rampas</b>	1 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	8.443,51
<b>Ahorro por FEU en costes externos</b>	204,5323
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,1490

Tabla 7-68: Características principales del buque Malta Express y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: Sorrento</b>	
<b>Tipo</b>	Ferry/pasaje/vehículos
<b>Fecha de construcción</b>	Junio 2003
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	24/ 44,448
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	34,46
<b>Capacidad en metros lineales</b>	2200
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	113

<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	79
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	18900
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	186,4
<b>Manga (m)</b>	25,6
<b>Calado (m)</b>	6,62
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	25984
<b>Peso muerto (tm)</b>	7150
<b>Propietario</b>	Atlantica Spa di Navigazione
<b>Pabellón de registro</b>	Italia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Registro italiano navale
<b>Número de camiones</b>	172
<b>Número de coches</b>	160
<b>Capacidad pasajeros</b>	1043
<b>Número de rampas</b>	1 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	25.425,78
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	321,9498
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2345

*Tabla 7-69: Características principales del buque Sorrento y resultados. (Fuente propia)*

Como se ha podido observar con el buque Salerno Express, en el caso de que un mismo buque realice varias rutas, simplemente se han introducido los valores de los resultados. En esta ruta, el buque Sorrento es el que presenta mejores cifras de ahorro.

### 7.7.2.1.7 Ruta Valencia – Palermo

Características de la ruta		
Puerto de origen		Valencia
Puerto de destino		Palermo
Distancia terrestre total (km)		2616
Distancia terrestre (km)	Valencia- Reggio di Calabria	2379
	Messina- Palermo	237
Tiempo mínimo invertido por carretera (h)		82,63
Distancia marítima (km/millas náuticas)		1205,65 /651,00
Frecuencia		1 por semana
Compañía		Grimaldi Group Napoli

Tabla 7-70: Características principales de la ruta Valencia –Palermo con la compañía Grimaldi Group Napoli. (Fuente propia)

Buque: Eurostar Salerno	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	59.295,92
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	786,5785
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,3007

Tabla 7-71: Resultados del buque Eurostar Salerno para la ruta Valencia Palermo. (Fuente propia)

Buque: Setúbal Express	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	76.089,45
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	901,9722
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,3448

Tabla 7-72 Resultados del buque Setúbal Express para la ruta Valencia Palermo. (Fuente propia)

Buque: Eurocargo Valencia	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	81.584,18
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	891,2557
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,3407

Tabla 7-73 Resultados del buque Eurocargo Valencia para la ruta Valencia Palermo. (Fuente propia)

Esta ruta tiene unas características algo diferentes a todas las anteriores, ya que por tratarse de un destino en la isla italiana de Sicilia, el vehículo de carretera tiene que viajar indudablemente en un buque Ro-Ro para poder cruzar el Estrecho de Messina que separa Reggio di Calabria, en Italia, de Messina, en Sicilia.

Por otro lado, la propuesta de un puente que cruzaría por carretera el estrecho está todavía en fase de proyecto, por lo que se ha descartado como opción respecto al ferry.

Los tres buques que realizan la ruta obtienen valores muy elevados de ahorro ya que se trata de la ruta más alejada de todas las estudiadas, y a la vez todos los buques tienen una buena relación potencia-capacidad adecuada para esta ruta.

El buque más eficiente es el Eurocargo Valencia, seguido del Setúbal Express, y por último, el Eurostar Salerno.

#### 7.7.2.1.8 Ruta Tarragona – Salerno

Características de la ruta	
Puerto de origen	Tarragona
Puerto de destino	Salerno
Distancia terrestre (km)	1695
Tiempo invertido por carretera (h)	54,60
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1361,78/ 735,30
Frecuencia	2 por semana
Compañía	Flota Suardíaz

Tabla 7-74: Características principales de la ruta Tarragona- Salerno con la compañía Flota Suardíaz. (Fuente propia)

Buque: L'Audace	
Tipo	Ro-ro
Fecha de construcción	Noviembre 1999
Velocidad (nudos/ km/h)	20/37,04
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	40,77
Capacidad en metros lineales	1500
Capacidad FEUs teóricos	77

Capacidad FEUs efectivos	54
Potencia motor principal (kW)	12960
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	142
Manga (m)	21
Calado (m)	6
Tonelaje Bruto (GT)	15224
Peso muerto (Tm)	4567
Propietario	Ro-ro Maritime Services, S.L.
Pabellón de registro	España
Sociedad de Clasificación	Lloyd's Register of Shipping
Número de camiones	107
Número de coches	1233
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	16.218,79
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	301,2061
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,1777

Tabla 7-75: Características principales del buque L'Audace y resultados. (Fuente propia)

#### 7.7.2.1.9 Ruta Tarragona – Livorno

Características de la ruta	
Puerto de origen	Tarragona
Puerto de destino	Livorno
Distancia terrestre (km)	1121
Tiempo invertido por carretera (h)	32,70
Distancia marítima (km/millas náuticas)	790,80/ 427,00
Frecuencia	2 por semana
Compañía	Flota Suardiaz

Tabla 7-76: Características principales de la ruta Tarragona-Livorno con la compañía Flota Suardiaz. (Fuente propia)

<b>Buque: Arroyo Dos</b>	
<b>Tipo</b>	Ro-Ro
<b>Fecha de construcción</b>	Octubre 1985
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	14/25,928
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	34,50
<b>Capacidad en metros lineales</b>	984
<b>Capacidad FEUs teóricos</b>	50
<b>Capacidad FEUs efectivos</b>	35
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	4796
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	107,91
<b>Manga (m)</b>	18,55
<b>Calado (m)</b>	6,463
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	8126
<b>Peso muerto (Tm)</b>	5080
<b>Propietario</b>	Marítima Arroyofrío SA
<b>Pabellón de registro</b>	Portugal
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Lloyd's Register of Shipping
<b>Número de rampas</b>	1 a popa
<b>Número de coches</b>	640
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	9.568,38
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	270,8817
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2416

Tabla 7-77: Características principales del buque Arroyo dos y resultados. (Fuente propia)

### 7.7.2.1.10 Ruta Tarragona – Civitavecchia

Características de la ruta	
Puerto de origen	Tarragona
Puerto de destino	Civitavecchia
Distancia terrestre (km)	1363
Tiempo invertido por carretera (h)	35,92
Distancia marítima (km/millas náuticas)	896,37/ 484,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	Flota Suardiáz

Tabla 7-78: Características principales de la ruta Tarragona-Civitavecchia con la compañía Flota Suardiáz. (Fuente propia)

Buque: L'Audace	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	16.026,27
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	297,6307
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2184

Tabla 7-79: Resultados del buque l'Audace para la ruta Tarragona-Civitavecchia. (Fuente propia)

### 7.7.2.1.11 Ruta Tarragona – Vado Savona

Características de la ruta	
Puerto de origen	Tarragona
Puerto de destino	Vado Savona
Distancia terrestre (km)	901
Tiempo invertido por carretera (h)	29,01
Distancia marítima (km/millas náuticas)	707,46/ 382
Frecuencia	2 por semana
Compañía	Med Seaway

Tabla 7-80: Características principales de la ruta Tarragona-Vado Savona con la compañía Med Seaway. (Fuente propia)

Buque: M/V Norse Mersey	
Tipo	Ro-Ro
Fecha de construcción	1995
Velocidad (nudos/ km/h)	19/ 35,188
Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)	24,11
Capacidad en metros lineales	1960
Capacidad FEUs teóricos	101
Capacidad FEUs efectivos	70
Potencia motor principal (kW)	8150
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	174,5
Manga (m)	24,4
Calado (m)	6,5
Tonelaje Bruto (GT)	16009
Peso muerto (Tm)	11000
Número de camiones	140
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	18.232,21
Ahorro por FEU en costes externos por viaje	259,1312
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2876

Tabla 7-81: Características principales del buque Norse Mersey y resultados. (Fuente propia)

#### 7.7.2.1.12 Ruta Vigo- Dernice

Características de la ruta	
Puerto de origen	Vigo
Puerto de destino	Derince
Distancia terrestre (km)	4051
Tiempo invertido por carretera (h)	131,76
Distancia marítima (km/millas náuticas)	2345/ 4342,94
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-82: Características principales de la ruta Vigo- Dernice con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

<b>Buques: M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin</b>	
<b>Tipo</b>	Vehículos
<b>Fecha de construcción M/v Arabian Breeze/ M/v Yohjin</b>	Septiembre 1983/ Junio 1983
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	18/ 33,336
<b>Tiempo mínimo invertido en la ruta (h)</b>	134,28
<b>Número de tráilers teóricos</b>	256
<b>Número de tráilers efectivos</b>	179
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	7943
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 2t
<b>Eslora (m)</b>	164
<b>Manga (m)</b>	28,05
<b>Calado (m)</b>	8,4
<b>Tonelaje Bruto (GT) M/v Arabian Breeze/ M/v Yohjin</b>	28116/ 29933
<b>Peso muerto (Tm) M/v Arabian Breeze/ M/v Yohjin</b>	12466/ 11662
<b>Propietario</b>	Wallenius Lines Singapore Pte. Ltd
<b>Pabellón de registro</b>	Singapore
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Nippon Kaiji Kyokai
<b>Capacidad coches</b>	3070
<b>Número de rampas M/v Arabian Breeze/ M/v Yohjin</b>	1 a popa /4 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	255.266,80
<b>Ahorro por FEU en costes externos por viaje</b>	1.425,4079
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,3519

Tabla 7-83: Características principales de los buques M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin y resultados. (Fuente propia)

Esta ruta, tal y como se ha comentado en el apartado de definición de las rutas, se puede considerar como aparte, ya que la distancia por carretera es tan elevada que nunca resultaría rentable, y de hecho no existen servicios por carretera establecidos para ella. Es por esta razón que no se ha incluido en el cálculo de las medias.

El ahorro en costes externos es el máximo de todo el estudio, debido a que la ruta es la más larga, y los dos buques que la realizan son los de más capacidad por ser del tipo car-carrier. Lo mismo se puede decir del ahorro en costes externos por FEU, y del ahorro por FEU y por kilómetro de carretera no recorrido.

El tiempo invertido en la ruta es 2,51 horas más lento que el trayecto terrestre y la distancia marítima es 291,94 km más larga. Estos datos son lógicos, ya que la derrota marítima es menos directa que la ruta por carretera y la velocidad de los buques está un poco por debajo de la media en comparación con el resto de buques.

#### 7.7.2.1.13 Ruta Vigo- Livorno

Características de la ruta	
Puerto de origen	Vigo
Puerto de destino	Livorno
Distancia terrestre (km)	2061
Tiempo invertido por carretera (h)	131,76
Distancia marítima (km/millas náuticas)	2555,76/ 1380,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-84: Características principales de la ruta Vigo- Livorno con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buques: M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	124.587,01
Ahorro por FEU en costes externos	695,6929
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,3376

Tabla 7-85: Resultados de los buques M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin para la ruta Vigo- Livorno. (Fuente propia)

### 7.7.2.1.14 Ruta Vigo- Málaga

Características de la ruta	
Puerto de origen	Vigo
Puerto de destino	Málaga
Distancia terrestre (km)	1069
Tiempo invertido por carretera (h)	32,00
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1074,16/ 580,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-86: Características principales de la ruta Vigo- Málaga con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buques: M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	66.118,86
Ahorro por FEU en costes externos	369,2072
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,3454

Tabla 7-87: Resultados de los buques M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin para la ruta Vigo-Málaga. (Fuente propia)

Al igual que la ruta número 14 entre Vigo y Derince, ésta no se incluye en las medias por no tener como destino un puerto no español. Se ha incluido en el análisis por considerarlo un buen ejemplo de ruta de cabotaje español como alternativa a cruzar la Península de Norte a Sur.

Así pues, las cifras de ahorro en costes externos son buenas, aunque penalizada en el apartado de tiempo invertido, tardando 4,22 horas más que el camión, y en el de distancia, con sólo 5,16 km de más respecto a la ruta terrestre.

### 7.7.2.1.15 Ruta Málaga-Livorno

Características de la ruta	
Puerto de origen	Málaga
Puerto de destino	Livorno
Distancia terrestre (km)	2033
Tiempo invertido por carretera (h)	59,86
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1507,53/ 814,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-88: Características principales de la ruta Málaga-Livorno con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buques: M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	134.308,79
Ahorro por FEU en costes externos	749,9793
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,3689

Tabla 7-89: Resultados de los buques M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin para la ruta Málaga-Livorno. (Fuente propia)

### 7.7.2.2 Conclusiones preliminares de las rutas del mediterráneo

A continuación se puede observar una tabla resumen de los ahorros entre la cadena marítima y terrestre de cada una de las rutas del mediterráneo consideradas:

Ruta	Ahorro totales en costes externos	Ahorro por FEU en costes externos por viaje	Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido (en €)
1	10.308,89	123,53	0,10
2	9.746,31	97,00	0,11
3	4.080,39	75,78	0,17
4	24.340,93	251,14	0,24
5	37.707,96	516,45	0,27
6	14.217,46	281,41	0,20
7	72.323,18	859,94	0,33
8	16.218,79	301,21	0,18

<b>9</b>	9.568,38	270,88	0,24
<b>10</b>	16.026,27	297,63	0,22
<b>11</b>	18.232,21	259,13	0,29
<b>13</b>	124.587	695,69	0,34
<b>15</b>	134.308,8	749,98	0,37
<b>Promedio</b>	<b>40.632,18</b>	<b>392,00</b>	<b>0,24</b>

Tabla 7-90: Ahorro en costes externos totales por viaje, por FEU transportado y por FEU por kilómetro de carretera no recorrido de la ruta promedio del área mediterránea. (Fuente propia)

En esta tabla se muestran los valores promedio de las rutas mediterráneas en cuanto al ahorro en un sólo viaje en costes externos, el ahorro por FEU transportado por vía marítima y el ahorro por FEU y por kilómetro de carretera no recorrido.

La ruta que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos es la ruta número 15 Málaga-Livorno. Estos resultados son lógicos, ya que es una de las rutas con una de las potencias inferiores (7.943 kW), una distancia entre origen y destino de las más elevadas tanto por tierra como por mar (2.033 km y 814 millas), una velocidad media moderada (20,36 nudos) y una capacidad máxima de carga de 179,08 FEUs.

La ruta número 3 entre Barcelona-Fos Sur Mer es la que obtiene un menor rendimiento en ahorro en todos los campos excepto en el de ahorro por FEU por kilómetro de carretera no recorrido, aunque es igualmente de los más bajos. Es la ruta más cercana tanto por vía marítima como terrestre. A pesar de ello observamos como obtiene resultados positivos respecto a la carretera.

Ruta	Ahorro totales anuales en costes externos	Ahorro por FEU en costes externos anuales	Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido anuales (en €)
<b>1</b>	6,432.745	77.085,76	77.085,76
<b>2</b>	6,081.700	60.525,34	60.525,34
<b>3</b>	424.360	7.880,98	7.880,98
<b>4</b>	7,594.370	78.354,61	78.354,61
<b>5</b>	11,764.885	161.133,5	161.133,53
<b>6</b>	2,687.352	2,698.599	87.800,77
<b>7</b>	7,521.611	89.433,29	89.433,29
<b>8</b>	3,373.508	62.650,85	62.650,85

<b>9</b>	1,990.222	56.343,39	56.343,39
<b>10</b>	1,666.732	30.953,58	30.953,58
<b>11</b>	3,792.299	53.899,29	53.899,29
<b>13</b>	12,957.049	72.352,06	72.352,06
<b>15</b>	13,968.113	77.997,84	77.997,84
<b>Promedio</b>	<b>6.173.457</b>	<b>67.885</b>	<b>67.760</b>

Tabla 7-91: Resultados anuales del ahorro en costes externos, por FEU transportado y por FEU por kilómetro de carretera no recorrido de la ruta promedio del área mediterránea. (Fuente propia)

### 7.7.2.2.1 Buque medio para las rutas mediterráneas

A partir de la media de todas las rutas mediterráneas, a excepción de las rutas 14 Vigo-Derince y 15 Vigo-Málaga, se ha obtenido una ruta media:

Ruta	Origen-Destino	Distancia por carretera (km)	Distancia marítima (millas)	Potencia (kW)	Velocidad (nudos)	Nº de FEU's efectivos
1	Barcelona-Civitavecchia	1.274	439	45.848	28,83	79,69
2	Barcelona-Génova	857	352	30.179	23,60	86,94
3	Barcelona-Fos Sur Mer	454	185	12.960	20	53,85
4	Barcelona-Livorno	1.033	387,6	21.600	23,00	96,92
5	Valencia-Salerno	1.946	731	12.903	20	71,58
6	Valencia-Livorno	1.373	538,3	11.473	19	49,30
7	Valencia-Palermo	2.616	651	13.710	20,60	83,76
8	Tarragona-Salerno	1.695	735,3	12.960	20	53,85
9	Tarragona-Livorno	1.121	427	4.796	14	35,32
10	Tarragona-Civitavecchia	1.363	484	12.960	20	53,85
11	Tarragona-Vado Savona	901	382	8.150	19	70,36
13	Vigo-Livorno	2.061	1.380	7.943	18	179,08
15	Málaga-Livorno	2.033	814	7.943	18	179,08
<b>Ruta media mediterránea</b>		<b>1.440,54</b>	<b>577,40</b>	<b>15.648,14</b>	<b>20,36</b>	<b>84,12</b>

Tabla 7-92: Características de la ruta media del área mediterránea. Los valores sombreados en azul corresponden a los máximos y los sombreados en amarillo a los mínimos. (Fuente propia)

En esta tabla se muestra que la media de distancias entre el puerto de origen y destino sería para la terrestre 1.440,54 kilómetros, la distancia superior sería la de la ruta 7

Valencia-Palermo, con 2.616 Km., y la inferior la de la ruta 3 Barcelona-Fos Sur Mer, con 454 Km.

La distancia marítima media corresponde a 577,40 millas náuticas, siendo la más larga la ruta 13 Vigo-Livorno con 1.380 millas y la más corta la de la ruta 3 Barcelona-Fos Sur Mer, con 185 millas.

La potencia del buque media sería de 15.648,14 kW, siendo la máxima la utilizada en la ruta 1 Barcelona-Civitavecchia, con 45.848 kW, y la mínima la utilizada en la ruta 4 Tarragona-Livorno, con 4.796 kW.

La velocidad media es de 20,36 nudos, con una mínima de 14 nudos para la ruta 9 Tarragona-Livorno, y una máxima de 28,33 nudos correspondiente a la ruta 1 Barcelona-Civitavecchia.

La media del número de FEU's transportados es de 84,12 FEUs por buque. La máxima capacidad la encontramos en las rutas de Vigo y Málaga con Livorno, debido a que la realizan buques car-carrier de mucha capacidad (179,08 FEUs) y la mínima capacidad se observa en la ruta 9 Tarragona-Livorno, con 35,2 FEUs.

A partir de las características medias del buque de potencia, velocidad y capacidad y las distancias medias, tanto marítima como terrestre, se han calculado los costes externos totales de la ruta media:

<b>Coste de la polución producida en el aire (€)</b>	
<b>SO<sub>2</sub></b>	8967,633
<b>NOx</b>	2075,752
<b>CO</b>	0,754
<b>nm-VOC</b>	80,330
<b>PM</b>	13105,211
<b>Total</b>	<b>24.229,679</b>
<b>Resto de costes externos (€)</b>	
<b>Coste contaminación acústica</b>	0,714
<b>Coste accidentalidad</b>	320,459
<b>Coste de congestión</b>	664,548
<b>Coste del calentamiento global</b>	-3725,461
<b>Coste del trasbordo</b>	0,000
<b>Total costes externos (€)</b>	<b>18.750,198</b>

*Tabla 7-93: Desglose de costes externos de la ruta media marítima del área mediterránea.  
(Fuente propia)*

En esta tabla se observan los costes desglosados por tipos de contaminantes obtenidos a partir de la introducción en el programa de los valores obtenidos de la ruta media de las rutas mediterráneas.

### 7.7.2.2 Cálculo del umbral de rentabilidad

Partiendo de la condición inicial obtenida de la ruta media del área mediterránea, se han introducido diversas situaciones de carga para simular cómo aumentan o disminuyen los costes externos, el ahorro por FEU, y el ahorro por FEU por kilómetro recorrido, en función de la capacidad del buque en FEUs y de la potencia del buque.

#### 7.7.2.2.1 Variación de costes externos, en función de la capacidad del buque

El abanico de posibilidades va desde los 120 FEUs hasta los 30 FEUs, que son valores máximos y mínimos que podrían darse en la realidad. El resto de parámetros de la ruta y del buque se han mantenido invariables, como por ejemplo la potencia del motor principal.

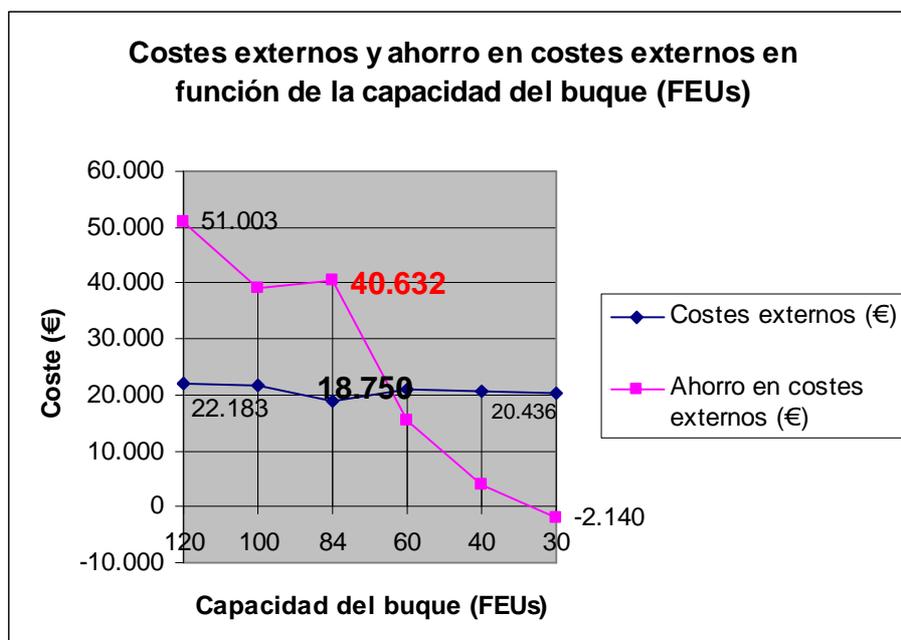


Figura 7-8: Variación de los costes externos y ahorro en costes externos en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta media área mediterránea. (Fuente propia)

En la gráfica se observa la variación de los costes externos y el ahorro en costes externos según aumenta o disminuye la situación de partida observada en la ruta mediterránea de 84,12 FEUs. En esta situación se pueden leer los valores en rojo para el ahorro en costes externos (40.632 euros) y en negro los costes externos (18750 euros). Así como los costes externos se mantienen casi invariables, el ahorro en costes externos aumenta hasta un máximo de 51.003 para una capacidad de 120 FEUs y disminuye hasta unos valores negativos de -2.140 para 30 FEUs.

El umbral de rentabilidad lo observamos en 34 FEUs, como el valor a partir del cuál el ahorro en costes externos es cero y comienza a ser negativo.

#### **7.7.2.2.2 Variación de costes externos, en función de la potencia del buque**

Partiendo de la condición inicial obtenida de la ruta media del área mediterránea, se han introducido diversos valores de potencia para simular como aumentan o disminuyen los costes externos, el ahorro por FEU, y el ahorro por FEU por kilómetro recorrido, en función de la potencia del motor principal del buque en kilovatios. El abanico de potencias va desde los 4.000 kW hasta los 40.000 kW, que son valores mínimos y máximos que se han observado en la flota, aunque no los máximos observados. El resto de parámetros de la ruta y del buque se han mantenido invariables.

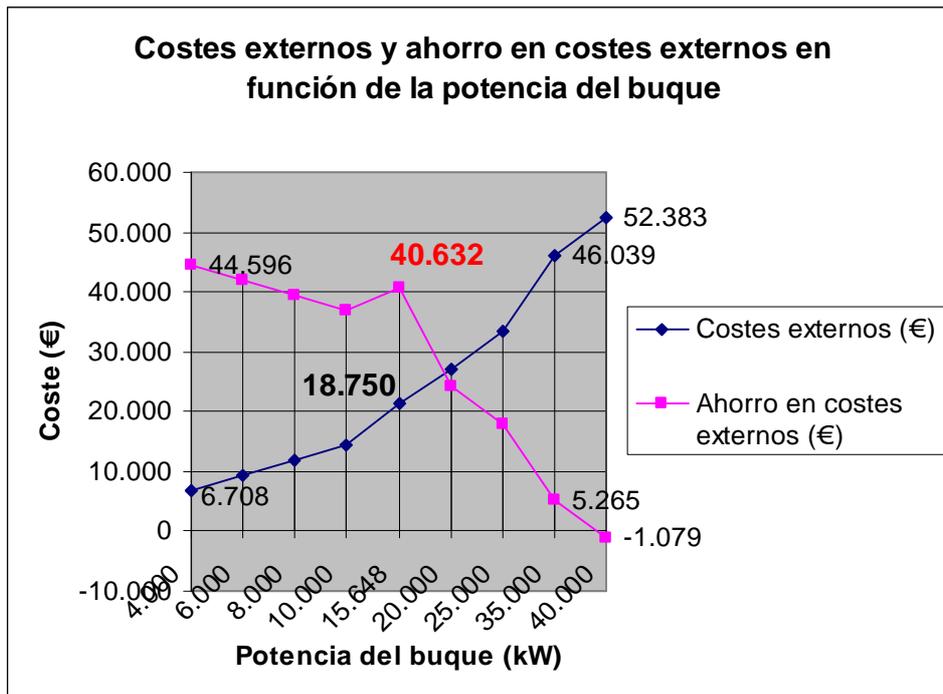


Figura 7-9: Variación de los costes externos y ahorro en costes externos en función de la potencia (kW). Ruta media área mediterránea. (Fuente propia)

La condición de partida era de una potencia de 15.648 kW, donde el coste externo es de 21.486, y el ahorro en costes externos en comparación con la ruta terrestre es de 40.632 euros.

Se observa como ambos parámetros son inversamente proporcionales. El valor límite de la potencia del motor en el que se obtienen valores negativos de ahorro en costes externos está en 38.000 kW.

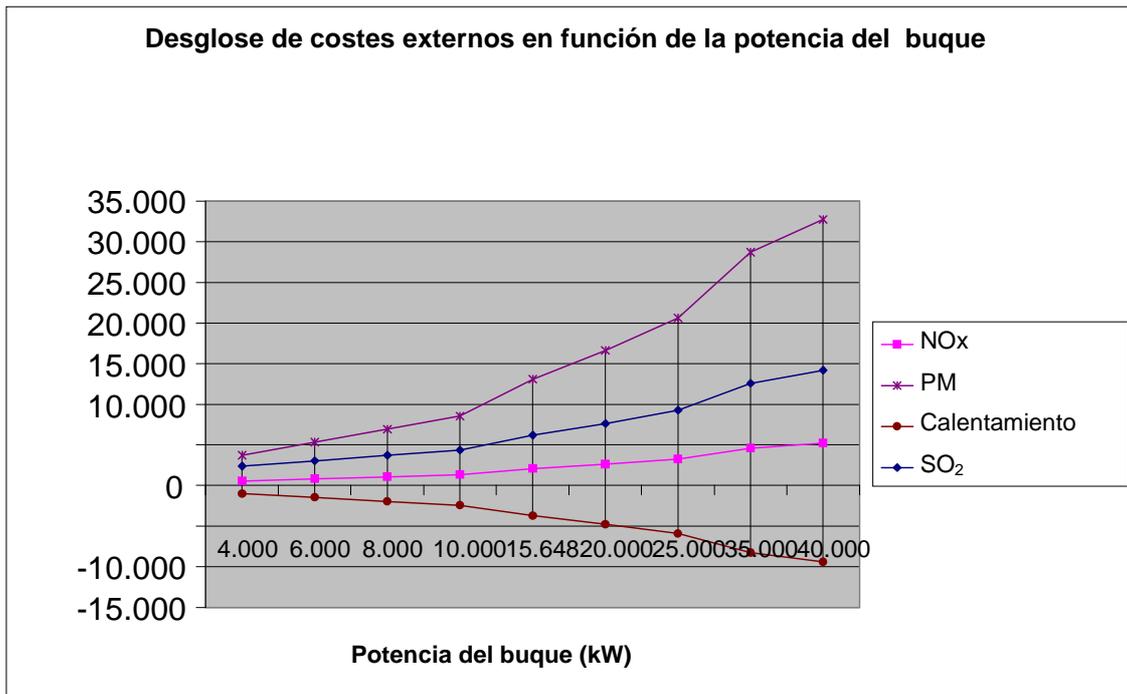


Figura 7-10: Variación de los costes externos desglosados en función de la potencia del buque (kW). Ruta media área mediterránea. (Fuente propia)

En esta gráfica observamos la variación de los costes de los distintos contaminantes atmosféricos en función de la potencia del buque. Los elementos como el NO<sub>x</sub>, PM, y SO<sub>2</sub>, aumentan con la potencia del buque. Por el contrario, los costes por calentamiento global, siempre están por debajo de cero y también aumentan de manera negativa, ya que se consideran costes negativos beneficiosos para el efecto invernadero, y que restan en el sumatorio de costes externos totales.

### 7.7.2.3 Rutas del Atlántico

A continuación se van a analizar las rutas que realizan líneas de transporte marítimo de corta distancia en el Atlántico, y los buques que realizan estos servicios.

### 7.7.2.3.1 Ruta Bilbao – Zeebrugge

Características de la ruta	
Puerto de origen	Bilbao
Puerto de destino	Zeebrugge
Distancia terrestre (km)	1220
Tiempo invertido por carretera (h)	34,02
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1305,66/ 705,00
Frecuencia	3 por semana
Compañía	Transfennica

Tabla 7-94: Características principales de la ruta Bilbao – Zeebrugge con la compañía Transfennica. (Fuente propia)

Buque: Elisabeth Russ	
Tipo	Ro-Ro
Fecha de construcción	Marzo 1999
Velocidad (nudos/ km/h)	20/37,04
Tiempo invertido en la ruta (h)	39,25
Capacidad en metros lineales	1624
Capacidad FEUs teóricos	83
Capacidad FEUs efectivos	58
Potencia motor principal (kW)	11030
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	153,45
Manga (m)	20,6
Calado (m)	6,988
Tonelaje Bruto (GT)	10471
Peso muerto (Tm)	7460
Propietario	Transfennica
Pabellón de registro	Anigua & Barbuda
Sociedad de Clasificación	Germanischer Lloyd
Capacidad camiones	104
Capacidad pasajeros	12
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	11.533,10

Ahorro por FEU en costes externos por viaje	197,8320
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,1622

Tabla 7-95: Características principales del buque Elisabeth Russ y resultados. (Fuente propia)

Buque: Friedrich Russ	
Tipo	Ro-Ro
Fecha de construcción	Marzo 1999
Velocidad (nudos/ km/h)	20/37,04
Tiempo invertido en la ruta (h)	39,25
Capacidad en metros lineales	1620
Capacidad FEUs teóricos	83
Capacidad FEUs efectivos	58
Potencia motor principal (kW)	11030
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	153,45
Manga (m)	20,6
Calado (m)	6,988
Tonelaje Bruto (GT)	10471
Peso muerto (Tm)	7440
Propietario	Transfennica
Pabellón de registro	Antigua & Barbuda
Sociedad de Clasificación	Germanischer Lloyd
Capacidad camiones	104
Capacidad pasajeros	12
Número de rampas	2 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	11.461,84
Ahorro por FEU en costes externos	197,0952
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,1616

Tabla 7-96: Características principales del buque Friedrich Russ y resultados. (Fuente propia)

### 7.7.2.3.2 Ruta Bilbao – Antwerp

Características de la ruta	
Puerto de origen	Bilbao
Puerto de destino	Antwerp
Distancia terrestre (km)	1255
Tiempo invertido por carretera (h)	34,48
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1437,15/ 776,00
Frecuencia	2 por semana
Compañía	Finnlines

Tabla 7-97: Características principales de la ruta Bilbao –Antwerp con la compañía Finnlines. (Fuente propia)

Buques: Birka Carrier y Birka Express	
Tipo	Ro-Ro
Fecha de construcción <i>Birka Carrier/ Birka Express</i>	Enero 1998/ Septiembre 1997
Velocidad (nudos/ km/h)	20/ 37,04
Tiempo invertido en la ruta (h)	42,80
Capacidad en metros lineales	1775
Capacidad FEUs teóricos	91
Capacidad FEUs efectivos	64
Potencia motor principal (kW)	15600
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	154,5
Manga (m)	22,7
Calado (m)	6,95
Tonelaje Bruto (GT)	12251
Peso muerto (Tm) <i>Birka Carrier/ Birka Express</i>	8853/ 8843
Propietario	Birka Cargo AB Ltd.
Pabellón de registro	Finlandia
Sociedad de Clasificación	Det Norske Veritas
Capacidad camiones	125

Capacidad pasajeros	12
Número de rampas	2 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	5.451,12
Ahorro por FEU en costes externos	85,5508
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,0682

Tabla 7-98: Características principales de los buques Birka Carrier y Birka Express y resultados. (Fuente propia)

### 7.7.2.3.3 Ruta Pasajes-Vlissingen

Características de la ruta	
Puerto de origen	Bilbao
Puerto de destino	Vlissingen
Distancia terrestre (km)	1183
Tiempo invertido por carretera (h)	33,52
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1344,55/ 726,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-99: Características principales de la ruta Pasajes-Vlissingen con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buques: M/V Autopride y M/V Autoprogress	
Tipo	Portavehículos
Fecha de construcción	M/v
<i>Autopride/ M/v Autoprogress</i>	Octubre 1997/ Marzo 1998
Velocidad (nudos/ km/h)	20/ 37,04
Tiempo invertido en la ruta (h)	40,30
Capacidad tráilers teóricos	96
Capacidad tráilers efectivos	67
Potencia motor principal (kW)	9440
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	126,9
Manga (m)	18,82
Calado (m)	6,213

<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	11591
<b>Peso muerto (Tm)</b>	4442
<b>Propietario</b>	United European Car Carriers (IOM) Ltd
<b>Pabellón de registro</b>	Portugal
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Lloyd's Register of Shipping
<b>Capacidad coches</b>	1150
<b>Número de rampas</b>	2 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	16.897,45
<b>Ahorro por FEU en costes externos</b>	251,8875
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2129

Tabla 7-100: Características principales de los buques M/V Autopride y M/V Autoprogress y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: M/V Autoracer</b>	
<b>Tipo</b>	Portavehículos
<b>Fecha de construcción</b>	Agosto 1994
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	20/ 37,04
<b>Tiempo invertido en la ruta (h)</b>	40,30
<b>Capacidad tráilers teóricos</b>	96
<b>Capacidad tráilers efectivos</b>	67
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	9000
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	119,9
<b>Manga (m)</b>	19,02
<b>Calado (m)</b>	6,013
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	9693
<b>Peso muerto (Tm)</b>	3933
<b>Propietario</b>	United European Car Carriers (IOM) Ltd
<b>Pabellón de registro</b>	Suecia
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Lloyd's Register of Shipping
<b>Capacidad coches</b>	1150

Número de rampas	2 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	17.612,13
Ahorro por FEU en costes externos	262,5411
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2219

Tabla 7-101: Características principales del buque M/V Autoracer y resultados. (Fuente propia)

#### 7.7.2.3.4 Ruta Santander-Zeebrugge

Características de la ruta	
Puerto de origen	Santander
Puerto de destino	Zeebrugge
Distancia terrestre (km)	1317
Tiempo invertido por carretera (h)	35,31
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1263,06/ 682,00
Frecuencia	2 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-102: Características principales de la ruta Santander-Zeebrugge con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buques: M/V Autopride y M/V Autoprogres	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	21.651,84
Ahorro por FEU en costes externos	322,7603
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2451

Tabla 7-103: Resultados de los costes externos para los buques M/V Autopride y M/V Autoprogres en la ruta Santander-Zeebrugge. (Fuente propia)

Buque: M/V Autoracer	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	22.323,20
Ahorro por FEU en costes externos	332,7682
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2527

Tabla 7-104: Resultados de los costes externos para el buque M/V Autoracer en la ruta Santander-Zeebrugge. (Fuente propia)

### 7.7.2.3.5 Ruta Pasajes-Zeebrugge

Características de la ruta	
Puerto de origen	Pasajes
Puerto de destino	Zeebrugge
Distancia terrestre (km)	1122
Tiempo invertido por carretera (h)	32,71
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1339,00/ 723,00
Frecuencia	4 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-105: Características principales de la ruta Pasajes-Zeebrugge con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buques: M/V Autopride y M/V Autoprogres	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	15.229,73
Ahorro por FEU en costes externos	227,0270
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2023

Tabla 7-106: Resultados de los costes externos para los buques M/V Autopride y M/V Autoprogres en la ruta Pasajes-Zeebrugge. (Fuente propia)

Buques: M/V Autoracer	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	15.941,45
Ahorro por FEU en costes externos	237,6366
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2118

Tabla 7-107: Resultados de los costes externos para el buque M/V Autoracer en la ruta Pasajes-Zeebrugge. (Fuente propia)

### 7.7.2.3.6 Ruta Vigo-Zeebrugge

Características de la ruta	
Puerto de origen	Vigo
Puerto de destino	Zeebrugge
Distancia terrestre (km)	1876
Tiempo invertido por carretera (h)	57,76
Distancia marítima (km/milas náuticas)	1489,01/ 804,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-108: Características principales de la ruta Vigo-Zeebrugge con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buque: Autorunner	
Tipo	Portavehículos
Fecha de construcción	Diciembre 1994
Velocidad (nudos/ km/h)	20/ 37,04
Tiempo invertido en la ruta (h)	44,20
Capacidad tráilers teóricos	96
Capacidad tráilers efectivos	67
Potencia motor principal (kW)	9000
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	119,9
Manga (m)	18,8
Calado (m)	6,013
Tonelaje Bruto (GT)	9693
Peso muerto (Tm)	3933
Propietario	United European Car Carriers (IOM) Ltd
Pabellón de registro	Suecia
Sociedad de Clasificación	Lloyd's Register of Shipping
Capacidad coches	1150
Número de rampas	2 a popa
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	35.688,37
Ahorro por FEU en costes externos	532,0006

<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2836
---	--------

Tabla 7-109: Características principales del buque Autorunner y resultados. (Fuente propia)

<b>Buque: M/V Autosun</b>	
<b>Tipo</b>	Portavehículos
<b>Fecha de construcción</b>	Diciembre 2000
<b>Velocidad (nudos/ km/h)</b>	20,9/ 38,7068
<b>Tiempo invertido en la ruta (h)</b>	42,47
<b>Capacidad tráilers teóricos</b>	117
<b>Capacidad tráilers efectivos</b>	82
<b>Potencia motor principal (kW)</b>	16800
<b>Tipo de motor principal</b>	Diesel 4t
<b>Eslora (m)</b>	140
<b>Manga (m)</b>	22,7
<b>Calado (m)</b>	7,364
<b>Tonelaje Bruto (GT)</b>	21094
<b>Peso muerto (Tm)</b>	6670
<b>Propietario</b>	United European Car Carriers (IOM) Ltd
<b>Paellón de registro</b>	Portugal
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Lloyd's Register of Shipping
<b>Capacidad coches</b>	1400
<b>Número de rampas</b>	2 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	34.236,88
<b>Ahorro por FEU en costes externos</b>	419,2271
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2235

Tabla 7-110: Características principales del buque Autosun y resultados. (Fuente propia)

### 7.7.2.3.7 Ruta Vigo- Bremerhaven

Características de la ruta	
Puerto de origen	Vigo
Puerto de destino	Bremerhaven
Distancia terrestre (km)	2431
Tiempo invertido por carretera (h)	80,16
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1990,90/ 1075,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-111: Características principales de la ruta Vigo- Bremerhaven con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

Buque : M/V Autosun	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	43.532,20
Ahorro por FEU en costes externos	533,0474
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,2193

Tabla 7-112: Resultados de los costes externos para el buque M/V Autosun en la ruta Vigo- Bremerhaven. (Fuente propia)

### 7.7.2.3.8 Ruta Málaga – Zeebrugge

Características de la ruta	
Puerto de origen	Málaga
Puerto de destino	Zeebrugge
Distancia terrestre (km)	2172
Tiempo invertido por carretera (h)	75,96
Distancia marítima (km/millas náuticas)	2515,02/ 1358,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	U.E.C.C.

Tabla 7-113: Características principales de la ruta Málaga - Zeebrugge con la compañía U.E.C.C. (Fuente propia)

<b>Buques: M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin</b>	
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	133.463,00
<b>Ahorro por FEU en costes externos</b>	745,2564
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,3431

Tabla 7-114: Resultados de los costes externos para los buques M/V Arabian Breeze y M/V Yohjin en la ruta Málaga - Zeebrugge. (Fuente propia)

#### 7.7.2.3.9 Ruta Gijón – Zeebrugge

<b>Características de la ruta</b>	
<b>Puerto de origen</b>	Gijón
<b>Puerto de destino</b>	Zeebrugge
<b>Distancia terrestre (km)</b>	1484
<b>Tiempo invertido por carretera (h)</b>	51,79
<b>Distancia marítima (km/millas náuticas)</b>	1237,14/ 668,00
<b>Frecuencia</b>	1 por semana
<b>Compañía</b>	Flota Suardíaz

Tabla 7-115: Características principales de la ruta Gijón - Zeebrugge con la compañía Flota Suardíaz. (Fuente propia)

<b>Buque: La Surprise</b>	
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	13.384,09
<b>Ahorro por FEU en costes externos</b>	248,5617
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,1675

Tabla 7-116: Resultados de los costes externos para el buque La Surprise en la ruta Gijón – Zeebrugge. (Fuente propia)

### 7.7.2.3.10 Ruta Gijón – Flushing

Características de la ruta	
Puerto de origen	Gijón
Puerto de destino	Flushing
Distancia terrestre (km)	1547
Tiempo invertido por carretera (h)	51,79
Distancia marítima (km/millas náuticas)	1276,03/ 689,00
Frecuencia	1 por semana
Compañía	Flota Suardíaz

Tabla 7-117: Características principales de la ruta Gijón - Flushing con la compañía Flota Suardíaz. (Fuente propia)

Buque: La Surprise	
Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)	14.203,89
Ahorro por FEU en costes externos	263,7865
Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido	0,1705

Tabla 7-118: Resultados de los costes externos para el buque La Surprise en la ruta Gijón Gijón – Flushing. (Fuente propia)

Buque: Velázquez	
Tipo	Ro-Ro
Fecha de construcción	Mayo 1983
Velocidad (nudos/ km/h)	13,5/ 25,002
Tiempo invertido en la ruta (h)	55,04
Capacidad en metros lineales	2600
Capacidad FEUs teóricos	133
Capacidad FEUs efectivos	93
Potencia motor principal (kW)	8274
Tipo de motor principal	Diesel 4t
Eslora (m)	141,18
Manga (m)	21,77
Calado (m)	6,701
Tonelaje Bruto (GT)	16021
Peso muerto (Tm)	6017

<b>Propietario</b>	Líneas Marítimas Españolas SA
<b>Pabellón de registro</b>	España
<b>Sociedad de Clasificación</b>	Lloyd's Register of Shipping
<b>Capacidad camiones</b>	158
<b>Capacidad coches</b>	1189
<b>Número de rampas</b>	1 a popa
<b>Ahorro potencial en costes externos de la opción marítima (€)</b>	40.352,92
<b>Ahorro por FEU en costes externos</b>	432,3527
<b>Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido</b>	0,2795

Tabla 7-119: Características principales del buque Velázquez y resultados. (Fuente propia)

De los resultados obtenidos se observa que los buques Cervantes y Velázquez son los que, con cifras casi idénticas, obtienen un mayor ahorro, seguido del buque La Surprise.

#### 7.7.2.4 Conclusiones preliminares de las rutas del atlántico

A continuación se puede observar una tabla resumen de los ahorros entre la cadena marítima y terrestre de cada una de las rutas del atlántico consideradas:

Ruta	Ahorro totales en costes externos	Ahorro por FEU en costes externos	Ahorro en coste externo por FEU por Km. de carretera no recorrido (en €)
16	11.497	197,46	0,16
17	5.451	85,55	0,07
18	17.136	255,44	0,22
19	21.876	326,10	0,25
20	15.467	227,03	0,21
21	34.963	475,61	0,25
22	43.532	533,05	0,22
23	133.463	745,26	0,34
24	13.384	248,56	0,17
25	31.635	376,15	0,24
<b>Promedio</b>	<b>32.840</b>	<b>347,02</b>	<b>0,21</b>

Tabla 7-120: Ahorro en costes externos totales, por FEU transportado y por FEU por kilómetro de carretera no recorrido de la ruta media del área atlántica. (Fuente propia)

En esta tabla se muestran los valores medios de las rutas atlánticas en cuanto al ahorro en un sólo viaje en costes externos, al ahorro por FEU transportado por vía marítima y al ahorro por FEU y por kilómetro de carretera no recorrido.

La ruta que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos y en total de costes externos es la ruta 23 Málaga-Zeebrugge. Es la que muestra la cifra más alta de ahorro por FEU transportado en costes externos, en ahorro por FEU por kilómetro de carretera no recorrido. Estos resultados son lógicos, ya que es la ruta con la potencia usada inferior de todas (7.943 kW), una distancia entre origen y destino de las más elevadas por tierra (2.172 Km.) y la máxima por mar (1.358 millas), una velocidad de las más bajas (18 nudos) y la capacidad máxima de todos los buques con 179,08 FEUs transportados.

La ruta 17 Bilbao-Antwerp es la que obtiene un menor rendimiento en ahorro en todos los campos. La razón la encontramos en que es de las rutas más cercanas tanto por vía marítima como terrestre, con las potencias más altas y con el número de FEUs de los más bajos. A pesar de ello observamos como obtiene resultados positivos respecto a la carretera.

Ruta	Ahorro totales anuales en costes externos	Ahorro por FEU en costes externos anuales	Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido anuales (en €)
16	3.587.211	61.608,64	61.608,64
17	<b>1.133.833</b>	<b>17.794,56</b>	<b>17.794,56</b>
18	1.782.110	26.565,62	26.565,626
19	4.550.130	67.828,02	67.828,02
20	6.434.259	<b>95.914,42</b>	<b>95.914,42</b>
21	3.636.113	49.463,84	49.463,84
22	4.527.349	55.436,93	55.436,93
23	<b>13.880.152</b>	77.506,66	77.506,66
24	1.391.946	25.850,42	25.850,42
25	3.290.045	39.119,35	39.119,35
Promedio	<b>4.421.315</b>	<b>51.708,85</b>	<b>51.708,85</b>

Tabla 7-121: Resultados anuales del ahorro en costes externos, por FEU transportado y por FEU por kilómetro de carretera no recorrido de la ruta media del área atlántica. Los valores sombreados en azul corresponden a los máximos y los sombreados en amarillo a los mínimos. (Fuente propia)

#### 7.7.2.4.1 Buque medio para las rutas atlánticas

A partir de la media de todas las rutas atlánticas se ha obtenido una ruta media de las rutas atlánticas:

Ruta	Origen-Destino	Distancia por carretera (km)	Distancia marítima (mn)	Potencia (kW)	Velocidad (nudos)	Nº de FEU's efectivos
16	Bilbao-Zeebrugge	1220	705	11.030,00	20,00	58,23
17	Bilbao-Antwerp	1255	776	15.600,00	20,00	63,72
18	Pasajes-Vlissingen	1183	726	9293,33	20	67,08
19	Santander-Zeebrugge	1317	682	9.293,33	20,00	67,08
20	Pasajes-Zeebrugge	1.122	723	9293,33	20	67,08
21	Vigo-Zeebrugge	1876	804	12900	20	74,38
22	Vigo-Bremerhaven	2431	1075	16.800	20,90	81,67
23	Málaga-Zeebrugge	2172	1.358	7.943	18	179,08
24	Gijón-Zeebrugge	1484	668	12960	20	53,85
25	Gijón-Flushing	1547	689	9836,66	16	80,17
<b>Ruta media atlántica</b>		<b>1.560,70</b>	<b>820,60</b>	<b>11.494,97</b>	<b>19,50</b>	<b>79,23</b>

Tabla 7-122: Características de la ruta media del área atlántica. Los valores sombreados en azul corresponden a los máximos y los sombreados en amarillo a los mínimos. (Fuente propia)

En esta tabla se muestra que la media de distancias entre el puerto de origen y destino sería para la terrestre 1.560,70 kilómetros, la distancia superior sería la de la ruta 22 Vigo-Bremerhaven, con 2.431 Km., y la inferior la de la ruta 20 Pasajes-Zeebrugge, con 1.122 Km.

La distancia marítima media corresponde a 820,60 millas, siendo la más larga la de la ruta 23 Málaga-Zeebrugge con 1.358 millas, y la más corta la de la ruta 24 Gijón-Zeebrugge, con 668 millas.

La potencia del buque tipo sería de 11.494,97 kW, siendo la máxima la de la ruta 22 Vigo-Bremerhaven, con 16.800 kW, y la mínima la de la ruta 23 Málaga-Zeebrugge, con 7.943 kW.

La velocidad media es de 19,50 nudos, con una mínima de 16 nudos para la ruta 25 Gijón-Flushing, y una máxima de 20,90 nudos correspondiente a la ruta 22 Vigo-Bremerhaven.

La capacidad media es de 79,23 FEUs por buque, siendo la máxima en la ruta 23 Málaga-Zeebrugge, debido a que la realiza un buque car-carrier de mucha capacidad (179,08 FEUs), y la mínima capacidad se observa en la ruta 24 Gijón-Zeebrugge, con 53,85 FEUs.

A partir las características medias del buque de potencia, velocidad y capacidad y las distancias medias, tanto marítima como terrestre, se han calculado los costes externos totales de la ruta media:

<b>Coste de la polución producida en el aire (€)</b>	
<b>SO<sub>2</sub></b>	6754,159
<b>NO<sub>x</sub></b>	2255,586
<b>CO</b>	0,806
<b>nm-VOC</b>	86,319
<b>PM</b>	14213,235
<b>Total</b>	<b>23.310,104</b>
<b>Resto de costes externos (€)</b>	
<b>Coste contaminación acústica</b>	0,672
<b>Coste accidentalidad</b>	428,960
<b>Coste de congestión</b>	625,917
<b>Coste del calentamiento global</b>	-4049,816
<b>Coste del trasbordo</b>	0,000
<b>Total costes externos (€)</b>	<b>20.315,838</b>

Tabla 7-123: Desglose de costes externos de la ruta media marítima del área atlántica. (Fuente propia)

En esta tabla se observan los costes desglosados por tipos de contaminantes, obtenidos a partir del programa, introduciendo los valores obtenidos de la ruta media de las rutas atlánticas.

#### 7.7.2.4.2 Cálculo del umbral de rentabilidad

A continuación se procederá de igual manera que en el caso de las rutas mediterráneas, para hallar el umbral de rentabilidad.

#### 7.7.2.4.2.1 En función de la capacidad del buque

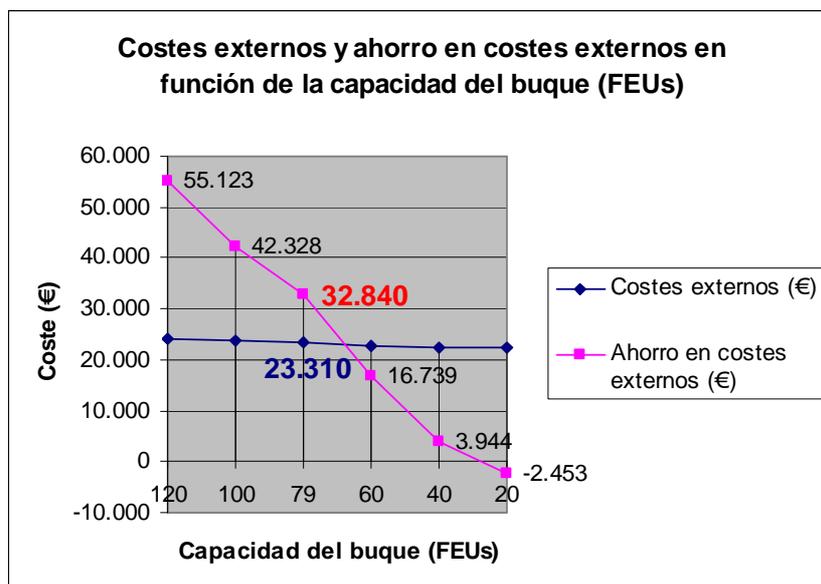


Figura 7-11: Variación de los costes externos y ahorro en costes externos en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta meida área atlántica. (Fuente propia)

En la gráfica se observa cómo varían los costes externos, y el ahorro en costes externos, según aumenta o disminuye la situación de partida observada en ruta atlántica de 79,23 FEUs. En esta situación se pueden leer los valores en rojo para el ahorro en costes externos (32.840 euros), y en negro los costes externos (23.310 euros). Así como los costes externos se mantienen casi invariables, el ahorro en costes externos aumenta hasta un máximo de 55.123 para una capacidad de 120 FEUs, y disminuye hasta unos valores negativos de -2.453 para 20 FEUs.

El umbral de rentabilidad lo observamos en 29 FEUs, como el valor a partir del cuál el ahorro en costes externos es cero, y comienza a ser negativo.

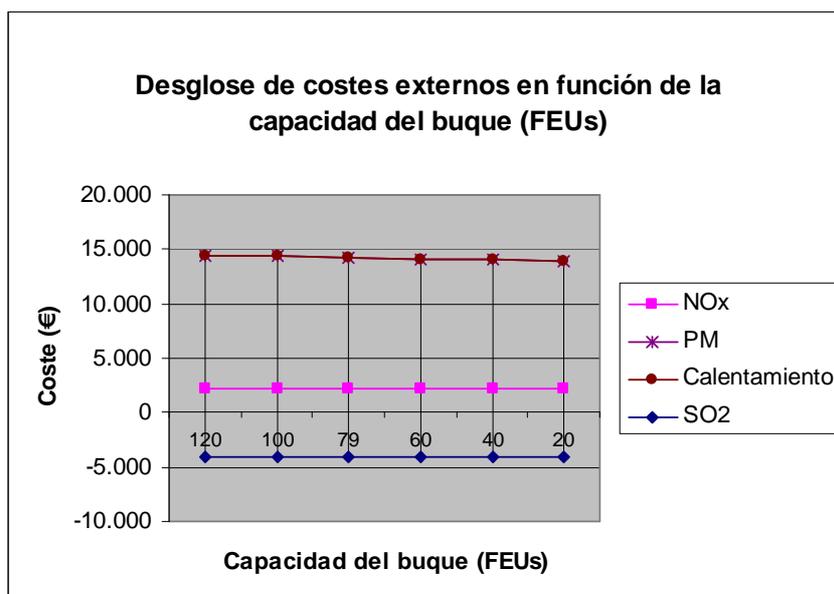


Figura 7-12: Variación de los costes externos desglosados en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta media área atlántica. (Fuente propia)

En esta gráfica se puede observar como los costes externos desglosados no varían de forma apreciable en función de la capacidad del buque.

#### 7.7.2.4.2.2 En función de la potencia del buque

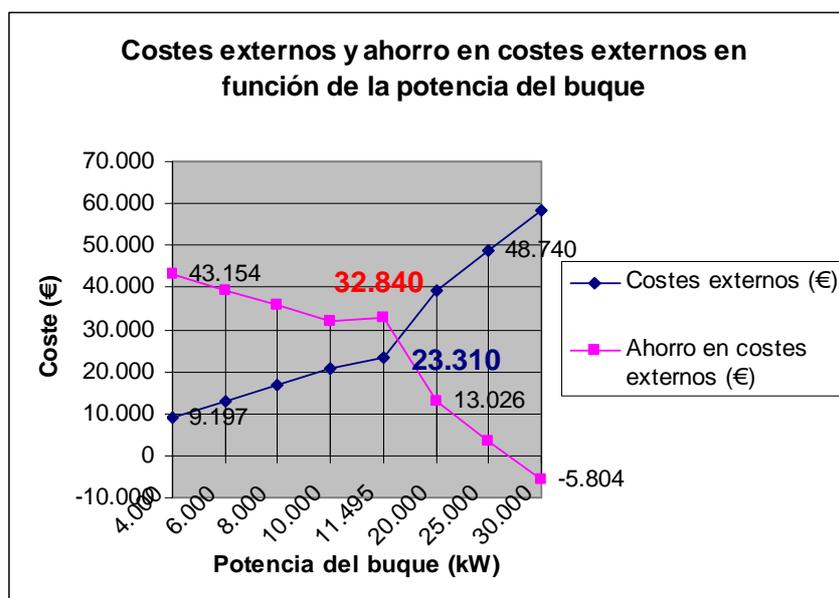


Figura 7-13: Variación de los costes externos y ahorro en costes externos en función de la potencia del buque (kW). Ruta media área atlántica. (Fuente propia)

La condición de partida era de una potencia de 11.495 kW, donde el coste externo de la ruta es de 23.310, y el ahorro en costes externos en comparación con la ruta terrestre es de 29.041 euros.

Se observa como ambos parámetros son inversamente proporcionales. El valor límite de potencia del motor en el que se obtienen valores negativos de ahorro en costes externos está en 26.000 kW.

En el caso de las rutas mediterráneas, se han obtenido valores negativos de ahorro en costes externos en los 38.000 kW en lugar de los 26.000kW de las rutas atlánticas.

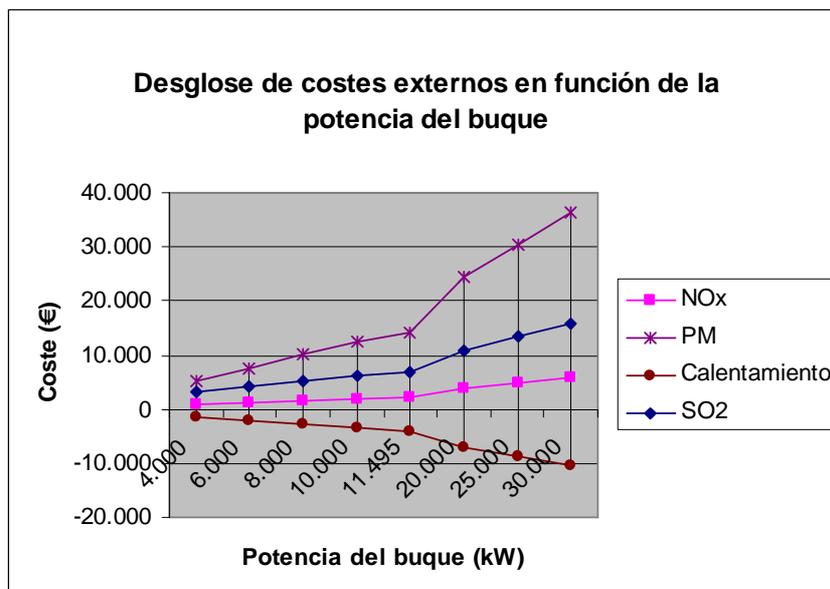


Figura 7-14: Variación de los costes externos desglosados en función de la potencia del buque (kW). Ruta meida área atlántica. (Fuente propia)

En esta gráfica observamos la variación de los costes de los distintos contaminantes atmosféricos en función de la potencia del buque. Los elementos como el NO<sub>x</sub>, PM, y SO<sub>2</sub> aumentan de manera proporcional a la potencia del buque. Por el contrario, los costes por calentamiento global, siempre por debajo de cero, también aumentan de manera negativa, ya que se consideran costes negativos beneficiosos para el efecto invernadero, y que restan en el sumatorio de costes externos totales.

### 7.7.3 Cálculos de los costes externos por el paso de los Pirineos

Durante el año 2007 cruzaron diariamente por los Pirineos cerca de 20.000 camiones para transportar mercancías desde y hacia países de la Unión Europea<sup>136</sup>. En este apartado se han calculado los costes externos que generan estos camiones diariamente y anualmente así como el ahorro económico que supondría si estas mercancías se transportasen por vía marítima.

	Nº de camiones	Coste externo carretera (en €)	Ahorro transporte marítimo (en €)
Diario	20.000	12,641.004	7,173.889
Anual	7.300.000	4.613,966.473	2.618,469.663

*Tabla 7-124: Costes externos del transporte por carretera y ahorro en costes externos de la alternativa marítima. Resultados diarios y anuales, año 2007. (Fuente propia)*

También se han calculado los costes y los ahorros diarios y anuales para el año 2020 considerando una previsión de crecimiento de 30000 camiones diarios.

	Nº de camiones	Coste externo carretera (en €)	Ahorro transporte marítimo (en €)
Diario	30.000	18.961.506	10,760.834
Anual	10.950.000	6.920,949.710	3.927,704.495

*Tabla 7-125: Costes externos del transporte por carretera y ahorro en costes externos de la alternativa marítima. Resultados diarios y anuales, año 2020 (Fuente propia)*

### 7.7.4 Conclusiones. Aplicación del Ecobono Español

Mientras el TMCD pretende solucionar, entre otros, los problemas de la congestión del tráfico y la contaminación, las subvenciones gubernamentales podrían ser justificadas, al menos inicialmente, como una iniciativa de política pública.

Ha partir de los resultados hallados, los gobiernos pueden crear una tasa medioambiental para los operadores del TMCD y sus clientes, una tasa favorable para los clientes de este servicio para garantizar unas rebajas de los impuestos.

---

<sup>136</sup> Declaración del centro de promoción del transporte de mercancías por ferrocarril (cptmf) ante la situación del transporte ferroviario en España y perspectivas de futuro. <http://www.cptmf.com/>

Para evitar los problemas medioambientales que supone el transporte por carretera, el gobierno puede introducir algún tipo de programa de apoyo financiero, sea cual sea el concepto bajo el cual lo hacen, para las rutas seleccionadas de cabotaje, principalmente (pero no exclusivamente) dirigidas a los remolques no acompañados. Podría suponer en parte, el aplicar los ahorros de costes externos anuales como medida de apoyo para cambiar volúmenes de tráfico específicos de carretera a buques de tipo ferry o transbordo rodado. El apoyo ha de estar dirigido a reducir el coste del transporte de mercancías local hacia y desde los puertos, más que a apoyar innecesariamente los costes de funcionamiento del movimiento por mar, dado que este último es ya de por sí competitivo con el transporte por carretera de larga distancia. Esta aproximación tendría la ventaja añadida de ser atractiva para la industria del transporte por mar. También es necesario el apoyo para suministrar infraestructuras portuarias adecuadas en términos de terminales Ro-Ro y en mejora de accesos de carretera.

Para la implantación del ecobono en el caso del transporte en España se pueden utilizar los resultados obtenidos en los apartados anteriores como base de subvención a los agentes del transporte terrestre que utilicen el cabotaje de corta distancia para reducir los costes económicos y también medioambientales y descongestionar las carreteras.

Para ello se han definido dos zonas donde las líneas marítimas tienen unas distancias marítimas y terrestres similares: la mediterránea y la atlántica.

En general, de la comparación de los resultados obtenidos de cada zona marítima se puede afirmar que ambos presentan valores medios de costes bastante similares. Los valores medios de las rutas medias en la zona marítima mediterránea y atlántica son:

	Ruta media mediterránea	Ruta media atlántica
Ahorro por coste externo por FEU y por kilómetro de carretera no recorrido	0,24	0,21

*Tabla 7-126: Valores medios de los ahorros de las rutas medias en las rutas mediterránea y atlántica. (Fuente propia)*

Se puede observar siempre una ligera ventaja a favor de la cuenca mediterránea. Esta ventaja se ve ampliada en gran medida cuando analizamos los resultados anuales, ya que en los resultados por viaje, se ve multiplicada por frecuencias

semanales más elevadas, lo que implica más viajes realizados al año, y ahorros acumulados mayores.

Así pues, a partir de estos valores medios, cualquier nueva ruta de TMCD entre España y Europa que entrara en funcionamiento o que ya está operando en la actualidad, y que podría ser incluida en una de estas dos zonas, se le podría aplicar un descuento multiplicando la constante hallada por el número de kilómetros de carretera no recorridos obteniendo así el descuento máximo que se le podría aplicar al transportista por trayecto realizado.

No se pretende que esta solución sea una solución definitiva, sino alentar a las instituciones públicas a incorporar la evaluación de externalidades como herramienta efectiva para la política de transportes y que los usuarios del transporte de mercancías utilicen un modo de transporte que genere menos costes externos.



## 8 Conclusions

Short Sea Shipping must meet a number of basic requirements to be efficiently implemented: good connexions with an intermodal hinterland, a transport mode specialised in Ro-Ro traffic, fast enough ships, sufficient number of weekly trips, maximum reliability and sharp decline in costs derived from the logistic chain. Also, certain critical factors must be taken into account, i.e. consolidation of flows, quality of the whole transport chain, commitment and compatibility of all elements of the supply chain with other transport modes with a view towards a multimodal model.

The European Commission's interest in promoting Short Sea Shipping as a more sustainable mode is made clear. One possible way of increasing competitiveness against road and air transport may be the extensive use of fast conventional or high-speed vessels.

It is evident that high-speed vessels reduce travel time, but in order to maintain this advantage, port operations must also take less time.

However, more speed implies greater consumption and a higher level of pollutant emissions. An increase in speed is commercially feasible in certain route and freight types and under specific conditions: good weather all year around, a demand large enough to justify high trip frequency and a favourable geographical location.

The use of fast conventional and high-speed ships is not always the best solution. It was necessary to examine each particular case. If in the future more policies towards sea transport are implemented and freight volume increases, high-speed services will have a market share large enough to be commercially and economically feasible.

The purpose of this thesis is to find alternatives to relieve road traffic congestion by using sea transport more extensively with a view to achieving sustainable mobility. To this end, the use of conventional, fast conventional and high-speed vessels in multimodal transport was examined. However, the above objective should not be achieved by the competition of sea transport with railway transport. Instead, these modes must capture part of the road transport share. It must also be clear that no

direct competition exists between maritime and road transport but rather the need for both to be complementary.

Chapter 4 presents the commodity groups susceptible of being captured by sea transport by order of importance:

- Vegetable products.
- Industrial products: foods, beverages and tobacco.
- Metals and their manufactures.
- Chemical products and their derivatives.

The products from the first two groups may be easily packed in unitized cells, which facilitate their inclusion in the multimodal chain and rapid transfer between transport means. It is important to note that these commodity groups are different in volume and worth from freight flows that the EU exchanges with other countries. In the latter case, oil-derived products and machinery, transport equipment and manufactures head the list.

Maritime lines admitting a freight return volume which makes them feasible since pack units (containers) allow use flexibility were also obtained. Additionally, EU countries exchanging goods with Spain by truck were determined, namely:

- France
- Portugal
- Germany
- Italy

It was proved that there is a minimum distance of 800 km below which multimodal transport costs and travel time increase compared with road transport.

The proposed maritime lines must allow a minimum freight return volume to make the connexion viable. In this sense, the use of multi-purpose vessels would increase flexibility of lines. Also, trips between Spain and Germany, Holland and Belgium could accept freight returns in the form of containers, machinery and transport material.

At the end of this chapter 15 lines susceptible of being promoted because of their lower exploitation costs and/or shorter travel time are suggested.

Chapter 5 presents a more detailed study where the number of lines is reduced to five which favour intermodal exchange. Seven variables related to multimodal transport were considered, namely:

- Time difference between multimodal and unimodal transport.
- Cost difference between multimodal and unimodal transport.
- Adequacy of intermodality to ports.
- Freight flows moved by road.
- Meteorological factors.
- Hinterland's gross domestic product.
- Route hinterland's population.

Each variable was analysed separately to obtain partial results. Final results were found with percentages and weights of each variable according to importance.

It is worth noting that the most feasible Short Sea Shipping routes belong to the Mediterranean arc, where Italy appears as the most ideal country. The routes finally selected are

- Route 1: ZAL Azuquena de Henares – Valencia Port– Naples Port - Naples
- Route 2: ZAL Barcelona – Barcelona Port – Civitavecchia Port– Rome
- Route 3: ZAL Alicante – Alicante Port – Genoa Port – Milan
- Route 4: CETABSA Burgos – Tarragona Port– Genoa Port– Milan
- Route 5: CTB Benavente – Gijón Port– Hamburg Port– Berlin

Chapter 6 considers the maritime transport alternative on the basis of the technology of fast conventional and high-speed vessels.

The following variables were taken into account in this study:

- Time
- Frequency
- Meteorology
- Cost
- Crews/accommodation

After analysing the above variables, the ideal ships for each route were determined:

Route 1	Conventional ship
Route 2	Conventional ship
Route 3	Conventional ship
Route 4	Fast Conventional ship
Route 5	Conventional ship

*Table 8-1: Selected vessel according to route. (Own source)*

The use of high speed was not easily justifiable because of operational limitations in crew workload, ship load capacity or weather conditions at certain times of year (which could result in trip cancellations), among others.

In chapter 7, external costs of freight transport were examined since they are the main indicator of transport sustainability and allow the economic quantification of transport-related impacts on society and the environment. External costs were also assessed to determine the feasibility of the routes and advantages and disadvantages of freight and passenger, sea and road transport from the point of view of the environment and external costs. Unimodal and multimodal transport for the routes in question could thus be compared.

One issue of much concern related on the evolution of Short Sea Shipping, and particularly of high-speed ships, is the high oil prices, which lead to dramatic increases in the price of fuel used by ships, and their high pollutant emissions. The average fleet age and increased ship speed also result in higher pollutant emissions since more energy is consumed.

This chapter also provides the final results of savings/costs of the unimodal and multimodal modes for the selected routes according to ship type. It can be observed that external cost savings, which depend on multimodal road distance and ship type, among other factors, are not always achieved.

Once distances, travel times, internal costs and external costs incurred by each line and for each transport mode had been calculated, the most economical, profitable and sustainable mode could be known.

To conclude, these are the results obtained in previous chapters:

1. Five routes were defined as the most feasible and susceptible of use in Short Sea Shipping according to transport-related parameters.
2. The optimal vessel for these routes was determined according to line schedule and frequency. Three ship types were considered according to speed.
3. The annual profits of internal and external costs were calculated for each route with the selected optimal vessel.

	Description	Ship's type	Annual profits of internal costs	Annual profits of external costs
Route 1	ZAL Azuqueca de Henares – Naples	Conventional	117282,36	247024,20
Route 2	ZAL Barcelona – Rome	Conventional	178648,6	1971476,922
Route 3	ZAL Alicante – Milan	Conventional	82264	-52612,75
Route 4	CETABSA Burgos – Milan	Fast conventional	72240,48	-1824170,82
Route 5	CTB Benavente - Berlin	Conventional	14833,52	-1972273,82

*Table 8-2: Final calculations of annual profits of internal and external costs for each selected route and ship type. (Own source)*

Table 8-2 summarises the results of the final calculations of cost savings for unimodal and multimodal transport for the routes according to the selected ship type.

In general, it is observed that multimodal transport is not always more advantageous than unimodal transport as far as external costs are concerned. Moreover, when stricter regulations are applied, savings will be even lower as road transportation policies are considerably more severe than those for sea transport.

After analysing the five routes, a general study of the external costs of existing routes which are currently exploited by European and Spanish shipping companies and with origin and destination in several European and Spanish ports was conducted. Two areas where the maritime lines have similar sea and road distances were defined, i.e. Mediterranean and Atlantic.

Comparison of the results obtained for each maritime zone reveals that both have rather similar mean cost values. The mean values of average routes in the Mediterranean and Atlantic zones are:

	Mediterranean route	Atlantic route
Average external cost savings per FEU and kilometre of road not travelled	0,24	0,21

*Table 8-3: Average external cost savings per FEU and kilometre of road not travelled of the Mediterranean and Atlantic routes. (Own source)*

A slight advantage of the Mediterranean arc can always be observed, particularly in the annual results since, in the case of trips, weekly frequencies increase, implying more annual trips and greater accumulated savings. A discount calculated by multiplying the constant found by the number of kilometres of road not travelled could be offered to carriers covering any new Short Sea Shipping route between Spain and Europe to be implemented or one already operating susceptible of being included in one of the above zones. Moreover, economic and environmental costs would decline and road traffic would be alleviated.

Finally, annex VII contains a database which allows rapid comparison between new or existing unimodal and multimodal routes by either selecting a vessel currently serving a Short Sea Shipping route or introducing the necessary values for the calculation of a new ship. Further, new routes may be analysed introducing the sea and road distances, truck and vessel load factors can be modified and data of ships under construction can be introduced to assess the feasibility of Short Sea Shipping.

This thesis culminates in the proposal of a method for assessing the viability of a multimodal line comparing its external costs with those incurred by a truck travelling the same route. If the resulting figure is positive, it is an objective value of external cost savings in euros per kilometre not travelled by a trailer opting for the multimodal mode. Additionally, a tool built on an *access* platform is provided which allows described calculations of differences between destinations and vessels currently serving short distance traffic with the Spanish peninsula.

