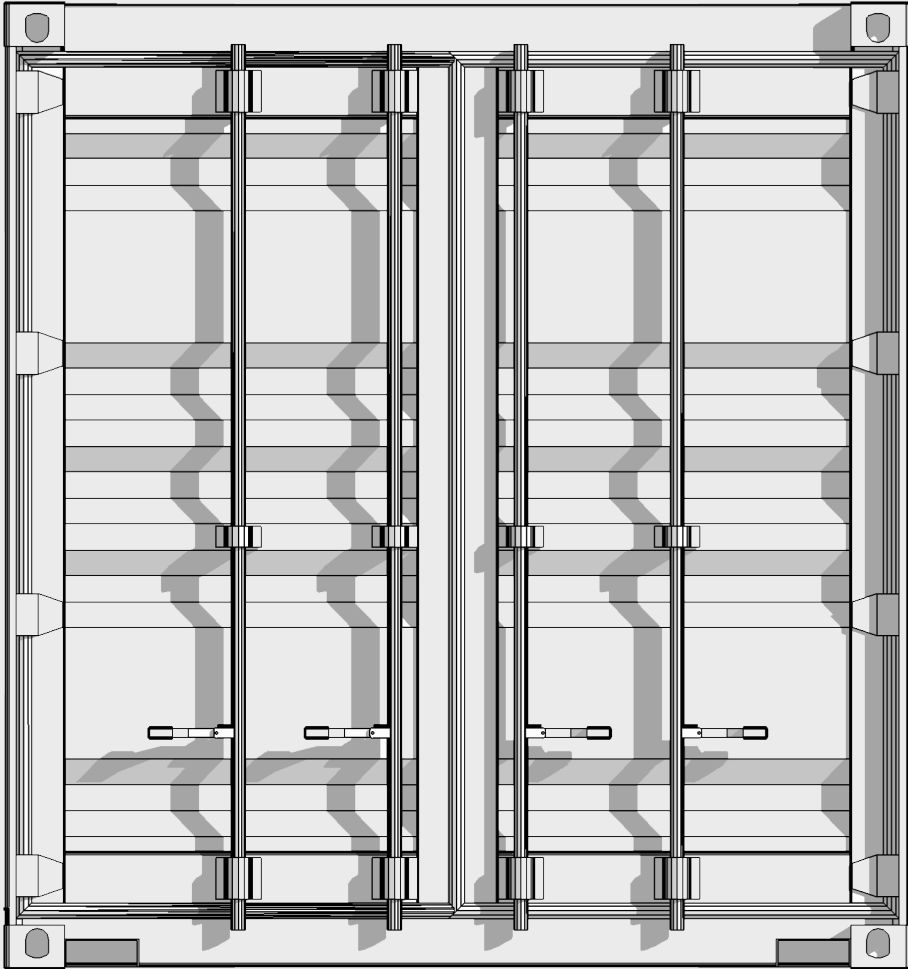


# Modelos y métodos avanzados para la logística del contenedor. Aplicación al puerto de Valencia

Salvador Furió Pruñonosa



Tesis Doctoral dirigida por el  
Dr. D. Carlos Andrés Romano  
Universitat Politècnica de València  
Dpto. de Organización de Empresas





Universidad Politécnica de Valencia  
Departamento de Organización de empresas

# Modelos y métodos avanzados para la logística del contenedor.

## Aplicación al puerto de Valencia

TESIS DOCTORAL

Presentada por Salvador FURIÓ PRUÑONOSA

Dirigida por el Dr. D. Carlos ANDRÉS ROMANO

Valencia, septiembre de 2015



# Índice

|   |    |
|---|----|
| Resumen   | 11 |
| Abstract  | 13 |
| Resum   | 15 |
| 1 Introducción  | 17 |
| 1.1 El contenedor marítimo  | 17 |
| 1.1.1 Historia  | 17 |
| 1.1.2 Características   | 20 |
| 1.2 Principales actores del transporte marítimo y la logística del contenedor | 22 |
| 1.2.1 Agentes oficiales   | 23 |
| 1.2.2 Actores privados  | 24 |
| 1.3 Introducción a los modelos logísticos del contenedor                      | 33 |
| 1.3.1 Grandes concentraciones en el mundo marítimo                            | 33 |
| 1.3.2 Crecimiento del tamaño de los buques                                    | 38 |
| 1.3.3 Sistemas <i>hub-and-spoke</i> : Cambio de paradigma                     | 40 |
| 1.3.4 Tendencias de futuro  | 43 |
| 1.3.5 El ciclo logístico del contenedor                                       | 46 |
| 1.3.6 Distintos niveles en la logística del contenedor                        | 55 |
| 1.3.7 Principales problemas en la logística del contenedor                    | 59 |
| 1.4 Objetivos y estructura de la tesis  | 60 |
| 1.4.1 Objetivos   | 60 |
| 1.4.2 Estructura de la Tesis  | 61 |
| 1.5 Referencias   | 67 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 2     | The importance of the inland leg of containerised maritime shipments: An analysis of modal choice determinants in Spain | 71  |
| 2.1   | Abstract  | 73  |
| 2.2   | Introduction  | 73  |
| 2.3   | Literature review and theoretical model   | 77  |
| 2.3.1 | Literature review   | 77  |
| 2.3.2 | Theoretical model   | 78  |
| 2.4   | Data  | 81  |
| 2.4.1 | Current composition of transport supply and demand in the corridor under study  | 81  |
| 2.4.2 | Design of the questionnaire and fieldwork   | 83  |
| 2.4.3 | Descriptive analysis of results   | 90  |
| 2.5   | Estimation and results  | 94  |
| 2.6   | Conclusions and future research   | 102 |
| 2.7   | Acknowledgments   | 103 |
| 2.8   | References  | 104 |
| 3     | Analysis of Spanish Seaport-Hinterland Freight Flows and the Design of an Inland Network of Intermodal Freight Villages | 109 |
| 3.1   | Abstract  | 111 |
| 3.2   | Analyzing Spanish Seaport-Hinterland Freight Flows  | 112 |
| 3.3   | A Seaport approach to an Inland Network of Intermodal Freight Villages  | 114 |
| 3.3.1 | Integration with seaports   | 116 |
| 3.3.2 | Key stakeholders' roles and strategies  | 118 |
| 3.4   | Conclusions   | 121 |
| 3.5   | References  | 122 |
| 4     | Port community systems in maritime and rail transport integration: The case of Valencia, Spain                          | 123 |
| 4.1   | Introduction  | 125 |
| 4.2   | Main stakeholders in maritime-rail integration  | 127 |
| 4.3   | Dry Port operations   | 129 |
| 4.4   | Information flows in Dry Port operations  | 130 |
| 4.4.1 | Main Problems   | 130 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.4.2 Standard Information Flows for Import and Export Operations  | 131        |
| 4.4.3 Dry Port Message Interchange Proposal for Import Operations  | 137        |
| 4.4.4 Dry Port Message Interchange Proposal for Export Operations  | 138        |
| 4.5 The role of Port Community Systems in Maritime–Rail Integration  | 139        |
| 4.6 Pilot test in Madrid Dry Port  | 141        |
| 4.7 Conclusions  | 143        |
| 4.8 References   | 144        |
| <b>5 MILP Model for Designing the Intermodal Inland Terminals and Seaports Network: A Case Study</b>             | <b>147</b> |
| 5.1 Introduction   | 149        |
| 5.2 Problem Definition   | 150        |
| 5.3 MILP Model Formulation   | 152        |
| 5.4 Results  | 155        |
| 5.4.1 Considered Scenarios   | 155        |
| 5.4.2 Experimental Results   | 155        |
| 5.5 Conclusion   | 157        |
| 5.6 References   | 158        |
| <b>6 La logística del contenedor vacío y el papel de los depósitos de contenedores: capacidad y localización</b> | <b>159</b> |
| 6.1 Resumen  | 161        |
| 6.2 El contenedor  | 162        |
| 6.3 La logística del contenedor vacío  | 164        |
| 6.4 Depósitos de contenedores: capacidad y localización  | 171        |
| 6.5 Bibliografía   | 178        |
| <b>7 Optimization of empty container movements using street–turn: Application to Valencia hinterland</b>         | <b>181</b> |
| 7.1 Abstract   | 183        |
| 7.2 Introduction   | 183        |
| 7.3 Empty containers' management   | 185        |
| 7.4 Literature review  | 187        |

|  |            |
|--|------------|
| 7.5 Model formulation  | 190        |
| 7.6 Application to the case of Valenciaport                      | 197        |
| 7.6.1 Specific problem statement                                 | 198        |
| 7.6.2 Some experiences of use                                    | 200        |
| 7.7 Street-turn vs. basic model: some experimental results       | 202        |
| 7.8 Conclusions  | 204        |
| 7.9 Acknowledgments  | 205        |
| 7.10 References  | 205        |
| <b>8 Conclusiones y futuras líneas de investigación</b>          | <b>209</b> |
| 8.1 Resultados   | 209        |
| 8.2 Resumen de las futuras líneas de investigación identificadas | 215        |
| <b>8 Conclusions and future research lines</b>                   | <b>219</b> |
| 8.1 Results  | 219        |
| 8.2 Summary of the identified future research lines              | 224        |
| Glosario   | 227        |
| Relación de figuras y gráficos                                   | 235        |
| Relación de tablas   | 239        |



*A mis padres*



# Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi director de tesis, el Profesor Dr. D. Carlos Andrés Romano, la inestimable ayuda y colaboración durante todo el proceso de elaboración de esta tesis doctoral. Su apoyo y estímulo han sido sin duda decisivos durante el desarrollo del trabajo.

En segundo lugar, quiero agradecer al Catedrático Dr. D. Leandro García Menéndez, quien, en el arranque de la Fundación Valenciaport y como director de la misma, primero confió conmigo para que participara en el apasionante proyecto de desarrollar un centro de investigación y formación de referencia en el ámbito logístico-portuario en torno al clúster del puerto de Valencia, y luego me animó a embarcarme en este proyecto de doctorado. Su apoyo nunca me ha faltado a lo largo de estos años.

Finalmente, quiero agradecer de forma especial el apoyo e ilusión de mis padres. Sin duda esta ilusión ha sido la motivación extra necesaria para superar todos los obstáculos y llevar a buen puerto esta tesis doctoral.



# Resumen

MODELOS Y MÉTODOS AVANZADOS PARA LA LOGÍSTICA DEL CONTENEDOR.  
APLICACIÓN AL PUERTO DE VALENCIA

*Tesis presentada por Salvador FURIÓ PRUÑONOSA  
Y dirigida por el Dr. D. Carlos ANDRÉS ROMANO*

Desde su aparición en los años 50, el contenedor marítimo ha revolucionado el transporte internacional de mercancías dando soporte a un sistema global de producción, marcado por la multilocalización de las industrias en busca de ventajas competitivas y la configuración de cadenas de suministro cada vez más complejas y globales. En este contexto, el contenedor ha adquirido un gran protagonismo convirtiéndose en un elemento logístico básico en las cadenas de suministro en las que actúa como unidad de transporte, producción y distribución.

El éxito del contenedor queda puesto de manifiesto al analizar la evolución del tráfico portuario de contenedores, que ha estado creciendo a ritmos superiores al 10%, superando los 600 millones TEU desde 2012.

El contenedor es, por tanto, un elemento clave de las cadenas de suministro globales y la logística del contenedor es un área de estudio y trabajo de enorme interés por el impacto que tiene en la eficiencia de dichas cadenas, por el coste que supone a navieras y operadores en sus cuentas de explotación (coste que se traslada al usuario final y repercute en el precio de las mercancías transportadas) y por el coste social y ambiental asociado a las externalidades del transporte derivadas de esta gestión de la flota de contenedores.

La logística del contenedor tiene que ver con la gestión eficiente del parque de contenedores, minimizando los costes de transporte, almacenamiento y mantenimiento, y maximizando la utilización del equipo. En la logística del contenedor se pueden identificar, por lo general, dos categorías o niveles diferenciados en función del ámbito geográfico y de los modos de transporte implicados: El nivel internacional y el nivel local o regional.

Este trabajo aborda la logística del contenedor a nivel regional o local, es decir, en lo relativo a la gestión del stock, transporte y movimientos interiores, tratando de dar respuesta y plantear soluciones a algunos de los problemas con los que se encuentra el sector logístico-portuario en la actualidad.

El resultado de la investigación permite, en primer lugar, conocer de una forma integral y estructurada la complejidad de la logística del contenedor marítimo. En segundo lugar, se identifican y abordan problemas específicos reales para su modelización y análisis, que permiten contribuir a la mejora del sistema logístico actual. En concreto se abordan los siguientes problemas:

- Problemas de elección modal en la configuración de las cadenas o corredores logísticos interiores en el transporte de contenedores marítimos.
- Problemas de localización o vertebración de una red de infraestructuras nodales para atender las necesidades logísticas de los contenedores marítimos.
- Problemas asociados a los movimientos en vacío y gestión de contenedores marítimos.

El interés y contribución académica de este trabajo reside tanto en la definición y modelización de los problemas específicos con una profunda discusión teórica, como en la aplicación empírica a situaciones y entornos reales, cosa que ha sido posible gracias al contacto directo del autor con el sector logístico-portuario y su participación en numerosos proyectos de consultoría e investigación tanto en el clúster del Puerto de Valencia como a nivel europeo e internacional.

El trabajo se plantea como una colección de seis artículos científicos. El orden en que están situados los artículos en la tesis permite mantener una secuencia lógica construida a posteriori y no según el orden cronológico en el que fueron publicados.

# Abstract

MODELS AND ADVANCED METHODS FOR CONTAINER LOGISTICS.  
APPLICATION TO THE PORT OF VALENCIA

*Thesis presented by* Salvador FURIÓ PRUÑONOSA  
*And directed by* Dr. D. Carlos ANDRÉS ROMANO

Since its birth in the fifties, the maritime container has revolutionised freight international transport providing support to a global production system, marked by the industry offshoring looking for competitive advantages and the configuration of increasingly complex and global supply chains. Within this context, the container has gained a great importance becoming a basic logistic element in supply chains where it plays the role of a transport, production and distribution unit.

The success of container is evident if we analyse the evolution of container port traffic, which has been growing at a pace of over 10% surpassing 600 million TEU of traffic since 2012.

The container is, therefore, a key element in global supply chains and container logistics is a field of work and study of enormous interest due to its impact in the efficiency of these supply chains, due to the cost incurred for the operating account of shipping companies and operators (cost which is transferred to the final user and has an impact in the price of the goods being transported), and due to the social and environmental cost associated to the externalities of transport derived from the management of the container fleet.

Container logistics has to do with the efficient management of the container fleet, minimising the transport, warehousing and maintenance costs,

and maximising the use of the equipment. In container logistics it is possible to categorise, generally, two different categories or levels depending on the geographical scope and the transport modes involved: The international level and the local or regional level.

This thesis addresses container logistics at a local or regional level, insofar as in relation to the management of stock, transport and internal movements, trying to react and identify solutions to some of the problems currently facing the port-logistics sector.

The research result allows, firstly, knowing in an integral and structured manner the complexity of maritime container logistics. Secondly, specific real problems are identified and addressed for its modelling and analysis that allows for contributing to the improvement of the current logistics system. The following specific problems are addressed:

- Modal choice problems for the configuration of internal logistics corridors or chains for maritime container transport.
- Problems locating networks of nodal infrastructures facilitating the logistics needs of maritime containers.
- Problems related to the movements and management of empty maritime containers.

The interest and the academic contribution of this thesis lies as much in the definition and modelling of the specific problems with a significant theoretical discussion, as the empirical application to a real environment and real situations. This has been possible due to the direct contact of the author with the port-logistics sector and the participation in many consultancy and research projects in the cluster of the port of Valencia and also at European and international level.

The thesis is outlined as a collection of six scientific articles. The articles have been presented in the thesis in such a way as to follow a logical sequence and not in relation with the chronological order of their publication.



# Resum

Models i mètodes avançats per a la logística del contenidor.  
Aplicació al port de València

*Tesi presentada per Salvador FURIÓ PRUÑONOSA*  
*I dirigida pel Dr. D. Carlos ANDRÉS ROMANO*

Des del seu naixement als anys 50, el contenidor marítim ha revolucionat el transport internacional de mercaderies donant suport a un sistema global de producció, marcat per la multilocalització de les indústries en busca d'avantatges competitives i la configuració de cadenes de subministrament cada vegada més complexes i globals. En aquest context, el contenidor ha adquirit un gran protagonisme convertint-se en un element logístic bàsic en les cadenes de subministrament en les quals actua com a unitat de transport, producció i distribució.

L'èxit del contenidor s'evidencia en analitzar l'evolució del tràfic portuari de contenidors, que ha estat creixent a ritmes superiors al 10% superant els 600 milions TEU des de 2012.

El contenidor és, per tant, un element clau de les cadenes subministrament globals i la logística del contenidor és un àrea d'estudi i treball d'enorme interès per l'impacte que té en l'eficiència d'aquestes cadenes, pel cost que suposa a navilieres i operadors en els seus comptes d'explotació (cost que es trasllada a l'usuari final i repercuteix en el preu de les mercaderies transportades) i pel cost social i ambiental associat a les externalitats del transport derivades d'aquesta gestió de la flota de contenidors.

La logística del contenidor té a veure amb la gestió eficient del parc de contenidors, minimitzant els costos de transport, emmagatzematge i manteniment, i maximitzant la utilització de l'equip. En la logística del contenidor es poden identificar, en general, dues categories o nivells diferenciats en funció de l'àmbit geogràfic i de les modalitats de transport implicats: el nivell internacional i el nivell local o regional.

Aquest treball aborda la logística del contenidor a nivell regional o local, és a dir, quant a la gestió de l'estoc, transport i moviments interiors, tractant de donar resposta i plantejar solucions a alguns dels problemes amb els quals es troba el sector logístic-portuari en l'actualitat.

El resultat de la recerca permet, en primer lloc, conèixer d'una forma integral i estructurada la complexitat de la logística del contenidor marítim. En segon lloc, s'identifiquen i aborden problemes específics reals per a la seua modelització i anàlisi, que permeten contribuir a la millora del sistema logístic actual. En concret s'aborden els següents problemes:

- Problemes d'elecció modal en la configuració de les cadenes o corredors logístics interiors en el transport de contenidors marítims.
- Problemes de localització o vertebració d'una xarxa d'infraestructures nodals per a atendre les necessitats logístiques dels contenidors marítims.
- Problemes associats als moviments en buit i gestió de contenidors marítims.

L'interès i contribució acadèmica d'aquest treball resideix tant en la definició i modelització dels problemes específics amb una profunda discussió teòrica, com en l'aplicació empírica a situacions i entorns reals, cosa que ha sigut possible gràcies al contacte directe de l'autor amb el sector logístic-portuari i la seua participació en nombrosos projectes de consultoria i recerca tant en el clúster del Port de València com a nivell europeu i internacional.

El treball es planteja com una col·lecció de sis articles científics. L'ordre en què estan situats els articles en la tesi permet mantenir una seqüència lògica construïda a posteriori i no segons l'ordre cronològic en el qual van ser publicats.

# 1

## Introducción

### 1.1 El contenedor marítimo

#### 1.1.1 Historia

El contenedor marítimo deriva principalmente de la asociación de dos ideas o necesidades complementarias:

- La agrupación de mercancías, paquetes o cajas formando unidades de mayor volumen que faciliten su transporte, movimiento y almacenamiento de forma sistemática, homogénea y segura (*unitización* de la carga).
- El transporte multimodal que requiere del uso en un viaje de más de un modo de transporte y, por tanto, de la operación del transbordo de la mercancía entre modos.

Durante los siglos XIX y XX surgieron diversas formas de *unitización* principalmente ligados al uso del ferrocarril. Los orígenes del contenedor marítimo podemos encontrarlos en una de estas soluciones diseñada para el transporte en buques o barcasas de vagones de ferrocarril completos. Esta tecnología fue conocida como *seatrains* y surge en el inicio de los años 30 cuando el ingeniero civil Graham Brush diseñó y puso en funcionamiento un servicio de transporte de vagones de ferrocarril entre Nueva Orleans y La Habana (Seatrains New Orleans). Para ello, se adaptó un buque para la carga de vagones de ferrocarril y se construyeron dos grúas en los

muelles de Nueva Orleans y La Habana para la carga y descarga de los vagones por elevación. El servicio fue un éxito al permitir cargar y descargar en diez horas mercancía que en un barco ordinario requería de seis días de manipulación. Brush no introdujo el contenedor tal y como ahora lo conocemos sino que utilizó vagones de ferrocarril completos entendiendo que el ferrocarril ya había dedicado tiempo y esfuerzo en el desarrollo de *cajas* para el movimiento de todo tipo de cargas (vagones refrigerados, plataformas, góndola, tanque, etc.)

Sin embargo, el inicio de la historia del contenedor marítimo se atribuye a Malcom McLean, un camionero de Carolina del Norte propietario de una pequeña empresa de transportes que se introdujo en el negocio marítimo en 1955 con la compra de las dos compañías Pan Atlantic Steamship Company y Waterman Steamship Company.

Malcom McLean dio con la idea de utilizar contenedores para el transporte de mercancías años atrás (1937), cuando observaba el tiempo y dinero que se perdía descargando los camiones y cargando las mercancías en el buque caja a caja, mientras esperaba turno en el muelle para su camión.

Tras la compra de las dos compañías empezó a realizar pruebas con contenedores en sus barcos cisterna. Finalmente, el 26 de Abril de 1956, un buque cisterna llamado *Ideal X* navegó desde el Puerto de Newark en Nueva York hasta Houston llevando contenedores de 35 ft (que en aquellos tiempos era la longitud máxima autorizada en las autopistas americanas) y su granel líquido habitual. Después del éxito de *Ideal X*, otros 6 buques fueron reconstruidos a *trailerships* (como empezaron a llamarse en aquel momento) para el transporte de contenedores. Estos buques fueron equipados con sus grúas que podían coger el contenedor desde el muelle y depositarlo en las divisiones (o *celdas*) realizadas en de la bodega del buque para albergar a los contenedores.

En 1960, otro buque reconstruido llamado *Santa Eliana*, de Grace Lines, se convirtió en el primer buque portacontenedores en operar en el Comercio Internacional cuando navegó de Nueva York a Venezuela. El mismo año y tras la venta de Waterman Steam Ship Co., Malcolm McLean llamó a su

compañía Sealand Services Inc., para reflejar mejor la filosofía y el objetivo del negocio de la compañía.

Mientras tanto, en la costa oeste de Estados Unidos, Matson Navigation (máximo representante del transporte marítimo vinculado al comercio entre California y Hawai) decidió adoptar el modelo y en Agosto de 1958 uno de sus buques de carga navegó de San Francisco a Hawai con contenedores de 24 pies en sus bodegas. En 1960 el *Hawaiian Citizen* fue su primer buque portacontenedores completo.

En el mismo momento, la Autoridad Portuaria de Nueva York viendo el potencial del contenedor en el comercio construyó la primera terminal exclusiva de contenedores al lado del Puerto de Newark y la llamó *Port Elizabeth Marine Terminal*.

El éxito de McLean animó a otras navieras a introducirse en el negocio del contenedor y pronto las empresas de ferrocarril empezaron a ofrecer servicios para el transporte de contenedores en vagones plataforma.

El siguiente objetivo de McLean era Europa. En abril de 1966 fue inaugurado el primer servicio trasatlántico con la navegación de *SS Fairland* desde Port Elizabeth (Nueva York) a Rotterdam, donde descargó 50 contenedores. El viaje tuvo un fuerte impacto en el negocio marítimo consiguiendo que las mercancías llegaran a sus destinos cuatro semanas antes que con anterioridad. Finalmente el mundo marítimo se convenció de la viabilidad de la contenedorización y una a una fueron entrando en el negocio otras líneas navieras.

Hacia 1972 la mayoría de los tráficos entre América del Norte, Europa, Japón y Australia habían sido contenedorizados y ya se habían construido los primeros buques especializados para el transporte de contenedores, denominados *portacontenedores celulares*.

Desde entonces el tráfico de mercancía contenedorizada ha crecido de forma espectacular jugando un papel decisivo en el desarrollo del comercio internacional, y es un claro ejemplo de cómo la innovación puede tener un revolucionario impacto económico y social (ver gráfico 1.1).

### 1.1.2 Características

*Contenedor* es el término genérico utilizado para designar una caja que transporte mercancías, suficientemente resistente para su reutilización, habitualmente apilable y dotada de elementos para permitir la transferencia entre modos de transporte. De acuerdo con la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) un contenedor es un:

- equipo de transporte suficientemente resistente para ser reutilizado
- especialmente diseñado para facilitar el transporte de mercancías por uno o más medios de transporte sin manipulación (carga / descarga) de la mercancía
- provisto de dispositivos que permitan su manejo, particularmente el de traslado de un medio de transporte a otro
- diseñado de manera que facilita su carga y descarga
- su volumen interno debe ser de al menos  $1 \text{ m}^3$

El Convenio Internacional para la Seguridad de los Contenedores (CSC) utiliza la siguiente definición: El contenedor es un equipo de transporte

- a) De carácter permanente y, por tanto, suficientemente resistente para un uso repetido;
- b) Especialmente diseñado para facilitar el transporte de mercancías, por uno o más modos de transporte, sin necesidad de manipulación intermedia de la carga;
- c) Diseñado para ser manipulado de modo seguro, teniendo para ello especiales anclajes en las esquinas (cantoneras);
- d) De un tamaño tal que el área comprendida por las cuatro esquinas externas inferiores es:
  - Al menos  $14 \text{ m}^2$
  - Al menos  $7 \text{ m}^2$  si lleva cantoneras superiores

Entre las características más importantes de los contenedores marítimos se pueden señalar:

- Estandarización (sistema estandarizado ampliamente extendido en todo el mundo)
- Apilabilidad (capacidad de apilarse tanto vacíos como llenos)
- Seguridad, resistencia (capacidad de proteger la mercancía frente a robos, golpes o las inclemencias del tiempo)
- Operabilidad (facilidad en la manipulación y manutención) (amplia red de terminales disponibles alrededor del mundo para su manipulación)
- Intermodalidad (totalmente integrado con los diferentes modos de transporte: carretera, ferrocarril, barco)

Existen contenedores de diferentes tipos y tamaños. Los primeros contenedores utilizados por *SeaLand* eran contenedores adaptados a los estándares americanos ASA (*American Standard Association*) de 27 ft y 35 ft. Dado que los estándares americanos sólo podían aplicarse con dificultad a las condiciones en Europa y otros países, después de duras negociaciones se alcanzó un acuerdo con los americanos. Los estándares ISO resultantes permitían longitudes de 10 ft, 20 ft, 30 ft y 40 ft, el ancho fue fijado a 8 ft y la altura a 8 ft y 8 ft 6 in. Para transporte terrestre en Europa, se alcanzó un acuerdo para un ancho de 2,5 metros que es principalmente utilizado para operaciones de transporte combinado ferrocarril-carretera.

En el transporte marítimo los más utilizados son contenedores de 20 y 40 pies (6096 y 12 192 mm), el ancho es siempre de 8 ft (2438 mm), y las alturas estándar son de 8 ft 6 in (2621 mm) o 9 ft 6 in (*high cube*) (2926 mm). Durante muchos años el estándar ISO ha estado sometido a presiones y muchas navieras se han visto obligadas a utilizar contenedores de mayores dimensiones. De esta forma muchas navieras han implantado el uso de contenedores *Jumbo* de 45 pies de longitud que están operando principalmente en Estados Unidos. En Europa y otros continentes, todavía existen limitaciones para la circulación por carretera de estos contenedores.

Además de la diferencia en tamaño, el diseño de los contenedores también trata de adaptarse a los requisitos de los distintos tipos de mercancías que se han de transportar. Así podemos encontrar contenedores estándares de carga seca, contenedores ventilados, contenedores isoterms, contenedores refrigerados, contenedores cisterna, contenedores de techo abierto y plataformas, etc.

En 2011 la flota de contenedores era de aproximadamente 30 millones TEU<sup>1</sup> en manos de compañías navieras y de *leasing*, de los cuáles casi el 90% se corresponde con contenedores estándares para carga seca de 20 y 40 pies, y con una previsión de superar los 40 millones en 2015 (World Shipping Council, 2011).

## 1.2 Principales actores del transporte marítimo y la logística del contenedor

En el transporte marítimo y la logística del contenedor aparecen numerosos actores involucrados. A continuación se hace una revisión de los agentes oficiales que encontramos en los puertos, así como del conjunto de actores privados involucrados en las operaciones logísticas y de tráfico de contenedores marítimos. Esta revisión resulta útil para el análisis de los procesos, flujos físicos y de información asociados a la logística del contenedor, y para la lectura y seguimiento de la tesis.

Es importante señalar que el transporte marítimo de mercancías y, por tanto, la logística y transporte del contenedor, se encuentra estrechamente vinculado a los procesos existentes y acordados en el comercio internacional.

---

<sup>1</sup> TEU (Twenty Equivalent Unit): medida de referencia equivalente a un contenedor marítimo de veinte pies



### 1.2.1 Agentes oficiales

Los agentes oficiales que existen en los puertos difieren entre países debido a las distintas organizaciones gubernamentales. A continuación se comentan los que actúan en los puertos españoles.

- A) **Autoridad Portuaria.** Es la encargada de la planificación, ordenación y gestión de la zona de servicio de un puerto. La ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante atribuye la titularidad de todas las operaciones portuarias a las Autoridades Portuarias. El servicio de éstas que mantiene una relación más intensa con las terminales es la *Comisaría del Puerto*. Esta Comisaría se encarga de la asignación de atraques del puerto.
- B) **Autoridad Marítima:** Tiene competencias sobre el tráfico marítimo en las aguas territoriales españolas, la seguridad marítima y aspectos medioambientales del mar. Por lo tanto la organización y autorización de las entradas y salidas del buque en el puerto se efectúa en coordinación de ambas administraciones, la *Capitanía Marítima* que se enmarca dentro de la *Dirección General de la Marina Mercante* y la *Comisaría* en la Autoridad Portuaria. Esta asignación consiste en la programación con suficiente antelación de la ocupación de los muelles (fechas y horas de atraque y desatraque) en función de la información recibida de los consignatarios y la terminal.
- C) **Aduana:** Es un organismo dependiente del gobierno que tiene como misión principal la autorización de las importaciones y las exportaciones, temporales o definitivas, así como los tránsitos de las mercancías. En los últimos años, se ha ampliado la misión de la aduana para ejercer un mayor control de la mercancía con el objeto de mejorar y garantizar la seguridad y protección en el flujo de mercancías. A este efecto la aduana efectúa el proceso de despacho aduanero, a partir de la información recibida de los Agentes de Aduana a través de las declaraciones de aduanas, que en el territorio de la Unión Europea se formaliza en un documento conocido como *Documento Único Administrativo* (DUA). Además del despacho, sin cuya autorización la mercancía no puede ser embarcada (caso de exportación,

transbordo y tránsito) o salir del recinto aduanero (caso de importación y tránsito), la Aduana impone y recauda los aranceles y el IVA. A toda la zona de servicio de los puertos españoles se la denomina recinto aduanero, y para desempeñar su función de control, la Aduana se sirve del auxilio de un grupo especializado de miembros de la Guardia Civil, conocido como *resguardo fiscal*, cuya misión es comprobar que la mercancía no abandona el recinto aduanero sin tener toda la documentación en regla.

- D) **Organismos de inspección.** En los puertos existen diversos organismos que ejercen el derecho a la inspección de la mercancía que viaja a bordo de los buques. La Unión Europea (UE), tras la desaparición de las fronteras interiores, definió las condiciones exigibles a cumplir por las dependencias que se conocen como *Puestos de Inspección Fronteriza* (PIF). Dada su implicación en la cadena logística de la mercancía y su incidencia en el tiempo de paso por el puerto, estos organismos están haciendo importantes esfuerzos en agilizar la coordinación entre ellos y en incorporar nuevas tecnologías que permitan ofrecer un mayor servicio de calidad. Los organismos de inspección tienen por objeto verificar que la mercancía transportada cumple con todos los requisitos exigibles, emitiendo los certificados correspondientes. Los principales organismos de inspección son: SOIVRE (Subdirección General de Inspección, Certificación y Asistencia Técnica del Comercio Exterior), Sanidad Exterior Sanidad Vegetal y Sanidad Animal.

### 1.2.2 Actores privados

Los actores privados más representativos en el transporte marítimo y la logística del contenedor son:

- A) El **armador**: es el operador que habilita o fleta y arma el buque para destinarlo al comercio o a la pesca, dotándolo de aparejos y equipos adecuados. La personalidad de armador va unida unas veces a la de propietario del buque, otras a la de naviero y otras a la de fletador. Por lo tanto, puede ser propietario del buque o tenerlo alquilado para explotarlo por su cuenta.

- B) El **naviero** (o la naviera): es el titular de la empresa de transporte marítimo, pudiendo ser también propietario del barco o el armador. De ser personas distintas, la relación de la naviera con el armador es la de un arrendatario. Este arriendo puede ser por tiempo o por travesía, y puede incluir la tripulación o no (*a casco desnudo*). Normalmente el naviero se encuentra representado en cada puerto por su agente marítimo al que se le denomina *consignatario del buque*.
- C) El **operador de línea o línea marítima**, es aquel que adquiere ante otros la responsabilidad de transportar la carga (también se le puede llamar transportista o porteador, en inglés *carrier*). Puede tratarse de un naviero, o no, en cuyo caso precisan de contratar con otros los servicios de operación de buques. En muchas ocasiones se puede encontrar a distintos operadores de línea que transportan carga en un mismo buque (lo que se denominan *joint services* o servicios compartidos). En estos casos será habitual que sólo uno de estos operadores de línea sea el naviero. De igual forma que sucede con las navieras, los operadores de línea se encuentran representados en cada puerto por su agente marítimo, que en este caso se le conoce como *consignatario del transporte de la mercancía*.
- D) El **capitán** del buque, máxima autoridad del mismo, y por lo tanto el responsable último de lo que ocurre a bordo. Es el responsable de la presentación de la documentación ligada al buque y a la carga transportada aunque en muchas ocasiones delegará estas funciones a los agentes marítimos consignatarios del buque en los distintos puertos.
- E) El **práctico** es el agente que presta un servicio consistente en auxiliar al capitán del barco en las operaciones de entrada y salida de puerto.
- F) Los **amarradores** son unos agentes que ayudan desde tierra a la embarcación en su operación de atraque y desatraque.
- G) El **remolque portuario** es un servicio que consiste en auxiliar los movimientos y maniobras del buque en las aguas del puerto por medio de otra u otras embarcaciones, llamadas remolcadores, unidas al primero por cabos o cables. Aparte de los remolcadores de puerto,

existen también los remolcadores de altura, que se encargan de ayudar al barco en aguas exteriores en situación de avería.

H) El **agente marítimo consignatario de buques**. Todas las navieras suelen disponer de una oficina de representación de la misma en cada uno de los puertos donde efectúan operaciones. Estas oficinas pueden depender directamente de la naviera o ser agentes independientes que actúan en representación de la misma allí donde se precise la presencia de éste: autoridad portuaria, aduana, etc. El agente marítimo consignatario del buque representa a la embarcación del naviero, pero también puede representar a la mercancía que transporta como operador de línea en otros buques en cuyo caso se le conoce como *consignatario del transporte de las mercancías*. Las funciones del agente marítimo son las siguientes:

- Contratación y supervisión de la estiba y desestiba, carga y descarga, recepción y entrega, almacenaje, transbordo, etc., de las mercancías consignadas.
- La gestión complementaria de transportes relacionados con el transporte principal del barco consignado.
- La preparación de la documentación necesaria al efecto.
- Aquellos otros actos que siendo responsabilidad del naviero o el capitán, éste le encomiende para que se realicen en el puerto.

Las responsabilidades que adquiere la línea marítima en el transporte terrestre de contenedores son las siguientes:

- Es el *depositante* de los contenedores en las *terminales portuarias* de contenedores. Por lo tanto, son las responsables de emitir las autorizaciones de admisión y entrega en estos recintos, bien directamente o bien a través de sus agencias marítimas.
- Es el *depositante* de los contenedores vacíos en los *depósitos de contenedores vacíos*, siempre y cuando estos equipos se encuentren bajo su responsabilidad. Por lo tanto, son las responsables de

emitir las autorizaciones de admisión y entrega en estos recintos para las entregas y devoluciones de estos equipos.

- En las operaciones de transporte terrestre en el que el lugar de origen del contenedor sea una terminal portuaria, la línea marítima será, bien directamente o bien a través de sus agencias marítimas, el *expedidor*.
  - En las operaciones de transporte terrestre en el que el lugar de destino del contenedor sea una terminal portuaria, la línea marítima será, bien directamente o bien a través de sus agencias marítimas, el *destinatario*.
  - En la mayoría de las ocasiones es la propietaria del contenedor o este equipo se encuentra bajo su responsabilidad. Por lo tanto, es la responsable de *ceder el equipo para su transporte*, bien directamente o bien a través de sus agencias marítimas, en los casos que resulte necesario.
  - En las operaciones de transporte terrestre en las que no exista una cesión del contenedor hacia un tercero, la línea marítima será, bien directamente o bien a través de sus agencias, el *remite*nte o *cargador* frente al porteador del tramo terrestre. En estos casos será asimismo el *porteador* terrestre de la mercancía transportada en el contenedor frente a su cliente (cargador o destinatario dentro del conocimiento de embarque).
  - Puede ser el depositante del contenedor, bien directamente o bien a través de sus agencias, en una terminal ferroviaria u otra instalación intermodal y, por lo tanto, el responsable de emitir las correspondientes órdenes de admisión y entrega a esta instalación en el caso de requerirse.
- l) La **empresa estibadora**. En España la operación portuaria la realiza una empresa en régimen de concesión por parte de la Autoridad Portuaria (modelo *landlord*). A dicha empresa se la conoce como empresa estibadora, operadora de la terminal o incluso a veces terminal. Además de realizar la operación portuaria, la estibadora planifica la

estiba y desestiba de la mercancía, con el visto bueno por adelantado del capitán (normalmente a través de una notificación previa por medios electrónicos, EDI por ejemplo). Esta operación es de responsabilidad completa del capitán (repercute en la seguridad del buque, y en las posteriores desestibas a realizar en los puertos siguientes), pero en las terminales especializadas, y en particular las terminales de contenedores, la operación suele prepararla la estibadora pues, además de contar con la información completa de las operaciones de descarga y carga que se han de realizar (recibidas del propio buque, la naviera o el agente marítimo), cuenta con los programas informáticos adecuados. Por otra parte, como gestora de la explotación de la terminal se ocupa de la recepción y entrega del transporte terrestre, de la carga y descarga del buque, y de la organización del patio de almacenamiento, así como de las operaciones complementarias.

- J) El **transitario** (traducción del francés *transitaire*), la misión original de este agente era la de hacerse cargo del tránsito (en sentido estricto) de la mercancía por la zona portuaria. En España, la ley de Ordenación del Transporte Terrestre (LOTT) describe al transitario como organizador de los transportes internacionales y para ello actúa siempre en nombre propio, como transportista frente al cargador, y como cargador frente a los transportistas. Para realizar las actividades de transitario hay que tener la autorización administrativa correspondiente. Algunas de las actividades que pueden desarrollar son: cumplir las formalidades administrativas ligadas al transporte internacional o al régimen de tránsito aduanero, depositar o almacenar mercancías con estos destinos, consolidarlas o desconsolidarlas, coordinar las diversas fases del transporte con destino o procedencia internacionales, y contratar la realización de los portes. No es extraño que un agente sea a la vez Consignatario y Transitario e incluso, a veces, Agente de Aduanas. Puede darse también el caso de que los transitarios ofrezcan servicios de transporte marítimo (como NVOCC –*non vessel operating common carrier*–), en cuyo caso su misión se mezclaría con la del operador de línea, antes descrito. Las responsabilidades que adquiere el transitario en el transporte terrestre de contenedores son las siguientes:

- En las operaciones de transporte terrestre en las que exista una cesión del contenedor hacia el transitario, es el *remitente o cargador* frente al porteador del tramo terrestre. En estos casos será asimismo el *porteador terrestre* de la mercancía transportada en el contenedor frente a su cliente (cargador o destinatario dentro del contrato de transporte suscrito –conocimiento de embarque interno o *house bill of lading*)
  - En las operaciones de transporte terrestre de contenedores en exportación es el *expedidor* de los contenedores frente al porteador del tramo terrestre, a menos que especifique uno distinto.
  - En las operaciones de transporte terrestre de contenedores en importación es el *destinatario* de los contenedores frente al porteador del tramo terrestre, a menos que especifique uno distinto.
  - Puede ser el depositante del contenedor en una terminal ferroviaria u otra instalación intermodal y, por lo tanto, el responsable de emitir las correspondientes órdenes de admisión y entrega a esta instalación en el caso de requerirse.
- K) **Consolidador.** Empresa (normalmente transitaria) que agrupa y desagrupa cargas de diferentes remitentes dirigidos a diferentes destinatarios, en un mismo contenedor.
- L) **Almacenistas:** Se considera actividad de almacenaje (art. 171 ROTI)

aquella que tiene por objeto recibir, en virtud de un contrato de depósito y en locales adecuados de los que disponga el depositario, bienes o mercancías ajenos, efectuando, respecto de ellos, operaciones de ruptura de cargas, almacenaje, custodia, manipulación, administración, control de existencias, preparación de pedidos y cualesquiera otras que hubieran sido convenidas para su posterior distribución, en virtud de un contrato de transporte, a las personas determinadas por el depositante en la forma, tiempo y lugar que éste determine.

Bajo esta definición se enmarcan claramente las terminales de contenedores y otras instalaciones intermodales utilizadas de forma habitual en el transporte intermodal de contenedores.

- M) El **Agente de Aduanas**. Es un agente privado, con actuación regulada por la Administración. Su misión es actuar ante la aduana en nombre de los titulares de la mercancía (importadores o exportadores). Son los agentes encargados de cumplimentar la documentación que se presenta al despacho aduanero (DUA), y deben asistir, en representación de su cliente, en aquellas inspecciones que sobre la mercancía en cuestión ordene la autoridad.
- N) Las **empresas de transporte interior** son las encargadas bien por los agentes marítimos o bien por los transitarios de la entrega y recepción de mercancías a la terminal y del transporte al cargador y/o receptor. Se distinguen las empresas de:
- Transporte por carretera
  - Transporte por ferrocarril
  - Transporte por vía navegable
- **Agencia de transporte:** Es la empresa que se dedica al transporte terrestre de mercancías, fundamentalmente por carretera. Las responsabilidades que adquiere la agencia de transporte en el transporte terrestre de contenedor son las siguientes:
    - Actúa como *porteador* del transporte terrestre frente al remitente del mismo.
    - En el caso que efectúe una intermediación en la contratación del transporte de mercancías es asimismo operador de transporte de mercancías. En estos casos actúa como porteador frente a su cliente (remitente) y como remitente frente al transportista.
  - **Transportista:** Es la persona física o jurídica que efectúa el transporte físico por carretera de la mercancía. En muchos casos, la propia agencia de transportes es asimismo el transportista. La responsabilidad que adquiere el transportista en el transporte terrestre de contenedor son las siguientes: Actúa como porteador del transporte terrestre frente al remitente del mismo.



Asimismo, para la ejecución del servicio de transporte el transportista debe entregar al conductor la siguiente documentación:

- la orden de transporte del contenedor (normalmente dos ejemplares) con los datos requeridos por la Orden FOM/238/2003,
  - las órdenes de entrega y admisión emitidas por los depositantes del contenedor en las instalaciones intermodales que correspondan, y
  - cualquier otra documentación adicional que se requiera para el cumplimiento de su actividad dentro de la normativa y prácticas vigentes.
- **Empresa ferroviaria:** Es empresa ferroviaria aquella entidad titular de una licencia de empresa ferroviaria, cuya actividad principal consiste en prestar servicios de transporte por ferrocarril en los términos establecidos por la ley 39/2003.
  - **Operador de carga ferroviaria** (Agente de transporte ferroviario): Es la empresa que organiza y comercializa el transporte ferroviario haciéndose responsable del mismo. Puede coincidir o no con el operador/empresa ferroviaria que dispone de la tracción, encargada de realizar finalmente el transporte. Cuando el operador de carga ferroviaria y el operador/empresa ferroviaria no coinciden, los vagones utilizados en la configuración del tren pueden ser propiedad indistintamente del operador de carga ferroviaria o del operador/empresa ferroviario.
- 0) **Compañías de alquiler o *leasing* de contenedores marítimos:** Son compañías generalmente de carácter global que gestionan una flota o *pool* de contenedores marítimos que ofrecen en alquiler (principalmente a las compañías navieras, líneas marítimas o sus agentes) con diferentes condiciones o estructuras (alquiler de larga duración, alquiler para un viaje –*one way trip*–, etc.)
- P) **Instalaciones intermodales:** En principio se distinguen varios tipos de instalaciones intermodales:

- **Terminal portuaria de contenedores:** Es aquella instalación que efectúa el intercambio modal en la interfaz marítima-terrestre.
- **Terminal ferroportuaria:** Es aquella terminal portuaria de contenedores que dispone de las instalaciones necesarias para un intercambio modal hacia el ferrocarril. Es habitual que la terminal ferroportuaria y la terminal portuaria de contenedores sean explotadas por la misma empresa, en cuyo caso, no se suele manifestar ninguna separación de responsabilidades frente al transporte terrestre en ambas instalaciones.
- **Terminal ferroviaria:** Es aquella instalación que efectúa el intercambio modal en la interfaz ferrocarril-carretera no pudiendo efectuar ningún intercambio modal marítimo directo.
- **Depósito de contenedores:** Es aquella instalación especializada en el almacenamiento de contenedores vacíos. Su misión consiste en facilitar la logística de los contenedores vacíos y se ocupa de su almacenaje, su custodia y, en caso de necesidad, de servicios añadidos como inspección, limpieza y reparación.
- **Puerto Seco:** El concepto de puerto seco tiene que ver con una terminal intermodal interior conectada directamente por ferrocarril con uno o varios puertos donde los contenedores pueden ser atendidos y gestionados de la misma manera que si estuvieran en el propio puerto.
- **Otras instalaciones intermodales:** Son aquellas otras instalaciones acondicionadas para el depósito de contenedores distintos a los anteriores.

Cada una de las instalaciones intermodales son explotadas por una empresa, cuya responsabilidad en el transporte terrestre del contenedor es la siguiente: Es el almacenista del contenedor, debiendo admitir o entregar los contenedores a las personas determinadas por el depositante en la forma, tiempo y lugar que este determine.

## 1.3 Introducción a los modelos logísticos del contenedor

Desde su aparición en los años 50, el contenedor ha revolucionado el transporte internacional de mercancías dando soporte a un sistema global de producción, marcado por la multilocalización de las industrias en busca de ventajas competitivas y la configuración de cadenas de suministro cada vez más complejas y globales. En este contexto, el contenedor ha adquirido un gran protagonismo convirtiéndose en un elemento logístico básico en las cadenas de suministro en las que actúa como unidad de transporte, producción y distribución (Notteboom and Rodrigue, 2009).

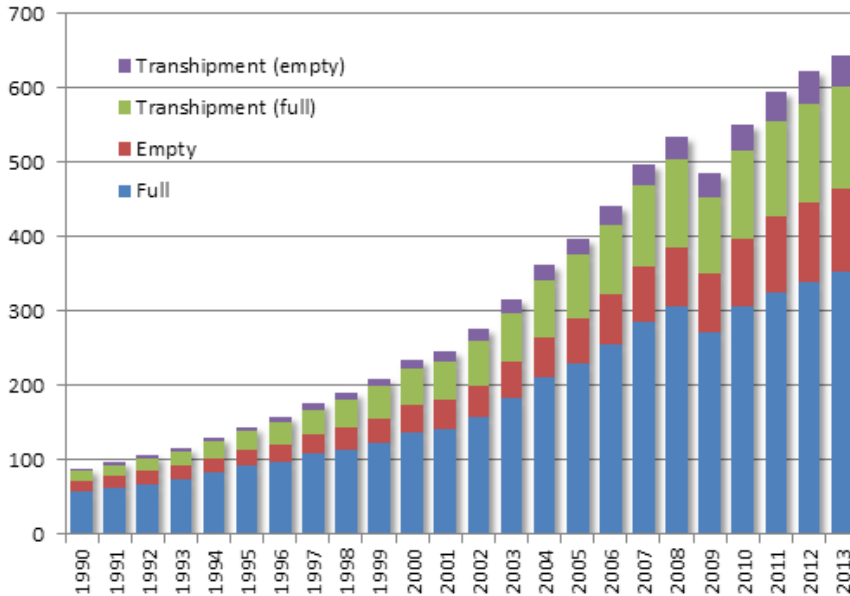
El éxito del contenedor queda puesto de manifiesto al analizar la evolución del tráfico portuario de contenedores, que ha estado creciendo a ritmos superiores al 10%, superando los 600 millones TEU desde 2012 (Drewry Shipping Consultants Ltd., 2014) (Gráfico 1.1).

Los motivos de este espectacular crecimiento son diversos. Por un lado, resulta claro que la globalización y el crecimiento del comercio internacional han fomentado el incremento del tráfico portuario. Por otro lado, los propios *modelos logísticos* asociados al contenedor que han dado respuesta al crecimiento del comercio internacional, han contribuido a que el crecimiento del tráfico portuario sea todavía más importante. La gran concentración a nivel internacional experimentada en el mundo marítimo con la conformación de grandes grupos navieros y de operadores, el continuo crecimiento del tamaño de los buques portacontenedores y el desarrollo de sistemas *hub-and-spoke*, son algunas de las tendencias (relacionadas entre sí) que marcan el actual modelo logístico del contenedor.

### 1.3.1 Grandes concentraciones en el mundo marítimo

Desde finales de los años 90 se observa un incremento de la integración vertical y horizontal en todo el sector del transporte marítimo. Las empresas han aumentado de tamaño para aprovechar economías de escala y controlar costes, y en este proceso se han visto involucradas navieras, estibadoras, empresas de transporte terrestre y de servicios logísticos y Autoridades Portuarias. (Monterde et al., 2002)

Gráfico 1.1: Evolución del tráfico portuario mundial de contenedores

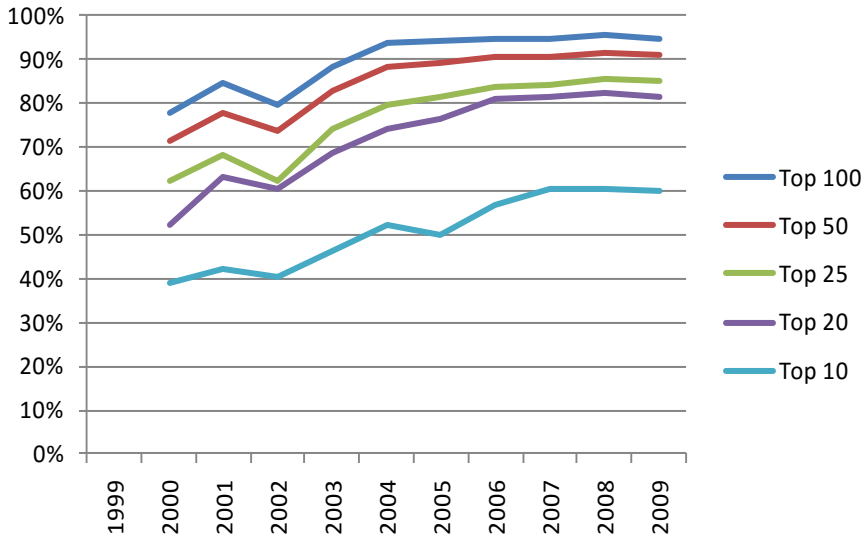


Fuente: elaboración propia

El gráfico 1.2 muestra la evolución de la concentración experimentada por las compañías navieras de 2000 a 2009 (años de mayor concentración). Al final de este periodo las primeras 25 navieras ya tenían una cuota de mercado (medida como porcentaje de la capacidad total servicio) del 85.41%, frente al 62% que representaban seis años antes. Y la cuota de mercado de las primeras 10 compañías ya era del 60% de la capacidad total en TEU (Sys, 2009).

Este nivel de concentración es el resultado de numerosos procesos de adquisición y fusión entre compañías navieras, dirigidos a crecer en tamaño y reducir costes aprovechando mayores economías de escala. En 1995 las primeras 16 compañías navieras disponían del 50% del total de la capacidad en servicio, mientras que en 2008 sólo las 7 primeras compañías ya suponían este 50% (tabla 1.2).

Gráfico 1.2: Evolución de la concentración de las compañías navieras



Fuente: elaboración propia

Tabla 1.1: Compañías navieras representando el 50% de la capacidad en servicio

|    | 1995               | 2000                 | 2003                  | 2008                      |
|----|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1  | Maersk             | Maersk-SL + SCL      | Maersk-SL + Safmarine | APM-Maersk (*)            |
| 2  | Evergreen Group    | Evergreen Group      | Mediterranean SHg Co  | Mediterranean Shg Co      |
| 3  | COSCO Container L. | P&O Nedlloyd         | P&O Nedlloyd          | CMA CGM Group             |
| 4  | Sea-Land           | Hanjin/DSR-Senator   | Evergreen Group       | Evergreen                 |
| 5  | NYK                | Mediterranean SHg Co | Hanjin / Senator      | Hapag-Lloyd (**)          |
| 6  | P&O Nedlloyd       | NOL / APL            | APL                   | CSCCL                     |
| 7  | Hanjin             | COSCO Container L.   | COSCO Container L.    | COSCO Container L.        |
| 8  | P&O Containers     | NYK CMA              | CGM Group             |                           |
| 9  | MOL                | CP Ships / Americana | NYK                   |                           |
| 10 | K Line             | Mitsui-OSK L. (MOL)  | CP Ships Group        |                           |
| 11 | Zim                | Zim                  |                       |                           |
| 12 | Hapag-Lloyd        |                      |                       |                           |
| 13 | NOL/APL            |                      |                       |                           |
| 14 | DSR Senator        |                      |                       |                           |
| 15 | MSC                |                      |                       | (*) incluyendo P&O Nedll. |
| 16 | Yang Ming Line     |                      |                       | (**) incluyendo CP Ships  |

Fuente: Sys, 2009

Tabla 1.2: Tipos de operadores globales de contenedores

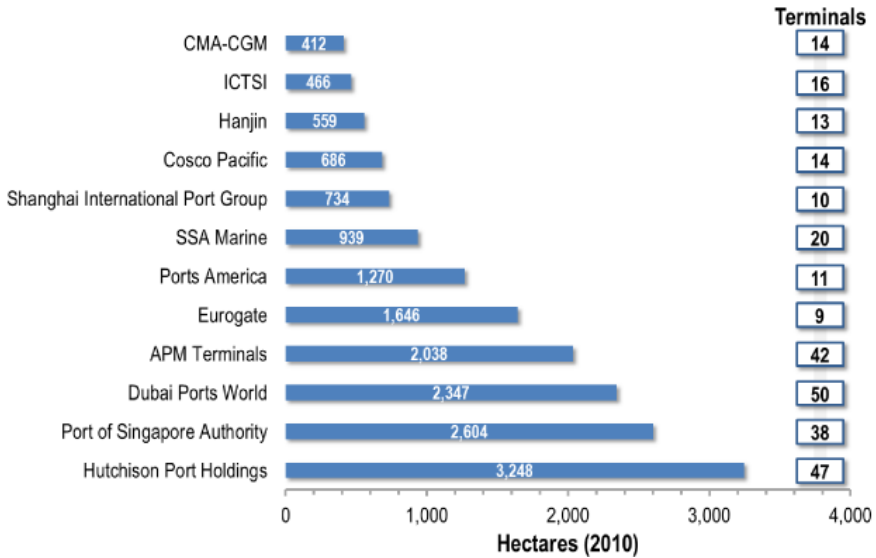
| Proceso  | Puntos principales  | Propiedad                                  | Ejemplos   |
|--|---|--|--|
| Integración Horizontal<br>(Compañías estibadoras)            | Las operaciones portuarias son el núcleo del negocio; Inversión en terminales de contenedores para crecer                     | Pública (Gobierno, Autoridades Portuarias) | DPW, HHLA, PSA   |
|  |   | Privada                                    | Eurogate, HPH, ICTSI, SSA  |
| Integración Vertical<br>(Compañías Navieras de contenedores) | El negocio principal es el transporte marítimo; Inversión en terminales de contenedores como soporte a la actividad principal | Pública                                    | –  |
|  |   | Privada                                    | APL, Evergreen, Hanjin   |
|  |   | Privada                                    | Creación de una matriz especializada en terminales de contenedores |
| Privada  | APM Terminals   |  |  |

Fuente: T. Notteboom et al., 2012

La concentración de las compañías navieras ha contribuido a que se produzcan procesos similares en otras áreas del transporte marítimo como la operación de terminales portuarias. Un menor número de navieras, cada vez más grandes, están demandando mejores servicios en las terminales a nivel global y a un menor coste. Como respuesta a esta situación y apoyándose en los modelos concesionales propios de puertos *Lanlord*, han aparecido grandes operadores globales con presencia internacional que han revolucionado el desarrollo de terminales de contenedores. Algunos de estos operadores globales nacen de la mano de las propias compañías navieras en un proceso de integración vertical (APM, COSCO, MSC, APL, Hanjin, Evergreen, etc.), otros son consecuencia de procesos de integración horizontal y de expansión internacional de las propias estibadoras (PSA, HHLA, Eurogate, HPH, etc.), y otros son resultado de la participación de *holdings* financieros atraídos por el sector de las terminales portuarias (DPW, Ports America, Macquarie Infrastructure, Morgan Stanley Infrastructure, etc.) (Tabla 1.2).

En 2001 los 10 primeros operadores de terminales controlaban alrededor del 40% del total del tráfico portuario y en 2006 (años de mayor concentración) ya superaban el 60% (gráficos 1.3 y 1.4).

Gráfico 1.3: Superficie y número de terminales de los principales operadores



Fuente: Rodrigue J. et al, 2013

Gráfico 1.4: Ranking de los principales operadores de terminales de contenedores

| Throughput of the top 10 global container terminal operators (*) |              |              |               |              |              | Top 10 global container operators' equity based throughput |              |              |               |       |       |
|--|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--|--------------|--------------|---------------|-------|-------|
| 2001   |              |              | 2006          |              |              | 2006   |              |              | 2008          |       |       |
| Operator   | m teu        | Share        | Operator      | m teu        | Share        | Operator   | m teu        | Share        | Operator      | m teu | Share |
| Hutchinson   | 29.3         | 11.8%        | Hutchinson    | 60.9         | 13.9%        | PSA  | 41.2         | 9.3%         | PSA           | 50.4  | 9.6%  |
| PSA  | 19.5         | 7.9%         | APM Terminals | 52.0         | 11.9%        | APM Terminals  | 32.4         | 7.3%         | APM Terminals | 34.4  | 6.6%  |
| APM Terminals  | 13.5         | 5.5%         | PSA           | 47.4         | 10.7%        | Hutchinson   | 30.8         | 7.0%         | Hutchinson    | 33.8  | 6.5%  |
| P&O Ports  | 10.0         | 4.0%         | DP World      | 41.6         | 9.4%         | DP World   | 26.2         | 5.9%         | DP World      | 32.9  | 6.3%  |
| Eurogate   | 8.6          | 3.5%         | Cosco         | 22.0         | 5.0%         | Evergreen  | 8.1          | 1.8%         | Cosco         | 11.1  | 2.1%  |
| DPA  | 4.7          | 1.9%         | Eurogate      | 11.7         | 2.7%         | Cosco  | 7.9          | 1.8%         |               |       |       |
| Evergreen  | 4.5          | 1.8%         | Evergreen     | 9.4          | 2.1%         | Eurogate   | 6.6          | 1.5%         |               |       |       |
| Cosco  | 4.4          | 1.8%         | SSA Marino    | 8.9          | 2.0%         | HHLA   | 6.0          | 1.4%         |               |       |       |
| Hamjin   | 4.2          | 1.7%         | MSC           | 7.6          | 1.7%         | OOCL   | 4.8          | 1.1%         |               |       |       |
| SSA Marino   | 4.0          | 1.6%         | HHLA          | 6.6          | 1.5%         | APL  | 4.6          | 1.0%         |               |       |       |
| <b>Top-10</b>  | <b>102.7</b> | <b>41.5%</b> | <b>Top-10</b> | <b>268.1</b> | <b>60.9%</b> | <b>Top-10</b>  | <b>168.6</b> | <b>38.2%</b> |               |       |       |
|  |              |              |               |              |              | <b>World total</b>   | <b>441.3</b> | <b>100%</b>  |               |       |       |

(\*) Figures include all terminals in which 10% plus shareholdings were held

Figures do not include operations at common user terminals

Fuente: Notteboom, T. et al, 2012

El proceso de expansión e internacionalización de los operadores de terminales de contenedores se ha desarrollado de forma diferente en diferentes áreas. Mientras en Europa este proceso lo han liderado los propios operadores de terminales (integración horizontal), en Estados Unidos el proceso ha estado liderado principalmente por las compañías navieras en un proceso de integración vertical. Esto ha sido consecuencia de diferentes modelos: El europeo basado en terminales públicas multi-usuario, y el americano con mayor tendencia al desarrollo de terminales dedicadas. Frente a estas tendencias generales, se pueden encontrar casos como el de los puertos franceses que no se abrieron a los grandes operadores globales, perdiendo competitividad y reduciendo sus cuotas de mercado (Slack and Frémont, 2005).

### 1.3.2 Crecimiento del tamaño de los buques

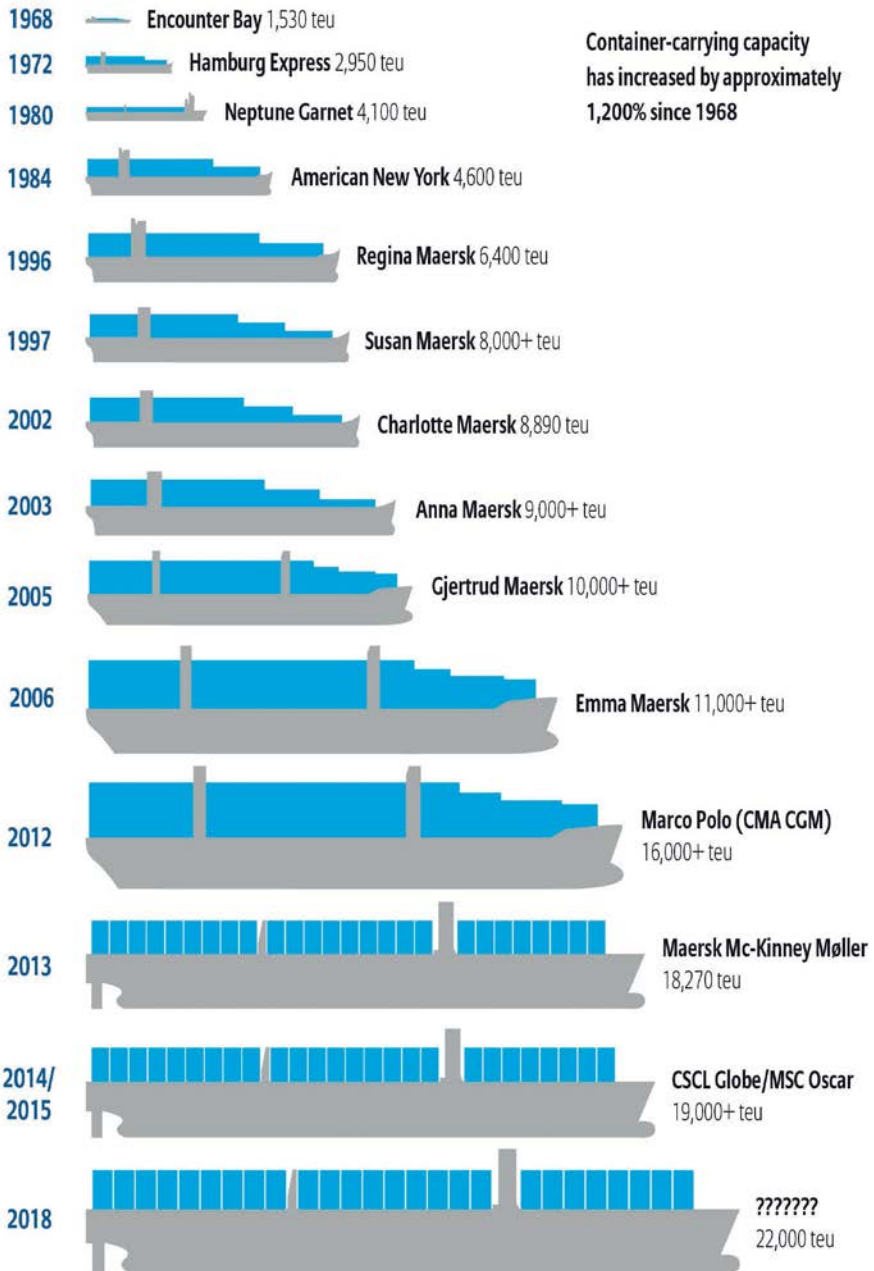
Las economías de escala buscadas por las compañías navieras cuyo principal enfoque ha sido, durante años, la disminución de los costes del transporte marítimo, ha derivado hacia el uso de buques portacontenedores cada vez más grandes con el objetivo de minimizar el coste unitario del transporte.

De esta manera, se pasó de los buques portacontenedores Panamax de los años 80 (3000-4000 TEU de capacidad), a superar los límites marcados por el Canal de Panamá en los 90 con buques Post Panamax de 4000-5000 TEU, para posteriormente dar el salto a mega-buques de 8000-9000 TEU a finales de los 90, que llegaron hasta los 12000-13000 TEU en 2007 y a los 18000 en 2013 (gráfico 1.5).

El uso de buques cada vez mayores ha permitido a las compañías navieras reducir de forma significativa el coste por TEU y parece que técnicamente todavía es posible construir buques más grandes y conseguir mayores economías de escala (gráfico 1.6). Sin embargo, es necesario tener también en cuenta que el crecimiento del tamaño de los buques ha requerido importantes inversiones en infraestructuras y equipamientos en los puertos por parte de los operadores de terminales, para poder atender y operar dichos buques. Además, con la entrada en funcionamiento de estos grandes buques,

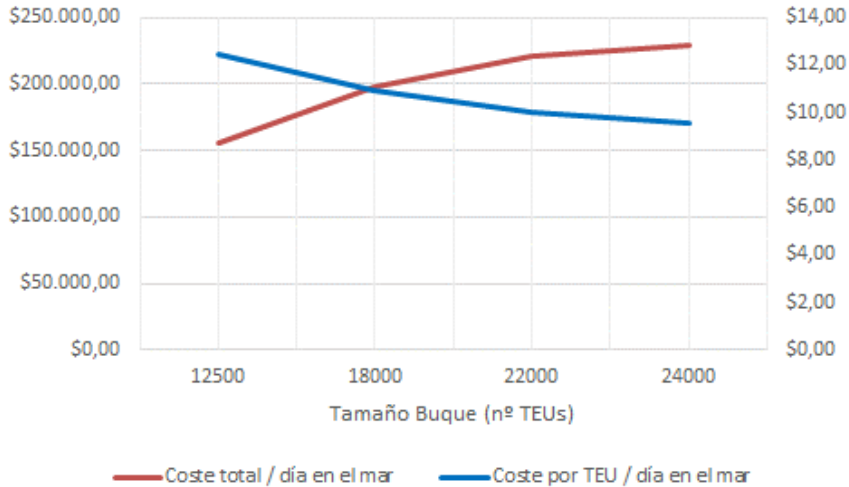


Gráfico 1.5: Evolución del tamaño de los buques (en TEU)



Fuente: Graphic Allianz Global Corporate & Specialty

Gráfico 1.6: Evolución del coste operativo y el tamaño de los buques portacontenedores



Fuente: Van Marle, 2013

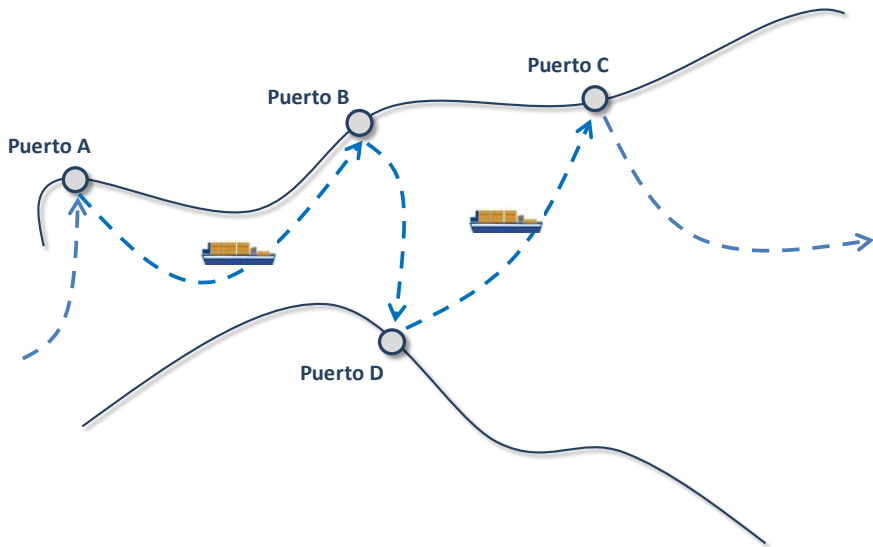
los niveles de servicio exigidos por las navieras han aumentado, obligando a los operadores a mejorar su eficiencia introduciendo nuevas tecnologías.

### 1.3.3 Sistemas *hub-and-spoke*: Cambio de paradigma

La puesta en funcionamiento de estos grandes buques portacontenedores ha dado lugar a un cambio de paradigma, pasando de los sistemas de rutas tradicionales donde *el buque busca la carga* (gráfico 1.7) a nuevos sistemas *hub-and-spoke* en los que *la carga busca al buque* (gráfico 1.8).

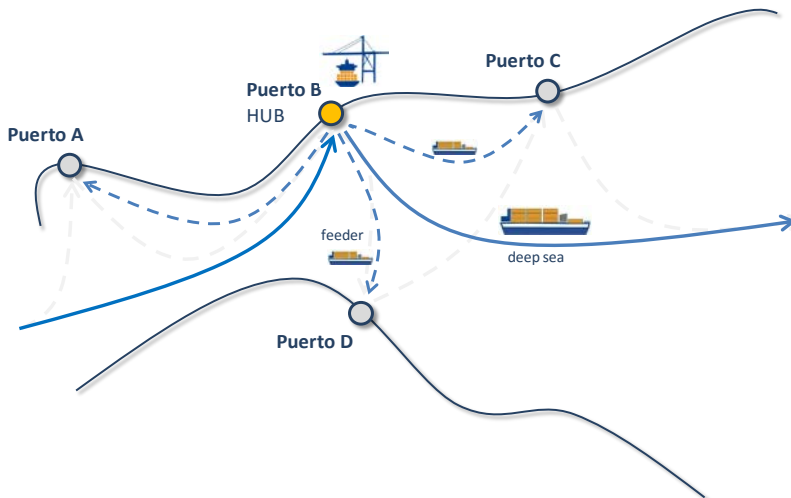
El uso de grandes buques hace necesaria la concentración de grandes volúmenes de carga en un número reducido de puertos para maximizar así su eficiencia. El sistema de ruta tradicional se vuelve inviable dado que es necesario minimizar al máximo el tiempo de estancia del buque en los puertos (tiempos de escala) para poder hacer frente a los costes, y sólo un grupo de puertos dispone de medios suficientes para poder atender de forma efi-

Gráfico 1.7: Ruta Tradicional



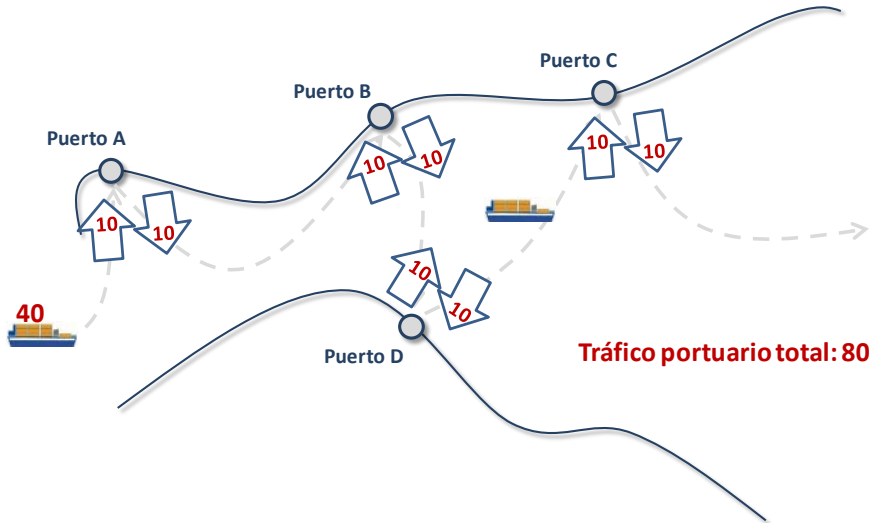
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1.8: Sistema *hub-and-spoke*



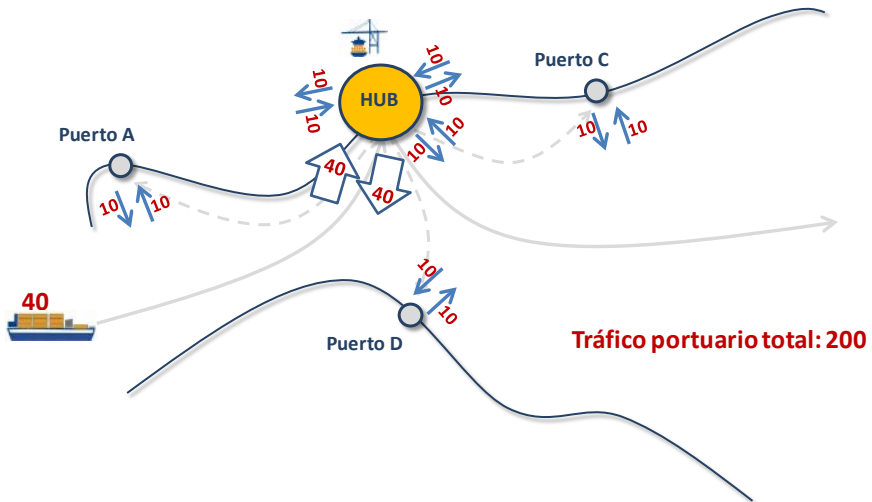
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1.9: Tráfico portuario (Ruta trad.)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1.10: Tráfico portuario (hub-and-spoke)



Fuente: Elaboración propia

ciente la operación de este tipo de buques. Así, los grandes portacontenedores escalan en puertos *hub* que concentran la carga y realizan el transbordo desde/hacia buques más pequeños (*feeders*) que conectan los puertos de origen/destino de la carga con el *hub*. Estos sistemas multiplican de forma significativa el número de operaciones portuarias (gráficos 1.9 y 1.10).

En la actualidad sólo el 17% de todas las parejas de países, están conectados directamente por transporte marítimo, el resto necesitan como mínimo de una operación de transbordo en un puerto *hub*.

Los puertos *hub puros* (*offshore hubs*) son aquellos situados estratégicamente próximos a las principales rutas de comercio internacional, y que actúan en la cadena logística, como meros puntos intermedios de transbordo, al no contar con un hinterland o zona de influencia con capacidad significativa para la generación o atracción de carga. Los puertos *gateway*, por el contrario, son puertos cuyo principal potencial es el acceso a un potente *hinterland* con capacidad de atraer y/o generar una gran cantidad de carga. Cuando además están preparados para atender a grandes buques, pueden también realizar operaciones de transbordo actuando a su vez como puertos *hub*.

#### 1.3.4 Tendencias de futuro

Aunque los procesos de concentración en el mundo marítimo, el crecimiento del tamaño de los buques y los sistemas *hub-and-spoke*, son tendencias ya consolidadas que podrían continuar acentuándose en el futuro, parece que hay ciertos límites que deben tenerse en cuenta de cara al futuro. Por un lado, aunque técnicamente parece viable continuar consiguiendo economías de escala con la construcción de buques todavía mayores, estando ya proyectados portacontenedores de hasta 22 000 TEU, existen otros factores asociados como las inversiones e infraestructuras requeridas desde el punto de vista de los puertos y las terminales, que hacen pensar que estamos cerca de un límite que no se va a sobrepasar. Las diseconomías que aparecen con la congestión de la superficie limitada de los puertos es otra de las barreras para seguir creciendo en esta línea de buques y puertos cada vez más grandes.

Esta tendencia del incremento del tamaño de los buques se ha visto acompañada en los últimos años con la práctica del *slow steaming* (o reducción de la velocidad de los buques) en determinadas rutas y servicios. La motivación inicial de esta práctica fue la necesidad de reducir los consumos (y costes) como consecuencia de los altos precios del petróleo, pero su aplicación parece que no va a ser puntual, lo que tiene un impacto directo en las cadenas logísticas que tienen que adaptarse a esta nueva realidad. En ocasiones la práctica del *slow steaming* puede venir acompañada de un incremento de la fiabilidad en la escala de los buques, al disponer de mayor margen de acción frente a las incidencias climatológicas o de cualquier otra índole que puedan surgir durante la travesía.

En cualquier caso, la capacidad de reducción de costes en el tramo marítimo es cada vez más reducida y está obligando a las compañías navieras a pasar de una estrategia centrada en la reducción de los costes del barco a una visión más amplia prestando atención a los costes totales de la cadena de transporte y con una visión más integrada de servicio logístico.

El modelo logístico actual ha acentuado las diferencias entre la masificación y gran concentración del lado marítimo y la atomización del lado terrestre, donde cada contenedor individual debe encontrar el camino hasta su destino final. Esto hace imposible la sincronización entre ambos modos de transporte, incrementando el protagonismo de los patios de las terminales que actúan como buffer entre el lado mar y el lado tierra.

Con el tiempo, y motivados por la presión de organizar cadenas de suministro cada vez más tensionadas minimizando costes y reduciendo stocks, los cargadores y proveedores de servicios logísticos han percibido estos buffers de las terminales marítimas como puntos baratos de almacenamiento, dando lugar a un cambio en el rol de las terminales en las cadenas de suministro. Las terminales han pasado así, de ser un simple punto de transferencia de modo, a ser una herramienta clave en la gestión del stock en tránsito y la configuración de cadenas de suministro tensionadas.

Sin embargo, las limitaciones de espacio en las terminales hacen que esta dinámica pueda favorecer la congestión de la terminal y afectar de forma significativa a su productividad y eficiencia, limitando, así, su capacidad.

Por este motivo muchas terminales han introducido estrategias dirigidas a potenciar el paso rápido de las mercancías por las mismas, con actuaciones como la eliminación de los días libres que un contenedor puede permanecer en la terminal o el incremento de los costes de estancia de los contenedores en la terminal. Otra de las estrategias consiste en la creación de corredores de alta capacidad que conecten las terminales marítimas con terminales o *plataformas interiores* que asuman este papel, es decir, el traslado del punto de atomización en la cadena logística del contenedor hacia puntos interiores en el hinterland, más próximos a los puntos de generación y atracción de la carga. Los corredores ferroviarios y de transporte marítimo interior de alto volumen juegan un papel importante en este proceso.

Pero el papel de las terminales o plataformas interiores, está siendo también reforzado desde otra perspectiva, además de la descongestión y reducción de la presión de las terminales marítimas para que puedan seguir creciendo en tráfico. Forzadas por el mercado y ante la dificultad de seguir consiguiendo ahorros significativos en el transporte marítimo, las compañías navieras están pasando de un modelo logístico del contenedor centrado en el coste del buque, a un modelo de aproximación al coste y servicio basado en corredores que integran el lado marítimo y terrestre. Este paso parece evidente cuando se conoce que, dependiendo del caso, los costes del transporte interior pueden representar entre el 40 y el 80% del total de los costes de la cadena logística del contenedor (Notteboom and Rodrigue, 2009).

La práctica del *slow steaming* también favorece esta aproximación puesto que el aumento del tiempo de transporte marítimo requiere de una gran coordinación y eficiencia en el lado tierra para poder cumplir con las exigencias de los clientes. Para el mantenimiento de esas complejas cadenas de suministro cada vez más ajustadas, los clientes requieren de mayores compromisos de tiempo y fiabilidad que sólo pueden ser conseguidos actuando también en el tramo terrestre y configurando servicios integrados puerta a puerta.

Esta situación, ha dado lugar a una mayor implicación de las compañías navieras o agentes marítimos en el transporte interior, y a la creación de corredores de alta capacidad que conectan las terminales marítimas con

terminales interiores desde donde se organizan los sistemas interiores de distribución.

Pero el interés en las terminales interiores y la creación de corredores que conecten éstas con los puertos, no termina en los operadores de terminales y compañías navieras, sino que se ha convertido en un tema estratégico clave para las propias autoridades portuarias. La competencia entre puertos adquiere una nueva dimensión siendo los corredores y no los puertos, los que compiten para atraer el tráfico, ofreciendo sus respectivos *mix* de coste, tiempo y fiabilidad.

Como decíamos al principio, el modelo logístico del contenedor se ha convertido en algo más que simplemente un medio para conectar la producción con los centros de consumo, y está cada vez más asociado con la configuración de complejas redes logísticas que dan soporte a redes de producción globales. El sistema de transporte de contenedores está directamente relacionado con los patrones de distribución y la creación de valor añadido en las redes logísticas, lo que queda puesto de manifiesto con el desarrollo de terminales *hub* de transbordo próximas a las principales líneas marítimas y la multiplicación de terminales interiores que favorecen la creación de nuevas zonas logísticas.

El concepto de *regionalización de los puertos* (Notteboom and Rodrigue, 2005) tiene que ver con esta concepción de un interfaz marítimo/terrestre más eficiente, introduciendo la visión integrada de corredores mediante el uso de terminales interiores con conexiones directas al puerto por ferrocarril o barcas, y la creación de completos complejos o redes logísticas incluyendo puertos, terminales intermodales interiores y centros de distribución.

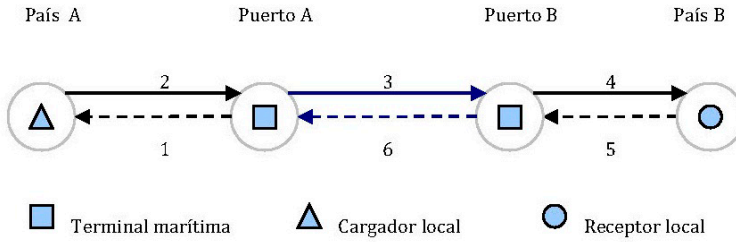
Para entender mejor esta nueva dimensión de corredor y el papel que juegan las plataformas logísticas interiores, terminales ferroviarias y depósitos de contenedores, puede resultar interesante analizar con algo más de detalle el ciclo logístico del contenedor.

### 1.3.5 El ciclo logístico del contenedor

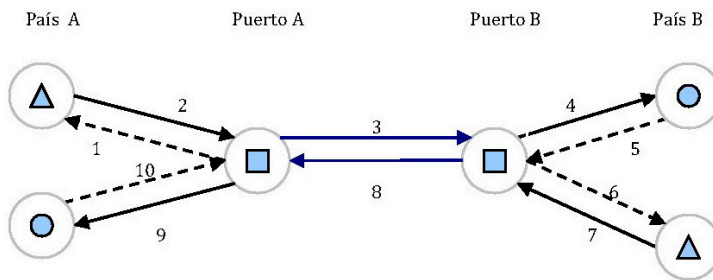
En el gráfico 1.11 se representa el ciclo básico del contenedor: (1) transporte terrestre de un contenedor vacío desde la terminal marítima hasta



Gráfico 1.11: Ciclo básico del contenedor: reposicionado



Fuente: Elaboración propia

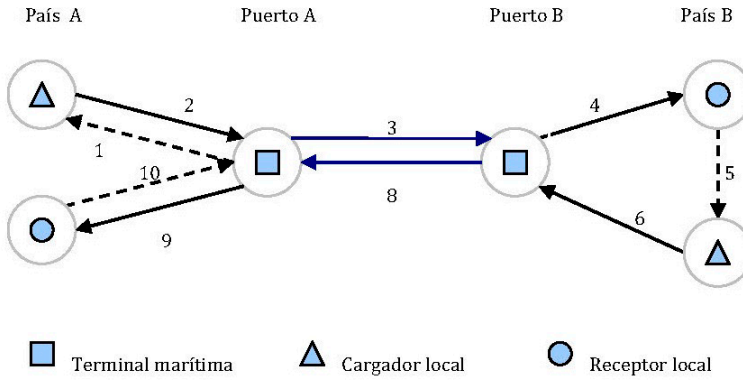
Gráfico 1.12: Ciclo básico del contenedor: *match back*

Fuente: Elaboración propia

las instalaciones del cargador local; (2) transporte terrestre del contenedor una vez cargado desde las instalaciones del cargador hasta la terminal marítima; (3) transporte marítimo desde el puerto de origen A hasta el puerto de destino B; (4) transporte terrestre del contenedor lleno desde el puerto destino B hasta las instalaciones del receptor; (5) transporte terrestre del contenedor vacío una vez descargado en el receptor hasta el puerto destino B; (6) transporte marítimo del contenedor vacío hasta el puerto de origen A.

El transporte de retorno hasta el origen del contenedor vacío una vez realizada la descarga (movimientos 5 y 6) es conocido como *reposicionado*. Cuando en lugar de reposicionar el contenedor vacío se busca una carga de exportación local para que el contenedor se envíe de vuelta lleno (*match back*) el ciclo es el del gráfico 1.12.

Gráfico 1.13: Ciclo básico del contenedor: triangulación



Fuente: Elaboración propia

Con la pauta de *match back* se consigue eliminar el transporte marítimo del contenedor vacío, pero si prestamos atención a la parte terrestre (movimientos 5 y 6, o movimientos 1 y 10) también se pueden reducir los trayectos o movimientos del contenedor vacío mediante operaciones de triangulación como la representada en el gráfico 1.13 (movimientos 4, 5 y 6), en las que el contenedor que queda vacío en las instalaciones del receptor se envía directamente hasta las instalaciones de un cargador local donde el contenedor vuelve a ser cargado.

Las posibilidades de realizar operaciones de triangulación se encuentran limitadas en la práctica debido a diferentes motivos:

En primer lugar conviene señalar el mayor interés puesto por las compañías navieras en la parte internacional de la logística del contenedor vacío, dando prioridad a la gestión del reposicionado de equipo, antes que a la gestión terrestre local del equipo. La principal preocupación de las navieras es la de disponer de equipo en los lugares y momentos en el que lo necesitan, no pudiendo permitirse la pérdida de carga por falta de equipo. En la gestión del equipo tratan de conseguir este objetivo con la menor flota de contenedores posible, maximizando las operaciones *match back* y reduciendo los costes de reposicionado.

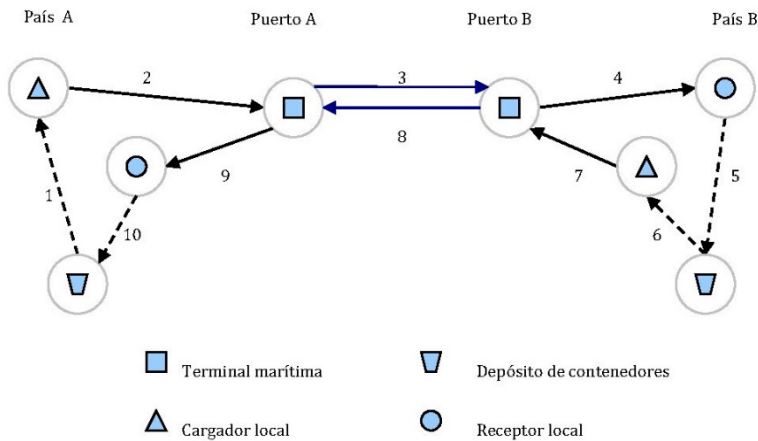
Otro de los motivos que limita las operaciones de triangulación viene dada por la propiedad del equipo, ya que la triangulación sólo puede realizarse cuando existe una operación de exportación complementaria a una de importación que coincide en el tiempo, tipo de contenedor y para servicios de una misma compañía naviera (es necesario que se dé coincidencia en el tiempo, en el lugar y en el tipo de contenedor). La propiedad de los contenedores marítimos se reparte casi a partes iguales entre las compañías navieras y las compañías de *leasing*, las compañías navieras operan por tanto con sus propios contenedores y con contenedores que alquilan a compañías de *leasing*. El uso de contenedores alquilados aunque da cierta flexibilidad a las compañías navieras, no les permite eliminar los costes de reposicionado, puesto que en los contratos de alquiler las compañías de *leasing* ponen penalizaciones cuando las compañías navieras entregan los contenedores finalizando el contrato (*off-hire*) en zonas donde hay abundancia de contenedores.

Pero la propiedad del equipo no es la única limitación, puesto que para que sea posible la triangulación no es suficiente con que coincidan operaciones de importación y exportación para un mismo tipo de contenedor y una misma compañía naviera en el tiempo, sino que también es necesario que la gestión del transporte terrestre de dichas operaciones las realice el mismo operador. Todo ello dificulta la realización de triangulaciones.

Con las limitaciones planteadas, las grandes compañías navieras son las que disponen de mayor capacidad para realizar triangulaciones casando operaciones de importación y exportación, puesto que realizan gran cantidad de operaciones.

Si continuamos con el análisis de la parte terrestre del ciclo logístico del contenedor se hace necesario introducir el papel que juegan los depósitos de contenedores, como centros de servicio al contenedor en los que se almacena, inspecciona, limpian y reparan contenedores vacíos. La limitación de los espacios portuarios hace necesario maximizar la rotación de la mercancía reduciendo la estancia de los contenedores. En este sentido los depósitos de contenedores juegan un papel clave cubriendo la función de almacenaje de equipo vacío fuera del espacio de operación de las terminales

Gráfico 1.14: Ciclo básico del contenedor: depósitos de vacíos

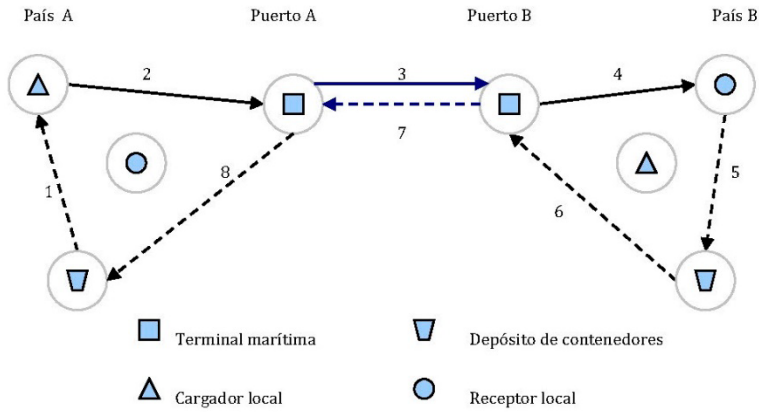


Fuente: Elaboración propia

marítimas, con lo que se consigue por un lado disponer de mayores superficies en las terminales marítimas para agilizar las operaciones de carga y descarga, y por otro lado reducir el tráfico terrestre con las terminales marítimas al pasar a realizarse en los depósitos las operaciones de recepción y entrega de contenedores vacíos (gráfico 1.14).

Además de reducir el tráfico en las terminales, los depósitos también pueden ayudar a regular el mismo permitiendo que los movimientos de contenedores vacíos (cuando no es posible el *match back*) se realicen fuera de las horas de mayor congestión en las terminales. Por otro lado, en estos casos en los que el contenedor no puede ser reutilizado en una operación de *"match back"* el uso del depósito de contenedores implica una manipulación y trayecto terrestre añadido (movimientos 5 y 6) que suele ser aprovechado para la ejecución de servicios adicionales de inspección, limpieza, reparación, etc. (gráfico 1.15).

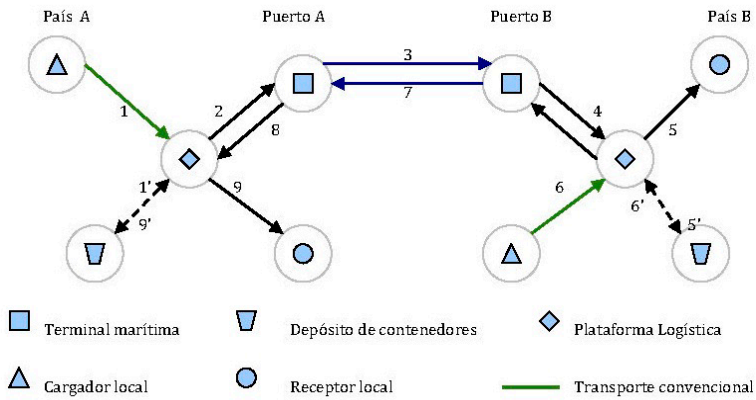
Gráfico 1.15: Ciclo básico del contenedor: depósitos de vacíos (2)



Fuente: Elaboración propia

Por último, y para completar el análisis de las diferentes pautas seguidas en el ciclo logístico del contenedor es importante entender el papel de las plataformas logísticas como puntos de concentración y de valor añadido a la mercancía. Las plataformas logísticas (PL) permiten desvincular a cargadores y receptores del ciclo logístico del contenedor facilitando su operación que no necesita ser coordinada con requerimientos del transporte marítimo y permitiendo el uso de transporte por carretera convencional (más eficiente que el transporte de contenedor al requerir menos desplazamientos en vacío) hasta la PL (gráfico 1.16). Otras ventajas de las plataformas o parques logísticos es su diseño pensado para el desarrollo de actividades logísticas, así como la concentración de un conjunto de infraestructuras y servicios que permiten a los operadores logísticos y transitarios ofrecer a cargadores e importadores un servicio integral, de calidad y competitivo incluyendo actividades de grupaje, almacenaje, despacho, etiquetado, embalado, personalización, preparación y entrega entre otras.

Gráfico 1.16: Ciclo básico del contenedor: plataforma Logística

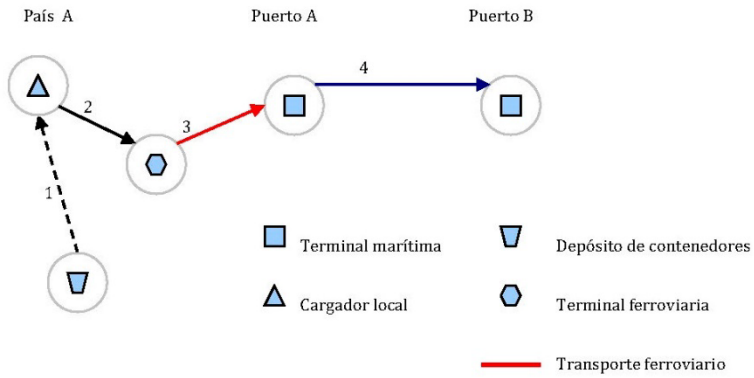


Fuente: Elaboración propia

Por ahora, en el análisis del ciclo logístico del contenedor estamos distinguiendo entre tramos de transporte marítimo y tramos de transporte terrestre que podría interpretarse como transporte por carretera. Pero el transporte terrestre del contenedor también puede ser realizado por ferrocarril. En estos casos si las terminales ferroviarias utilizadas están en los nodos señalados hasta el momento (terminal marítima, depósito de contenedores, plataforma logística o instalaciones de cargadores) los flujos o movimientos del contenedor quedarían como se han ido viendo, pero en el caso de utilizar otras terminales ferroviarias o estaciones de apoyo se introduciría una complejidad adicional a estos flujos o movimientos.

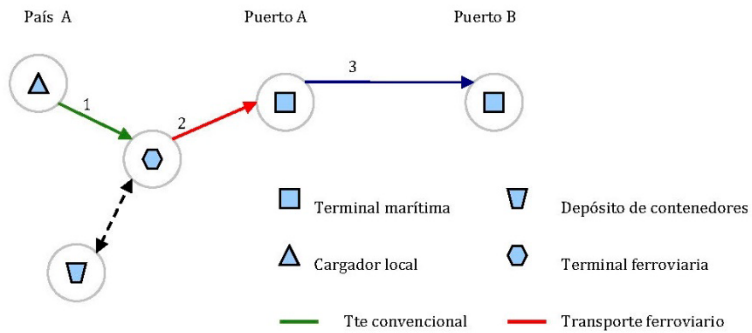
En general para las operaciones de exportación se pueden dar varios casos de manera que la terminal ferroviaria puede realizar operaciones de consolidación (gráfico 1.18) o no realizar esta función (gráfico 1.17).

Gráfico 1.17: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril



Fuente: Elaboración propia

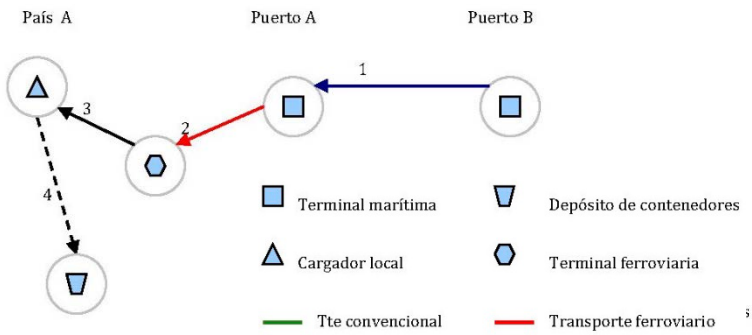
Gráfico 1.18: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril (2)



Fuente: Elaboración propia

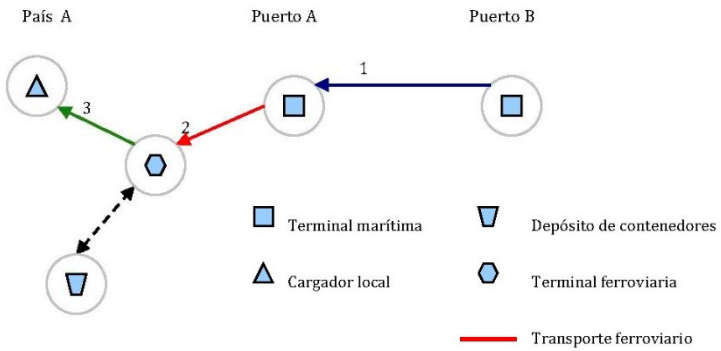
De la misma forma para las operaciones de importación, la terminal ferroviaria puede realizar operaciones de desconsolidación (gráfico 1.20) o no realizar esta función (gráfico 1.19)

Gráfico 1.19: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril (3)



Fuente: Elaboración propia

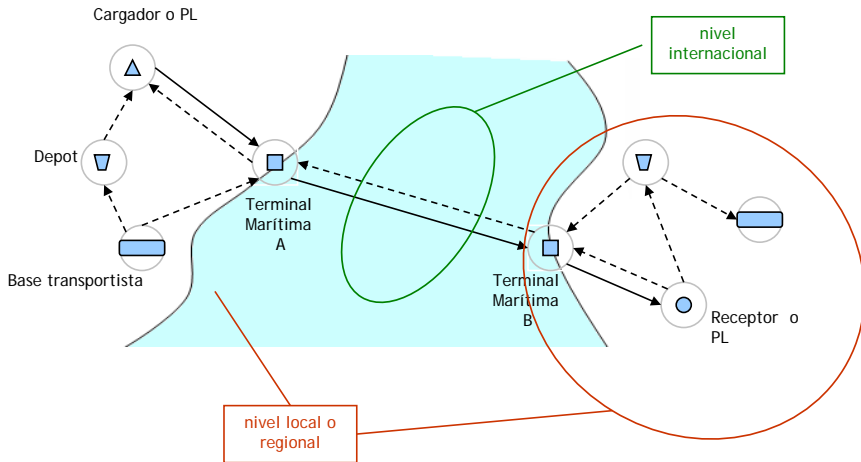
Gráfico 1.20: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril (4)



Fuente: Elaboración propia



Gráfico 1.21: La logística del contenedor: niveles diferenciados



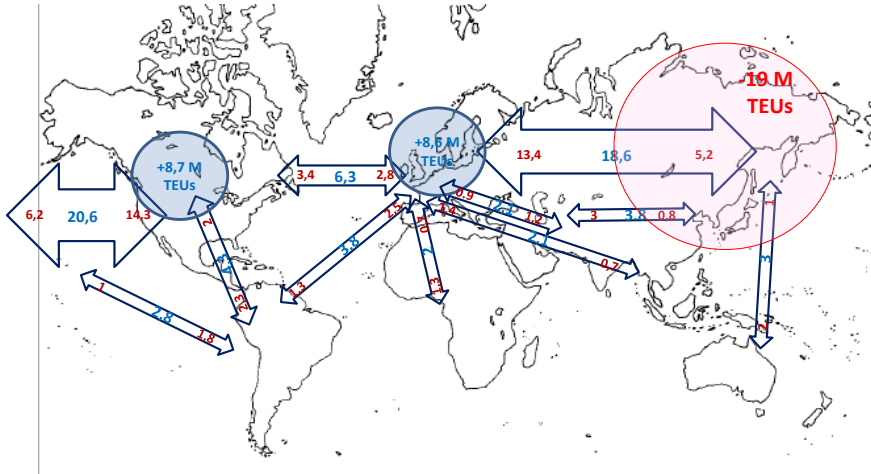
Fuente: Elaboración propia

### 1.3.6 Distintos niveles en la logística del contenedor

La logística puede definirse de forma general como el proceso que asegura que los recursos y productos o servicios son posicionados en el momento correcto, en el lugar correcto, en la cantidad correcta, en las condiciones adecuadas y al menor coste posible. El Council of Logistics Management define la logística como el proceso de planificar, poner en práctica y controlar de una forma eficiente y efectiva, el flujo y almacenamiento de materia primas, inventarios en curso, productos terminados, servicios e información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente.

La *logística del contenedor* tiene que ver con la gestión eficiente del parque de contenedores, minimizando los costes de transporte, almacenamiento y mantenimiento, y maximizando la utilización del equipo. En la logística del contenedor se pueden identificar, por lo general, dos niveles diferenciados en función del ámbito geográfico y de los modos de transporte implicados: El nivel internacional y el nivel local o regional (gráfico 1.21).

Gráfico 1.22: Desequilibrio de flujo de contenedores en los principales ejes comerciales



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Annual container market review and forecast 2009/10, Drewry Consultants

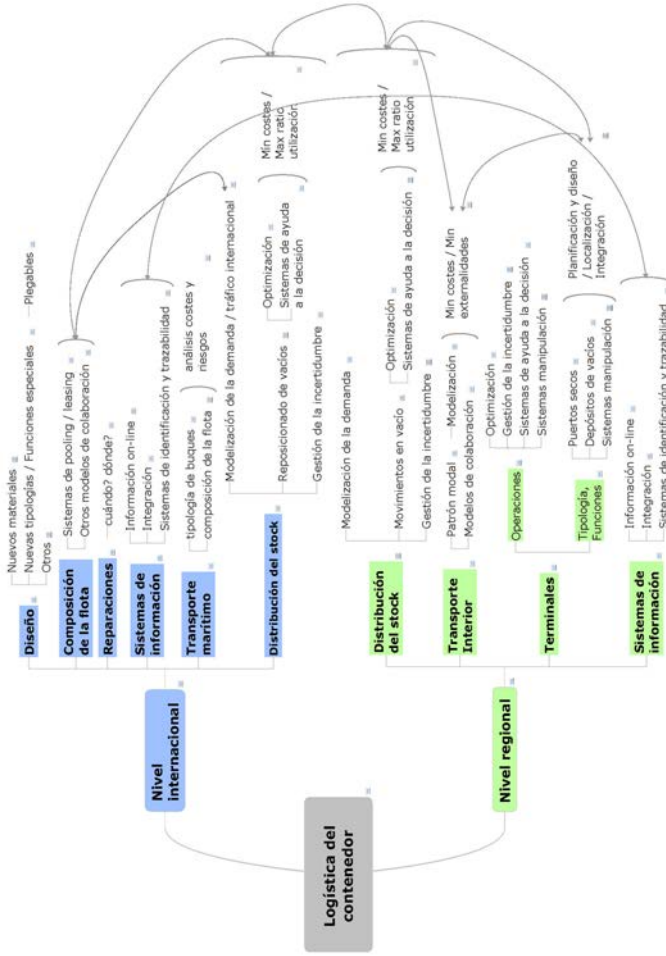
El primero tiene que ver con el movimiento y gestión del parque de contenedores por las compañías navieras a escala *internacional* (en función de su radio de acción) a lo largo de las grandes rutas marítimas internacionales. En este caso, el desequilibrio comercial hace que existan zonas donde se acumulan los contenedores (zonas predominantemente importadoras) y zonas donde se produce un déficit de contenedores (zonas predominantemente exportadoras), siendo necesario el reposicionado de equipo lo que implica el movimiento de contenedores vacíos de las zonas con excedente a las zonas con falta de contenedores para sacar sus exportaciones (gráfico 1.22). Cada compañía naviera dispone de su propia flota de contenedores y realiza generalmente esta gestión de la misma a escala global, de forma centralizada. Del mismo modo, existen compañías de *leasing* de contenedores, en las que se apoyan las compañías navieras para cubrir carencias de equipo, que deben realizar el mismo tipo de gestión a escala global. El vo-

lumen de estos movimientos de reposicionado hace que sea uno de los costes más importantes para los operadores. En concreto la incidencia del tráfico de contenedores vacíos en las principales rutas comerciales se sitúa en torno al 24% según "*The Drewry Container Forecaster 2014 Annual Review*", y si analizamos el uso de los contenedores podemos observar que pasan más de la mitad del tiempo parados o viajando vacíos para ser reposicionados (Crink, 2000).

El segundo nivel en la gestión del parque de contenedores se produce en un ámbito *regional o local*, y tiene que ver principalmente con el almacenamiento y movimiento interior o terrestre de los contenedores entre terminales portuarias, depósitos de contenedores, terminales interiores e instalaciones de cargadores y receptores. La gestión y control de las flotas de contenedores a nivel local la realiza por lo general la compañía naviera a través de su agente marítimo o consignatario, representante de la misma en un puerto. En ocasiones, es la propia compañía naviera quien gestiona los movimientos terrestres o transporte interior de los contenedores en las operaciones de importación y exportación. Esto sucede cuando se trata de servicios de transporte terrestre no cedido (*carrier haulage*). En otras ocasiones el transporte terrestre de los contenedores es gestionado por un tercero, por lo general un transitario, operador logístico o el propio cargador. Esto sucede cuando los servicios de transporte terrestre son cedidos (*merchant haulage*), y en estos casos la compañía naviera simplemente cede el contenedor a un tercero indicando los puntos de entrega y/o admisión del mismo.

La creciente diferencia entre la concentración de grandes volúmenes en el lado marítimo (resultado de la concentración de la industria marítima y el uso de buques cada vez más grandes) y la atomización y dispersión en el lado tierra, característica del transporte terrestre por carretera, ha dado lugar a diferentes tipos de problemas como la congestión de las terminales marítimas o la congestión de las carreteras de acceso a los puertos, entre otros. En este contexto, tanto compañías navieras, como operadores de terminales y autoridades portuarias, prestan cada vez mayor atención al transporte interior, a la conexión del puerto con el hinterland y a los servicios

Gráfico 1.23: Problemas de la logística del contenedor



Fuente: Elaboración propia

integrales puerta-a-puerta. La competencia no es actualmente exclusivamente entre puertos o en el tramo marítimo, sino entre complejas cadenas y redes logísticas que integran puertos, terminales interiores, plataformas logísticas, centros de distribución y la combinación de todos los modos de transporte en un entorno intermodal.

### 1.3.7 Principales problemas en la logística del contenedor

El contenedor es un elemento clave de las cadenas de suministro globales y la logística del contenedor es un área de estudio y trabajo de enorme interés por el impacto que tiene en la eficiencia de dichas cadenas, por el coste que supone a navieras y operadores en sus cuentas de explotación (coste que se traslada al usuario final y repercute en el precio de las mercancías transportadas) y por el coste social y ambiental asociado a las externalidades del transporte derivadas de esta gestión de la flota de contenedores.

El gráfico 1.23 resume las principales problemáticas y líneas de investigación asociadas a la logística del contenedor.

A nivel internacional podemos encontrar líneas de investigación en relación al diseño de contenedores (introducción de nuevos materiales, diseño de contenedores plegables, etc.), estudios en relación a la extensión de sistemas de *pooling* y otros modelos de colaboración (actualmente las compañías navieras cuentan con sus propias flotas de contenedores que no comparten con otras navieras y el *leasing* de contenedores continúa siendo complementario), trabajos relacionados con la modelización de la demanda y con políticas, modelos y sistemas de ayuda para la gestión del flota (control de inventario, reposicionado de vacíos, gestión reparaciones, etc.), estudios sobre la tipología de buques, la composición de la flota de buques y su impacto en la composición y gestión de la flota de contenedores, o trabajos sobre sistemas de identificación y trazabilidad, entre otros.

A nivel regional o local, encontramos líneas de investigación relacionadas con el almacenaje y la distribución del *stock* de contenedores (modelización de la demanda, movimientos en vacío, decisiones de asignación de contenedores a operaciones de transporte y de localización del *stock*, etc.), con

el transporte interior (patrón modal, intermodalidad, etc.), la planificación y operación de los diferentes tipos de terminales o la integración y mejora de los sistemas de información y trazabilidad, entre otros.

## 1.4 Objetivos y estructura de la tesis

### 1.4.1 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es avanzar en la modelización, resolución y análisis de problemas específicos de la logística del contenedor marítimo, con el ánimo de contribuir al desarrollo de un sistema de transporte más eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

Se aborda la logística del contenedor a nivel regional o local, es decir, en lo relativo a la gestión del stock, transporte y movimientos interiores, tratando de dar respuesta y plantear soluciones a algunos de los problemas con los que se encuentra el sector logístico-portuario en la actualidad.

El resultado de la investigación permite, en primer lugar, conocer de una forma integral y estructurada la complejidad de la logística del contenedor marítimo atendiendo múltiples aspectos como: El conjunto de actores involucrados y sus relaciones, los procesos y flujos físicos y de información asociados, los diferentes niveles de decisión, las principales problemáticas del sistema, etc.

En segundo lugar, en la investigación se identifican y abordan problemas específicos reales para su modelización y análisis que permiten contribuir a la mejora del sistema logístico actual. En concreto se abordan los siguientes problemas:

- Problemas de elección modal en la configuración de las cadenas o corredores logísticos interiores en el transporte de contenedores marítimos.

- Problemas de localización o vertebración de una red de infraestructuras nodales para atender las necesidades logísticas de los contenedores marítimos.
- Problemas asociados a los movimientos en vacío y gestión de contenedores marítimos.

El interés y contribución académica de esta tesis reside tanto en la definición y modelización de los problemas específicos con una profunda discusión teórica, como en la aplicación empírica a situaciones y entornos reales, cosa que ha sido posible gracias al contacto directo del autor con el sector logístico-portuario y su participación en numerosos proyectos de consultoría e investigación tanto en el clúster del puerto de Valencia como a nivel europeo e internacional.

En el siguiente apartado se presenta la estructura de la tesis y los objetivos y problemas abordados en cada uno de los capítulos.

#### 1.4.2 Estructura de la Tesis

Esta tesis se plantea como una colección de seis artículos científicos. Los capítulos centrales que conforman la tesis se corresponden, por tanto, con artículos científicos publicados en diferentes revistas y monografías, y abarcan la definición y modelización de problemas específicos de la logística del contenedor, y su aplicación empírica a situaciones o casos reales en España y el puerto de Valencia. En concreto los capítulos 2 y 7, se corresponden con artículos publicados en revistas indexadas JCR del primer cuartil en las áreas de Transporte e Ingeniería Industrial, respectivamente. Por su parte, los capítulos 3, 4, 5 y 6 son artículos presentados en congresos y publicados posteriormente como capítulos de libro con editorial de prestigio.

El orden en que están situados los artículos en la tesis permite mantener una secuencia lógica construida a posteriori y no según el orden cronológico en el que fueron publicados.

Tal y como hemos señalado anteriormente, todos los problemas abarcados tienen que ver con la logística del contenedor a nivel local, es decir, con los

movimientos y gestión de los contenedores en el lado tierra entre terminales portuarias, terminales interiores, depósitos de contenedores, plataformas logísticas e instalaciones de cargadores y receptores.

El transporte interior, la conexión puerto-hinterland, representa una parte importante de los costos totales de la cadena logística del contenedor (entre el 40% y el 80% de los costes totales). Aunque el ferrocarril es, a priori, un modo de transporte con un gran potencial como continuidad al transporte marítimo de contenedores, dada su mayor capacidad de carga, eficiencia y menores externalidades en comparación con la alternativa del transporte por carretera, en la actualidad está todavía poco desarrollado en la mayoría de los puertos españoles y europeos. En el caso de Valencia el transporte ferroportuario ha crecido en los últimos años superando los 100000 TEU anuales, lo que representa alrededor del 5% del tráfico de importación y exportación de contenedores. Este es un porcentaje todavía muy pequeño pero también es necesario tener en cuenta que una parte importante del tráfico corresponde un *hinterland* muy cercano al puerto, con pocas posibilidades para el ferrocarril que generalmente se adapta mejor a distancias medias y largas para ser competitivo frente a la carretera. En corredores específicos con potencialidad para el tráfico ferroviario como el Valencia-Madrid, la cuota ferroviaria puede acercarse al 30%. (estimaciones a partir de información estadística de la Autoridad Portuaria de Valencia).

Desde la Unión Europea se están realizando numerosos esfuerzos para que el ferrocarril alcance una mayor relevancia en el transporte de mercancías. El libro blanco del transporte de 2001 *La política europea de transportes de cara a 2010: la cara de la verdad* (y sus revisiones intermedias) es una de las principales referencias a tener en cuenta en la estrategia europea para la revitalización del ferrocarril, donde se identifican tres grandes puntos o líneas de actuación: Integrar el transporte por ferrocarril en el mercado interior, optimizar la utilización de las infraestructuras y modernizar los servicios. Posteriormente, el libro blanco del transporte de 2011 *Hoja de ruta hacia un espacio único Europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible* define la visión para el estableci-



miento de un espacio único ferroviario Europeo. En política europea ferroviaria cabe destacar los diferentes *paquetes ferroviarios* cuyas directivas persiguen el objetivo de conseguir este espacio único y revitalizar el ferrocarril.

Pero para poder fomentar el desarrollo del transporte ferroviario en la conexión puerto-*hinterland* es necesario conocer mejor cuáles son los factores determinantes de la elección modal en estos casos. Sin embargo, la mayoría de los estudios analiza la competencia en la elección modal entre el ferrocarril y la carretera para envíos nacionales o internacionales, no marítimos. Esto es algo que no deja de ser curioso puesto que el ferrocarril, tal y como se ha comentado anteriormente, resulta un modo de transporte especialmente atractivo como continuidad al transporte marítimo, y las mercancías que pasan por los puertos representan, ya en la actualidad, un porcentaje importante del total del transporte ferroviario de mercancías. Por ejemplo, en España más del 50% del transporte ferroviario de mercancías tiene su origen o destino en los puertos, de acuerdo con los datos del Observatorio del Ferrocarril en España. El Capítulo 2 trata de cubrir esta carencia estimando un modelo de elección modal entre carretera y ferrocarril para el transporte interior del tráfico marítimo de contenedor en España, utilizando un modelo *logit* mixto y técnicas de preferencias declaradas.

Otra de las claves para el fomento del transporte ferroviario en la conexión de los puertos con su área de influencia interior, es disponer de una red de plataformas o terminales intermodales interiores próximas a los puntos de generación y atracción de la carga. Sin embargo, la decisión en la localización de este tipo de infraestructuras no es siempre puramente técnica sino que tiene una componente política y social considerable, siendo muchas ocasiones difícil encontrar estudios que aborden esta problemática desde una perspectiva neutral aplicando modelos de optimización.

El desarrollo de plataformas logísticas en España ha estado marcado durante muchos años por la necesidad de dar respuesta urgente a las necesidades crecientes de espacio de los operadores logísticos, y muchas de estas plataformas se han desarrollado con una orientación al transporte de carretera y desde una perspectiva regional o local, no estando siempre alineadas con los objetivos generales de la política europea de transporte di-

rigidos hacia la consecución de un mayor reequilibrio modal incrementando el protagonismo de modos de transporte como el ferrocarril o las vías navegables interiores. En la actualidad, las plataformas logísticas juegan un rol importante como instrumentos clave en el equilibrio territorial y para el desarrollo de un modelo de transporte sostenible mediante la concentración, racionalización de tráficos y fomento del transporte intermodal.

El *Plan Estratégico para el Impulso de Transporte Ferroviario de Mercancías en España de 2010* proponía una serie de acciones para potenciar el desarrollo del ferrocarril de mercancías en España, dando un gran protagonismo al desarrollo del transporte ferroviario intermodal de contenedores marítimos. En dicho plan se proponía una red de plataformas interiores intermodales tras un proceso de diálogo con las distintas comunidades autónomas, y dando prioridad a la búsqueda del consenso más que a criterios técnicos.

Los capítulos 3, 4 y 5 tratan de cubrir la carencia de una visión estructurada e integradora para la planificación de estas infraestructuras, y en ellos se aborda la problemática sobre el diseño y planificación de una red de terminales interiores intermodales desarrollando un marco de referencia que puede ser de utilidad para el caso español. En el capítulo 3, se presenta una metodología para la estimación de los flujos de mercancías desde/hacia los puertos a partir de las estadísticas de comercio disponibles y de las estadísticas de tráficos portuarios. Esta es una información que resulta básica para cualquier análisis y, a su vez, información muy sensible desde el punto de vista comercial, por lo que generalmente no está disponible y no es fácil de estimar. Además, en este capítulo se realiza un análisis del rol y las estrategias seguidas por diferentes actores clave del sector marítimo-portuario en el diseño y desarrollo de una red infraestructuras logísticas nodales interiores, y se identifican cuáles son las principales necesidades de integración para el desarrollo de corredores intermodales eficientes puerto-hinterland. La integración desde el punto de vista de la gestión y sistemas de información en estos corredores entre terminales portuarias y terminales intermodales interiores o puertos secos, es tratada de forma específica en el capítulo 4, que define un marco de referencia para los intercambios de información entre todos los actores involucrados, basado en plataformas y estándares utilizados en la industria marítimo-portuaria.

En el capítulo 5 se propone, define y resuelve un problema de localización de *hubs* que puede servir de apoyo al diseño de una red de terminales intermodales interiores, aplicándolo al caso de los flujos de contenedores entre los principales puertos españoles y el interior del país. Desde el punto teórico, la propuesta de un modelo de programación mixta entera lineal para un caso similar y considerando un factor de descuento no lineal, no había sido realizada hasta el momento.

Otro de los aspectos que se deben mejorar en la logística del contenedor a nivel local o terrestre tiene que ver con la reducción de los movimientos de contenedores vacíos. Tal y como se ha señalado anteriormente los contenedores están más de la mitad de su tiempo parados o viajando vacíos, y la logística del contenedor vacío es uno de los costes más relevantes de las compañías navieras. En el transporte terrestre de contenedores marítimos los vehículos hacen casi tantos kilómetros con contenedores vacíos como con contenedores llenos. Lo que representa una gran ineficiencia si se compara con el transporte terrestre convencional.

La logística del contenedor vacío se ocupa de los movimientos y distribución de los contenedores vacíos, empezando cuando un contenedor es vaciado en las instalaciones del receptor y finalizando en el punto donde el contenedor es posicionado para volver a cargarse.

Si se analiza la gestión que están realizando los diferentes actores involucrados en estos movimientos (agentes marítimos, transitarios, operadores logísticos, operadores de transporte, etc.) se observa que en muy pocas ocasiones se cuenta con herramientas para optimizar y minimizar los movimientos en vacío. La propia localización de los depósitos de contenedores vacíos en casos como el puerto de Valencia ha sido resultado, durante muchos años, de una respuesta espontánea y desordenada a la necesidad de espacio para su almacenamiento y las operaciones de reparación y mantenimiento.

La logística del contenedor vacío es un área de estudio y trabajo de enorme interés tanto por el impacto que tiene desde el punto de vista social y ambiental (requerimientos de grandes superficies de espacio, incremento de la demanda de transporte y de las externalidades asociados al mismo, etc.),

como por el coste que supone a navieras y operadores en sus cuentas de explotación, coste que se traslada al usuario final y repercute en el precio de las mercancías transportadas.

Los capítulos 6 y 7 están dedicados por tanto a la logística del contenedor vacío.

En el capítulo 6 se analiza la logística del contenedor vacío atendiendo a los diferentes desplazamientos, movimientos y operaciones que tiene lugar, y prestando diferentes alternativas para su racionalización. Posteriormente se profundiza en el papel de los depósitos de contenedores vacíos proponiendo una formulación sencilla para estimar las necesidades de espacio vinculadas a la actividad de un puerto o clúster portuario que es aplicada al caso del puerto de Valencia, a la vez que se analiza la localización de este tipo de infraestructuras a partir del análisis detallado de los flujos de transporte o asociados a la actividad de las mismas también para el caso del puerto de Valencia. No se encuentran estudios sobre las necesidades de espacio para la logística de contenedores vacíos asociados a la actividad de un puerto o un conjunto de puertos, con lo que este capítulo cubre en parte esta carencia. En cuanto al análisis sobre la localización de los depósitos de contenedores vacíos que también se aborda en este capítulo con una aplicación práctica, cabe señalar que el autor de esta tesis es también co-autor de otro artículo que trata este problema con mayor profundidad, mediante la aplicación de un modelo bi-criterio que considera los objetivos de minimización de costes y de minimización del impacto medioambiental. Este artículo, *Bicriteria Optimization Model for Locating Maritime Container Depots: Application to the Port of Valencia*, publicado en 2013 en la revista indexada *JCR Networks and Spatial Economics*, no ha sido incluido en esta tesis puesto que va a ser incluido en la tesis doctoral de otro de los autores.

Por otro lado, pese a que existen algunos estudios que analizan y modelizan los movimientos vacíos de los contenedores marítimos, son pocos los que estudian los movimientos interiores o terrestres y en la mayoría de ocasiones tienen una orientación muy teórica y presentan simplificaciones significativas como la no consideración de la dependencia espacio-tiempo de los eventos o la no consideración de la tipología de contenedor (por poner algún ejemplo) que no hacen posible su aplicación práctica. En el capítulo

7 se trata de cubrir esta carencia y se desarrollan dos modelos matemáticos (basados en dos patrones de movimiento diferentes, con y sin triangulación) para la optimización de los movimientos de contenedores vacíos entre cargadores, receptores, terminales y depósitos, minimizando los costes de transporte y de almacenamiento. Además, los modelos desarrollados fueron probados con datos reales de una compañía naviera operando en el puerto de Valencia, para lo que se desarrolló un sistema de apoyo a la toma de decisiones al que se incorporaron los modelos definidos.

En resumen, el primer objetivo de la tesis (visión integrada y estructurada de la complejidad de la logística del contenedor marítimo) se aborda a lo largo de todo el trabajo, especialmente con la contribución del capítulo de introducción y de los capítulos 3, 4 y 6. Mientras que la modelización y análisis de los problemas específicos se aborda en los capítulos 2 (problema de elección modal en la configuración de las cadenas o corredores logísticos interiores en el transporte de contenedores marítimos), 5 (problema de localización de una red de infraestructuras nodales para atender las necesidades logísticas de los contenedores marítimos), y 7 (problemas asociados a los movimientos en vacío y gestión de contenedores marítimos).

## 1.5 Referencias

- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (1996): *UNE-EN ISO 6346 Contenedores para el transporte de mercancías. Codificación, identificación y marcado*, AENOR, Madrid
- AZNAR, J.Luis, Ricardo INSA, J. Domingo ALEIXANDRE, Leandro GARCIA, Salvador FURIÓ, Daniel NIUBÓ, Victoriano SÁNCHEZ y M. José COLLADO (2010): *El transporte terrestre de mercancías*. Col. Biblioteca Técnica de la Fundación Valenciaport, Serie Logística e Intermodalidad. Valencia (ISBN-13:978-84-934174-8-2)
- COMISIÓN EUROPEA (2001): *Libro Blanco - La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*

- COMISIÓN EUROPEA (2011): *Libro Blanco - Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*
- CRINKS, P. (2000): *Asset Management in the Global Container Logistics Chain*, International Asset System.
- DREWRY SHIPPING CONSULTANTS LTD. (2009): *Annual container market review and forecast 2009/10*
- DREWRY SHIPPING CONSULTANTS LTD. (2014): *Container Forecaster 3Q14 Annual Review of the Global Container Market*
- FEO, María, Salvador FURIÓ, Jesús GARCÍA-LUJÁN, Sonia IBORRA y Eva PÉREZ (2010): *Patrón modal y comercio con Europa: Tendencias en el transporte de mercancías*. Col. Biblioteca Técnica de la Fundación Valenciaport, Serie Economía del transporte. Valencia (ISBN-13:978-84-934174-9-9)
- FURIÓ, Salvador, Miguel LLOP (2009): *Transporte Marítimo y terminales portuarias. Informe del proyecto SITIM (Análisis, desarrollo y evaluación de Sistemas Inteligentes de Transporte de mercancías en un entorno intermodal)* financiado por el Ministerio de Fomento (Plan Nacional de Investigación).
- LLOP, Miguel y Salvador Furió (2008): «Las TIC y la simplificación de procesos aduaneros para una mayor eficiencia de la cadena de transporte: El caso de Valenciaport», en *III Congreso Internacional de Transporte*, Castellón
- LLOP, Miguel, M<sup>a</sup> Luisa ESCAMILLA, Salvador FURIÓ, Manuel GALDÓN, Leandro GARCÍA, Jesús GARCÍA-LUJÁN, Jorge Miguel LARA y Carolina NAVARRO (2013): *Tendencias TIC en puertos*. Biblioteca Técnica de la Fundación Valenciaport, Serie Tecnologías de la Información. Valencia (ISBN-13:978-84-940351-3-5)
- MINISTERIO DE FOMENTO (2010): *Plan Estratégico para el Impulso de Transporte Ferroviario de Mercancías en España*
- MINISTERIO DE FOMENTO (2012). *Observatorio del Ferrocarril en España Informe 2011*
- MONTERDE, Noemí, Arturo MONFORT y Pablo PALOMO (2002): «Repercusión de los fenómenos de concentración en el ámbito portuario» en V Congreso de Ingeniería del Transporte, Cantabria. Ref Type: Conference Proceeding
- Mori, T. (2006): *The Study about a Strategy of Global Terminal Operators*, [www.h2.dion.ne.jp/~t-mori/ronbun12.pdf](http://www.h2.dion.ne.jp/~t-mori/ronbun12.pdf)

- NOTTEBOOM, Theo E (1997): «Concentration and load centre development in the European container port system», *Journal of Transport Geography*, Vol. 5, Issue 2, June 1997, pp. 99-115
- NOTTEBOOM, Theo y Jean-Paul RODRIGUE (2005): «Port regionalization: towards a new phase in port development», *Maritime Policy & Management* n. 32, pp. 297-313
- NOTTEBOOM, Theo y Jean-Paul RODRIGUE (2009): «The future of containerization: perspectives from maritime and inland freight distribution», *GeoJournal* n. 74, pp. 7-22
- NOTTEBOOM, Theo y Jean-Paul RODRIGUE (2012): «The corporate geography of global container terminal operator», *Maritime Policy & Management*, n. 39, issue 3, pp. 249-279
- ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL (OMI) (1972): *Convenio Internacional para la Seguridad de los Contenedores (CSC)*
- RODRIGUE, J, C. COMTOIS y B. SLACK (2013): *The Geography of Transport Systems*
- SLACK, B. y A. FRÉMONT (2005): «Transformation of port terminal operations: from the local to the global», *Transport Reviews* n. 25, pp. 117-130
- SYS, C. (2009): «Is the container liner shipping industry an oligopoly?», *Transport Policy* n. 16, pp. 259-270.
- VALENCIAPORT (2014): *Anuario estadístico 2013*
- VAN MARLE, G. (2013): «Small ports feel the heat from big box ships as cascade effect begins», *The Loadstar*, July 1.
- WORLD SHIPPING COUNCIL (2011): *Container Supply Review*





## 2

# The importance of the inland leg of containerised maritime shipments: An analysis of modal choice determinants in Spain

---

**Autores:** María FEO VALERO  
Leandro GARCÍA MENÉNDEZ  
Lorena SÁEZ CARRAMOLINO  
Salvador FURIÓ PRUÑONOSA

**Publicación:** Transportation Research  
Part E: Logistics and Transportation Review

**Editor:** Elsevier

**ISSN/ISBN:** ISSN 1366-5545

**Indexado en** Journal Citation Reports (Thomson Reuters) en el primer cuartil en las áreas de Ingeniería Civil, Investigación Operativa y Transporte

**Fecha de aceptación:** 16 Noviembre 2010

**Fecha de publicación:** Julio 2011

**Volumen Nº:** 47E, número 4

**Paginas:** 446-460

**DOI:** 10.1016/j.tre.2010.11.011

---



Portada de la revista

Transportation Research Part E 47 (2011) 446–460

---

Contents lists available at ScienceDirect  
**Transportation Research Part E**  
 journal homepage: [www.elsevier.com/locate/trt](http://www.elsevier.com/locate/trt)

---

**The importance of the inland leg of containerised maritime shipments:  
 An analysis of modal choice determinants in Spain**

María Feo-Valero <sup>a,\*</sup>, Leandro García-Menéndez <sup>b</sup>, Lorena Sáez-Carramolino <sup>a</sup>,  
 Salvador Furió-Prufonosa <sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Fundación Valenciaport, Avda. del Muelle del Turis s/n, 46104 Valencia, Spain*  
<sup>b</sup> *Instituto de Economía Internacional - University of Valencia, Campus de Burjassot, C/Septim no. 26, 46102 Valencia, Spain*

---

|  |  |
|--|--|
| <p><b>ARTICLE INFO</b></p> <p><i>Article history:</i><br/>       Received 20 July 2010<br/>       Received in revised form 29 October 2010<br/>       Accepted 16 November 2010</p> <p><i>Keywords:</i><br/>       Intermodality<br/>       Freight transport<br/>       Stated preference<br/>       Discrete choice models</p> | <p><b>ABSTRACT</b></p> <p>While most of the studies that address competition between road and rail transport focus on national or international non-maritime shipments, there is practically no empirical evidence on the modal choice determinants of the inland leg of maritime shipments. This paper intends to fill that gap by estimating a modal choice model between road and rail transport on the inland leg of Spanish containerised maritime freight shipments, using a mixed logit model and stated preference techniques.</p> <p>The results obtained confirm the vital role that frequency plays in the relative competitiveness of rail transport and also provide subjective values of transport attributes that are deemed essential for an accurate cost-benefit analysis.</p> <p style="text-align: right;">© 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.</p> |
|--|--|

---

**1. Introduction**

The Spanish modal split currently suffers from a series of limitations that are preventing cargo from being distributed in a balanced and environmentally friendly manner. Most freight at national and intra-European level is transported by road and the share of this mode of transport has increased over recent years, further accentuating the polarisation of the modal split. On an international scale, 90.5% of Spanish trade with non European Union countries in 2008 was channelled to the maritime mode, whereas road haulage remained the most used mode in door-to-port/port-to-door overland transport with a share of 95%, rail transport accounting for only a very small percentage. This situation is creating traffic congestion problems in the national road network at the same time, causing significant environmental and social spillovers.

Solving problems related to access roads to ports becomes even more urgent when we take into consideration that the majority of ports are nowadays located in urban areas. Therefore, fostering the use of rail transport on the inland leg of maritime shipments constitutes a priority goal of current national (Spanish Ministry of Public Works, 2004) and European transport policies (European Commission, 2001). However, the political willingness to consolidate the rail mode as a real transport alternative for European freight shipments contrasts with the enormous delays in the deregulation of the sector. While road and maritime services in Europe have been fully deregulated since 1993, the European rail sector is still immersed in a liberalisation process that has lasted for nearly two decades.

The document entitled ‘Community Rail Policy’ opened the door to deregulation in 1990 and was used as a basis to design the current common rail system. The most characteristic features of this system are that it separated infrastructure from operations and incorporated new rail operators as part of the process towards deregulation and opening up the market.

---

<sup>\*</sup> Corresponding author. Tel.: +34 96 383 94 00; fax: +34 96 383 94 61.  
 E-mail addresses: [mfeo@fundacion.valenciaport.com](mailto:mfeo@fundacion.valenciaport.com) (M. Feo-Valero), [leandro.garcia@uv.es](mailto:leandro.garcia@uv.es) (L. García Menéndez), [lsaez@fundacion.valenciaport.com](mailto:lsaez@fundacion.valenciaport.com) (L. Sáez-Carramolino), [sfurio@fundacion.valenciaport.com](mailto:sfurio@fundacion.valenciaport.com) (S. Furió-Prufonosa).

1366-5545/\$ – see front matter © 2010 Elsevier Ltd. All rights reserved.  
 doi:10.1016/j.trt.2010.11.011

Extracto primera página del artículo

# The importance of the inland leg of containerised maritime shipments: An analysis of modal choice determinants in Spain

## 2.1 Abstract

While most of the studies that address competition between road and rail transport focus on national or international non-maritime shipments, there is practically no empirical evidence on the modal choice determinants of the inland leg of maritime shipments. This paper intends to fill that gap by estimating a modal choice model between road and rail transport on the inland leg of Spanish containerised maritime freight shipments, using a mixed logit model and stated preference techniques.

The results obtained confirm the vital role that frequency plays in the relative competitiveness of rail transport and also provide subjective values of transport attributes that are deemed essential for an accurate cost-benefit analysis.

## 2.2 Introduction

The Spanish modal split currently suffers from a series of limitations that are preventing cargo from being distributed in a balanced and environmentally friendly manner. Most freight at national and intra-European level is transported by road and the share of this mode of transport has increased over recent years, further accentuating the polarisation of the modal split.

On an international scale, 90.5% of Spanish trade with non European Union countries in 2009 was channelled to the maritime mode, whereas road haulage remained the most used mode in door-to-port/port-to-door overland transport with a share of 95%, rail transport accounting for only a very small percentage. This situation is creating traffic congestion problems in the national road network at the same time, causing significant environmental and social spillovers.

Solving problems related to access roads to ports becomes even more urgent when we take into consideration that the majority of ports are nowadays located in urban areas. Therefore, fostering the use of rail transport on the inland leg of maritime shipments constitutes a priority goal of current national (Spanish Ministry of Public Works, 2004) and European transport policies (European Commission, 2001). However, the political willingness to consolidate the rail mode as a real transport alternative for European freight shipments contrasts with the enormous delays in the deregulation of the sector. While road and maritime services in Europe have been fully deregulated since 1993, the European rail sector is still immersed in a liberalisation process that has lasted for nearly two decades.

The document entitled 'Community Rail Policy' opened the door to deregulation in 1990 and was used as a basis to design the current common rail system. The most characteristic features of this system are that it separated infrastructure from operations and incorporated new rail operators as part of the process towards deregulation and opening up the market.

Since the enactment in 1991 of Directive 91/440/EC regarding the development of railways (Council of Europe, 1991), which laid the foundations for opening up the rail market in Europe, there have been several more Directives, grouped into so-called 'Rail Packages', which have in turn been extended by other laws and the 2001 White Paper on transport (European Commission, 2001). However, as incorporating these Directives into national law is the responsibility of each State, procedures and actions related to deregulating the sector unavoidably differ substantially from one member State to another.

In the case of Spain, even though the Rail Sector Act (Act 39/2003) opened up the rail sector to competition with new operators entering the market, the Act itself did not come into force until 2005. As a result, freight transport by rail was not fully liberalised until November, 2006. On that day, the Spanish Minister of Public Works, through the Administrator of Railway Infrastructures (ADIF in Spanish), awarded the safety certificate to the first private rail operator in Spain, which allows it to be granted capacity slots to transport freight on the General Interest Railway Network. Since then, the incorporation of new operators has been slow. At present, 11 private companies have obtained their licence as rail operators and only five have been awarded the safety certificate to be able to provide freight services.

While the level of competition in the Spanish rail sector, as far as freight is concerned, is far from high at present, the growth rate observed is not that different to other countries which began the deregulation process earlier and where rail has since captured a significant share of the market (in Germany, for example, deregulation began in 1995 and there are currently more than 350 licensed companies, which account for close to 20% of total rail transport). The Spanish rail sector can therefore be expected to gain ground in both port and intra-European flows in the next few years.

However, deregulation of the rail sector alone is not enough to consolidate the sector in freight transport. The possibility of rail transport emerging as a real alternative in freight transport will ultimately depend on how well this new supply adapts to the requirements imposed by demand.

Modelling modal choice between road and rail transport on the inland leg of Spanish containerised maritime freight shipments, using a mixed logit discrete choice model and stated preference techniques, will contribute towards designing efficient transport policy. The analytical tool proposed here will allow policy-makers to clearly identify the critical issues that public measures aimed to foster rail transport connecting ports and their hinterland should focus on. Similarly, the model specified will provide subjective values of transport attributes, which are deemed essential for an accurate cost-benefit analysis and of which there is little empirical evidence due to the difficulty involved in obtaining detailed data.

76 Table 2.1: Review of the literature on European freight transport demand modelling

| Reference                  | Technique     | Model                        | Country          | Inland leg of maritime shipments | Modes considered                                    | Attributes  | Value of time (€2005 per hour and ton)  |
|----------------------------|---------------|------------------------------|------------------|----------------------------------|---|---|---|
| Chiara et al. (2008)       | SP            | Logit                        | France and Italy | No                               | Rail and road                                       | Transit time<br>Frequency<br>Accompanied or non-accompanied   | NA  |
| Beuthe and Bouffoux (2008) | SP            | Conditional Logit            | Belgium          | No                               | Road, rail, short-sea shipping and inland waterways | Frequency<br>Transit time<br>Delivery time<br>reliability<br>Flexibility<br>Loss and damages<br>Transport cost                                  | Containerised shipments: €0,1861  |
| Blauwens et al. (2006)     | Simulation    | Inventory theoretic approach | -                | Yes                              | Road, rail and inland waterways                     | Transport cost<br>Loading capacity<br>Average lead time<br>Variance of lead time  | -   |
| Velky and de Jong (2003)   | SP and SP/ RP | Logit                        | France           | Yes                              | Road, rail and sea                                  | Transit time<br>Transport cost<br>Delivery time<br>reliability<br>Flexibility<br>Frequency<br>Availability of logistics services                | Rail €2.7 (2.59 FF of 2003) Maritime intercontinental: €10.2 (9.8 FF of 2003) |
| Blauwens et al. (2002)     | Simulation    | Inventory theoretic approach | -                | Yes                              | Road and inland waterways                           | Transport cost<br>Costs of cycle stock<br>Costs of inventory in transit<br>Costs of safety stock<br>Frequency<br>Transport cost<br>Transit time | -   |
| Kurri et al. (2000)        | SP            | Logit                        | Finland          | No                               | Road and rail                                       | Reliability<br>Transport cost   | Rail: €1.21   |
| de Jong et al. (2000)      | SP            | Logit                        | Netherlands      | No                               | Road, rail and inland waterways                     | Transport cost<br>Transit time<br>Reliability   | Full-loaded wagon: €32.22 per shipment  |
| Jiang and Calzada (1997)   | RP            | Neste Logit                  | France           | No                               | Road and rail                                       | Loss and damages<br>Transport cost<br>Transit time  | Containerised shipments: €4,04 (19 FF of 1988)                                |

The article is structured as follows: Section 2 reviews the existing literature and presents the theoretical model. Section 3 details the fieldwork carried out along with the data included, Section 4 discusses the findings and, finally, Section 5 presents the conclusions drawn from the research.

## 2.3 Literature review and theoretical model

### 2.3.1 Literature review

This paper falls into the field of research devoted to modelling freight transport demand and modal choice determinants in European traffic that has developed in Europe over recent years as a result of the enormously unbalanced modal split on the continent (see among others, the references detailed in Table 2.1).

There are many references to the importance of inland transport connecting ports to their hinterlands. Van Klink and van den Berg (1998) identify rail transport and intermodality as an instrument for port competition. Notteboom and Rodrigue (2005, 2009) identify a clear trend involving the growing level of integration between maritime transport and inland freight transport systems with a door-to-door corridor approach. The importance of inland transport, the cost of which represents between 40% and 80% of the total costs of container shipping, and the opportunities derived from intermodal transport are the basis for the development of the Port Regionalisation concept as a port development phase where seaport-hinterland relations are established to provide more efficient door-to-door solutions. Aligned with this, De Langen (2008) discusses the role that Port Authorities can play to ensure hinterland access (together with shipping companies and maritime terminal initiatives) and different types of involvement.

At present, freight transport by rail is mainly based on port rail connections with the hinterland. For this reason, and to ensure that rail transport successfully increases its market share of intra-European traffic, we must have a good understanding of what determines modal choice on the door-to-port and port-to-door legs, as these traffic flows are the basis for incorporating domestic freight into rail corridors. Spain in particular, where rail

transport has a very small market share, could be a very interesting country to assess how this mode of transport consolidates at European level. The fact that the corridor being studied connects the economic region of Madrid to the main Spanish container port is also undoubtedly relevant.

However, most of the European studies that analyse modal choice determinants focus on competition between modes on national or international non-maritime shipments, applications addressing modal choice determinants in the inland leg of maritime shipments being scarce.

To the best of our knowledge, even if some research teams differentiate container traffic in their analyses of intermodal traffic (Beuthe & Bouffieux, 2008; Jiang & Calzada, 1997), only Blauwens et al. (2006) have specifically addressed the modal choice issue for carrying containerised shipments from a European seaport to its hinterland. These authors use an inventory-theoretic framework (Baumol & Vinod, 1970) to analyse the effectiveness of certain policy measures aimed at triggering a significant modal shift from road to alternative modes (rail and inland waterways) in a hypothetical transport corridor connecting the port of Antwerp (Belgium) to its hinterland in Germany.

Vellay and de Jong (2003) also analyse the inland leg of intercontinental maritime shipments in their study of mode choice in freight transport in the Region Nord – Pas-de-Calais (France), albeit subsuming the analysis of such shipments to national and international shipments transported by road. Consequently, the results these authors obtained do not yield specific conclusions regarding port-to-door and door-to-port traffic.

### 2.3.2 Theoretical model

From a theoretical viewpoint, this paper focuses on the random utility approach (Manski, 1977) and the application of discrete choice models, which were first developed at the beginning of the 1970s (McFadden, 1974; Domencich & McFadden, 1975; Lerman & Ben-Akiva, 1975).

A behavioural model (Winston, 1983) has been selected in order to estimate mode choice in the present paper. As a particular case of disaggregate demand models, the chosen specification benefits from the theoretical and



empirical advantages of disaggregate models over aggregate demand models. Disaggregate models are based on individual behaviour, therefore taking into account important characteristics of the decision-maker, which permit a richer model specification. The main limitations of disaggregate models are the considerable amount of data required, the difficulty that compiling this data on individual mode choices entails and the complexity of defining all the attributes that determine choice.

According to a standard behavioural model, decision-makers choose the alternative that provides the maximum level of utility. The utility function ( $U_{ins}$ ) in this kind of model depends on the attributes of the mode of transport,  $X_{ins}$ , and the characteristics of the decision-maker and shipment,  $S_{ns}$ , as well as including a stochastic component allowing for unknown parameters,  $\eta_{ins}$ ,

$$U(X_{ins}, S_{ns}) = V(X_{ins}, S_{ns}) + \eta_{ins} \quad (1)$$

where  $i$  denotes the mode of transport,  $n$  the decision-maker and  $s$  the reference shipment.  $V$  is not stochastic and reflects representative preferences of the population and  $g$  is stochastic and includes the unobservable effects. Therefore, the probability of selecting an alternative  $i$  can be formulated as:

$$P_i = \text{Prob}[\eta_{jns} - \eta_{ins} < V(X_{ins}, S_{ns}) - V(X_{jns}, S_{ns})] \text{ for } j \neq i, j = 1, \dots, J \quad (2)$$

Depending on the assumptions made in regard to the distribution of errors ( $\eta_{ins}$  and  $\eta_{jns}$ ) and in turn, to the difference of such errors ( $\eta_{ns}$ ), one choice model or another will be obtained (probit, logit, hierarchical logit or mixed logit).

The logit model is undoubtedly the most commonly used. However, the assumption of identically and independently distributed errors this model is based on gives rise to limitations when it comes to capturing certain patterns of behaviour (see Train, 2003).

The mixed logit model solves the limitations of logit. All those models in which the probability of being chosen is the result of integrating logit probability functions over parameter density functions are called Mixed Logit (ML), Kernel Logit (Walker & Ben-Akiva, 2002) or Hybrid Logit (Ben-Akiva & Bierlaire, 1999) models:

$$P_{ins} = \int L_{ins}(\beta) f(\beta|\theta) d\beta \quad (3)$$

$L_{ins}(\beta)$  being the standard logit model probability evaluated for the value  $\beta$  of the parameters and  $f(\beta|\theta)$  being the density function of such parameters, while  $\theta$  denotes the parameters that describe the function.

$$L_{ins}(\beta) = \frac{e^{V_{ins}(\beta)}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jns}(\beta)}} \quad (4)$$

As the attribute data used in this research were obtained by means of the stated preference technique, we decided to use an error components mixed logit model (Train, 2003) that considers coefficients variable among individuals but constant for the choices linked to one same person:

$$U_{inst} = \beta_n X_{inst} + \eta_{inst} \quad (5)$$

where  $U_{inst}$  represents the utility alternative,  $i$  provides individual  $n$  and shipment  $s$  with for the SP scenario  $t$  and  $\eta_{inst}$  are Gumbel errors identically and independently distributed among people, alternatives and SP scenarios. If a sequence of alternatives chosen for each SP scenario is considered,  $i = \{i_1, i_2, \dots, i_T\}$ , the probability conditioned in  $\beta$  of individual  $n$  opting for this sequence of choices is:

$$L_{ins}(\beta) = \prod_{t=1}^T \left[ \frac{e^{\beta'_n X_{ints}}}{\sum_j e^{\beta'_n X_{jnts}}} \right] \quad (6)$$

## 2.4 Data

### 2.4.1 Current composition of transport supply and demand in the corridor under study

The aim of this research is to obtain empirical evidence on the determinants of modal choice between the two alternatives, "100% road transport" and "combination of road and rail transport" on the national inland leg of maritime containerised shipments handled by the Port of Valencia and with origin/destination in the Region of Madrid.

In order to analyse rail transport, it is necessary to distinguish between full wagons – linked to bulk and non containerised general commodities –, and intermodal traffic in containers and/or swap bodies, also known as combined transport. While bulk and non containerised traffic in full wagons currently account for a larger share of freight in tons (with the transportation of coal to power stations and iron and steel products figuring prominently, among others), intermodal transport has more potential for growth, as acknowledged by the various forecasts of traffic at national and European level (Diomis Consortium, 2009). This is mainly due to the different growth rates in the trade of different commodity types over time (general cargo growing faster than bulk), the consequent increase in container traffic worldwide and the need to look for sustainable alternatives to connect ports to their hinterland that are capable of solving the current congestion problems in ports and port accesses.

The main rail corridors for intermodal traffic in Spain are those connecting the centre of the country to the main maritime ports in terms of commercial container traffic (Valencia, Barcelona and Bilbao). However, these same corridors still register a considerable amount of container freight that is transported by road, significantly more, in fact, than by rail. On these corridors, carrier haulage accounts for the majority of import operations (i.e. the shipping company or its local agent controls land transport) while merchant haulage is used in the majority of export operations (i.e. the freight forwarder or the shipper controls land transport).

This study focuses on analysing the Madrid–Port of Valencia corridor, which in 2007 offered 14 services per week from the Marítima Valenciana terminal (Marvalsa) and two services per week from the Terminal de Contenedores de Valencia terminal (TCV). However, these services were not maintained throughout the entire year and, as a result, total rail traffic in 2007 amounted to approximately 63,000 TEU (34,000 bound for Madrid and 29,000 for the port). Table 2.2 summarises the services available.

It is interesting that a significant percentage of current rail traffic connecting ports with their hinterland is controlled by ocean carriers themselves, which contract complete trains from rail companies (see Maersk or Isamar). At present it is not common to find freight forwarders that contract complete trains and act as a Rail Operator. As a result, if they opt for the rail alternative, they must delegate transport to a shipping agent or contract the services offered by other rail operators (see SICSA, Spain Rail and TCV Rail, among others). The figure below summarises the relationships we find between the various players involved: (see Fig. 2.1).

While freight forwarders often have their own fleet of vehicles for road transport or shares in road haulage companies, they are not developing a similar relationship with the rail sector, except in isolated cases. Therefore, many rail operators have become linked to ocean carriers and terminal operators, which are occasionally part of large corporate groups that participate in some of the new private rail companies that have begun operations in Spain since the sector was liberalised. As freight forwarders are increasing their control of the inland leg of maritime container traffic, we believe this market scenario could work against the role of rail in overland transport.

Another aspect that could be influencing the aforementioned structure of the market and the use of rail in this type of corridor is how empty containers are managed. Generally speaking, when overland transport by road is contracted in the corridor under study, customers pay for the return journey between the Port of Valencia and Madrid, the possibility of purchasing a one-way ticket not being offered. As a result, the import container that is emptied in Madrid can be sent back to one of the storage areas near the Port of Valencia without any extra cost being incurred. In

Table 2.2: Rail services available in the Port of Valencia–Madrid Corridor in 2007

| <i>Terminal</i> | <i>Destination</i> | <i>Customer/rail operator</i> | <i>Frequency</i> |
|-----------------|--------------------|-------------------------------|------------------|
| MARVALSA        | Coslada            | El Corte Inglés               | 2/week           |
|                 |                    | Maersk-Sealand                | 3/week           |
|                 |                    | SICSA                         | 4/week           |
|                 |                    | Isamar                        | 1/week           |
|                 | Abroñigal          | Spain Rail                    | 2/week           |
|                 |                    | SICSA                         | 1/week           |
| Maersk-Sealand  |                    | 1/week                        |                  |
| TCV             | Coslada            | TCV Rail                      | 1/week           |
|                 | Abroñigal          | TCV Rail                      | 1/week           |

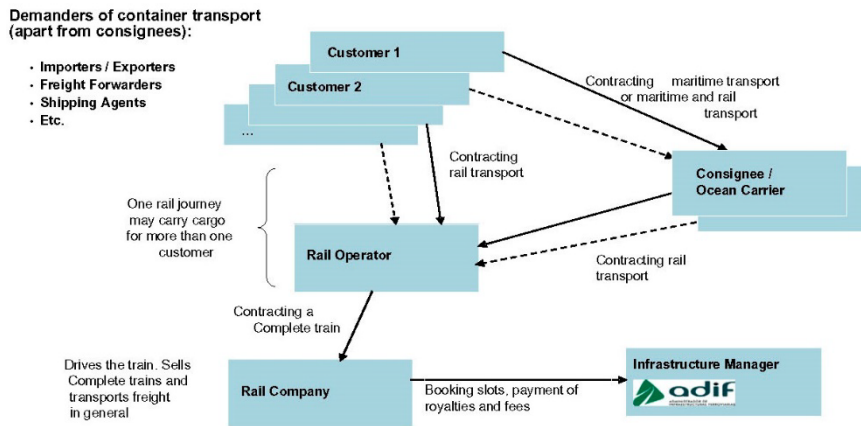
*Source: own elaboration*

the case of rail transport, one-way journeys are contracted, although operators normally include any imbalance in traffic between the two directions in their rates. Freight forwarders have little room to manoeuvre in this sense, as the ocean carrier decides where the empty container should be left or collected from. Therefore, if the import container we referred to above must be left in Valencia, rail transport loses competitiveness in terms of both cost and time. In contrast, ocean carriers can vary the way they manage their equipment and design different transport and storage strategies for it, using either port or inland storage facilities.

#### 2.4.2 Design of the questionnaire and fieldwork

The data used in the estimation were provided by logistics operators involved in the management of containerised maritime shipments via the Port of Valencia with origin/destination in the Region of Madrid. More

Figure 2.1: Relationships of stakeholders in rail freight shipments



Source: *Fostering maritime-railway integration: recommendations, methodologies and practical cases. Final Report (2009)*

specifically, 38 personalised interviews were conducted with logistics operators in Madrid (20) and Valencia (18) in October and November of 2008, providing a total of 585 stated preference observations.

The questionnaires were performed by personnel specialised in logistics and intermodality from Fundación Valenciaport and the Institute of International Economics at the University of Valencia. The interviewers therefore had extensive knowledge of the national and intra-European transport system, as well as the specific goals of the project and the type of information that was relevant for estimating and later interpreting the model. The fact that the interviewers were highly qualified undoubtedly contributed towards increasing the quantity and quality of the information obtained.

Questionnaires lasted between 30 min and 1 h, depending on the number of shipments completed by the interviewee (see Table 2.4) and his or her interest in the goals and stages of the project and willingness to provide qualitative information.

While the sample may initially appear to be too small, it is worth indicating that the number of players under study, freight forwarders involved in the management of shipments between the Region of Madrid and the Port of Valencia, is also small. According to the data provided by the Grupo Diario publication 'Who is Who in Logistics in Spain 2008' (Grupo Diario, 2008), there were a total of 355 freight forwarders in Madrid (160) and Valencia (195) in 2008. Therefore, in the unlikely event that all of them offer transport management services for the route between Madrid and the Port of Valencia, the sample obtained would represent 11% of the total population of freight forwarders.

A simple random sample (Levy & Lemeshow, 1999) for the application presented here was taken from the population compiled in the foregoing "Who is Who in Logistics in Spain" publication. As previously stated, only the logistics operators directly involved in the management of containerised shipments between the Region of Madrid and the port of Valencia were finally included in the sample. Table 2.3 summarises the main characteristics of the services provided by the logistics operators interviewed.

The questionnaire was structured into three blocks of questions.

- The objective of the first block was to obtain general information concerning the characteristics of the company (size, allocation, the type and area of transport services offered, own means of transport available, etc.) and their perception of the quality of transport services between the Region of Madrid and the Port of Valencia offered by the two modes being analysed.
- Following this, the interviewer identified the most representative shipments in the corridor and gathered information regarding their primary characteristics, including the type of transaction (export or import), type of shipment (full container load or consolidated), primary goods transported, where they were loaded/unloaded in the Region of Madrid, where they were loaded/unloaded in the origin/destination country, the mode used for door-to-port transport and the characteristics of this service (cost, transit time, frequency, % of delayed shipments, % of losses and damages) and the characteristics of the door-

**Table 2.3: Main characteristics of logistics operators interviewed**

| No. of employees                                  | Mean                | S. deviation               |                |
|---|---------------------|----------------------------|----------------|
|   | 21                  | 28                         |                |
| Has own road transport means                      | No. of interviewees | %/Total                    |                |
|   | 5                   | 13                         |                |
| <i>Transport services offered by interviewees</i> |                     | <i>No. of interviewees</i> | <i>%/Total</i> |
| Road  | National            | 13                         | 34             |
|   | To/from ports       | 34                         | 89             |
|   | To/from Europe      | 16                         | 42             |
| Rail  | National            | 0                          | 0              |
|   | To/from ports       | 27                         | 71             |
|   | To/from Europe      | 0                          | 0              |
|   | No                  | 11                         | 29             |
| Maritime  |                     | 37                         | 97             |
| Air   |                     | 27                         | 71             |
| <i>Logistic services offered by interviewees</i>  |                     | <i>No. of interviewees</i> | <i>%/Total</i> |
| Stock management                                  |                     | 15                         | 39             |
| Warehousing                                       |                     | 23                         | 61             |
| Consolidation/deconsolidation                     |                     | 22                         | 58             |
| Preparation of orders                             |                     | 14                         | 37             |
| Final touches/labelling/packaging                 |                     | 13                         | 34             |
| Management of returns                             |                     | 16                         | 42             |

*Source: own elaboration*

to-door transport chain (cost of transport, frequency of the maritime service used, transit time, % of losses and damages, % of delays).

- Finally, using the information gained from the previous block regarding the characteristic shipment as a basis, the set of stated preference



Table 2.4: Number of representative shipments and SP observations by interviewee

| <i>No. of representative shipments provided by the interviewee</i> | <i>No. of freight forwarders that provided this no. of representative shipments during the interview</i> | <i>No. of shipments between Madrid–Port of Valencia included in the sample</i> | <i>No. of SP observations</i> |
|--|--|--|-------------------------------|
| <i>(a)</i>   | <i>(b)</i>   | <i>(c = a x b)</i>   | <i>(c x 9)</i>                |
| 1  | 11   | 11   | 99                            |
| 2  | 27   | 54   | 486                           |
| Total  | 38   | 65   | 585                           |

Source: own elaboration

questions were compiled. Table 2.4 shows the number of reference shipments provided by each of the 38 freight forwarders interviewed, as well as the number of stated preference observations obtained for each of these shipments.

Attribute data for disaggregated models can be obtained by means of stated preference (SP) or revealed preference (RP) techniques (see Ortúzar & Willumsen, 2001 for an in depth review of these techniques).

SP captures hypothetical choices made by individuals in fictitious situations – options – created by the researcher, whereas RP questionnaires enable us to obtain information on the choice of transport that decision-makers, bearing in mind the real supply of transport services, make.

While SP permits researchers to assess scenarios that do not as yet exist in the market and isolate the effect of the variables under analysis, they hypothetical nature of interviewee responses results in the data obtained using this method registering errors in the dependent variable. This technique should therefore be confined to analysing how the interviewee values transport attributes, the data obtained through RP being more conceptually suited to forecasting. Indeed, in the case of RP, it is the independent variables that record (measurement) errors, not the dependent variable,

**Table 2.5: Attributes and levels considered in the SP experiment**

| <i>Variable</i> | <i>Mode</i> | <i>Unit</i>              | <i>Levels</i>   |
|-----------------|-------------|--------------------------|---|
| Transit time    | Road Rail   | Hours Hours              | Present level<br>150% of road transit time<br>200% of road transit time<br>250% of road transit time                    |
| Transport cost  | Road Rail   | €/Shipment<br>€/Shipment | Present level<br>90% of road transport cost<br>80% of road transport cost<br>70% of road transport cost                 |
| Reliability     | Road Rail   | %<br>%                   | Present level<br>80% of shipments arrive on time<br>95% of shipments arrive on time<br>100% of shipments arrive on time |
| Frequency       | Rail        | Weekly dep.              | 2 weekly departures<br>3 weekly departures<br>1 departure per day   |

*Source: own elaboration*

which makes these models particularly appropriate for forecasting and policy simulation.

The stated preferences experiment used in the present research takes into account three generic variables for both transport alternatives, 100% road transport and intermodal rail transport: transit time and transport cost and delivery time reliability. Likewise, the experiment includes the variable frequency offered by the rail mode (see Table 2.5).

The number of attributes and levels considered in the SP experiment was restricted to 4 and 3 respectively in order to avoid interviewees having to consider too many options or confusing them with overly complex scenarios (Permain et al., 1991).

The attributes and their levels were chosen on the basis of the specific interests of the project for which this research was undertaken (analysis of value of time and identification of factors that currently prevent alternative modes of transport to road haulage from developing to their full potential), the results obtained by other research teams in other markets and the information provided by the freight forwarders participating in the focal group created for this purpose. The two pilot exercises conducted at the foremost freight forwarders in Valencia (nine in the first case and 12 in the second) allowed us to adjust attribute levels to the specific case study and ensure the existence of trade-offs in the evaluation of attributes.

The rail alternative presented to the interviewee was a "door-to-port/port-to-door" transport alternative, therefore including the necessary changes from rail to road and vice versa. The attribute levels established therefore included the necessary changes from rail to road or road to rail.

Interviewees were presented with a choice experiment (Permain et al., 1991) in which they were asked to choose one of two transport options: their current option or a hypothetical alternative defined on the basis of the level of service offered at that time by their transport supplier in the corridor being studied. The exercises that employ this type of procedure are normally considered simpler and more realistic than ranking and scaling exercises, as they mirror the normal way in which the interviewees make their decisions.

Similarly, it was decided the experiment would be designed in differences whereby the alternative used by the interviewee at that time was deemed the reference alternative and the levels of our hypothetical alternative were considered variations in regard to the levels of service offered by the former.

Bearing in mind the design being employed, with four variables at three levels, the full factorial design would involve the interviewee assessing a total of 81 scenarios. An orthogonal fractional factorial design was therefore used in order to reduce the number of scenarios to be analysed by the interviewee from 81 to 9 (Kocur et al., 1982, master plan 3, columns 1, 2, 3, and 4).

The use of the specialised software WinMINT 2.1 to design and later apply the questionnaire enabled us to adapt the questionnaire to the situation of each freight forwarder interviewed, reduce the length of the interview and minimise possible data errors during the data compilation process.

### 2.4.3 Descriptive analysis of results

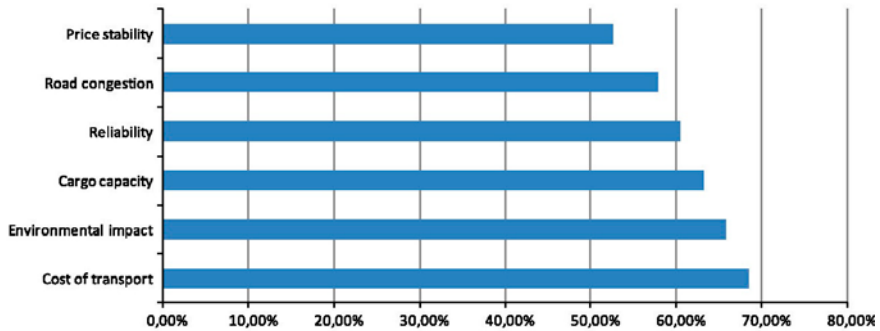
Results show that 84% of the freight forwarders interviewed currently use or have used rail transport for the inland leg of a maritime route. Out of the six freight forwarders who declared they had never used trains for shipments to/from a port, only one said he/she had considered the possibility of transferring shipments from road to rail, although the low level of service that in his/her opinion is offered by trains in terms of frequency and transit time saw this freight forwarder finally discard the possibility. The fact that five out of the six freight forwarders who had never used rail transport had never even considered this possibility can be considered indicative of the existing lack of knowledge about this mode and of how negative rail services are perceived to be.

During the interview, the freight forwarders who stated they had used rail transport were asked to indicate the reasons behind this decision from a list they were provided. The list includes: low transport cost, stable prices, road infrastructure congestion and road access to maritime terminals, low environmental impact, greater load capacity in this mode in relation to door-to-door road transport and available supply.

The only reasons indicated were transport cost and road infrastructure congestion and access to port. More specifically, 81% of freight forwarders who are either current or former users of rail transport indicated the low cost of this alternative compared to road haulage as the main reason for deciding to move door-to-port or port-to-door shipments by rail. Road congestion and port access problems were only identified as one of the reasons for using rail transport by five of the freight forwarders interviewed.

The results above would allow us to conclude that, while the competitiveness of rail transport in terms of cost is beyond all doubt, this mode of

Figure 2.2: Advantages associated to using rail transport



Source: own elaboration

transport appears to lack other comparative advantages in relation to door-to-door road transport in the corridor being studied. This result is in line with that obtained by Tsamboulas and Kapros (2000).

Similarly, it is also worth highlighting that no freight forwarders chose lower environmental impact as one of their reasons for deciding to use rail transport. Judging by this result, there is no place at present for environmental issues in the logistical decisions of Spanish freight forwarders. This result contrasts with that obtained by Fries (2009) in his analysis of the role of environmental aspects in the freight modal choice process in Switzerland. According to the results of the discrete choice model estimated in that paper, Swiss shippers would have a general willingness-to-pay for reducing greenhouse-gas emissions in freight transport, even if the monetary value obtained for it was rather small.

In the first part of the interview, freight forwarders were also asked to indicate what they considered to be the main advantages of rail transport compared to door-to-door road haulage (Fig. 2.2). That is, interviewees were asked to indicate the generic advantages of the rail mode, regardless of whether or not these advantages were the reasons that had led them to choose rail transport.

The most striking aspect of these results is the enormous difference with respect to those observed in the previous section. While lower transport cost was practically the only reason indicated for using rail transport in the reasons section, a large percentage of the freight forwarders interviewed also indicated lower environmental impact, greater load capacity, stable prices and the possibility this mode provides of avoiding road and port access congestion as advantages of the rail mode. This result would lead us to clarify the previous comment made that rail appeared to lack comparative advantages in relation to door-to-door road haulage apart from transport cost: national transport system users would be perceiving comparative advantages apart from cost, but these advantages would be far from sufficient to trigger a modal shift.

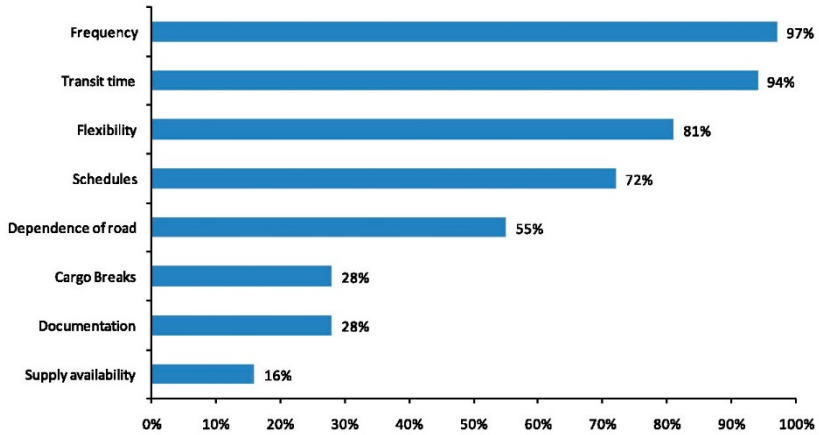
Fig. 2.3 provides information about what the interviewees believe are the main disadvantages of port-to-door and door-to-port transport by rail in relation to the 100% road haulage alternative. Practically all the companies in the sample considered service frequency and transit time to be the main disadvantages of rail. The fact that this mode is less capable of adapting to unexpected changes in the transport requisites of shipments and that departure timetables are not suited to the needs of demand are also among the disadvantages most frequently mentioned during the fieldwork. More than half of the interviewees pointed out the "dependence on road", that is, the fact that in many cases transport from the rail terminal to the final destination of the shipment must be by road, as an important disadvantage of rail transport.

Finally, Fig. 2.4 shows the opinion that interviewees have of the quality of the road and rail transport services currently available in the Region of Madrid–Port of Valencia corridor (1 = very low, 2 = low, 3 = fair, 4 = high, 5 = very high).

In reference to rail transport, it is striking how poor a perception the shippers interviewed have of the quality of the services currently offered by this mode between the Region of Madrid and the Port of Valencia. Only 2 out of the 10 attributes analysed recorded an average score of more than 3 points. The results show that the most valued aspect in rail transport is cost and the least valued is frequency, which coincides with the empirical

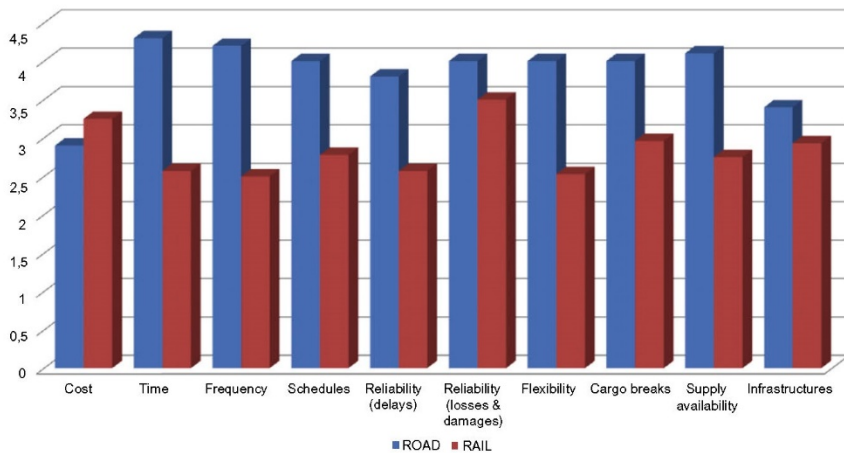
2 The importance of the inland leg of containerised maritime shipments:  
An analysis of modal choice determinants in Spain

Figure 2.3: Disadvantages associated to using rail transport. Note: the variable "cargo breaks" refers to the relative efficiency of cargo breaks (either due to con-solidation/deconsolidation or to a change of modes) during transport



Source: own elaboration

Figure 2.4: Average perceptions of the quality of the current road and rail transport services



Source: own elaboration

evidence obtained in relation to the advantages and disadvantages associated to using rail transport.

As can be observed in the figure, the shippers interviewed believe road haulage offers a higher level of service for all transport attributes with the exception of cost, where they consider rail transport to offer a higher quality service than road haulage. It is however worth highlighting that the difference between the valuation recorded by road and rail transport costs is very small: road transport registers an average score of 2.9, while the figure rises to 3.25 in the case of rail.

The largest differences in the evaluation of the quality offered by one mode of transport and the other are observed in transit time and flexibility. While road transport is considered to offer a high level of service where these aspects are concerned, the level of service offered by rail in both these areas averages halfway between fair and low. The smallest differences are observed in cost, reliability (losses and damages) and the quality/suitability of available infrastructure.

Table 2.6 provides the average sample characteristics of shipments depending on the flow of reference, exports or imports.

## 2.5 Estimation and results

Version 1.7 of Bierlaire's Optimisation Toolbox for General Extreme Value Model Estimation (BIOGEME) was used to estimate the model (Bierlaire, 2003, 2008). This software was specifically designed for the maximum likelihood estimation of Generalised Extreme Value (GEV) models.

Using a simple model as a basis in which only the variables defined in the stated preference experiment were considered, other specifications were tested that included variables such as the type of company or the type of shipment. The best model found is specified as follows:



Table 2.6: Average characteristics of shipments

| <i>Shipment characteristics</i>                                 | <i>Imports (Port of Valencia–Madrid)</i> | <i>Exports (Madrid–Port of Valencia)</i> |
|---|--|--|
| Type of container   | Mainly FEU and high cube                 | Mainly 20 ft                             |
| INCOTERM  | Mainly group F                           | Mainly group C                           |
| % of full-loaded shipments                                      | 100                                      | 100                                      |
| Weight (ton)  | 13                                       | 16                                       |
| Volume  | 48 m <sub>3</sub>                        | 32 m <sub>3</sub>                        |
| Value   | €31,000                                  | €29,000                                  |
| Door-to-door transport cost                                     | €3400                                    | €2400                                    |
| Door-to-door transit time (day)                                 | 29                                       | 22                                       |
| % of delays in the door-to-door transport chain                 | 15                                       | 11                                       |
| % loss and damages in the door-to-door transport chain          | 1.2                                      | 0.6                                      |
| Frequency of the maritime service employed                      | 1 departure per week                     | 1 departure per week                     |
| Road door-to-port/port-to-door transport cost                   | €710                                     | €640                                     |
| Rail door-to-port/port-to-door transport cost                   | €577                                     | €501                                     |
| Road door-to-port/port-to-door transit time (h)                 | 6.8                                      | 5.9                                      |
| Rail door-to-port/port-to-door transit time (h)                 | 23                                       | 13                                       |
| Road % of delays in the door-to-port/port-to-door leg           | 7.6                                      | 3.1                                      |
| Rail % of delays in the door-to-port/port-to-door leg           | 30                                       | 29                                       |
| Road % of loss and damages in the door-to-port/port-to-door leg | 0.5                                      | 0.2                                      |
| Rail % of loss and damages in the door-to-port/port-to-door leg | 2  | 4  |

$$U_{road\_n,s} = ASC + \beta_1 COST_m + \beta_2 TIME_{road} + \beta_3 REL_{road} + \beta_4 SEAF + \beta_5 QUOTA + \beta_6 ROAD + \beta_7 WCOST + \mu_{ns} + \varepsilon_{road\_n,s} \quad (7)$$

$$U_{rail\_n,s} = \beta_1 COST_{rail} + \beta_2 TIME_{rail} + \beta_3 REL_{rail} + \beta_8 FREQ + \varepsilon_{rail\_n,s} \quad (8)$$

where  $U_{road\_n,s}$  and  $U_{rail\_n,s}$  denote respectively the utility that using road and rail transport brings to company  $n$  and shipment  $s$ ,  $\varepsilon_{i\_n,s}$  is the random error Gumbel identically and independently distributed and  $\mu_{ns}$  is a vector of random errors independently normally distributed with mean zero and standard deviation  $\sigma$  which makes it possible to capture the correlation between the choices made by one same individual. As the data used in this application were obtained by means of the stated preferences technique, it was decided a mixed logit model would be used as error components. The high statistical significance of the variable  $\sigma$  confirms the error components model is more suitable than the logit model.

Models equivalent to that detailed in Eqs. (7) and (8), but including the coefficients of mode attributes – cost, transit time and reliability – as random coefficients with a normal density function were estimated. The standard deviations obtained for these coefficients were not significant in all cases and, therefore, within the scope of this application, no random variation in preferences is found.

The following table presents the variables obtained from the field work and the expected sign (see Table 2.7). The results obtained after estimating the model being considered are presented in Table 2.8.

The specific road constant is significant at 10% and has a positive sign. This variable indicates the average effect of unobservable factors in the utility of road relative to rail. Therefore, *ceteris paribus*, the positive sign indicates the presence of a relative preference for using road on the Madrid–Port of Valencia transport corridor.

Mode attributes, transport cost, transit time, reliability and rail service frequency are significant and display the expected sign: negative in the case

of transport cost and transit time – increases in either of these factors reduce the utility associated to the transport alternative – and positive in the case of reliability and rail mode frequency.

The coefficients of mode attributes have been included in the model as generic coefficients. That is, it is assumed that decision-makers evaluate transport attributes regardless of the alternative under consideration and therefore  $\beta_{road} = \beta_{rail}$ . In order to ratify the statistical validity of this restriction, a likelihood ratio test has been conducted (Ben-Akiva & Lerman, 1985). As the value of this statistic for the sample and the specification used (5.96) is lower than the value of  $\chi^2_{((1-0.5),3)} = 7.81$ , the null hypothesis cannot be rejected. As a result, it should be concluded that the coefficients of mode attributes are generic for both modes.

The dummy variable MARITIME FREQUENCY has also been included in the model to capture the relative effect of the frequency of the service used on modal choice for the national inland leg of the shipment. The positive sign obtained indicates that using maritime services with more than one departure a week increases the likelihood of road haulage being chosen in the corridor being studied to the detriment of the probability of choosing rail transport. This result has significant implications for short-sea shipping<sup>2</sup> (SSS), which normally offers a frequency of more than 1 weekly departure (according to data provided by Fundación Valenciaport in the January 2009–June 2009 issue of its newsletter LinePort, the average frequency of SSS services offered from the Spanish Mediterranean coast would be 1.7 departures a week). According to the model estimated, although the levels of frequency associated to rail transport in the stated

---

<sup>2</sup> According to the definition given by the European Shortsea Network, SSS encompasses the moving of cargo and passengers by sea between ports situated in geographical Europe or between those ports and ports situated in non European countries having a coastline on the enclosed seas bordering Europe. In view of the structural problems that rail still faces today where freight is concerned (delays in deregulation, interoperability deficiencies, etc.), SSS emerges as the only alternative capable of absorbing a significant share of 100% road transport in intra-European flows in the short and medium term (European Commission, 2006).

**Table 2.7: Explanatory variables**

| <i>Variable</i>                                       | <i>Description</i>  | <i>Value</i>   | <i>Expected sign</i> |
|---|---|--|----------------------|
| Road alternative specific constant (ASC)              | Variable inherent to the model that measures the revealed preference for road haulage   | Continuous   | ?                    |
| <b>MODE ATTRIBUTES (<math>X_{ins}</math>):</b>        |   |  |                      |
| Transport cost (COST <sub>i</sub> )                   | Total transport cost, €/shipment  | Continuous   | -                    |
| Transit time (TIME <sub>i</sub> )                     | Total transit time in hours   | Continuous   | -                    |
| Reliability (REL <sub>i</sub> )                       | Percentage of shipments that meet the transport conditions initially stipulated   | Percentage   | +                    |
| Rail frequency (FREQ <sub>i</sub> )                   | Frequency of rail services, number of departures per week   | 2, 3 or 7  | +                    |
| <b>SOCIOECONOMIC VARIABLES (<math>S_{ns}</math>):</b> |   |  |                      |
| Maritime frequency (SEAF)                             | Frequency offered by maritime service used  | SEAF=1 if freq. of sea service is > 1 departure per week | +                    |
| Quota (QUOTA)   | Variable that indicates the share accounted for by shipments in the corridor under consideration in relation to total maritime shipments managed by the interview | Percentage   | ?                    |
| Road haulage quota (ROAD)                             | Variable that indicates the share represented by shipments transported by road over total shipments managed in the corridor under analysis                        | ROAD=1 if road haulage share > 75%                       | +                    |
| Weight of cost (WCOST)                                | Weighting that represents the cost of transport on the port-to-door/door-to-port leg over total shipments managed in the corridor under analysis                  | Percentage   | -                    |

*Source: own elaboration*

Table 2.8: Estimation results

| <i>Variable</i>                    | <i>Coefficient</i>                | <i>t-Test</i> |
|------------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Road alternative specific constant | +1.97                             | +1.85***      |
| Transport cost                     | -0.0117                           | -6.10*        |
| Transit time                       | -0.199                            | -5.04*        |
| Reliability                        | +0.0353                           | +2.98*        |
| Rail frequency                     | +0.816                            | +8.67*        |
| Maritime frequency                 | +1.25                             | +1.67***      |
| Quota                              | +0.035                            | +2.92*        |
| Road transport quota               | +1.22                             | +2.39**       |
| Weight of cost                     | -0.0697                           | -3.48*        |
| Sigma $\sigma$                     | +1.52                             | +5.21*        |
| No. of observations = 585          | Rho <sup>2</sup> = 0.406          |               |
| Log <i>L</i> = -240.878            | Adjusted rho <sup>2</sup> = 0.381 |               |
| L. Ratio test = 329.225            | Draws = 1000                      |               |

\* Indicate statistical significance at 1%

\*\* Indicate statistical significance at 2%

\*\*\* Indicate statistical significance at 10%

preference experiment (2 and 3 weekly departures and one daily departure) could be considered appropriate for intercontinental shipments, such levels would be clearly insufficient in the case of SSS shipments.

The results obtained for the variable weight of cost, however, reveal that rail has a relative advantage over road in SSS shipments. The coefficient obtained is significant and displays a negative sign. This variable captures the relative weight of transport cost in the national inland leg in regard to the total cost of door-to-door transport. The negative sign indicates that the likelihood of the rail mode being chosen is greater in the case of shipments for which the relative weight of the cost of the inland leg in Spain is high in relation to total cost, than in shipments in which the inland leg represents only a small part of the total transport chain. Rail transport would therefore have a greater comparative advantage over road haulage in SSS shipments than in intercontinental shipments, as the percentage of

Table 2.9: Subjective values of mode attributes

| <i>Subjective values of mode attributes</i> |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Value of time                               | €17 per hour and shipment         |
| Value of reliability                        | €3 per 1% reduction of delays     |
| Value of rail frequency                     | €70 per 1 more departure per week |

*Source: own elaboration*

the total journey represented by the inland leg is larger in this type of shipments. This result lends support to the action taken by European transport policy-makers towards creating a trans-European Motorway of the Sea network in relation to fostering the use of rail transport for the inland leg of intra-European maritime shipments (European Commission, 2004). Increased use of rail transport would firstly allow maritime intermodal chains to increase their advantage over 100% road transport in terms of cost. Furthermore, using rail transport for inland legs would reduce the traffic congestion problems in access roads to ports.

The variable ROAD HAULAGE QUOTA captures the relative weight of road shipments over total shipments managed by the shipper interviewed in the corridor being studied. The positive sign indicates that a high proportion of road haulage use reduces the likelihood of rail transport being chosen in favour of road transport. This result was expected, as increases in the demand for services allow shippers to increase their bargaining power and therefore obtain better service conditions. The result obtained for the variable QUOTA points in the same direction: increases in shipments in the corridor under consideration as a share of total shipments managed by the interviewee increase the probability of road haulage being chosen.

Finally, the model has enabled us to estimate subjective values for the transport attributes time, reliability and frequency (see Table 2.9). Subjective values of mode attributes constitute the marginal rate of substitution between mode attribute and transport cost at a constant level of utility. When the attributes in the utility function appear as attributes of a linear

and additive function, subjective values of mode attributes are given by the estimated coefficient for that attribute divided by the cost coefficient.

$$VOT = \frac{\partial U_{in}/\partial U_{in} \partial T_{in}}{\partial U_{in}/\partial C_{in}} = \frac{\beta_t}{\beta_c} \quad (9)$$

The value of time obtained here for container shipments in the Port of Valencia–Madrid corridor (€1.17 per ton and assuming an average shipment size of 14.5 tons) is in line with those identified by de Jong (2008) in his rail VOT literature review (values per hour and ton between €0.08 and €1.21). While comparisons such as that above undoubtedly serve to classify results, extreme precaution should be taken when extrapolating them. Indeed, the shipments analysed here refer to the overland leg of maritime shipments, whereas the majority of studies identified focus on national and international non-maritime shipments.

If we confine the comparison to the empirical evidence identified for containerised shipments in the door-to-port leg, we find our VOT to be higher than that of Beuthe and Bouffieux (2008) for containerised shipments in Belgium, and slightly lower than that obtained by Jiang and Calzada (1997) in their analysis of the value of time in French national and international road and rail transport (see Table 2.1).

Although the value of time obtained here does not differ greatly to that obtained by Vellay and de Jong (2003) for rail freight shipments in the northern France (€2.7 per hour and ton), it is much lower than that obtained by these authors for maritime intercontinental shipments (€10.2). It is however worth recalling that this VOT figure for maritime intercontinental shipments can to a certain extent be considered overestimated, as the model used by the authors also includes shipments transported under contract by road. Due to such shipments having a much shorter door-to-door transit time, greater importance is given to transit time (Bergkvist, 2001; Jiang & Calzada, 1997).

## 2.6 Conclusions and future research

This research falls into field of discrete choice models and has enabled us, following extensive fieldwork, to estimate an interesting model both for theory and to apply.

More specifically, this paper has analysed modal choice between road and rail transport on the inland leg of Spanish maritime freight shipments through an error components mixed logit discrete choice model and stated preference techniques and is the starting point for a line of research that this team of researchers has embarked on in relation to the potential of rail transport to connect ports with their respective hinterlands.

In the majority of European countries, rail freight transport departing from or bound for ports accounts for the lion's share of the rail freight transport market. Despite this, practically no empirical studies have specifically addressed door-to-port/ port-to-door freight traffic from a demand perspective.

Most of the studies that analyse competition between road and rail transport focus on the national or international nonmaritime shipments. However, we must not forget that, just as new car traffic acted as the base demand for many short-sea shipping services in Europe to be able to break the vicious circle of critical demand mass-full exploitation of economies of scaleservice competitiveness and capture freight that up to that time had been entirely transported by road (this is the case, for example, of some of the services offered by ocean carrier Grimaldi in the western Mediterranean), port rail connections with the hinterland appear to be the starting point for the development of a trans-european rail network that is fully competitive with 100% road transport.

In this sense, this paper makes a significant contribution to the literature by addressing a line of research that has largely been neglected in Europe – the modelling of transport demand on the inland leg of containerised maritime shipments – and which, as indicated in the paragraph above, plays a vital role in rebalancing the European modal split.

As regards the results, it is worth mentioning that all the parameters estimated are significant and display the expected sign. Furthermore, other



variables apart from those defined in the SP survey, referring to the characteristics of the total transport chain, were considered. These include whether or not the maritime service used offers more than 1 weekly departure, the relative weight of transport cost for the door-to-port/port-to-door leg in relation to the total cost of the transport chain and the relative share of the corridor analysed and road transport over total shipments handled by the freight forwarder interviewed. The specification employed confirms that rail transport has a comparative advantage over road haulage in terms of cost. This advantage is particularly significant for SSS shipments. In terms of frequency, however, the comparative disadvantage displayed by rail in regard to road transport is greater in the case of SSS shipments.

According to the results obtained, frequency plays an essential role in the relative competitiveness of rail transport. For this reason, policy-makers should focus their efforts on improving the level of service offered in this area, which opens a debate over the real development possibilities of rail while passenger traffic has absolute priority over freight when it comes to allocating slots. Finally, the research also provides estimations of subjective values of transport attributes. According to the results obtained, freight forwarders that operate on the Port of Valencia–Madrid corridor would be willing to pay €17 per shipment for a 1-h decrease in rail transit time, €3 for a 1% reduction in delays and €70 to increase rail frequency with an extra service per week.

Future research could delve deeper into issues such as the role that the structure and characteristics of decision-makers, freight forwarders and ocean carriers play in the use of rail for overland transport and the specific issue of ocean carriers relocating empty containers and the various tariff systems used by one mode and the other.

## 2.7 Acknowledgments

The authors are grateful for the funding received from the Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) of the Spanish Ministry of Public Works in its project PT-2007-027-01CAPM 'Valuation of Travel

Time Savings and Reductions in the Risk of Road Accidents: Application to the Evaluation of Transport Projects'.

## 2.8 References

- BAUMOL, W. J. y H. D. VINOD (1970): «An inventory theoretic model of freight transport demand», *Management Science* 16 (7), pp. 413–421
- BEN-AKIVA, M. y M. BIERLAIRE (1999): «Discrete choice methods and their application to short term travel decisions» in R. HALL (ed.): *Handbook of Transportation Science, International Series in Operations Research and Management Science*, vol. 23, Kluwer
- BEN-AKIVA, M. y S. LERMAN (1985): *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts
- BERGKVIST, E. (2001): «The value of time and forecasting of flows in freight transportation» in *41st European Regional Science Association Congress, Zagreb, 29 August–1 September 2001* <<http://www-sre.wu-wien.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa01/papers/full/271.pdf>> (accessed October 2010).
- BEUTHE, M. y Ch. BOUFFIUX (2008): «Analysing qualitative attributes of freight transport from stated orders of preference experiment», *Journal of Transport Economics and Policy* n. 42, pp. 105–128.
- BIERLAIRE, M. (2003): «BIOGEME. A free package for the estimation of discrete choice models» in *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*, Ascona, Switzerland
- BIERLAIRE, M. (2008): *An introduction to BIOGEME Version 1.7*. <<http://transpor2.epfl.ch/biogeme/doc/tutorialv17.pdf>> (accessed 20-07-10)
- BLAUWENS, G., S. JANSSENS, B. VERNIMMEN y F. WITLOX (2002): *The importance of frequency for combined transport of containers*. <<http://ideas.repec.org/p/ant/wpaper/2002030.html>> (accessed 18-10-10)
- BLAUWENS, G., N. VANDAELE, E. VAN DE VOORDE, B. VERNIMMEN y F. WITLOX, (2006): «Towards a modal shift in freight transport? A business logistics analysis of some policy measures», *Transport Reviews*, n. 26 (2), pp. 239–251

2 *The importance of the inland leg of containerised maritime shipments:  
An analysis of modal choice determinants in Spain*

- CHIARA, B. D., F. P. DEFLORIO y D. SPIONE (2008): «The rolling road between the Italian and French Alps: modeling the modal split», *Transportation Research*, part E, n. 44, pp. 1162-1174
- COUNCIL OF EUROPE (1991): *Council Directive 91/440/EEC of 29 July 1991 on the development of the Community's railways*. OJ L 237, pp. 25-28
- DE LANGEN, P.W. (2008): «Ensuring Hinterland Access: The Role of Port Authorities», *Discussion paper 2008-11 OECD/TF*.
- DIOMIS CONSORTIUM (2009): *Developing infrastructure use and operating models for intermodal shift* <<http://www.uic.asso.fr/diomis>> (accessed 20-07-10)
- DOMENCICH, T. A., y D. MCFADDEN (1975): *Urban Travel Demand. A Behavioral Analysis*. North Holland, Amsterdam
- EUROPEAN COMMISSION (2001): *White Paper European transport policy for 2010: time to decide*. COM, 2001, 370
- EUROPEAN COMMISSION (2004): *Motorways of the Sea Implementation through Article 12a TEN-T. A consultation document by the Services of the Directorate General for Energy and Transport*. <[http://westmos.eu/dl/2004\\_07\\_30\\_consultation\\_paper\\_EN.pdf](http://westmos.eu/dl/2004_07_30_consultation_paper_EN.pdf)> (accessed 20-07-10).
- EUROPEAN COMMISSION (2006): *Keep Europe moving – sustainable mobility for our continent. Mid-term review of the European Commission's 2001 transport White Paper*, COM, 2006, 314, June
- FRIES, N. (2009): *Market potential and value of sustainable freight transport chains*, PhD Dissertation, <<http://e-collection.ethbib.ethz.ch/eserv/eth:901/eth901-02.pdf>> (accessed 07-10-10).
- FUNDACIÓN VALENCIAPORT (2009): *LinePort Newsletter January-June 2009*. <<http://www.fundacion.valenciaport.com/Schedule-news/Newsletter/Boletin-Lineport/Boletines-2009.aspx>> (accessed 20-07-10).
- GRUPO DIARIO (2008): *Quién es Quién en Logística en España 2008*
- JIANG, F. y C. Calzada (1997): «Modelling the influences of the characteristics of freight transport on the value of time and the mode choice» in *Proceedings of the 25th European Transport Forum*, Seminar E, pp. 113-124

- DE JONG, G. C. (2008): «Value of freight travel time savings» in D. A. HENSHER y K. J. BUTTON (eds.): *Handbook of Transport Modelling*, second ed., Elsevier
- DE JONG, G. C., M. A. GOMMERS, y J. P. G. KLOOSTER (2000): «Time Valuation in Freight Transport: Methods and Results» in J. D. DE ORTUZAR (ed.): *Stated Preferences Modelling*, pp. 231-242
- KOCUR, G., T. ADLER, W. HYMAN, y B. AUNET (1982): *Guide to forecasting travel demand with direct utility assessment. Report no UMTA-NH-11-0001-82*, Urban Mass Transportation Administration, US Department of Transportation, Washington, DC
- KURRI, J., A. SIRKIA y J. MIKOLA (2000): «Value of time in freight transport in Finland», *Transportation Research Record* n. 1725, pp. 26-30
- LERMAN, S. y M. BEN-AKIVA (1975): «A disaggregate behavioral model of automobile owner-ship», *Transportation Research Record* n. 569, pp. 43-51
- LEVY, P. S. y S. LEMESHOW (1999): *Sampling of Populations. Methods and Applications*, John Wiley & Sons, Chichester
- MANSKI, C. (1977): «The structure of random utility models», *Theory and Decision* n. 8, pp. 229-254
- MCFADDEN, D. (1974): «The measurement of urban travel demand», *Journal of Public Economics* n. 3, pp. 303-328
- NOTTEBOOM, T. E. y J. P. RODRIGUE (2005): «Port regionalization: towards a new phase in port development», *Maritime Policy & Management* n. 32, pp. 297-313
- NOTTEBOOM, T. E. y J. P. RODRIGUE (2009): «The future of containerization: perspectives from maritime and inland freight distribution», *GeoJournal* n. 74, pp. 7-22
- DE ORTÚZAR, J. D. y L. G. WILLUMSEN (2001): *Modelling Transport*, John Wiley & Sons, Chichester
- PERMAIN, D., J. SWANSON, E. KROES y M. BRADLEY (1991): *Stated Preference Techniques: A Guide to Practice*, second ed, Hague Consulting Software
- SPANISH MINISTRY OF PUBLIC WORKS (2004): *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020* <<http://peit.cedex.es/>> (accessed 20-07-10)

2 *The importance of the inland leg of containerised maritime shipments:  
An analysis of modal choice determinants in Spain*

- TRAIN, K. (2003): *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, Cambridge
- TSAMBOULAS, D. y S. KAPROS (2000): «Decision-making process in intermodal transportation», *Transportation Research Record* n. 1707, pp. 86-93
- VAN KLINK, H. A. y G. C. VAN DEN BERG (1998): «Gateways and intermodalism», *Journal of Transport Geography* n. 6 (1), pp. 1-9
- VELLAY, C. y G. DE JONG (2003): *Analyse conjointe SP/RP du choix du mode de transport de marchandises dans la Région Nord-Pas-de-Calais*. <[http://www.rand.org/pubs/monograph\\_reports/2005/MR1435.pdf](http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/2005/MR1435.pdf)> (accessed 18-10-10)
- WALKER, J. y M. BEN-AKIVA (2002): «Generalised random utility model», *RU2000 Special Issue of Mathematical Social Sciences* <<http://web.mit.edu/its/papers/WALKER/%5BGRUM%5D.pdf>> (accessed 20-07-10)
- WINSTON, C. (1983): «The demand for freight transportation: models and applications», *Transportation Research* n. 17A, pp. 419-427



### 3

## Analysis of Spanish Seaport-Hinterland Freight Flows and the Design of an Inland Network of Intermodal Freight Villages

---

**Autores** Celestino SUÁREZ BURGUET  
Leandro GARCÍA MENÉNDEZ  
Salvador FURIÓ PRUÑONOSA

**Publicación** Maritime Logistics in the Global Economy  
Current Trends and Approaches

**Editor** Josef Eul Verlag GmbH

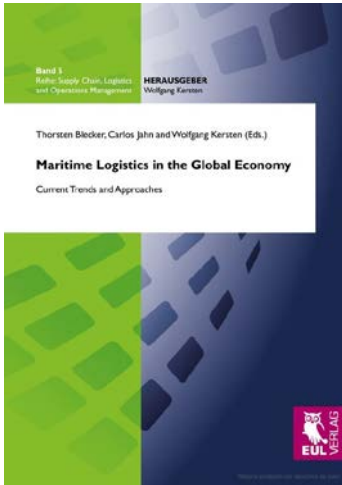
**ISSN/ISBN** ISBN 978-3-8441-0072-3

**Conferencia** HICL 2011 - Maritime Logistics and International Supply  
Chain Management

**Fecha de publicación** Septiembre 2011

**Páginas** 269-280

---



Portada del libro



Página de créditos de edición

|  |            |
|--|------------|
| Analysis of Spanish Seaport-Hinterland Freight Flows and the Design of an Inland Network of Intermodal Freight Villages.....   | 269        |
| <i>Celestino Suárez Burguet, Leandro García and Salvador Furió Pruñonosa</i>   |            |
| <b>Current Approaches in Transport Logistics .....</b>   | <b>281</b> |
| Modeling and Optimization of Transshipment and Waiting Times at Hubs .....   | 283        |
| <i>Adina Silvia Bruns</i>  |            |
| The Impact of Market Structure on Road Freight Safety, a Case Study of Finnish Carriers and Authorities.....   | 299        |
| <i>Eduardo Alvarez-Tikkakoski, Tomi Solakivi, Harri Lorentz and Lauri Ojala</i>  |            |
| Kaliningrad Region Transit Potential and Its Place in the Transport System of Europe: Advantages and Challenges.....   | 313        |
| <i>Oleg Kalashnik</i>  |            |
| Industry Qualifications Framework Logistics: Explicit and Tacit Knowledge and Qualifications in the Logistics Industry .....   | 327        |
| <i>Hella Abidi, Matthias Klump and Thomas Keuschen</i>   |            |
| The Potential of High-Performance Transports in Rail Networks – The Case of Advanced Extended Gateways and Rail Network Nodes for Rail-Based Hinterland Container Traffics ..... | 347        |
| <i>Hans Unseld and Herbert Kotzab</i>  |            |
| <b>Optimized Processes for Logistics Service Providers .....</b>   | <b>367</b> |
| After Sales Service for Offshore Wind Turbines.....  | 369        |
| <i>André Rinne, Kerstin Lange and Hans-Dietrich Haasis</i>   |            |
| IMOTRIS – Optimized Processes for Logistic Service Provider – No Media Disruptions any Longer .....  | 379        |
| <i>Carlos Jahn, Kirstin Ebert and Hans-Christoph Burmeister</i>  |            |
| Empirical Analysis of the Tender Management Process of Contract Logistics Service Providers.....   | 393        |
| <i>Frank Straube, Ouelid Ouyeder, Julian Siegmann and Timo Spiegel</i>   |            |
|  | IX         |

Página de índice



# Analysis of Spanish Seaport-Hinterland Freight Flows and the Design of an Inland Network of Intermodal Freight Villages

## 3.1 Abstract

Globalization, international trade growth and the spectacular increase in container traffic are some key issues for the development of increasingly complex logistics chains. Seaport-hinterland connections play a crucial role here and efficient intermodal solutions are important for the development of a more sustainable transport model. So, seaport-hinterland freight flows should be considered in the design and development of an inland network of intermodal freight villages. This is required to achieve a higher level of integration among different nodes of the logistic structure and to foster the development of intermodal transport.

The development of freight villages in Spain has been directed more towards answering the urgent needs of an increasing demand coming from the logistic sector than to respond to a properly designed long term strategy of trade and transport policy. Many logistic nodal infrastructures have been road oriented and planned from a regional or local point of view that is not always aligned with the European and Spanish general transport policy where significant efforts are being put in place to foster alternative and more efficient transport modes like rail. At the same time, ports or maritime traffic account for a big share of total railway freight traffic and should be

strongly taken into account prior to the development of railway and intermodal inland terminals. In this context, the analysis of freight flows from/to the ports provides valuable information for the design of an inland network of intermodal freight villages giving support to these flows as well as the configuration of international, national and regional logistics and distribution structures.

This paper sets a reference framework that can be taken into account in the design, development and planning of an inland network of intermodal facilities. First, it is presented the steps followed in measuring Spanish sea-port-hinterland freight flows through the use of trade and port statistics. This information is basic but usually not available and not easy to estimate. Following, it is presented an analysis of the main integration needs between seaports and inland intermodal terminals for the development of efficient door-to-door corridors in supply chains. This integration is necessary to reinforce the 'network' concept and it is required at physical, operational and informational level. Finally, it is discussed the role and the strategies followed by key stakeholders in the maritime and logistic sector (port authorities, shipping companies and terminal operators) when designing an efficient network of inland intermodal terminals and freight villages. This framework enriches a basic approach to the design and planning of intermodal freight villages based on general logistics offer and demand factors by putting the stress in their relation with seaports.

*Keywords: port, hinterland, intermodal transport, freight village, network*

### 3.2 Analyzing Spanish Seaport-Hinterland Freight Flows

Seaport-hinterland freight flows are very valuable information for almost all the Port Cluster (Port Authorities, terminal operators, logistic service providers, transport companies, freight forwarders, etc.) and other regional or national entities with authority on transport and logistics issues. However, the analysis of seaport-hinterland freight flows is not always straightforward. Information about inland origin or destination of goods passing through seaports is dispersed between many sources and not always available.

On the one hand Port Authorities, shipping companies and terminal operators use to have good information about foreland flows but they do not use to manage information about all hinterland flows. Freight forwarders and other service providers are often reluctant to provide this kind of information and make it available to their competitors. So, the statistics of the Port Authorities use to provide accurate information of port traffics by type of good and foreland origin or destination but no information about hinterland flows. On the other hand, documents for foreign trade (Single Administrative Document – SAD or INTRASTAT within Europe) include information about goods origin and destination which use to be available through foreign trade statistics. However, the link between seaport traffic statistics and foreign trade statistics is not always easy because trade statistics do not refer to ports. Escamilla et al (2010) analyzes the possibility of integrating in a single enlarged databank two different databases: the Spanish foreign trade and maritime transport datasets. In order to estimate Spanish seaport-hinterland freight flows the following approach has been done:

- Port traffic data has been collected for all Spanish commercial ports from the statistics presented at the Annual Report of the different Port Authorities. The statistics collected are detailed by the nature of goods (bulk cargo, general cargo, containerized cargo) and by the type of goods according to the standard classification of 40 groups utilized at Spanish seaports.
- Foreign trade statics for maritime transport have been collected at a national level detailing by type of goods, province of origin or destination and customs office. This information is provided by the Spanish Tax Agency. The tariff codes (Taric) are used to identify different type of goods.
- Development of a relational table between Taric codes and those considered for port traffic statistics.
- Development of a relational table matching port authorities and customs offices

- Estimation for each seaport involved in the distribution of import traffic by province of origin and the distribution of export traffic by province of destination. The percentages to apply to port traffic data for this distribution have been estimated by type of good and type of traffic (import/export) taking into account foreign trade statistics data
- A specific analysis for containerized traffic has been also developed following a similar approach

The next table shows main container seaport-hinterland freight flows in Spain. Local or intra-regional flows are the most important ones followed by inter-regional flows connecting main seaports with the central part of the country which concentrates an important part of consumption and production activity in the country. So, an inland network of intermodal freight villages should look for solutions to local or short distance flows with infrastructures close to the port areas, together with intermodal infrastructures giving support to inter-regional mid/long distance freight flows. With a good combination of close, midrange and long distance dry ports it is easier to find ways of shifting freight volumes from road to more energy efficient traffic modes, relieve seaport cities from some congestion and facilitate improved logistics solutions for shippers in the port's hinterland (Roso V. et al, 2008).

### 3.3 A Seaport approach to an Inland Network of Intermodal Freight Villages

Seaports and freight villages managing their traffics in land are not independent infrastructures or logistics nodes. They should be efficiently connected through linear infrastructures and provide efficient, competitive, complementary and coordinated services what requires a certain degree of integration.

Table 3.1: Main Spanish container seaport-hinterland flows (estimation year 2008)

| <i>Port</i>       | <i>Province</i> | <i>Import</i><br><i>TEU</i> | <i>Export</i><br><i>TEU</i> |
|-------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Port of Barcelona | Barcelona       | 422.085                     | 386.610                     |
| Port of Valencia  | Valencia        | 365.780                     | 155.763                     |
| Port of Valencia  | Castellón       | 23.564                      | 218.019                     |
| Port of Bilbao    | Vizcaya         | 99.977                      | 96.974                      |
| Port of Valencia  | Madrid          | 68.442                      | 32.258                      |
| Port of Valencia  | Alicante        | 32.429                      | 60.887                      |
| Port of Algeciras | Cádiz           | 33.759                      | 38.848                      |
| Port of Valencia  | Murcia          | 25.409                      | 30.739                      |
| Port of Valencia  | Barcelona       | 36.579                      | 12.791                      |
| Port of Barcelona | Tarragona       | 16.341                      | 32.829                      |
| Port of Barcelona | Madrid          | 17.017                      | 14.304                      |
| Port of Bilbao    | Madrid          | 13.035                      | 18.115                      |

*Source: own elaboration*

Therefore, it is suggested that a general approach for the design of an inland network of intermodal freight villages based on a geographical analysis of parameters such as logistics demand factors (production: gross domestic product, economic activity, industrial index; consumption: population, market share), industrial specialization and freight flows (industrial activities, inter-regional flows, import and export flows), logistics offer factors (logistics and transport operators, warehousing offer, transport costs) and infrastructural factors (linear and nodal infrastructure offer) should be reinforced with a specific analysis of seaport traffics and its interaction with hinterland logistics infrastructures and facilities. A better understanding of the benefits and the need of integration between seaports and inland intermodal facilities together with the analysis of the role of different stakeholders in the process is crucial to design plan and define a strategy for the development of an efficient and successful network of intermodal freight villages.

A very quick analysis of Spanish seaport-hinterland flows arises some strategic corridors (s.a. the Mediterranean corridor or those corridors connecting Madrid with main ports in the Mediterranean and the Atlantic) where integration between seaport and inland logistics platforms is a must. However, this integration is not always obvious and can be complex to achieve due to the great number of stakeholders and interests involved. This means that leadership from key authorities and stakeholders is usually required.

### 3.3.1 Integration with seaports

The development of an efficient connection between seaports and their hinterland requires at least:

- The existence of suitable infrastructures: A network of nodal infrastructures (terminals, logistic platforms, distribution centers, etc.) and linear infrastructures (highways, railways, inland waterways) with direct access to seaports minimizing interferences with passengers and urban transport
- The existence of sufficient volumes and adequate distances for the development of intermodal solutions, this will depend on market geography and structure
- The efficiency of transport and terminal operations: This requires defining procedures, modern equipment, skilled labor and good information management for effective planning
- The coordination and cooperation between different involved actors

So, integration between seaports and inland intermodal freight villages is required at physical, operational and information levels.

At physical level integration requires cooperation and coordination between different authorities involved at national and regional level. Integration is required for the design and planning of involved infrastructures. For example, the extension project of a seaport and forecasted traffics should be in coordination with the planning and design of road and rail approaches or inland terminals and logistic centers that will manage those freight traffics.

In Spain this coordination has not been always put in practice and it is easy to find examples of nodal logistics infrastructures (mainly road oriented) which have been developed with a local or regional perspective with the support of the regional government and without the necessary integration with a national planning approach for linear and nodal transport and logistics infrastructures. This does not always leads to a successful project and intermodal transport is not a priority in most of these cases.

At functional or operational level it is necessary to develop efficient procedures to smooth the interface between transport modes. This is always a key issue and lots of research and innovation efforts are directed to achieve time and cost savings for these operations at intermodal terminals. An open cooperation between different involved stakeholders (public and private) can lead to simplified procedures, more efficient handling operations and a more agile flow of goods from door-to-port and vice versa. A special mention can be made of customs procedures which can become critical in order to smooth freight flows through seaports. Inland terminals are regularly custom bonded areas and can also contribute to speed-up these procedures at seaports assuming inspection or clearance activities.

Therefore, seaports and inland platforms can work together in order to foster this required cooperation and coordination which does not always develop spontaneously and it is essential to overcome some difficulties. De Langen (2008) identifies the following barriers to coordination in transport chains:

- Not equitable (unequal) distribution of the costs and benefits of coordination
- Lack of resources or willingness to invest by some of the parties involved in the transport chain
- Reluctance to cooperate due to strategic considerations
- Lack of a dominant company or entity assuming leadership
- Reluctance to risk and short term view of many companies

Finally, integration at information level is always a key issue due to the great number of different private and public bodies interacting at seaport-hinterland corridors. Information technology can play an important role standardizing, computerizing and simplifying information exchanges related to international trade and transport along intermodal corridors.

The most important Spanish ports in container traffic have developed Port Community Systems which are technological platforms that link actors in the supply chain so that they can efficiently manage information flows around international trade and port operations. These consolidated platforms can also play an important role in the land side of the transport chain by integrating road and rail transport operations together with operations at inland freight villages and terminals. This can be crucial to improve seaport-hinterland integration.

### 3.3.2 Key stakeholders' roles and strategies

As it has been already stated, transport chains connecting ports and the hinterland involve a great number of different stakeholders (public and private) which, to a greater or lesser extent, participate in its planning, development and operation:

Public bodies: National and regional governmental authorities with responsibility for transport infrastructures planning, development and management; port authorities; railway infrastructures managers; inland waterway authorities; customs; inspection bodies; etc.

Private companies: Shipping companies; shipping agents; maritime terminals and operators; road haulers; railway undertakings; railway operators; railway terminals; barge operators; barge terminals; freight forwarders; multimodal operators; etc.

Some of these actors are going to be especially involved in planning and developing inland freight villages and terminals connected to deep sea ports and shaping an integrated logistics complex.

The role played by ports in this process may differ, but in most of the cases, **port authorities** are able to assume a leadership role in the creation of



these logistics systems. This role is aligned with the overall role of 'landlord' ports as 'facilitators' in transport chains. Some of the objectives that motivate ports involvement in hinterland corridors are the improvement of the port competitive position, the reduction of congestion problems or of environmental impacts, among others. In this way, the ports must:

- To promote the development of intermodal freight transport. They could get involved in the implementation of new rail/barge services to connect port to the hinterland in collaboration with railway/barge operators, terminal operators, shipping companies and large shippers
- To promote the development of strategic relationships with other inland logistic nodes through informal programs for collaboration and coordination, alliances, joint ventures or mergers
- To promote the development of feeder and short sea shipping (SSS), ensuring the proper facilities, simplifying the process, becoming involved in quality assurance of provided services or by applying certain bonuses
- To promote the development of strategic relationships with other complementary ports through different schemes of cooperation that would allow a greater integration and strengthening of selected corridors

De Langen (2008) studies different actions port authorities can implement: Invest in railway and inland barge terminals; infrastructure access rules for rail and road for a more efficient use of the capacity; invest in a Port Community System extended to the land leg of transport and giving support to small and medium companies; conditions in concession contracts to foster intermodal transport in hinterland connections; enable competition and reduce entry barriers.

In Spain we can find examples of ports cooperation to develop inland railway terminals (e.g. Madrid dry port), direct investment of port authorities in freight villages and railway terminals (e.g. Zal Barcelona, Zal Valencia, TMZ, etc.), extended Port Community Systems (e.g. valenciaportpcs.net) and discounts in port tariffs to foster intermodal transport. However it is more

difficult to find specific conditions in concession contracts to foster inter-modal transport in hinterland connections.

**Terminal operators** may also play a crucial role in the development of integrated port-hinterland logistic complexes. They have followed shipping companies in a concentration process which has led to the development of worldwide terminal operators managing big terminals in strategic seaports all around the world together with small or medium terminals in smaller ports in order to offer a wide range of services. At the same time, these operators are moving towards the management of inland platforms and the implementation of the 'extended gateway' concept based on inland terminals totally integrated and coordinated with port terminals and connected with high capacity and frequency transport solutions (mainly rail or barge).

This direct involvement of maritime terminal operators in the development of totally integrated inland terminals may lead to:

- Higher efficiency at maritime terminals due to a greater focus in operations on the maritime side through a simplification at the land side where time, space and resource consuming operations are transferred to the inland terminal
- The reduction of congestion problems at maritime terminals due to a higher speed of good flows through the port and less goods reception/delivery operations by road
- The reduction of road congestion in port access areas
- The increase of road transport efficiency due to the avoidance of congestion and idle times at port terminals
- The reduction of total transport costs

Terminal operators managing main container terminals at Spanish seaports usually do not manage inland terminals however some of them are directly involved in railway transport through railway operators offering services from/to their terminals.

Finally, **shipping companies**, which have always been focused on reducing maritime transport costs through the economies of scale of increasingly

bigger ships, are now paying more attention to the land leg of transport which can represent between 40% and 80% of the total costs of the container supply chain (Notteboom and Rodrigue, 2009). Besides this, customer supply chain demands (service time, reliability, etc.) are continuously increasing and they can only be fulfilled by acting also on the land transport leg and developing efficient door-to-door services.

Therefore, many shipping companies are working to manage a wider stretch of the supply chain with a vertical integration strategy. This leads to the management of dedicated port terminals by shipping companies and their involvement in the development of efficient port-hinterland corridors playing an active role. So, shipping companies may also participate in intermodal inland transport solutions and intermodal inland freight villages or terminals through direct investment or through cooperation agreements with specialized operators. This allows them to increase merchant haulage and have a better control of total door-to-door costs and service reliability.

Usually this has also a direct impact in the share of different transport modes at seaport-hinterland corridors. Those corridors with a higher control over transport by shipping companies use to bundle volumes and develop more intermodal solutions. Regardless of this, shipping companies have to overcome different barriers to merchant haulage such as the need for significant material and human resources for management, the need for local support or the difficulty to reach agreements with other shipping companies in order to bundle required volumes for intermodal transport.

In Spain some shipping companies manage dedicated terminals and most of them offer direct door-to-door services including rail transport services with main dry ports. In these cases they use to contract complete trains to railway undertakings or railway operators to guarantee the transport service to their clients.

### 3.4 Conclusions

Seaport-hinterland freight flows are essential for the development of intermodal transport and a more sustainable transport system. Therefore it is

always important to introduce a port perspective in the design and planning of an inland network of intermodal freight villages. Both ports and inland intermodal logistics platforms will profit from this. The former will relieve congestion problems and will consolidate and extend their hinterland through more efficient transport connections; the latter will gain port traffic volumes for transport and logistics services. However, introduce this port perspective in the analysis is not always easy because basic information such as statistics about seaport-hinterland container flows is not usually available and it is necessary to do estimations playing with other available statistics or with information from interviews. But besides knowing freight flows patterns between ports and their hinterland it is also important to understand and take into account in the design and planning process that it is necessary certain level of integration between seaports and inland intermodal freight villages, and that ports, terminal operators and shipping companies can and should play an active role in all this process.

### 3.5 References

- DE LANGEN, P.W. (2008): «Ensuring Hinterland Access The Role of Port Authorities», *OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Papers*, 2008-11
- ESCAMILLA, L., L. GARCÍA y E. PÉREZ (2010): «Integration of foreign trade and maritime transport statistics in Spain», *Maritime Policy & Management*, n. 37(4), pp. 347-375
- NOTTEBOOM, T. y J. P. RODRIGUE, (2009): «The future of containerization: perspectives from maritime and inland freight distribution», *GeoJournal*, n. 74, pp. 7-22
- ROSO, V. (2009): «The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland», *Journal of Transport Geography*, n. 17(5), pp. 338-345

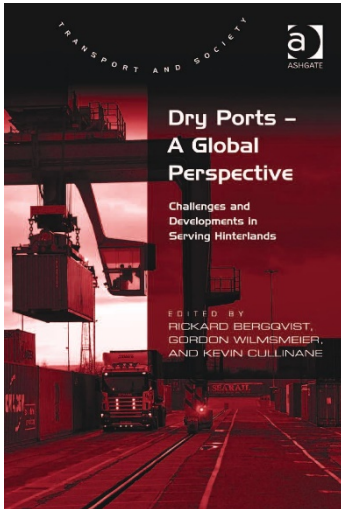
# 4

## Port community systems in maritime and rail transport integration: The case of Valencia, Spain

---

|                      |   |
|----------------------|---|
| Autores              | Salvador Furió  |
| Publicación          | Dry Ports – A Global Perspective<br>Challenges and Developments in Serving Hinterlands            |
| Editor               | Ashgate   |
| ISSN/ISBN            | 978-1-4094-4424-4   |
| Fecha de publicación | Abril 2013  |
| Paginas              | 49-65   |
| Web                  | <a href="http://www.ashgate.com/isbn/9781409444244">http://www.ashgate.com/isbn/9781409444244</a> |

---



Portada del libro

| Contents  |      |
|---|------|
| <i>List of Figures</i>  | vi   |
| <i>List of Tables</i>   | xi   |
| <i>List of Contributors</i>   | xiii |
| 1 Introduction:<br>A Global Perspective on Dry Ports<br><i>Richard Bergqvist, Gordon Wilmsmeier and Kevin Cullinane</i>   | 1    |
| <b>PART I EUROPE</b>  |      |
| 2 Hinterland Transport in Sweden:<br>The Context of Intermodal Terminals and Dry Ports<br><i>Richard Bergqvist</i>  | 13   |
| 3 Dry Ports:<br>A Concept or a Reality for Southeast Iberia?<br><i>Johan Gille and Jeron Botswa</i>   | 29   |
| 4 Port Community Systems in Maritime and Rail<br>Transport Integration:<br>The Case of Valencia, Spain<br><i>Salvador Furió</i>                                   | 49   |
| 5 Integrating Ports and Hinterlands:<br>A Scottish Perspective from the Ship Floor<br><i>Gavin Fraser, Kenneth Russell, Gordon Wilmsmeier<br/>and Jason Moran</i> | 65   |
| <b>PART II AFRICA</b>   |      |
| 6 Dry Ports and Trade Logistics in Africa<br><i>Charles Danala</i>  | 83   |

Página del índice

## Chapter 4 Port Community Systems in Maritime and Rail Transport Integration: The Case of Valencia, Spain

Salvador Furió

### 4.1 Introduction

The advent of containers in the 1950s led to a revolution in international freight transport by giving support to a global production system where companies are migrating to seek cheaper labour costs, and supply chains are becoming increasingly complex and global. In this context, containers have been highly successful, becoming a basic element in supply chains where they are considered standard units for transport, production and distribution (Notteboom and Rodrigue 2009). The success of containers is evident if we analyse the evolution of container traffic throughput at ports, with average annual growth rates of over 10 per cent and more than 450 million TEUs in 2009, despite the 15 per cent decline experienced this year due to the global economic crisis (Drewry Shipping Consultants Ltd. 2009).

The container shipping business has focused for years on reducing maritime transport costs through economies of scale. This has led to a high level of concentration in the industry, the use of increasingly large container ships and the development of new hub-and-spoke systems where a few hub-ports concentrate the cargo. Due to the difficulty of achieving significant additional cost reductions in maritime transport, shipping companies are paying greater attention to inland transport, port, hinterland connections and integrated door-to-door services. This seems logical if we consider that inland transport costs can represent between 40 and 80 per cent of total container transport costs along the logistics chain (Notteboom and Rodrigue 2009). But this renewed interest in port hinterland corridors is also in the spotlight for container terminal operators and port authorities. On the one hand, container terminal congestion is a widespread problem due to high container traffic growth rates and one of the possible solutions to this problem is the development of efficient corridors with regular rail shuttle services connecting the port with inland terminal extensions or dry ports (Raso et al. 2008). On the other hand, competition is no longer between ports, but between door-to-door chains. Therefore, port authority strategies include port-hinterland relations and the new concept of port "regionalisation" (Notteboom and Rodrigue 2005) has emerged, implying a more efficient maritime-land interface with an integrated

Primera página del artículo

# Port community systems in maritime and rail transport integration: The case of Valencia, Spain

## 4.1 Introduction

The advent of containers in the 1950s led to a revolution in international freight transport by giving support to a global production system where companies are migrating to seek cheaper labour costs, and supply chains are becoming increasingly complex and global. In this context, containers have been highly successful, becoming a basic element in supply chains where they are considered standard units for transport, production and distribution (Notteboom and Rodrigue 2009). The success of containers is evident if we analyse the evolution of container traffic throughput at ports, with average annual growth rates of over 10 per cent and more than 430 million TEU in 2009, despite the 15 per cent decline experienced this year due to the global economic crisis (Drewry shipping consultants Ltd. 2009). The container shipping business has focused for years on reducing maritime transport costs through economies of scale. This has led to a high level of concentration in the industry, the use of increasingly large container ships and the development of new hub-and-spoke systems where a few hub-ports concentrate the cargo. Due to the difficulty of achieving significant additional cost reductions in maritime transport, shipping companies are paying greater attention to inland transport, port-hinterland connections and integrated door-to-door services. This seems logical if we consider that inland transport costs can represent between 40 and 80 per cent of total

container transport costs along the logistics chain (Notteboom and Rodrigue 2009). But this renewed interest in port–hinterland corridors is also in the spotlight for container terminal operators and port authorities. On the one hand, container terminal congestion is a widespread problem due to high container traffic growth rates and one of the possible solutions to this problem is the development of efficient corridors with regular rail shuttle services connecting the port with inland terminal extensions or dry ports (Roso et al. 2008). On the other hand, competition is no longer between ports, but between door-to-door chains. Therefore, port authority strategies include port–hinterland relations and the new concept of port "regionalisation" (Notteboom and Rodrigue 2005) has emerged, implying a more efficient maritime–land interface with an integrated corridor approach where inland terminals are directly connected to ports by rail or barge, creating real complexes or logistics networks which integrate ports, inland intermodal terminals or dry ports and logistics and distribution centres.

Dry ports are key elements of these new logistic complexes, acting as inland nodes for the concentration of goods, empty container depots and other added value logistic services. These inland hubs allow the concentration of the volumes needed for direct frequent intermodal connections with ports and other intermodal terminals. As a result, this intermodal network allows small ports to reach a larger hinterland and large ports to increase their throughput and benefit from economies of scale. However, in order to build this model, sound maritime–rail integration is necessary at physical (infrastructure), operational and information levels, ensuring dry ports are coordinated with sea ports and with all the different stakeholders that are involved in maritime–rail operations, such as maritime terminals, maritime agents, railway operators and railway undertakings. It is important to point out that coordination between all these stakeholders does not occur spontaneously. Collective actions, such as public governance by a port authority or the development of information and communication technology (ICT) systems for a sector or industry, can contribute to improving coordination (Van der Horst and De Langen 2008).

ICTs have played a significant role in transport development for a long time, and the evolution of these technologies (telephone, telex, public switched



telephone network, private networks, LAN, MAN, WAN, GAN networks, client/ server models, electronic data interchange (EDI), internet, etc.) comes together with the evolution of logistics and transport. (Bollo and Stumm 1998) ICTs are crucial for the development and management of intermodal transport systems due to the dynamics of these systems and the multiplicity of actors involved. they give support to the three typical decision levels: the strategic level planning involving the design of the intermodal transport system and considering time horizons of a few years requires approximate and aggregate data; the tactical level planning basically referring to the optimisation of the flow of goods and services through a given logistics network; the operational level management or short-range planning, involving transportation scheduling of all transporters on an hour-to-hour basis, subject to the changing market conditions as well as to unforeseen transportation requests and accidents. (Dotoli et al. 2010) this chapter's next focus is on information integration at operational level and aims to contribute to better maritime–rail integration by developing standard procedures and messages for the management of computerised information flows regarding dry port activity. This will boost efficiency in intermodal corridors connecting ports with their hinterland. First of all, a brief review is provided for the most relevant stakeholders involved in maritime–rail operations and the main operations and activities in dry ports are identified. Then, a detailed analysis is carried out on information flows for import and export operations managed through dry ports, identifying the main problems and shortfalls. This analysis and previous experience in standard messages for maritime container logistics are the basis for developing a standard message framework to computerise information flows related to dry port operations. Finally, the role that Pcs plays in order to simplify the implementation of the proposed standards is analysed, and the first results of a pilot test involving the Dry Port of Madrid and the Port of Valencia are presented.

## 4.2 Main stakeholders in maritime–rail integration

Maritime–rail operations involve a large number of stakeholders who interact at seaports and inland terminals. Process standardisation and the

advanced management of information flows will be key factors to better coordinate and enhance the efficiency of logistic chains. But before analysing these information flows, it is convenient to define the main stakeholders in maritime–rail integration that will appear later in the chapter:

- **Railway operator:** it is the company that organises and offers rail transport services. It may or may not coincide with the railway company providing the rail traction.
- **Railway undertaking or Railway Company:** it is the company that provides rail traction in a rail transport service. It has the necessary training, licences, certificates and authorisations to provide this rail traction service.
- **Maritime Agent:** it is the company that represents the shipping company at a port. Maritime agents manage everything needed by the shipping company at every call a ship makes at a port. In regular line traffic, the maritime agent also has a commercial function, looking for cargo and being responsible for container management in their local area.
- **Railway terminal:** Facilities to provide train services such as train reception and expedition, train composition and decomposition, train loading and discharge, etc. When talking about maritime–rail integration, there are railway terminals at seaports connected to inland railway terminals or dry ports. Some particular aspects of railway terminals at seaports are listed below:
  - They can share the yard (for container storage) with maritime terminals;
  - They can be operated by the same company running the maritime terminal;
  - Loading and discharge operations are sometimes performed by port stevedores.
- **Depositor (at dry port or railway terminal):** the company or individual that deposits the full or empty container in the railway terminal (by truck or by rail) until the container is transferred to the next transport

mode (the depositor is usually the railway operator or the maritime agent for empty containers).

- Customs: Public administration responsible for safeguarding the entry and departure of goods in a country and for collecting taxes as applicable. It authorises, supervises and controls the entry and departure of goods from customs bonded areas.
- Shipper/Freight Forwarder: shipper is the term normally used to describe the exporter or the company that requires a transport service. A freight forwarder is an expert in international transport that normally gives support to the shipper, arranges the shipment and prepares the required documentation (freight forwarders can sometimes act as carriers).
- Road Haulier: it is the company responsible for container road haulage services. If they do not use their own means (or lorries) they are known as road transport agencies.

### 4.3 Dry Port operations

The dry port concept is based on a seaport directly connected by rail (and/or other high capacity transport means such as a barge) with inland intermodal terminals where customers can leave/pick up their units (containers) directly at/ from a seaport (Roso et al. 2010). In theory, dry ports should function as an inland extension of a seaport terminal in such a way that it becomes a new alternative for the user to pick up or deliver their container, without any additional complexity. In this sense, coordination and integration between dry port operations and the seaport is a key issue for dry port success.

Dry ports are, therefore, much more than simply inland intermodal terminals and should include additional services to give support to maritime container logistics and act as real seaport terminal extensions. Customs services, inspection services, empty container depot services and other added value logistic services such as stuffing and stripping or warehousing can be also integrated in dry ports.

Nevertheless, dry port activity revolves around the intermodal rail terminal where container interchanges from train to road and vice versa are performed. The most common activities or operations are:

- Reception and delivery of containers by lorry (i.e. gate-in/gate-out operations)
- Operations for train reception and expedition and train composition and decomposition
- Train loading and discharge
- Container yard management (full and empty container deposit and storage)

But in order to better focus the analysis of information flows on maritime-rail operations and dry ports, it is also worth learning who the clients of a dry port are (i.e. to ascertain existing commercial relations). The main clients of dry ports are normally railway undertakings and railway operators. The former contract train operations at terminals and train loading and discharge services. The latter normally deposit the containers at the dry port and pay for container deposit, gatein/gate-out operations and other container handling services. Finally, when empty container depot services are provided, the clients who use this service are normally shipping companies or maritime agents.

## 4.4 Information flows in Dry Port operations

### 4.4.1 Main Problems

Nowadays information management has become essential for the development of almost any kind of activity. As we have seen before, this is even more important in dry ports due to the need for coordination with seaports and a wide range of different stakeholders. However, in most of the cases of maritime-rail operations, there is a lack of standardised procedures and a low level of implementation of new ict tools, resulting in the use of low quality

information and operative inefficiency. The main problems identified through interviews with maritime and inland intermodal terminals include:

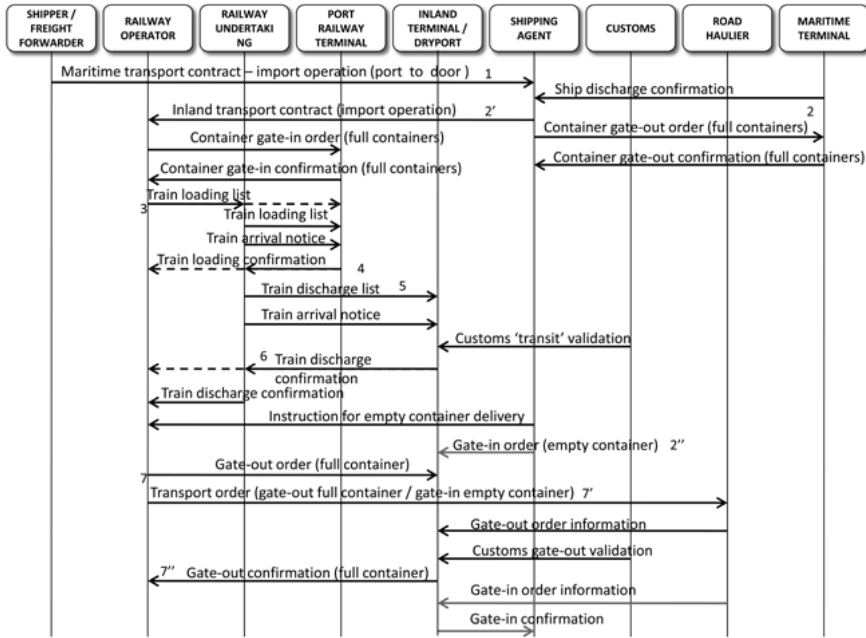
- Lack of standardised procedures in dry port relations with different stakeholders
- Intensive use of paper
- Lack of implementation of new data exchange systems (Acklam 2007) through secure and computerised communication channels (intensive use of fax, phone and email)
- Confusion over the roles of different stakeholders in the process
- Duplication of information and information inconsistencies (Törnquist and Gustafsson 2004)
- Accumulation of errors in the information
- Insufficient information exchange of container data and lack of anticipated information which causes inadequate planning for dry port operations (van der Horst and De langen 2008).

#### 4.4.2 Standard Information Flows for Import and Export Operations

The European Union is establishing the basis for the definition of standard systems giving overall support to intermodal rail freight transport (Acklam 2007). However, this is an ongoing process and the current real situation at many dry ports or intermodal terminals lacks the implementation of advanced information exchange systems with involved actors, as has been previously described. In the next few paragraphs a proposal defining standard information flows in port and dry port relations for import and export operations is defined.

The figure below represents the information flows in a multimodal import operation passing through a seaport and dry port or inland intermodal terminal (maritime–rail–road). Each column or vertical line represents one of the stakeholders while information flows are represented by horizontal arrows between them, defining the origin and destination of the information transmitted which is described briefly in a caption above the arrow.

Figure 4.1: Information flows in a maritime–rail–road import operation



Source: own elaboration

- *Information flow no. 1.* The shipper or freight forwarder asks a maritime agent for rail transport from the seaport indicating the dry port or intermodal railway terminal destination, the final destination of goods and the customs for clearance or transit procedures. This could be agreed previously by the shipping company contracting a door-to-door service directly and instructions being included in the bill of lading. In this case, information can be included in the Discharge manifest so that the maritime terminal can position the container properly in order to avoid additional movements.
- For merchant-haulage (land leg controlled by the freight forwarder) such a request is not necessary, but the maritime agent should also be informed about the rail transport to give the proper instructions to the maritime terminal.

- *Information flow no. 2.* The maritime agent asks the railway operator for rail transport and sends a gate-out order to the maritime terminal together with a gate-in order to the empty container depot where the empty container should be placed once emptied.
- For merchant-haulage, the freight forwarder asks the rail operator for rail transport directly. Notwithstanding, the maritime agent should be informed in order to be able to send proper gate-in and gate-out orders.
- On the other hand, the railway operator should send the gate-in Orders to the railway terminal in the seaport to receive the full container to be loaded on the train.
- Both the maritime terminal and the railway terminal at the seaport (they can coincide) should confirm gate-in and gate-out operations.
- *Information flow no. 3.* The railway operator sends the train loading list to the railway undertaking and the railway terminal at the seaport. This train loading list should be confirmed by the railway undertaking, which is responsible for the final loading list.
- *Information flow no. 4.* The railway terminal at the seaport loads the train and sends loading confirmation. This information is required by the railway undertaking, the railway operator, customs and the dry port or destination inland railway terminal.
- *Information flow no. 5.* Based on train load confirmation, the railway undertaking sends the destination dry port or railway terminal the discharge list including the containers to be unloaded, their position on the train (coach number and position), and the depositor of the container in the dry port (the depositor is usually the railway or intermodal operator who will give the instructions to the dry port regarding container delivery once unloaded from the train).
- *Information flow no. 6.* Once the train is received in the dry port and unloaded, the dry port (inland railway terminal) sends the unload confirmation to the railway undertaking informing them about possible incidents or damages. The railway operator also receives this information.

- *Information flow no. 7.* The railway operator (or the container depositor in the dry port) sends a gate-out order to the dry port to authorise container delivery to the road haulier for the last leg of the journey. The road haulier also receives instructions to pick up the container in the dry port, deliver the goods to their final destination and return the empty container to the empty container depot established by the maritime agent in stage 2.

The same analysis has been performed for a multimodal road–rail–maritime export operation where export goods pass through a dry port before reaching the seaport. The figure below represents the associated information flows.

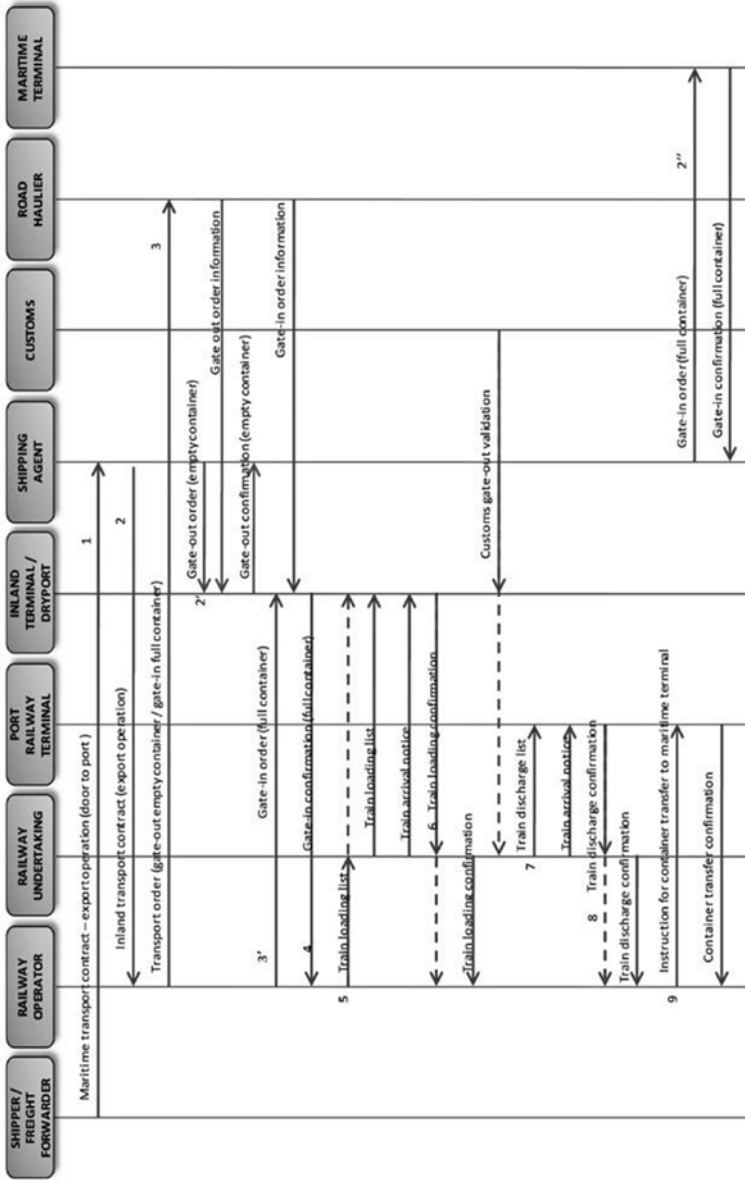
Focusing on information flows to and from the dry port, two main blocks can be identified: One related to train loading and discharge operations and the other to road transport gate-out/gate-in operations. Dry port integration in the supply chain will improve as a result of standardising and computerising these information flows. This will reduce errors, improve the quality of information and increase the efficiency of dry port operations and door-to-door intermodal services.

One important step in this direction is the establishment of standard messages giving support to these train loading/discharge lists and gate-in/gate-out operations. In order to do this, it is necessary to pay attention to standard international messages already in use, such as those established by UN/CEFACT which have been adopted and implemented by the SMDG group to give support to the maritime container logistics chain (SMDG 2002). SMDG is an association involving companies and other entities involved in the maritime industry (such as container terminals, shipping companies or port authorities) created (among other objectives) to develop and promote a standard framework of messages to be used on



4. Port community systems in maritime and rail transport integration:  
the case of Valencia, Spain

Figure 4.2: Information flows in a road-rail-maritime export operation



Source: own elaboration

**Table 4.1:** SMDG standard messages for maritime container logistics and shipping planning

| <i>Message</i> | <i>Description</i>  |
|----------------|---|
| COARRI         | Container discharge / loading confirmation                      |
| CODECO         | Container delivery confirmation (gate-in/gate-out confirmation) |
| COEDOR         | Container stock report  |
| COHAOR         | Container handling order  |
| COPARN         | Container pre-announcement and release notice                   |
| COPINO         | Container pick-up notice  |
| COPRAR         | Container discharge / loading order                             |
| COREOR         | Container release order   |
| COSTCO         | Container stuffing / stripping confirmation                     |
| COSTOR         | Container stuffing / stripping order                            |
| DESTIM         | Container damage and repair estimation                          |
| BAPLIE         | Bay plan  |
| MOVINS         | Stowage instructions  |

*Source: own elaboration*

maritime container logistics chains. This standard framework is a benchmark for the implementation of this kind of solution in ports and maritime terminals and could also be used as a reference when looking for similar applications in dry ports.

Using SMDG messages for maritime container logistics as a basis, we now present the message proposal for import and export operations at dry ports, standardising:

- Train loading and discharge orders and their confirmation
- Gate-in/gate-out orders and their confirmation

In order to implement and test the solution proposed it was necessary to readjust the messages (COPRAR and COARRI) to the specific needs of rail transport. These new versions of the messages for rail or dry port purposes are not included in this chapter.

Besides loading, discharge lists and confirmation, it would also be possible to implement other additional messages which are being used in ship operations to inform about ship bay plans and stowage instructions (BAPLIE – Bayplan, MOVINS – stowage instructions), in case of similar information needs for train plans and train stowage instructions (currently, SMDG standard messages already include a BAPLIE for rail). This option has not been considered in the proposal due to the fact that the COPRAR and COARRI messages proposed can include information about train composition and the positioning of the containers in train coaches.

The message interchange proposal for import and export operations is presented below specifying the steps to be followed and the SMDG standard messages to be used.

#### 4.4.3 Dry Port Message Interchange Proposal for Import Operations

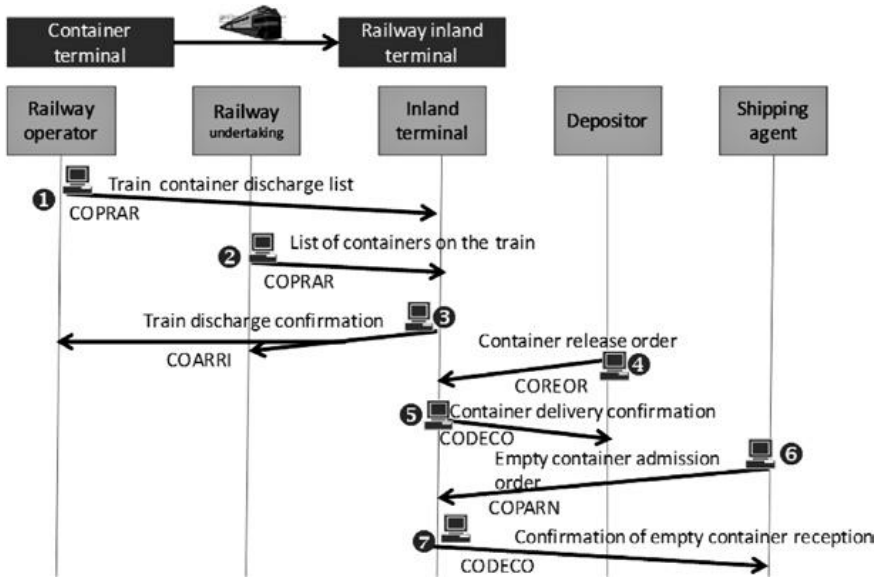
1. The railway operator will send the dry port a COPRAR message containing the proposed train container discharge list. This message will include information about who is the depositor of each of the containers to be discharged and handled as well as an admission order for the container in the dry port.
2. The railway undertaking will send the dry port a COPRAR message containing the final train container discharge list (container discharge order) with information about container location in train coaches.
3. Once the train is discharged, the dry port will send both the rail operator and the rail undertaking a COARRI message confirming train container discharge and reporting differences or incidents.

4. The depositor (which is normally the railway operator) will send the dry port a COREOR message with the release order of the full import container in order to deliver the container to the road haulier performing the last transport leg.
5. Once the full container is delivered, the dry port will send the depositor a CODECO message to confirm container delivery or gate-out.
6. If necessary, the maritime agent will send a COPARN message to the dry port in order to receive and store the empty container (after being emptied in importer facilities).
7. ONCE the empty container is received, the dry port will send the maritime agent a CODECO message with confirmation of the empty container reception.

#### 4.4.4 Dry Port Message Interchange Proposal for Export Operations

1. If necessary, the maritime agent will send a COPARN message to the dry port in order to deliver an empty container to a road haulier.
2. Once the empty container is delivered, the dry port will send the maritime agent a CODECO message with confirmation of the empty container delivery.
3. The railway operator will send a COPARN message to the dry port with the admission order of full containers in the dry port (this should include information in advance about the train these full containers will be loaded on).
4. The dry port will send a CODECO message to the railway operator confirming reception of each full container in the dry port.
5. The railway operator will send the dry port and the railway undertaking a COPRAR message containing the proposed train container loading list.
6. The railway undertaking will send a COPRAR message to the dry port with
7. The final train container loading list and loading instructions.

Figure 4.3: Standard messages proposal for import operations at dry ports



Source: own elaboration

- Once the train is loaded, the dry port will send the railway undertaking and the railway operator a COARRI message confirming train container loading and reporting any differences or incidents if necessary.

## 4.5 The role of Port Community Systems in Maritime–Rail Integration

Port community systems (Pcs) are technological platforms that integrate different stakeholders in port operations and maritime transport by giving support and managing information exchanges associated with the main port operations and administrative procedures. Pcs originated from the use of ICT tools for the development of single Windows to simplify transport and trade procedures by establishing a single entrance point for standardised information and documents which are requested and required by different institutional bodies (Port Authority, Master's Office, Customs, etc.).

The scope of PCS differs a great deal from one port to another. normally, they support the establishment of single Windows for loading, Discharge summary Declarations, dangerous goods and port formalities (such as ship call requests and ship port clearances) but they can extend their scope both to the maritime and overland segments of the logistic chain by standardising, computerising and managing information exchanges between stakeholders for other operations along the container logistics chain (Furio and Llop 2008). Pcs therefore play an important role as an intermediate platform that simplifies information flows and allows users direct access to and integration with a wide range of transport operators and public bodies for information exchanges related to transport and trade, avoiding the need to develop customised integration projects for each particular company or public entity.

This conception of Pcs, which goes beyond port operations to cover a wider view of the supply or logistics chain, should play a key role in maritime–rail integration by serving also rail operations and simplifying the adoption of the previously defined standards. This will contribute to the integration and coordination of all the different stakeholders involved in maritime–rail operations and services connecting seaports to their hinterland. in order to do so, dry ports, railway operators and railway undertakings should be integrated in the Pcs and new Pcs services should be developed to satisfy their needs.

One example of a Pcs that goes beyond port operations is the Pcs at the Port of Valencia ([valenciaportpcs.net](http://valenciaportpcs.net)), which has been used for a pilot test of the previously proposed standards for information exchanges involved in dry port operations.

[Valenciaportpcs.net](http://Valenciaportpcs.net) is a web platform resulting from the evolution of the Pcs of the Port of Valencia and other EDI software applications for information exchanges between port community stakeholders. This platform has integrated more and more processes and operations, both from the maritime and overland segments, covering a longer stretch of the logistics chain and facilitating relations, communication and coordination between the different stakeholders involved. The final objective is to enhance the efficiency of the supply chain ([valenciaportpcs.net](http://valenciaportpcs.net) 2010).

Currently more than 400 companies use the technological platform of the Port of Valencia on a daily basis, generating a yearly flow of around 25 million messages.

Some of the services provided by this technological platform include:

- Sea side: management of documentation proceedings for booking contracts and shipping instructions prior to the bill of lading
- Port: management of proceedings for ship calls, dangerous goods and loading and discharge summary declarations
- Land side: management of lorry transport orders, gate-in/gate-out confirmation
- General track-and-trace information throughout the chain
- In order to test the framework of messages defined for rail transport and dry ports, additional land services have been developed, but are still to be commercialised by the platform.

## 4.6 Pilot test in Madrid Dry Port

Madrid dry port was the first dry port project in Spain. It aimed to create adequate infrastructure and operational procedures for the development of efficient intermodal rail transport services connecting main Spanish container ports with Madrid and to therefore reinforce the competitive position of Spanish ports. This project also contributed to the consolidation of Madrid as a top-level logistic node. today around 60,000 TEU pass through Madrid dry port every year, most of which come from or are bound for the Port of Valencia, which accounts for around 80 per cent of Madrid dry port traffic. Some interesting characteristics of Madrid dry port are the participation scheme (integrating four different port authorities and the regional government), the railway terminal infrastructure and equipment, the development of a maritime customs enclosure in the dry port, or the development of an empty container depot. Nevertheless, there are still many things that can be done in order to improve efficiency and maritime-

rail integration, such as the implementation of new and updated ICT tools and solutions.

Two pilot tests have been carried out in Madrid dry port with the support of the valenciaportpcs.net platform land-side services. In the first instance, the dry port implemented standard and computerised information exchange procedures for gate-in and gate-out orders. The second pilot involved standard and computerised information exchange procedures for train loading and discharge orders. The dry port, the maritime terminal, a railway operator and several road hauliers have participated in these pilot tests.

Different studies confirm that integrating ICT into intermodal transport systems reduces information inconsistencies, increases possibilities for effective planning (Törnquist and Gustafsson 2004) and leads to a more efficient management, in terms of system resources utilisation and overall cost index (Dotoli et al. 2010)

The pilot results at Madrid dry port confirm the benefits of implementing these kinds of solutions to improve the efficiency and control of maritime-rail operations.

With the implementation of computerised gate-in / gate-out procedures, the dry port achieved benefits such as:

- Reduced time for gate-in and gate-out operations, as the new smooth procedure is based on advanced information and computerised lorry identification by barcode readings or lorry plate readings and identification. This has reduced the time for gate controls (to less than one minute) and the total time lorries spend in the dry port (18 minutes for two operations what means more than a 20 per cent time reduction)
- Improved efficiency due to better resource planning for the reception and delivery of containers (improved efficiency is aligned with time reduction)

Concerning the implementation of automated train discharge and loading procedures, the dry port achieved benefits such as:



- Reduced train discharge and loading time and increased railway terminal capacity through the reduction of loading rail line occupation due to a better planning of train loading and discharge operations. this was possible because of the availability in advance of accurate information by implementing computerised information exchange procedures between the stakeholders involved (train loading and discharge time reductions from 10 per cent)
- Reduced administrative work at the dry port by avoiding the need to have people typing the loading and discharge lists into the terminal management system manually (administrative staff could be reduced)
- Improved dry port services sending accurate information regarding terminal operations and container location to its users

## 4.7 Conclusions

Maritime–Rail Integration is vital to progress in European transport policy towards a more sustainable and co-modal transport model and also in the maritime industry, where shipping companies, container terminals and port authorities are paying increasing attention to door-to-door corridors and port–hinterland connections. Besides the need for infrastructure integrating rail and maritime operations, information technologies can play an important role in maritime–rail integration by managing information flows between the different stakeholders efficiently and effectively. An analysis of the current situation shows a large number of shortfalls in information flow management for maritime–rail operations at seaports and dry ports, where there is a lack of standards and where the technologies used are obsolete.

A detailed analysis of the processes and associated information flows in maritime–rail import and export operations made it possible to define a standard framework for compiling and organising the main information exchanges between different stakeholders. This standard framework has been defined and presented along with a selection of standard message formats already being used in the maritime industry and which can give

support to the identified information flows. Once this standard framework was defined, we looked into how Port Community systems could integrate maritime–rail operations into their services, simplifying and fostering the adoption of these standards.

The pilot tests performed in Madrid Dry Port with the support of the Port Community System of the Port of Valencia conclude that significant benefits can be gained by implementing the general framework proposed. These benefits include service quality improvement and cost reductions (operation and administrative costs) in maritime–rail operations in dry ports and seaport terminals. Pilot results also confirm the important role that Port Community Systems can play by integrating maritime–rail operations in their technological platforms.

## 4.8 References

- ACKLAM, J. (2007): *Information Interchange in Rail Freight: Improving Customer Service by Innovative use of the Telematic Applications for Freight Regulation. community of european railways and infrastructure* [online] available at: [http://www.cer.be/media/070507\\_tAF\\_tsi.pdf](http://www.cer.be/media/070507_tAF_tsi.pdf) (accessed 5-08-2010)
- BOLLO, D., y M. STUMM (1998): «Possible changes in logistic chain relationships Due to internet Developments». *International Transactions in Operational Research*, n. 5(6), pp. 427-445
- DOTOLI, M., M. P. FANTI, A. M. MANGINI, G. STECCO y W. UKOVICH (2010): «The impact of ict on intermodal transportation systems: A modelling Approach by Petri nets», *Control Engineering Practice*, n. 18, pp. 893-903
- DREWRY SHIPPING CONSULTANTS LTD. (2009): *Annual Container Market Review and Forecast 2009/10*. London, Drewry Shipping Consultants Ltd.
- FURIÓ, S., y M. Llop (2008): «Las TIC y la simplificación de procesos aduaneros para una mayor eficiencia de la cadena de transporte: El caso del Puerto de Valencia» *Proceedings of the 3rd Transport International Congress*, Castellón, Universitat Jaume I, 16–18 April 2008
- NOTTEBOOM, T., y J. P. RODRIGUE (2005): «Port Regionalization: Towards a New Phase in Port Development», *Maritime Policy and Management*, n. 32, pp. 297-313

4. *Port community systems in maritime and rail transport integration:  
the case of Valencia, Spain*

- NOTTEBOOM, T., y J. P. RODRIGUE (2009): «The Future of Containerization: Perspectives from maritime and inland Freight Distribution», *GeoJournal*, n. 74, pp. 7-22
- ROSO, V., J. WOXENIUS y K. LUMSDEN (2008): «The Dry Port Concept: Connecting container seaports with the Hinterland», *Journal of Transport Geography* (in press, corrected proof)
- ROSO, V., y K. LUMSDEN (2010): «A review of Dry Ports», *Maritime Economics and Logistics*, n. 12(2), pp. 196-213
- SMDG (2002). *Guidelines to Container Messages: SMDG User Group for Shipping Lines and Container Terminals* [online] available at: <http://www.smdg.org/> (accessed 5-08-2010)
- TÖRNQUIST, J., e I. GUSTAFSSON (2004): «Perceived Benefits of Improved Information exchange: A case study on rail and intermodal transports. Economic impacts of intelligent transportation systems: innovation and case studies», *Research in Transportation Economics*, n. 8, pp. 415-440
- VALENCIAPORTPCS.NET (2010): *Valenciaportpcs.net Port Community System* [online] available at: <http://www.valenciaportpcs.net/web/valenciaPortPcsnet/d0/d0714577-ca5d-4c8e-a560-1923ed52d2b4.pdf> (accessed 5-08-2010)
- VAN DER HORST, M., y W. DE LANGEN (2008): «Coordination in Hinterland transport Chains: A Major Challenge for the Seaport Community» *Maritime Economics and Logistics*, n. 10, pp. 108-129



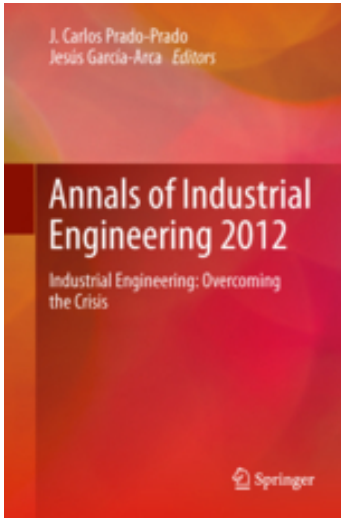
# 5

## MILP Model for Designing the Intermodal Inland Terminals and Seaports Network: A Case Study

---

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Autores</b>              | Julien Maheut<br>Salvador Furió,<br>Carlos Andrés   |
| <b>Publicación</b>          | Annals of Industrial Engineering 2012<br>Industrial Engineering: Overcoming the Crisis  |
| <b>Editor</b>               | Springer  |
| <b>Conferencia</b>          | Proceedings of the 6th International Conference on<br>Industrial Engineering and Industrial Management and the<br>XVI Congreso de Ingeniería de Organización (CIO 2012) |
| <b>ISSN/ISBN</b>            | ISBN 978-1-4471-5349-8  |
| <b>Fecha de publicación</b> | 2014  |
| <b>Paginas</b>              | 147-153   |
| <b>DOI</b>                  | 10.1007/978-1-4471-5349-8   |

---



Portada de la revista

## Chapter 18 MILP Model for Designing the Intermodal Inland Terminals and Seaports Network: A Case Study

Julien Maheut, S. Furió and C. Andrés

### 18.1 Introduction

Globalization, increase in maritime container traffic and environmental concerns are some of the trends that make designing the logistics chains of containers transport a complex task. Nowadays, logistics platforms play an important role as key instruments for territorial balance and for the development of a more sustainable transport model by bundling volumes, rationalizing traffics and fostering intermodal transport.

For years, the container shipping business has focused on reducing maritime transport costs through economies of scale. This has led to a high level of concentration in the industry, the use of increasingly large container ships and the development of new hub-and-spoke systems where a few hub ports concentrate the cargo. The ever-increasing difference between high volumes concentration on the seaside and landside atomization has led to different kinds of problems such as terminals congestion and road congestion at seaport accesses.

In this context, shipping companies, terminal operators and port authorities now also focus on inland transport, port-hinterland connections and integral door-to-door services. Competition no longer lies between ports, but between complex logistics networks which integrate ports, inland intermodal terminals, as well as logistics and distribution centers.

---

J. Maheut (✉) · C. Andrés  
Reengineering Operations GroupWork Logistics Excellence (ROGLE), Universitat  
Politécnica de València, Camino de Vera S/N, 46022 Valencia, Spain  
e-mail: juma2@upv.es

C. Andrés  
e-mail: candres@omp.upv.es

S. Furió  
Fundación Valenciaport, Calle Del Turó 0 S/N, 46024 Valencia, Spain  
e-mail: SFurio@fundacion.valenciaport.com

J. C. Prado-Prado and J. García-Arca (eds.), *Annals of Industrial Engineering 2012*, 147  
DOI: 10.1007/978-1-4471-5349-8\_18, © Springer-Verlag London 2014

Extracto primera página del artículo

# MILP Model for Designing the Intermodal Inland Terminals and Seaports Network: A Case Study

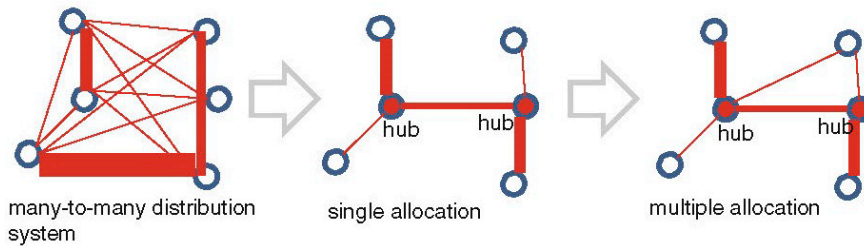
## 5.1 Introduction

Globalization, increase in maritime container traffic and environmental concerns are some of the trends that make designing the logistics chains of containers transport a complex task. Nowadays, logistics platforms play an important role as key instruments for territorial balance and for the development of a more sustainable transport model by bundling volumes, rationalizing traffics and fostering intermodal transport.

For years, the container shipping business has focused on reducing maritime transport costs through economies of scale. This has led to a high level of concentration in the industry, the use of increasingly large container ships and the development of new hub-and-spoke systems where a few hub ports concentrate the cargo. The ever-increasing difference between high volumes concentration on the seaside and landside atomization has led to different kinds of problems such as terminals congestion and road congestion at seaport accesses.

In this context, shipping companies, terminal operators and port authorities now also focus on inland transport, port-hinterland connections and integral door-to-door services. Competition no longer lies between ports, but between complex logistics networks which integrate ports, inland intermodal terminals, as well as logistics and distribution centers.

Figure 5.1: The hub location problem



Source: own elaboration

In Spain, many logistic nodal infrastructures have been road-oriented and planned from a regional or local point of view, which is not always aligned with the European and Spanish general transport policy where substantial efforts are being made to foster alternative and more efficient transport modes like rail.

The literature about hub location is extensive. An interesting review is proposed by Alumur and Kara (2008), Campbell (1994) and Gelareh and Nickel (2011). Nevertheless, to the best of our knowledge, an MILP model for designing intermodal terminals and seaports network which considers the non linear discount factor has not yet been proposed.

Section 5.2 introduces a brief problem description. Section 5.3 proposes the MILP model by considering non linear scale-reduced factors. Section 5.4 presents the results, and Sect. 5.5 proposes a conclusion.

## 5.2 Problem Definition

The network hub location problem has been vastly analyzed by presenting different formulations as well as heuristics proposals to solve it. Alumur and Kara (2008) provide a detailed review of the different approaches available in the literature. Single and multiple allocation problems, fixed costs of opening hub facilities, cost functions, discount factors and optimization methods have been studied. Hubs are facilities which bundle volumes and



concentrate flows in order to reduce transport costs through economies of scale. In the literature, a discount factor is considered, but it is a fixed parameter. Given the origin/destination matrix of traffic flows in a many-to-many distribution system, the hub location problem deals with the hub facilities location and the demand nodes allocation to hubs in order to route the traffic flows between origin and destination pairs so that total costs are minimized. In the single allocation problem, each demand node is assigned to a unique hub so that all the incoming and outgoing traffic of this node is routed through this hub, while each demand node can be assigned to more than one hub in multiple allocation problems (Fig. 5.1).

This case study analyzes the specific problem, which presents the following particularities:

- The flow origin/destination matrix has been developed at the province (NUTS-3) level. A total of 47 Spanish provinces has been considered as freight flows origin/destination (Islands have not been considered in the study).
- Only container seaport-hinterland traffic flows from and to the four main Spanish container seaports (Valencia, Algeciras, Barcelona and Bilbao) have been considered.
- The provinces of the four main Spanish container seaports are already considered to be hub nodes.
- Any transport between hub nodes is done by rail (all hubs are connected to each other by rail), while truck transport is used to connect the rest of the nodes with their respective hubs.
- Transport costs are estimated.
- Fixed costs for opening hub facilities are not considered.
- Each province (demand node) can be assigned to a maximum number of hubs (multiple allocations).
- The objective of the model is to determine an additional hubs location, a hubs allocation, in order to minimize total costs.

### 5.3 MILP Model Formulation

The model described below is a mixed integer mathematical programming model. Because of the length constraint, all the constraints are not introduced. The omitted constraints are present in Ernst and Krishnamoorthy (1998).

Table 5.1 contains the notations for the sets and indices used for the formulation.

Table 5.2 contains the parameter notations.

Table 5.3 contains the variable notations.

The model can be formulated as shown below:

Minimise[ $\mathcal{Z}$ ]

$$\mathcal{Z} = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_{ij} \cdot \sum_{p \in P} (Y_{pij} + Y_{jip}) + \sum_{p \in P} \sum_{i \in N} \alpha_{pi} \cdot C_{pi} \cdot (V_{pi} + V_{ip}) \quad (5.1)$$

Table 5.1 Sets and indices

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| $N$             | Province set                  |
| $P$             | Seaport set ( $\subseteq N$ ) |
| $\Pi$           | Discount factor set           |
| $p \in P$       | Seaport index                 |
| $i, j, k \in N$ | Province index                |
| $r \in \Pi$     | Discount factor index         |

Table 5.2: Parameter notations

|          |  |
|----------|--|
| $C_{ij}$ | Cost of transporting one container unit by truck from province $i$ to province $j$     |
| $I_{pj}$ | Importation of total flow, whose origin is seaport $p$ and destination is province $j$ |

|  |  |
|--|--|
| $E_{jp}$   | Exportation of total flow, whose origin is province $j$ and destination is seaport $p$ |
| $H^{max}$  | Maximum number of hubs desired   |
| $K_j$  | Maximum allocation number for province $j$   |
| $O_p^P = \sum_{j \in N} I_{pj}$                                    | Amount of containers whose origin is seaport $p$                                       |
| $O_j^J = \sum_{p \in P} E_{jp}$                                    | Amount of containers whose origin is province $j$                                      |
| $D_p^P = \sum_{j \in N} E_{jp}$                                    | Amount of containers whose destination is seaport $p$                                  |
| $D_j^J = \sum_{p \in P} I_{pj}$                                    | Amount of containers whose destination is province $j$                                 |
| $A_r \in [0,1]$  | Discount factor for reduction $r$  |
| $\bar{M} \geq 1 + \sum_{p \in P} \sum_{j \in N} (I_{pj} + E_{jp})$ | A sufficiently positive large number   |
| $\Delta_r^{I+} / \Delta_r^{I-}$                                    | Maximum/Minimum flow of importation containers that consider reduction $r$             |
| $\Delta_r^{E+} / \Delta_r^{E-}$                                    | Maximum/Minimum flow of exportation containers that consider reduction $r$             |

Table 5.3: Variable notation

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| $Z_{ij}$                           | 1 if province $j$ is allocated to province $i$ (0 otherwise)  |
| $Y_{kij}$                          | Fraction of the container flow from province $k$ to province $j$ which is routed via the hubs in province $i$ |
| $V_{ij}$                           | Fraction of the container flow from province $i$ to province $j$  |
| $\Phi_{rij}$                       | 1 if reduction $r$ is applied between seaport $p$ and province $i$ (0 otherwise)                              |
| $\alpha_{pi} = f(V_{pi} + V_{ip})$ | Discount factor applied between seaport $p$ and province $i$ . It is volume-dependent                         |

$$\mathcal{Z} = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_{ij} \cdot \sum_{p \in P} (Y_{pij} + Y_{jip}) \quad (5.2)$$

$$+ \sum_{p \in P} \sum_{i \in N} C_{pi} \sum_{r \in \Pi} A_{rpi} \cdot \Phi_{rpi} \cdot (\Delta_r^{E+} + \Delta_r^{I+})/2$$

Subject to:

$$\sum_{r \in \Pi} \Phi_{rpi} \leq 1 \quad \forall p \in P, i \in N \quad (5.3)$$

$$\sum_{r \in \Pi} \Phi_{rpi} \geq Z_{ii} \quad \forall p \in P, i \in N \quad (5.4)$$

$$V_{pi} + \bar{M} \cdot \Phi_{rpi} \leq \bar{M} + \Delta_r^{I+} \quad \forall r \in \Pi, p \in P, i \in N \quad (5.5)$$

$$V_{pi} - \bar{M} \cdot \Phi_{rpi} \geq -\bar{M} + \Delta_r^{I-} \quad \forall r \in \Pi, p \in P, i \in N \quad (5.6)$$

$$V_{pi} + \bar{M} \cdot \Phi_{rpi} \leq \bar{M} + \Delta_r^{E+} \quad \forall r \in \Pi, p \in P, i \in N \quad (5.7)$$

$$V_{pi} - \bar{M} \cdot \Phi_{rpi} \geq -\bar{M} + \Delta_r^{E-} \quad \forall r \in \Pi, p \in P, i \in N \quad (5.8)$$

$$\Phi_{rpi} \in \{0,1\} \quad \forall r \in \Pi, p \in P, i \in N \quad (5.9)$$

Objective (5.1) consists in minimizing total transport cost, which include the sum of transport costs by road and transport costs by railway between each province and seaport. The discount factor is flow volume-dependent (it depends on the traffic between provinces), so it is variable and Objective (5.1) is non linear.

As Objective (5.1) is non linear, an alternative linear form is proposed in (5.2). This objective function has been linearized using the Special Set Orders 1 variables. In this case, transport costs are penalized in accordance with the superior limit of the flow range values.

Equation (5.3) forced the model to consider just one discount factor, which is active between seaport  $p$  and province  $i$ .

Equation (5.4) implies considering one discount factor between seaport  $p$  and province  $i$  if  $i$  is a hub.

Constraints (5.5)–(5.8) force the container flow value between seaport  $p$  and province  $i$  to be inferior and superior to the limits for flow value when a discount factor  $r$  is active.

Equation (5.9) defines the domains of the considered variables.

## 5.4 Results

### 5.4.1 Considered Scenarios

Different scenarios have been developed for the analysis when considering different:







- Discount factors for railway transport
- Intra-province road transport cost estimation at hubs
- Maximum number of hubs
- Maximum number of allocations.

### 5.4.2 Experimental Results

The following figure presents some results obtained when solving the problem for the different scenarios. As observed, the total transport cost of the optimal solution, the selected inland hub nodes for this solution, a visual illustration of the transport flows between nodes, nodes allocation to hubs, are used to evaluate the solution (Fig. 5.2).

The results analysis allows us to identify key inland hub nodes, such as Alicante, Madrid and Zaragoza, in almost all the scenarios for the optimal solution. It can be observed that when intra-province road transport costs increase, hub nodes like Madrid or Zaragoza shift to alternative locations in the surrounding provinces or nodes, such as Guadalajara or Huesca, respectively (for example, see Scenarios 13, 14 and 15). This is due to the fact

Figure 5.2: Optimal solution for the different scenarios

|                             | scenario nº 13  | scenario nº 14  | scenario nº15  |
|-----------------------------|---|---|--|
| <i>total transport cost</i> | 436.897.683,00  | 382288172,60  | 432.951.562,60   |
| <i>Selected inland hubs</i> | N3 (Alicante)   | N19 (Guadalajara)   | N3 (Alicante)  |
|                             | N19 (Guadalajara)   | N22 (Huesca)  | N14 (Córdoba)  |
|                             | N22 (Huesca)  | N24 (León)  | N19 (Guadalajara)  |
|                             | N24 (León)  | N30 (Murcia)  | N22 (Huesca)   |
| <i>Flows hub-nodes</i>      |  |  |  |
| <i>Flows hub-hub</i>        |  |  |  |

Source: own elaboration

that an increase in intra-province road transport costs can make this even bigger than an alternative road transport from/to a neighboring province. This effect can be compared to the effect of including additional costs relating to the establishment of hubs in places like Madrid due to high land and real-estate prices.

Other additional hubs which appear as part of the solution in some of the scenarios are Seville and Castellón, and León but to a lesser extent. The Castellón hub appears in the optimal solution in the scenarios where savings through railway transport are significant. This is because of its intense traffic with the Port of Valencia hub, but Castellón does not really act as a hub and no other nodes are allocated to the Castellón hub.

Finally, and as expected, we observe that better results are obtained with the multiple allocation problem (that is, total transport costs are reduced).

Nonetheless, there are no significant changes in the identification or selection of the inland hubs between the single allocation and the multiple allocation (double allocation in this case) scenarios.

## 5.5 Conclusion

As a general conclusion of this research work, a new MILP model formulation is proposed in this paper that considers different discount factors which are volumedependent. Moreover, it can be stated that the application of this MILP model to different scenarios and the analysis of the results can prove most useful for policy makers and for logistic and transport operators to design and plan an efficient intermodal network that connects ports with its hinterland. As observed, this kind of analysis with a scientific approach provides interesting inputs to make strategic decisions at the infrastructure planning level, which are also very sensible from the territorial, social and political points of view.

Further research has been identified throughout this work, as follows: (1) designing specific heuristics for the problem considered herein; (2) solving the problem in a distributed manner; and (3) incorporating variants such as uncertainty (it may be stochastic or uses fuzzy methods) is another future research line.

**Acknowledgments** The work described in this paper has been partially supported by the Spanish Ministry of Science and Innovation within the Program "Proyectos de Investigación Fundamental No Orientada through the project "CORSARI MAGIC DPI2010-18243" and through the project " Programacion de produccion en cadenas de suministro sincronizada multietapa con ensamblajes/deseensamblajes con renovacion constante de productos en un contexto de inovacion "DPI2011-27633". Julien Maheut holds a VALi+d grant funded by the Generalitat Valenciana (Regional Valencian Government, Spain) (Ref. ACIF/2010/222).

## 5.6 References

- ALUMUR, S, y B. Y. KARA (2008): «Network hub location problems: the state of the art», *Eur J Oper Res* 190, pp. 1–21
- CAMPBELL, J. F. (1994): «Integer programming formulations of discrete hub location problems», *Eur J Oper Res* 72, pp. 387–405
- ERNST, A. T., y M. KRISHNAMOORTHY (1998): «Exact and heuristic algorithms for the uncapacitated multiple allocation p-hub median problem» *Eur J Oper Res* 104, pp. 100-112
- GELAREH, S., y S. NICKEL (2011): «Hub location problems in transportation networks», *Transp Res Part E: Logistics Transp Rev*



## 6

# La logística del contenedor vacío y el papel de los depósitos de contenedores: capacidad y localización

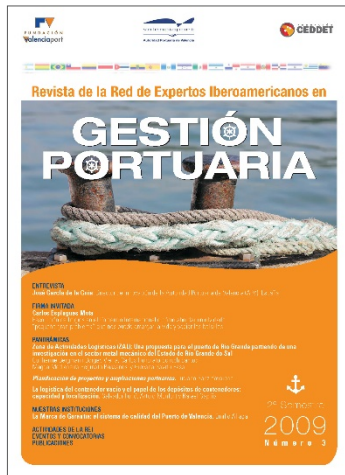
---

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Autores</b>                | Salvador FURIÓ<br>Arturo MONFORT<br>Rafael SAPIÑA   |
| <b>Publicación 1</b>          | Comunicaciones a la Jornada de Infraestructuras de Transporte en el Arco Mediterráneo               |
| <b>Editor 1</b>               | Universidad Politécnica de Valencia (UPV, D.L. 2006)  |
| <b>ISSN/ISBN 1</b>            | ISBN 84-611-3751-5  |
| <b>Publicación 2</b>          | Revista de la Red de Expertos Iberoamericanos en Gestión Portuaria, Número 3, Segundo Semestre 2009 |
| <b>Editor 2</b>               | CEDDET (REI en Gestión Portuaria)   |
| <b>ISSN/ISBN 2</b>            | ISSN 1989-6611  |
| <b>Fecha de publicación 1</b> | 2006  |
| <b>Fecha de publicación 2</b> | Julio 2009  |

---



Portada de la publicación 1



Portada de la revista (publicación 2)

REI en Gestión Portuaria 21

## Panorámicas



**SALVADOR FURIÓ**  
Director de Logística e Intermodalidad, Fundación Valenciaport



**ARTURO MONFORT**  
Director de I+D+i, Fundación Valenciaport



**RAFAEL SAPIÑA**  
Director de Navieras y Operadores, Fundación Valenciaport

### La logística del contenedor vacío y el papel de los depósitos de contenedores: capacidad y localización

**RESUMEN**

El contenedor marítimo es un equipo de transporte que aparece en los años 50 y que ha experimentado un desarrollo espectacular revolucionando el comercio internacional. En los últimos 15 años el tráfico portuario de contenedores ha crecido a ritmos superiores al 10%, hasta alcanzar los 360 millones de TEUs<sup>1</sup> a nivel mundial en 2004. Para atender este tráfico se cuenta con una flota de buques portacontenedores con capacidad para unos 9,17 millones de TEUs y con una flota de contenedores marítimos de cerca de 18 millones de TEUs en manos de compañías navieras y de leasing.

La logística del contenedor tiene que ver con la gestión eficiente de este parque de contenedores minimizando los costes de transporte y maximizando la utilización del equipo. La logística del contenedor vacío se

<sup>1</sup> TEU (Twenty Equivalent Unit): medida de referencia equivalente a un contenedor marítimo de veinte pies



FUNDACIÓN  
Valenciaport



Valenciaport  
Autoridad Portuaria de Valencia



CEBDET

Primera página del artículo (publicación 2)

# La logística del contenedor vacío y el papel de los depósitos de contenedores: capacidad y localización

## 6.1 Resumen

El contenedor marítimo es un equipo de transporte que aparece en los años 50 y que ha experimentado un desarrollo espectacular revolucionando el comercio internacional. En los últimos 15 años el tráfico portuario de contenedores ha crecido a ritmos superiores al 10%, hasta alcanzar los 360 millones TEU<sup>3</sup> a nivel mundial en 2004. Para atender este tráfico se cuenta con una flota de buques portacontenedores con capacidad para unos 9,17 millones TEU y con una flota de contenedores marítimos de cerca de 18 millones TEU en manos de compañías navieras y de leasing.

La **logística del contenedor** tiene que ver con la gestión eficiente de este parque de contenedores minimizando los costes de transporte y maximizando la utilización del equipo. La **logística del contenedor vacío** se ocupa de los movimientos y distribución de los contenedores vacíos, y los **depósitos de contenedores** juegan un papel decisivo en este proceso que empieza cuando un contenedor es vaciado en las instalaciones del receptor y finaliza en el punto donde el contenedor es posicionado para volver a cargarse.

---

<sup>3</sup> TEU (Twenty Equivalent Unit): medida de referencia equivalente a un contenedor marítimo de veinte pies

En el trabajo que se expone a continuación tras una breve introducción al contenedor (tipologías, configuración de la flota, etc.) se analiza la logística del contenedor vacío atendiendo a los diferentes desplazamientos, movimientos y operaciones que tienen lugar, y presentando diferentes alternativas para su racionalización. Posteriormente se profundiza en el papel de los depósitos de contenedores vacíos presentando una forma rápida para estimar las necesidades de espacio y localización de este tipo de infraestructuras, que es aplicada al caso del puerto de Valencia.

## 6.2 El contenedor

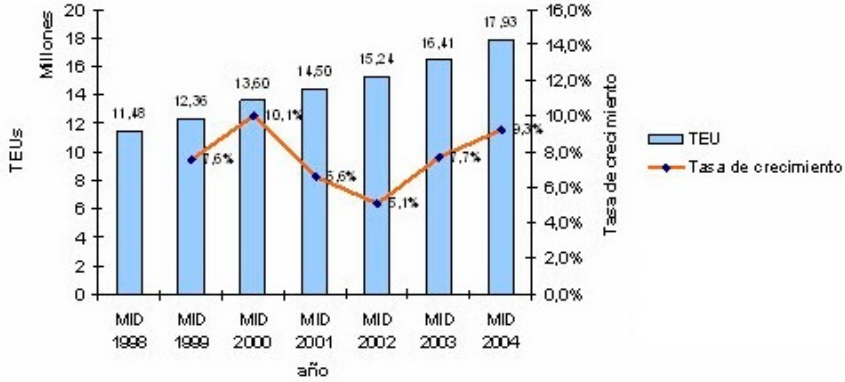
El inicio de la historia de la contenedorización se atribuye a Malcom McLean, un camionero de Carolina del Norte propietario de una pequeña empresa de transportes que se introdujo en el negocio marítimo en 1955 con una nueva idea de unitización de la carga (el contenedor) y la compra de dos compañías "Pan Atlantic Steamship Company" y "Waterman Steamship Company".

De acuerdo con la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) un contenedor es un:

- equipo de transporte suficientemente resistente para ser reutilizado
- especialmente diseñado para facilitar el transporte de mercancías por uno o más medios de transporte sin manipulación (carga / descarga) de la mercancía
- provisto de dispositivos que permitan su manejo, particularmente el de traslado de un medio de transporte a otro
- diseñado de manera que facilita su carga y descarga
- su volumen interno debe ser de al menos 1m<sup>2</sup>

En el transporte marítimo los más utilizados son contenedores de 20 y 40 pies (6.096 y 12.192 mm), el ancho es siempre de 8 pies (2.438 mm), y las alturas estándar son de 8' 6" (2.621 mm) o 9' 6" (high cube) (2.926 mm). Durante muchos años el estándar ISO ha estado sometido a presiones y muchas navieras se han visto obligadas a utilizar contenedores de mayores

Gráfico 6.1: Evolución de la flota mundial de contenedores marítimos



Fuente: Elaboración propia con datos de Drewry Container Market Review

dimensiones. De esta forma muchas navieras han implantado el uso de contenedores 'Jumbo' de 45 pies de longitud que están operando principalmente en Estados Unidos.

Además de las dimensiones existen diferentes tipos de contenedores en función de características de diseño pensadas para diferentes usos o tipos de mercancía: Contenedor estándar o de carga general (general purpose container); Contenedor Hard top o de techo duro desmontable; Contenedor Open top con techo de lona desmontable; Plataformas o unidades totalmente abiertas (Flat bed y Flat Racks); Contenedor ventilado; Contenedor isoterma; Contenedor frigorífico; Contenedor de carga a granel (bulk container); Contenedor cisterna (tank container).

La evolución de flota mundial de contenedores marítimos ha sido positiva desde sus inicios con tasas de crecimiento entre el 5 y el 10%, llegando a una flota actual de casi 18 millones TEU de los cuales el 88% corresponden a contenedores estándar de carga seca, el 6,3% frigoríficos o isoterma, el 4,1% especiales de carga seca y un 0,9% contenedores cisterna. En lo que respecta al tamaño, los contenedores de 20 pies representan el 31,4% del total de TEU de la flota de contenedores marítimos y los contenedores de

Tabla 6.1: Flota mundial de contenedores marítimos por tipo y longitud (2004)

| Longitud | Estándar<br>carga seca | Especial<br>carga seca | frigorífico o<br>isotermo | Cisterna | Total      |
|----------|------------------------|------------------------|---------------------------|----------|------------|
| 20ft     | 5.070.051              | 321.944                | 169.190                   | 157.757  | 5.718.942  |
| 40ft     | 10.490.592             | 378.954                | 955.282                   | 946      | 11.825.774 |
| 45ft     | 319.302                | 22.248                 | 630                       |          | 342.180    |
| Otros    | 8.721                  | 18.825                 | 9.991                     | 5.808    | 43.345     |
| Total    | 15.888.666             | 741.971                | 1.135.093                 | 164.511  | 17.930.241 |

Fuente: Elaboración propia con datos de Drewry Container Market Review

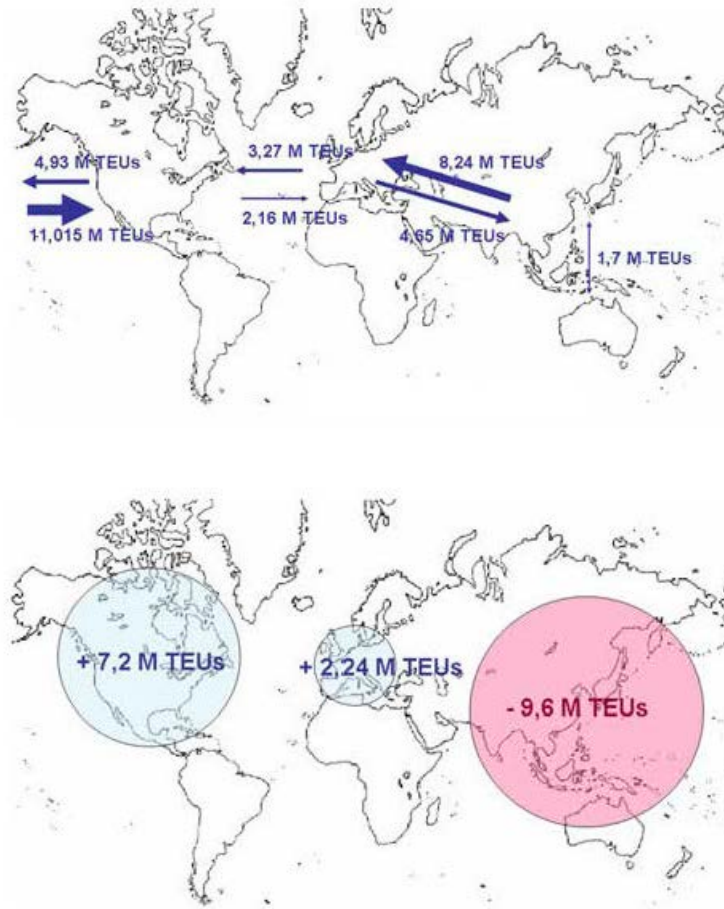
40 pies el 66% del total de TEU (el 31,9% de 8'6" de altura y el resto 34,1% high cube o de 9'6" de altura). Los contenedores más habituales son los de 40 pies estándares de carga seca con casi 10,5 millones TEU, seguidos de los contenedores de 20 pies estándares de carga seca con unos 5 millones TEU. Por otra parte la propiedad de los contenedores se reparte casi al 50% entre compañías de leasing y compañías navieras.

### 6.3 La logística del contenedor vacío

Si analizamos el desequilibrio del tráfico de contenedores en los principales ejes comerciales se observa como hay zonas en las que se acumulan los contenedores y zonas en las que hay carencia de contenedores.

Esto hace necesario que los operadores de contenedores (compañías navieras y compañías de leasing principalmente) repositionen su equipo moviendo los contenedores vacíos desde las zonas donde se acumulan los mismos a las zonas de escasez. El volumen de estos movimientos es realmente importante y hace que sea uno de los costes más importantes para los operadores. En concreto la incidencia del tráfico de contenedores vacíos en las

Figura 6.1: Principales ejes comerciales en tráfico de contenedores (2004) e imbalance de contenedores por grandes áreas geográficas



Fuente: Elaboración propia

principales rutas comerciales se sitúa por encima del 21% según "The Drewry Annual Container Market Review and Forecast 2004/05", y si analizamos el uso de los contenedores podemos observar que pasan más de la mitad del tiempo parados o viajando vacíos para ser reposicionados.

La logística del contenedor vacío se ocupa de los movimientos y distribución de los contenedores vacíos, empezando cuando un contenedor es vaciado en las instalaciones del receptor y finalizando en el punto donde el contenedor es posicionado para volver a cargarse. El movimiento de estos contenedores vacíos de forma eficiente es un objetivo de todas las partes involucradas, y especialmente de las compañías navieras y las compañías de leasing como propietarios y proveedores del equipo (contenedores).

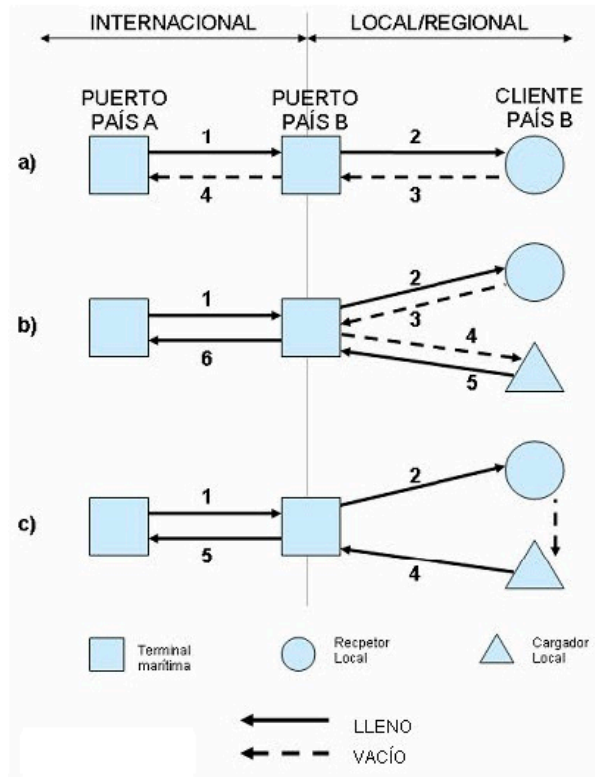
Dentro de la logística del contenedor vacío se pueden identificar dos niveles diferenciados: El nivel local o regional y el nivel internacional. El primero tiene directamente que ver con el movimiento terrestre de contenedores vacíos entre terminales, depots e instalaciones de cargadores y receptores. El coste de los movimientos de contenedores vacíos en este nivel repercute generalmente en el cliente (cargador, importador). El segundo nivel tiene que ver con el movimiento de contenedores a escala internacional como consecuencia del imbalance de las principales rutas comerciales que hemos analizado anteriormente. El coste de estos movimientos lo soporta generalmente la compañía naviera encargada de la gestión de su equipo (contenedores). A continuación se analizan las posibles pautas de movimiento que puede seguir un contenedor identificando los movimientos del contenedor vacío y el nivel internacional o local de los mismos.

En general hay tres pautas posibles para los movimientos de los contenedores:

El primer modelo o pauta representado podría ser el de un contenedor cargado de importación de Asia que llega a la terminal de un puerto Europeo (bajo un contrato detallado entre la compañía naviera y el importador) (movimiento 1). El contenedor es recogido de la terminal y entregado en las instalaciones del importador para su descarga (movimiento 2). Una vez vaciado, el contenedor vacío es enviado de nuevo a la terminal marítima (movimiento 3) desde donde será enviado de vuelta a Asia (movimiento 4) para el siguiente ciclo. En esta pauta conocida habitualmente como "**re-posicionado**" hay un movimiento del contenedor vacío local (movimiento 3) y un movimiento internacional (movimiento 4).



Figura 6.2: Contenedor – pautas de movimiento



Fuente: Elaboración propia

La segunda y tercera pauta representada es la que las compañías navieras llaman "match back" en la que en lugar de reposicionar el contenedor vacío se busca una carga de exportación local para que el contenedor se envíe de vuelta lleno. La diferencia entre la segunda (b) y la tercera (c) pauta aparece en el movimiento terrestre local del contenedor vacío. En el primer caso (b), el contenedor una vez vaciado en las instalaciones del importador es enviado de nuevo a la terminal donde es almacenado hasta que se inicia el flujo de exportación y el contenedor vacío se mueve de nuevo hasta las instalaciones del cargador. Esta es la situación más habitual e implica

que los desplazamientos terrestres con el contenedor vacío sean prácticamente iguales a los desplazamientos con el contenedor lleno. En el segundo caso (c) el contenedor una vez vaciado en las instalaciones del importador es enviado directamente hasta las instalaciones del cargador o exportador para su llenado sin ser enviado previamente a la terminal. Este tipo de movimiento es conocido habitualmente como **"triangulación"** o **"street turn"**.

Estratégicamente el "match back" es deseable desde el punto de vista de las compañías navieras puesto que les permite eliminar los costes de "reposicionado" y en muchos casos obtener beneficios adicionales. Sin embargo, desde el punto de vista local o regional sólo la "triangulación" permite una reducción significativa en el número de viajes vacíos o kilómetros recorridos en vacío por los vehículos portacontenedores.

El desarrollo de operaciones de "match back" y de operaciones de "triangulación", serían por tanto las primeras **alternativas para racionalizar el movimiento de contenedores vacíos**. Las limitaciones para el "match back" las encontramos en el imbalance de tráfico de las navieras en los principales ejes comerciales. Sin embargo, las operaciones de "triangulación" encuentran gran cantidad de limitaciones diferentes que dificultan su práctica como:

- El mayor interés de las compañías navieras reside en la parte internacional de la logística del contenedor vacío, dando prioridad a la gestión del reposicionado de equipo, antes que la gestión terrestre local del equipo. La principal preocupación de las navieras es la de disponer de equipo en los lugares y momentos en el que lo necesitan, no pudiendo permitirse la pérdida de carga por falta de equipo. En la gestión del equipo tratan de conseguir este objetivo con la menor flota de contenedores posible, maximizando las operaciones "match back" y reduciendo los costes de reposicionado.
- Necesidad de hacer coincidir en el tiempo, tipo de contenedor y compañía naviera propietaria del equipo, una operación de exportación complementaria a una de importación.

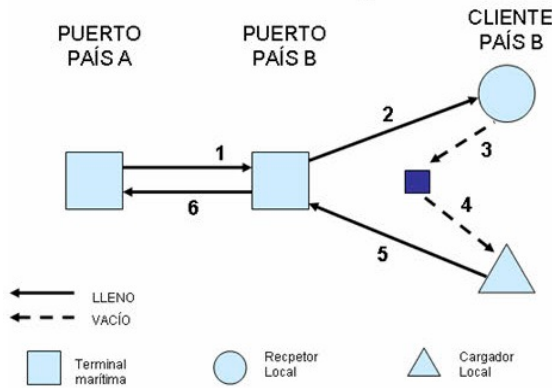
- Necesidad de que una vez coinciden operaciones de importación y exportación para un mismo tipo de contenedor y una misma compañía naviera en el tiempo, también coincida el operador que gestiona el transporte terrestre de dichas operaciones.
- Necesidad de operaciones intermedias como la inspección, limpieza y/o reparación del contenedor antes de ser reutilizado.

Con las limitaciones planteadas, las grandes compañías navieras son las que disponen de mayor capacidad para realizar triangulaciones casando operaciones de importación y exportación, debido al gran volumen de operaciones que realizan. Una de las posibilidades para favorecer la realización de triangulaciones incluso para navieras más pequeñas, es la del intercambio de contenedores entre compañías navieras. En este sentido una de las barreras para su desarrollo tiene que ver con las condiciones de responsabilidad para el equipo, y la transferencia de responsabilidad entre las partes implicadas en el intercambio de contenedores. Sin embargo, aunque en muchos casos este problema puede ser superado con acuerdos contractuales bien estructurados, en la realidad parece que el ahorro no es el suficiente para asumir la incertidumbre que se introduce en el sistema dejando en manos de un tercero el que dicho equipo cedido esté disponible en las zonas adecuadas cuando se necesite. Con lo que las soluciones que resultarían favorables desde un punto de vista regional o local no representan una solución favorable para las compañías navieras internacionales.

Otras alternativas para racionalizar el movimiento de contenedores vacíos podrían ser el establecimiento de puntos intermedios de almacén de contenedores vacíos, o la aplicación de sistemas basados en tecnologías de la información.

Si se dispone de puntos de almacenamiento situados cerca de las áreas receptoras de los contenedores llenos y de las zonas generadoras de carga local, pueden reducirse las distancias recorridas por los contenedores vacíos que son reutilizados en operaciones match back.

Figura 6.3: Match Back con depot intermedio



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, las tecnologías de la información pueden ocupar un papel central en la gestión de contenedores vacíos, al facilitar el intercambio de información en tiempo real y la posibilidad de compartir información, lo que resulta básico para poder casar contenedores vacíos con mercancía de exportación y coordinar las operaciones. Hay diferentes iniciativas de sistemas basados en estas tecnologías, que están siendo desarrollados y que promueven el que diferentes navieras compartan equipo para conseguir reducir los movimientos de vacíos. Estos sistemas pueden funcionar como depósitos virtuales en los que dispone de información puntual actualizada en tiempo real de la situación y estado de los contenedores y la carga, donde se facilita la comunicación entre las distantes partes implicadas (navieras y consignatarios, transportistas terrestres, transitarios, compañías de leasing), donde se permite el intercambio de contenedores realizando todo el proceso documental sin necesidad de mover el contenedor, y se da asistencia a los usuarios para facilitar sus decisiones relativas a la logística del contenedor (devoluciones, reutilizaciones, intercambios, etc.)

## 6.4 Depósitos de contenedores: capacidad y localización

La función básica de los depósitos de contenedores es el almacenamiento de contenedores vacíos. Si analizamos lo visto hasta el momento al hablar de la logística del contenedor vacío, observamos que hay múltiples motivos que hacen necesario el almacenamiento de contenedores vacíos:

- La flota de contenedores prácticamente duplica la capacidad total de los buques portacontenedores
- La falta de equilibrio entre operaciones de importación y exportación requiere del reposicionado de grandes cantidades de equipo utilizando generalmente el transporte marítimo, lo que requiere de espacios donde almacenar y concentrar el equipo vacío hasta que es reposicionado
- La falta de equilibrio en el tipo de equipo utilizado en importación y exportación
- Las dificultades señaladas para realizar triangulaciones coordinando operaciones de importación y exportación, también requieren del almacenamiento del equipo una vez vacío hasta que vuelve a ser utilizado en una operación de match back
- La variabilidad en la carga y la imposibilidad hacer coincidir en cantidad, lugar y tiempo la oferta con la demanda, requiere que las navieras y compañías de leasing dispongan de stock de equipo disponible para satisfacer la demanda en las diferentes áreas en las que operan.

Por tanto, la gestión de estos contenedores vacíos por parte los operadores requiere, y requerirá en el futuro, de espacios para el almacenaje del equipo que está pendiente de ser reutilizado o reposicionado. Las limitaciones de espacio dentro del recinto portuario (situación común en muchos puertos tradicionales del mediterráneo que se encuentran rodeados por las ciudades y que sólo pueden crecer ganando terreno al mar) hacen necesario el disponer de otros espacios para el almacenamiento de contenedores.

Además, en la mayoría de ocasiones los contenedores requieren de alguna operación intermedia antes de ser reutilizados como la inspección, limpieza y/o reparación. Los depósitos de contenedores ofrecen generalmente estos servicios, aprovechando el paso de los contenedores vacíos por sus instalaciones.

Los **requerimientos de espacio** para el almacenamiento de contenedores vacíos vinculados a la actividad de un determinado puerto dependen de numerosos factores como:

- el tráfico de importación y exportación por tipo de contenedor
- la rotación media del equipo por tipo de contenedor (o tiempo medio que permanece almacenado hasta que es reutilizado o reposicionado)
- el tipo de contenedores a almacenar
- la tecnología empleada para la manipulación y la altura de apilado
- el número de navieras y compañías de leasing que operan

Para hacer un análisis teórico rápido de la capacidad de almacenamiento de vacíos necesaria en TEU y de la superficie necesaria, se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$\text{capacidad} = C = \sum_{\forall i} \max(I_i, E_i) \cdot R_i \quad (1)$$

$$\text{superficie} = S = \frac{H \cdot C}{O \cdot a} \quad (2)$$

$i = \{c_1, c_2, \dots\}$  = tipos de contenedores

$I_i$  = media diaria de contenedores tipo  $i$  importados (en TEU)

$E_i$  = media diaria de contenedores tipo  $i$  exportados (en TEU)

$R_i$  = rotación media de contenedor tipo  $i$  (en días)

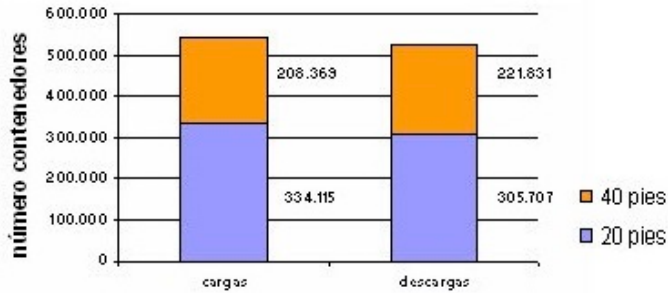
$H$  = superficie media requerida por huella de TEU

$C$  = capacidad en TEU

$O$  = porcentaje de ocupación

$a$  = número de alturas de apilado

Gráfico 6.2: Tráfico de contenedores en el Puerto de Valencia (2004) (excepto tránsitos)



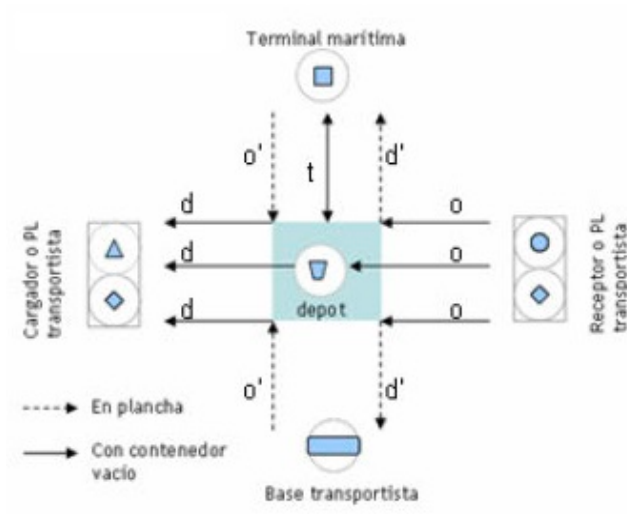
Fuente: Elaboración propia

Si analizamos el **caso del puerto de Valencia**, y aplicamos las fórmulas presentadas anteriormente, obtenemos que en la actualidad se requiere una capacidad de almacenamiento para contenedores vacíos de unos 60.000 TEU para lo que es necesario una superficie de unos 680.000 metros cuadrados. (Para ello, y de acuerdo con los resultados de entrevistas a depósitos de contenedores se ha estimado una rotación media para los contenedores de 40 pies de 33 días, una rotación media para los contenedores de 20 pies de 21 días, una superficie media por huella de 34 m<sup>2</sup>, un porcentaje de ocupación del 60%, 5 alturas de apilado)

$$\begin{aligned}
 \text{capacidad} = C &= \sum_{\forall i} \max(I_i, E_i) \cdot R_i & (1) \\
 &= \frac{221831 \cdot 2 \cdot 33}{365} + \frac{334115 \cdot 21}{365} \\
 &= 59335 \text{ TEUs}
 \end{aligned}$$

$$\text{superficie} = S = \frac{H \cdot C}{O \cdot a} = \frac{34 \cdot 59335}{0,6 \cdot 5} = 672463 \text{ m}^2 \quad (2)$$

Figura 6.4: Flujos portacontenedores



Fuente: Elaboración propia

Actualmente los depósitos de contenedores disponen de unos 400.000 metros cuadrados y dan servicio aproximadamente a la mitad de las necesidades totales de almacenamiento de vacíos, el resto se cubre desde las propias terminales marítimas.

En cuanto a la *localización de los depósitos de contenedores*, para poder evaluar diferentes alternativas es necesario atender al ciclo logístico del contenedor y a los diferentes flujos o desplazamientos de los vehículos portacontenedores que pasan por los depósitos de contenedores y que se resumen en el siguiente gráfico.

La cuantificación de las intensidades de dichos flujos y la situación de los nodos, determinarán aquellas localizaciones que minimicen los desplazamientos realizados en plancha y con el contenedor vacío.

Para hacer el análisis en el puerto de Valencia se ha partido de:



- información de movimientos de entrada y salida de los depósitos de contenedores (obtenida a partir del análisis del tráfico del puerto de Valencia y de información facilitada por depósitos de contenedores)
- información de la distribución de orígenes y destinos terrestres de las operaciones de importación y exportación, a partir de una base de datos con el detalle de todos los servicios de un grupo de transportistas durante los últimos dos años. Dada la dispersión en la localización de cargadores y receptores, para el análisis de los flujos se han seleccionado las siguientes zonas de referencia: entorno de Valencia (dentro del anillo del by-pass), norte, oeste y sur.

Tabla 6.2: Entradas y salidas anuales en *depots*

| <i>Entradas</i> |                        | <i>Salidas</i> |                        |
|-----------------|------------------------|----------------|------------------------|
| <i>Origen</i>   | <i>Nº contenedores</i> | <i>Destino</i> | <i>Nº contenedores</i> |
| Importación     | 161.295                | Exportación    | 212.670                |
| Terminal        | 63.852                 | Terminal       | 12.477                 |
|                 | 225.147                |                | 225.147                |

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 6.3: Distribución de orígenes y destinos terrestres de las operaciones de importación y exportación

| Importación           | Destino | Exportación           | Origen |
|-----------------------|---------|-----------------------|--------|
| Norte (N)             | 7 %     | Norte (N)             | 56 %   |
| Oeste (O)             | 22 %    | Oeste (O)             | 10 %   |
| Sur (S)               | 23 %    | Sur (S)               | 23 %   |
| Entorno Valencia (VL) | 48 %    | Entorno Valencia (VL) | 11 %   |

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 6.4: Entradas de contenedores en los depots – desplazamientos del camión (orígenes y destinos)

| <i>Origen camión</i>     | <i>Distribución</i> |              | <i>Destino camión</i>    | <i>Distribución</i> |
|--------------------------|---------------------|--------------|--------------------------|---------------------|
| Norte (N)                | 5%                  | <i>DEPOT</i> | Norte (N)                | 6%                  |
| Oeste (O)                | 16%                 |              | Oeste (O)                | 1%                  |
| Sur (S)                  | 16%                 |              | Sur (S)                  | 2%                  |
| Entorno Valencia (VL)    | 34%                 |              | Entorno Valencia (VL)    | 1%                  |
| Terminal marítima (MT)   | 28%                 |              | Terminal marítima (MT)   | 45%                 |
| Base transportistas (BT) |                     |              | Base transportistas (BT) | 45%                 |

Fuente: Elaboración propia

Con esta información se conocen los destinos de los camiones para las salidas de contenedores de los depots (movimientos  $d$  del gráfico 6.4), los orígenes para las entradas de contenedores en los depots (movimientos  $o$  del gráfico 6.4) y los traslados entre depots y terminales marítimas (movimientos  $t$  del gráfico 6.4). Pero para conocer la totalidad de los flujos necesitamos conocer también los orígenes de los camiones en las operaciones de salida de contenedores (movimientos  $o'$  del gráfico 6.4) y los destinos para las entradas de contenedores (movimientos  $d'$  del gráfico 6.4). Como se observa en el gráfico 6.4 estos se reparten entre las terminales marítimas y las bases de los transportistas, pudiendo estimar que se reparten a partes iguales salvo un 10% correspondiente a camiones que realizan en la misma visita al depot una entrega de contenedor y una retirada de contenedor (movimientos  $o''$  y  $d''$  de la figura 6.4).

Tabla 6.5: Salidas de contenedores en los *depots* – desplazamientos del camión (orígenes y destinos)

| <i>Origen</i>            | <i>Distribución</i> |              | <i>Destino</i>           | <i>Distribución</i> |
|--------------------------|---------------------|--------------|--------------------------|---------------------|
| Norte (N)                | 1%                  | <i>DEPOT</i> | Norte (N)                | 53%                 |
| Oeste (O)                | 2%                  |              | Oeste (O)                | 9%                  |
| Sur (S)                  | 2%                  |              | Sur (S)                  | 22%                 |
| Entorno Valencia (VL)    | 5%                  |              | Entorno Valencia (VL)    | 10%                 |
| Terminal marítima (MT)   | 45%                 |              | Terminal marítima (MT)   | 6%                  |
| Base transportistas (BT) | 45                  |              | Base transportistas (BT) | 0%                  |

Fuente: *Elaboración propia*

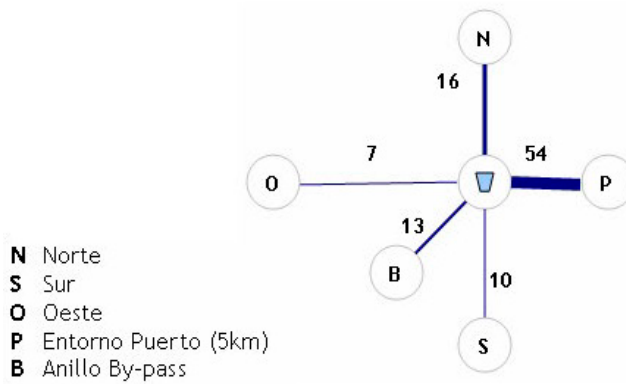
Si analizamos en conjunto los flujos de entrada y salida de camiones de los depósitos de contenedores sin tener en cuenta el sentido obtenemos la siguiente distribución o intensidades:

Tabla 6.6: Intensidades flujos desde y hacia *depots*

|              | <i>Destino</i>           | <i>Distribución</i> |
|--------------|--------------------------|---------------------|
| <i>DEPOT</i> | Norte (N)                | 16%                 |
|              | Oeste (O)                | 7%                  |
|              | Sur (S)                  | 10%                 |
|              | Entorno Valencia (VL)    | 13%                 |
|              | Terminal marítima (MT)   | 31%                 |
|              | Base transportistas (BT) | 23%                 |

Fuente: *Elaboración propia*

Figura 6.5: Intensidades y flujos desde y hacia depots



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el gráfico, más de la mitad de los desplazamientos de vehículos portacontenedores que pasan por los depots, tienen como origen o destino el entorno del puerto y además más del 70% de estos desplazamientos se realizan en plancha (con el camión vacío sin contenedor). Esto hace que inicialmente la proximidad y buena conexión con el Puerto sea un aspecto importante a considerar en la localización de depósitos de contenedores.

## 6.5 Bibliografía

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (1996): *UNE-EN ISO 6346 Contenedores para el transporte de mercancías. Codificación, identificación y marcado*, AENOR, Madrid

AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA (2005): *Anuario Estadístico 2004*, Valencia

BINSBERGEN, A. (2004) *Changing World of Container Logistics*, Delft Univ., Delft

CONTAINERISATION INTERNATIONAL (2005): *Market Analysis World Container Census 2005*, London, 2005

CRICKS, P. (2000): *Asset Management in the Global Container Logistics Chain*, November 15

- DONOVAN, A.: «From Seatrain to Sealand – Regulatory Politics and the origins of containerization», presentado en un seminario organizado por The Planning and Transport Research Centre y The Murdoch University Business School
- DREWRY SHIPPING CONSULTANTS LTD. (2004): *The Drewry Annual Container Market Review and Forecast 2004/05*, London
- DREWRY SHIPPING CONSULTANTS LTD. (2004): *Annual Review of Global Container Terminal Operators 2004*, London
- GDV GERMAN INSURANCE ASSOCIATION (2004) *ContainerHandbook*, Berlín
- HULTEN, L. (1997): *Container Logistics and its Management*, Chalmers University of Technology, Sweden
- KONINGS, R., y T. REMMELT (2001): *Foldable Containers: A New Perspective on Reducing Container-Repositioning Costs*, The Netherlands
- LEDAM, H. (2003): *The Logistics of Empty Cargo Containers in the Southern California Region*, California
- MERCATOR TRANSPORT GROUP (2005): *Specifications and Port Calls Within San Pedro Bay – Final Report*, England
- PALACIO LÓPEZ, P. (2001) *Transporte Marítimo de Contenedores: Organización y Gestión*, Edición Fundación IPEC, Valencia, 2001
- ROSENTEIN, M. (2000): *The Rise of Maritime Containerization in the Port of Oakland 1950 to 1970*, New Jersey
- RTS, ORTEC, IMS (2004) *Profit Optimisation for Container Carriers*, Irving
- UNCTAD (2005) *Review of Maritime Transport, 2005*, New York and Geneva



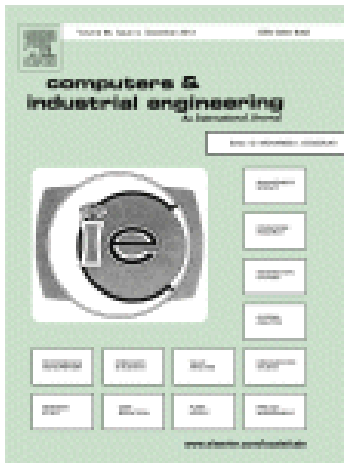
# 7

## Optimization of empty container movements using street-turn: Application to Valencia hinterland

---

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Autores</b>              | Salvador FURIÓ<br>Carlos ANDRÉS<br>Berlarmino ADENSO<br>Sebastián LOZANO                            |
| <b>Publicación</b>          | Computers & Industrial Engineering  |
| <b>Editor</b>               | Elsevier  |
| <b>ISSN/ISBN</b>            | ISSN 0360-8352  |
| <b>Indexado en</b>          | Journal Citation Reports (Thomson Reuters) en el primer cuartil en el área de Ingeniería Industrial |
| <b>Fecha de aceptación</b>  | 4 de Septiembre de 2013   |
| <b>Fecha de publicación</b> | Diciembre 2013  |
| <b>Volumen Nº</b>           | 66, número 4  |
| <b>Paginas</b>              | 909-917   |
| <b>DOI</b>                  | 10.1016/j.cie.2013.09.003   |

---




Portada de la revista

Computers & Industrial Engineering 55 (2013) 806–817

Contents lists available at ScienceDirect

**Computers & Industrial Engineering**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/caie](http://www.elsevier.com/locate/caie)



---

### Optimization of empty container movements using street-turn: Application to Valencia hinterland<sup>a, \*</sup>

Salvador Furió<sup>a, \*</sup>, Carlos Andrés<sup>b</sup>, Belarmino Adenso-Díaz<sup>b, c</sup>, Sebastián Lozano<sup>d</sup>

<sup>a</sup> *Doctor of Logistics, Facultad de Matemáticas, 46100 Valencia, Spain*  
<sup>b</sup> *Escuela Superior de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Valencia, 46100 Valencia, Spain*  
<sup>c</sup> *Escuela Superior de Ingeniería de Góndol, Campus de Góndol, Universidad de Oviedo, 33200 Góndol, Spain*  
<sup>d</sup> *Escuela superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 41013 Sevilla, Spain*

---

**ARTICLE INFO**

*Article history:*  
 Received 17 November 2011  
 Received in revised form 6 June 2012  
 Accepted 2 September 2012  
 Available online 14 September 2012

*Keywords:*  
 Empty container logistics  
 Mathematical models  
 Optimization  
 Decision Support System

**ABSTRACT**

Empty maritime container logistics is one of the most relevant costs for shipping companies. In this paper two mathematical models (based on two different container movement patterns, i.e. with and without street-turns) were defined to optimize land empty container movements among shippers, consignees, terminals and depots, along with minimizing storage costs. One of the proposed optimization models was embedded in a simple Decision Support System (DSS) and then tested with real data, based on the operations in Valencia's (Spain) hinterland. The results obtained confirm the benefits of implementing these kinds of models for the company, and additional experiments assess and quantify the advantage of using the more complex approach that is able to implement street-turn patterns.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

---

**1. Introduction**

Maritime containers traffic started in the 50s and, since then, has experienced an amazing development, causing a real revolution in international trade and transport. Maritime container traffic has been growing very quickly during the last 15 years with steady annual growth rates of over 10%, achieving a global port traffic throughput in 2008 of around 409 million TEUs (twenty-foot equivalent unit (TEU), is a measurement unit equivalent to a twenty-foot container).

In order to meet this transport demand there is a world fleet of container ships with a capacity of around 10 million TEUs. The total capacity of all maritime containers in use is estimated to be around 25 million TEUs, mainly owned by shipping and leasing companies. With regard to the type of maritime containers used in all these operations, there is a large variety of equipment (standard, highcube, reefers, platform, etc.) but standard 20 and 40 feet dry cargo containers are almost 90% of the total fleet (Caldwell, 2009).

It is easy to imagine the complexity of global container logistics, which is focused on achieving efficient container fleet management by minimizing transport costs and maximizing container

use. One part of global container logistics is the empty container logistics. This deals with the movement, storage and distribution of empty containers, a process which starts once the container is emptied at the consignee's facilities, and ends when the empty container is positioned to be loaded again at the next shipper's facilities.

Since an analysis of main world container traffic shows important eastbound/westbound differences on main trade routes (Fig. 1), shipping companies tend to unwittingly accumulate a large number of empty containers at several import-dominant ports (mainly in Europe and the USA) which need to be repositioned to different export-dominant ports (mainly in Asia) where they are required (Li, Leung, Wu, & Liu, 2006).

Given that empty container incidence on main trade routes exceeds 21% of total traffic (Caldwell, 2009), and containers spend more than half of their lifetime stocked or being transported empty to be repositioned (Crivins, 2000), empty container logistics has become one of the most relevant costs for shipping companies (Wang & Wang, 2003).

This paper presents, and validates in a real hinterland, some mathematical models dealing with the assignment and placement of empty containers based on daily requirements from shippers and consignees. First, in Section two, we shall introduce the main movement patterns that can be found in the management of containers; Section 3 will summarize the main previous works in the literature; Section 4 introduces the two models proposed; some details and results regarding the application case are presented

Extracto primera página del artículo



# Optimization of empty container movements using street-turn: Application to Valencia hinterland

## 7.1 Abstract

Empty maritime container logistics is one of the most relevant costs for shipping companies. In this paper two mathematical models (based on two different container movement patterns, i.e. with and without street-turns) were defined to optimize land empty container movements among shippers, consignees, terminals and depots, along with minimizing storage costs. One of the proposed optimization models was embedded in a simple Decision Support System (DSS) and then tested with real data, based on the operations in Valencia's (Spain) hinterland. The results obtained confirm the benefits of implementing these kinds of models for the company, and additional experiments assess and quantify the advantage of using the more complex approach that is able to implement street-turn patterns.

## 7.2 Introduction

Maritime containers traffic started in the 50s and, since then, has experienced an amazing development, causing a real revolution in international trade and transport. Maritime container traffic has been growing very quickly during the last 15 years with steady annual growth rates of over 10%, achieving a global port traffic throughput in 2008 of around 400 million TEU (twenty-feet equivalent unit (TEU), is a measurement unit equivalent to a twenty-feet container).

In order to meet this transport demand there is a world fleet of container ships with a capacity of around 10 million TEU. The total capacity of all maritime containers in use is estimated to be around 25 million TEU, mainly owned by shipping and leasing companies. With regard to the type of maritime containers used in all these operations, there is a large variety of equipment (standard, highcube, reefers, platforms, etc.), but standard 20 and 40 feet dry cargo containers are almost 90% of the total fleet (Dekker, 2009).

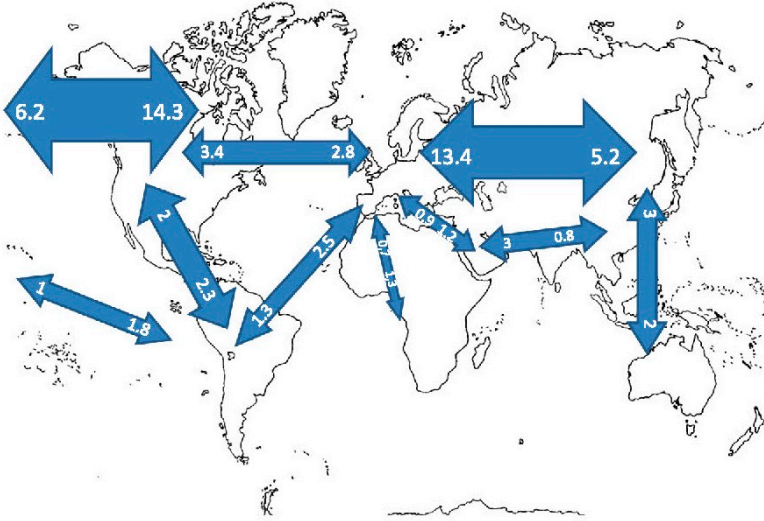
It is easy to imagine the complexity of global container logistics, which is focused on achieving efficient container fleet management by minimizing transport costs and maximizing container use. One part of global container logistics is the empty container logistics. This deals with the movement, storage and distribution of empty containers, a process which starts once the container is emptied at the consignee's facilities, and ends when the empty container is positioned to be loaded again at the next shipper's facilities.

Since an analysis of main world container traffic shows important eastbound/westbound differences on main trade routes (Fig. 7.1), shipping companies tend to unwillingly accumulate a large number of empty containers at several import-dominant ports (mainly in Europe and the USA) which need to be repositioned to different export-dominant ports (mainly in Asia) where they are required (Li, Leug, Wu, & Liu, 2006).

Given that empty container incidence on main trade routes exceeds 21% of total traffic (Dekker, 2009), and containers spend more than half of their lifetime stocked or being transported empty to be repositioned (Crinks, 2000), empty container logistics has become one of the most relevant costs for shipping companies (Wang & Wang, 2007).

This paper presents, and validates in a real hinterland, some mathematical models dealing with the assignment and placement of empty containers based on daily requirements from shippers and consignees. First, in Section two, we shall introduce the main movement patterns that can be found in the management of containers; Section 3 will summarize the main previous works in the literature; Section 4 introduces the two models proposed; some details and results regarding the application case are presented in

Figure 7.1: Main container traffic (millions teu) between regions in 2007 (Dekker, 2009)



Fuente:

Section 5; Section 6 compares both models; the paper finishes with the main conclusions in Section 7.

### 7.3 Empty containers' management

When talking about empty container logistics, two different levels can be considered: international and local or regional (Boile & Theofanis, 2008). The former has to do with the movement of empty containers on a global scale to reverse the imbalance problem along the main world commercial axes. This is managed directly by shipping companies at a global level, attending to global container surplus and shortage, ships' routes, schedules and free capacity.

The latter level deals with the inland movement of empty containers between port terminals, empty container depots (where empty containers are

temporarily stored), consignees (receiving imported full containers which are emptied there) and shippers (receiving empty containers to be loaded for export). Local maritime agents, who are responsible for the containers' fleet management within their area of influence, manage all these movements (González-Torre, Sarkis, & Adenso-Díaz, 2013).

Murty, Liu, Wan, and Linn (2005) briefly explain all the operations related to the movement of containers in a harbour facility. Many decisions are identified in this part of the process (allocation of berths to arriving vessels, allocation of quay cranes, appointment times for external trucks, storage space assignment, yard cranes' deployment, etc.). These authors present a DSS developed for optimizing some of these decisions in one of the busiest container ports in the world, namely Hong Kong.

Fig. 7.2 shows the different container movement patterns that can be found outside of the harbour. The first pattern presented (labelled A) matches the typical "empty repositioning" operation. It could typically be an Asian import container which reaches a European port, from which it is moved to the importer's facilities to be unloaded (movement 2) and, once emptied, is transported back to the port terminal (movement 3) to be repositioned or sent back empty to Asia (movement 4), in order to start a new cycle. Pattern B is also an empty repositioning operation. The difference is that the empty container is stocked in an empty container depot before being sent back to the port terminal to be loaded onto a ship for repositioning.

Patterns C and D are known as "match back" operations, where a matching export movement means the empty repositioning of the container can be avoided. The difference between C and D is the place where the container is stored before being re-used in an export operation (port terminal for C, and empty container depot for D).

Finally, pattern E is a special match back operation where the container, once unloaded at an importer facility (consignee), is moved directly to the shipper facility (exporter) to be loaded again. This operation, known as "street-turn", is the most interesting option for big container shipping companies; however, it is difficult to carry out because it needs a significant level of coordination. The import and export operation requirements must

be similar and coincident in time, as well as the type of container, shipping company and place. In addition, most of the time, containers need intermediate operations after a delivery cycle in order to be reused (brushing, cleaning, repairing, etc.). Obviously this is the most efficient type of movement as it saves temporary empty storage.

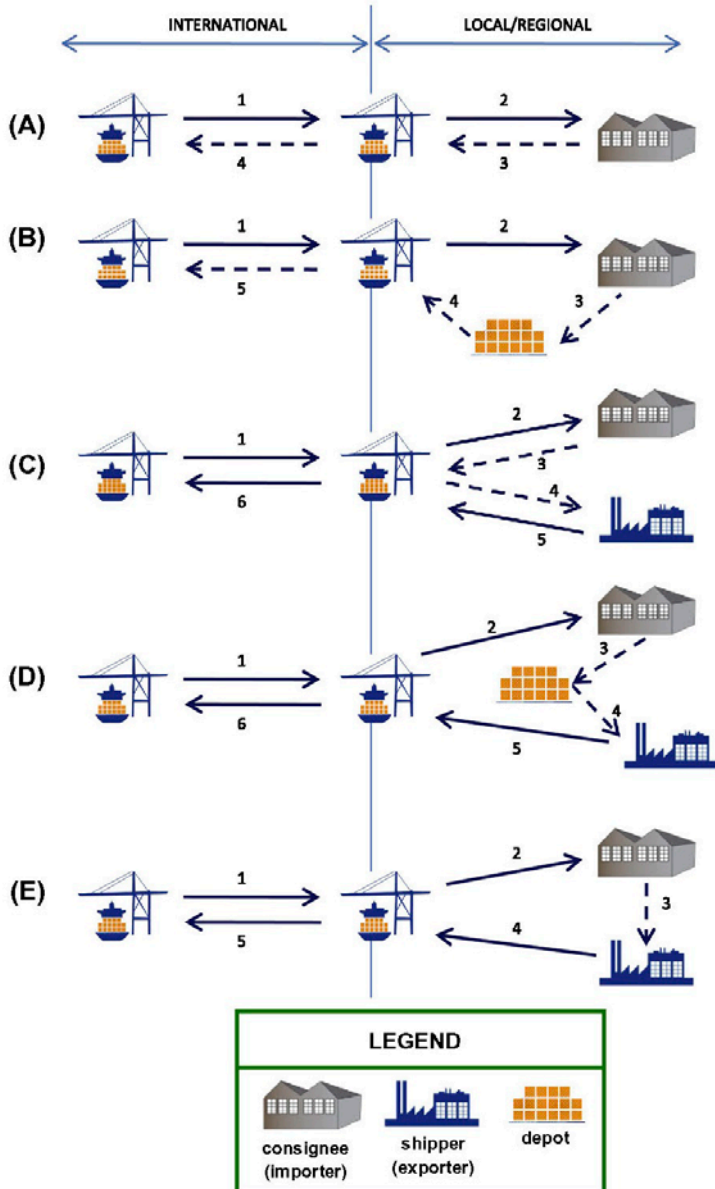
## 7.4 Literature review

The problem of allocating a storage facility to every empty container supply or demand operation can be modelled as a minimum cost network flow problem. This approach looks for optimal solutions giving responses to the daily operational decisions of local maritime agents, as discussed above. There are a number of previous works in the literature using mathematical modelling to solve the problem of empty container allocation. One of the earliest papers presenting network models for empty container management was published by White (1972). However, the problem received little attention until the end of the 1980s. Braekers, Janssens, and Caris (2011) provide a comprehensive state of art solution to the problem after reviewing the different approaches, some of which are commented on below. Table 1 presents a classification of the existing research based on whether the authors consider deterministic or stochastic/fuzzy data or whether they study the empty container management problem at the global (i.e. multi-port) or local (i.e. inland) level.

As can be seen, the majority of the approaches deal with the empty container repositioning problem on a global level and take into account the uncertainty in the demand and supply of empty containers. The basic goal of those studies is to determine the dynamic balance flow repositioning policies.

The inland empty container allocation has been somewhat less studied and for the most part has used deterministic mathematical programming approaches. Thus, Crainic, Dejax, and Delorme (1989) discussed the problem of locating empty vehicles in an inter-city freight transportation system in

Figure 7.2: Container movement patterns



(A) Empty repositioning. (B) Idem with depot. (C) Match-back. (D) Idem with depot. (E) Street-turn (triangulation). Dotted lines represent empty container movements.

Fuente: own elaboration

Table 7.1: Classification of existing empty container logistics research

|                   | <i>Deterministic approach</i>  | <i>Uncertainty approach</i>   |
|-------------------|--|---|
| Multi-port level  | Di Francesco, Manca, Olivo, and Zuddas (2006)<br>Wang and Wang (2007)<br>Shintani, Imai, Nishimura, and Papadimitriou (2007)<br>Bandeira, Becker, and Borenstein (2009)<br>Hajeeh and Behbehani (2011) | Cheung and Chen (1998)<br>Shen and Khoong (1995)<br>Di Francesco, Crainic, and Zuddas (2009); Di Francesco, Lai, and Zuddas (2013)<br>Dong and Song (2009)<br>Wang and Tang (2010) Chou et al. (2010)<br>Song and Dong (2011a, 2011b) |
| Single-port level | White (1972)<br>Dejax and Crainic (1987) Crainic et al. (1989)<br>Choong et al. (2002) Boros et al. (2008)<br>Braekers et al. (2013)   | Crainic et al. (1993)<br>Song and Zhang (2010)  |

Source: own elaboration

order to minimize the cost of depot opening and vehicle transportation, but they did not consider the space–time dependency of events. A more general framework to address the specific characteristics of the empty container allocation problem, in the context of the inland distribution system for an international maritime shipping company, is later presented by Crainic, Gendreau, and Dejax (1993). They developed a mathematical formulation to deal with the uncertain nature of supply and demand but no time dependent costs were taken into account and no experimental results presented. Choong, Cole, and Kutanoglu (2002) developed an integer programming model for the tactical management of a homogeneous fleet of empty containers, subject to meeting requirements for moving loaded containers.

A model involving both a domestic and a foreign shipping company was studied by Boros, Lei, Zhao, and Zhong (2008). They developed mathemati-

cal models and algorithms to support a collaborative planning and scheduling of container operations for supply chain logistics. Very recently, Braekers, Caris, and Janssens (2013) have formulated the problem of drayage planning as an asymmetric multiple-vehicle Travelling Salesman Problem with Time Windows, solving it using a two-phased deterministic annealing.

To the best of our knowledge, there are no studies that jointly consider the set of features included in the problem formulation of this paper and that compare the corresponding results with the policies of actual shipping companies.

## 7.5 Model formulation

Two different models regarding container assignment decisions have been developed. In the second one, street-turn operations (i.e. direct consignee to shipper movements) are considered. However, the first model is equally interesting, given that real operations in most harbours do not generally consider street-turns (because of the difficulties of their implementation), so it seems reasonable to start with this simpler approach.

The mathematical models presented below minimize the total costs, along a planning horizon, of managing empty containers while satisfying the corresponding demand from shippers, matching it with the supply from consignees and the empty containers that arrive at the port terminals coming from other ports. Total costs include all transportation costs (between terminals, depots, consignees and shippers) plus storage costs (at the depots and at the terminals). The underlying transport network structure involves links between consignees and terminals/depots, between terminals/depots and shippers, and between terminals and depots.

The operation of the system can be described by following a full container that is unloaded at a consignee. That empty container is transported for storage to either a terminal or a depot. On particular occasions, when the proper conditions are met, the empty container could be directly transported to a shipper ready for loading. That is called a street-turn. More



often, the empty containers required by shippers would be delivered from those stored at the terminals and depots. In addition, to balance the system, some empty containers may need to be imported or exported at the terminals from/to other ports.

Since, as indicated above, there are options when moving the containers (from/to depots or terminals) and since actually there may be several depots and terminals in the area, the proposed approach must compute the most cost-effective allocation of every empty container entering and leaving the system. That is done by computing, for each time period, the empty container flow between the nodes of these transportation networks and the resulting inventories of empty containers at the terminals and depots.

The following assumptions are made:

1. Different types of container are considered.
2. In each time period the number of empty containers of each type generated at a consignee or arriving at any terminal from other ports is known.
3. In each time period the number of empty containers of each type required by shippers and at terminals for export to other ports is known.
4. Empty containers are assumed to be delivered to shippers in the time period in which they are required.
5. Empty container transportation costs are linear.
6. Transportation link capacities are unlimited.
7. Empty containers can only be stored at depots or terminals but not within consignees' or shippers' premises.
8. Depots and terminals have a limited capacity for storing empty containers. In addition, a minimum amount of empty containers of each type stored in each depot, i.e. a kind of safety stock, can be imposed.
9. Empty containers are always ready to be used, i.e. no repairs or discarded containers are required.

Before formulating the mathematical model the required notation is introduced:

*Indexes*

- $c = 1, 2, \dots, C$  Consignees  
 $s = 1, 2, \dots, S$  Shippers  
 $d = 1, 2, \dots, D$  Empty container depots  
 $j = 1, 2, \dots, J$  Port terminal  
 $t = 1, 2, \dots, T$  Time periods  
 $r = 1, 2, \dots, R$  Container types

*Demand/supply data*

- $L_{tsr}$  Number of type  $r$  empty containers to provide to shipper  $s$  at  $t$  time period  
 $U_{tcr}$  Number of type  $r$  empty containers supplied by consignee  $c$  at  $t$  time period  
 $R_{tjr}$  Number of type  $r$  empty containers imported at terminal  $j$  at  $t$  time period  
 $O_{tjr}$  Number of type  $r$  empty containers exported from terminal  $j$  at  $t$  time period

*Storage capacity data*

- $I_{jr}^{max}$  Upper limit of type  $r$  empty container stock at  $j$  terminal  
 $\hat{I}_{dr}^{max}$  Upper limit of type  $r$  empty container stock at  $d$  depot  
 $\hat{I}_{dr}^{min}$  Lower limit of type  $r$  empty container stock at  $d$  depot

*Storage costs data*

- $h_{jr}$  Unit storage cost of type  $r$  empty containers at  $j$  terminal  
 $\hat{h}_{dr}$  Unit storage cost of type  $r$  empty containers at  $d$  depot

*Transport cost data*

- $\alpha_{cjr}$  Unit transport cost of type  $r$  container from consignee  $c$  to terminal  $j$

|                      |  |
|----------------------|--|
| $\beta_{cdr}$        | Unit transport cost of type $r$ container from consignee $c$ to depot $d$    |
| $\gamma_{jsr}$       | Unit transport cost of type $r$ container from terminal $j$ to shipper $s$   |
| $\delta_{dsr}$       | Unit transport cost of type $r$ container from depot $d$ to shipper $s$      |
| $\varepsilon_{jj'r}$ | Unit transport cost of type $r$ container from terminal $j$ to terminal $j'$ |
| $\varphi_{dd'r}$     | Unit transport cost of type $r$ container from depot $d$ to depot $d'$       |
| $\mu_{jdr}$          | Unit transport cost of type $r$ container from terminal $j$ to depot $d$     |

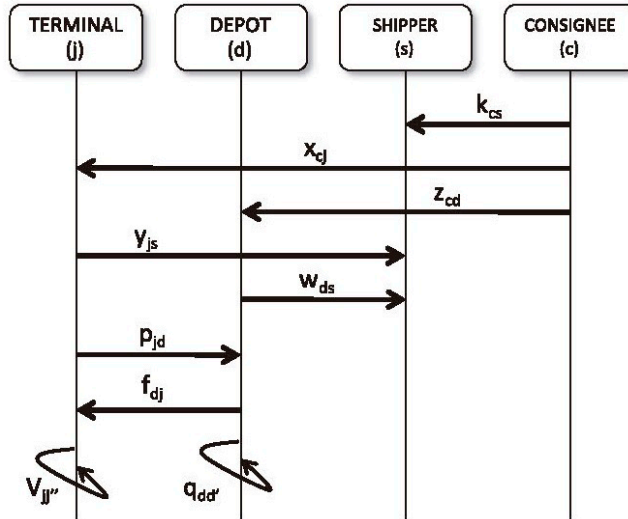
*Initial inventories data*

|                  |  |
|------------------|--|
| $I_{jr}^0$       | Initial type $r$ container stock at terminal $j$ |
| $\hat{I}_{dr}^0$ | Initial type $r$ container stock at depot $d$    |

*Variables*

|              |   |
|--------------|---|
| $x_{cjr}^t$  | Number of type $r$ container supplied by consignee $c$ at $t$ time period and allocated to terminal $j$ |
| $z_{cdr}^t$  | Number of type $r$ containers supplied by consignee $c$ at $t$ time period and allocated to depot $d$   |
| $y_{jsr}^t$  | Number of type $r$ containers provided to shippers $s$ from terminal $j$ at time period $t$             |
| $w_{dsr}^t$  | Number of type $r$ containers provided to shippers $s$ from depot $d$ at time period $t$                |
| $v_{jj'r}^t$ | Number of type $r$ containers moved from depot $d$ to depot $d'$ at time period $t$                     |
| $q_{dd'r}^t$ | Number of type $r$ containers moved from depot $d$ to depot $d'$ at time period $t$                     |
| $p_{jdr}^t$  | Number of type $r$ containers moved from terminal $j$ to depot $d$ at time period $t$                   |

Figure 7.3: Decision variables associated with empty container movements among the different agents



Movements  $k_{cs}$  from consignees to shippers (street-turns) are not considered in the basic model

Source: own elaboration

- $f_{dj}^t$       Number of type  $r$  containers moved from depot  $d$  to terminal  $j$  at time period  $t$
- $I_{jr}^t$       Number of type  $r$  empty containers stored at terminal  $j$  and time period  $t$
- $\hat{I}_{dr}^t$       Number of type  $r$  empty containers stored at depot  $d$  and time period  $t$

Fig. 7.3 summarizes all the relevant decision variables and what the movement is that each one is capturing. Thus, variables  $x_{cjr}^t$  (respectively,  $z_{cdr}^t$ ) represent the flow of empty containers from the consignees, after unloading, to terminals (respectively, to depots). Analogously, variables  $y_{jsr}^t$  (respectively,  $w_{dsr}^t$ ) represent the flow of empty containers to shippers,

for loading, from terminals (respectively, from depots). Variables  $p_{jar}^t$  and  $f_{djr}^t$  capture the movement of empty containers, in both directions, between terminals and depots. Finally, there are movements of empty containers between terminals (variables  $v_{jj'r}^t$ ) and between depots (variables  $q_{da'r}^t$ ). Fig. 7.3 also shows variables  $k_{csr}^t$  that represent direct movements of empty containers from consignees to shippers. These so-called street-turn movements are very efficient and will be considered as an extension of the basic model.

The basic formulation for the first model (with no "street-turn" operation) is the following:

Minimize

$$\begin{aligned}
 & \sum_t \sum_r \left[ \sum_c \sum_j \alpha_{cjr} x_{cjr}^t + \sum_c \sum_d \beta_{cdr} z_{cdr}^t \right] \\
 & + \sum_t \sum_r \left[ \sum_j \sum_s \gamma_{jsr} y_{jsr}^t + \sum_d \sum_s \delta_{dsr} w_{dsr}^t \right] \\
 & + \sum_t \sum_r \left[ \sum_j \sum_{j'} \varepsilon_{jj'r} v_{jj'r}^t + \sum_j \sum_d \mu_{jdr} p_{jdr}^t \right] \\
 & + \sum_t \sum_r \left[ \sum_d \sum_j \lambda_{djr} f_{djr}^t + \sum_d \sum_{d'} \varphi_{da'r} q_{da'r}^t \right] \\
 & + \sum_t \sum_r \left[ \sum_j h_{jr} l_{jr}^t + \sum_d \hat{h}_{dr} \hat{l}_{dr}^t \right]
 \end{aligned}$$

subject to

$$\sum_j x_{cjr}^t + \sum_d z_{cdr}^t = U_{tcr} \quad \forall t \forall c \forall r \quad (1)$$

$$\sum_j y_{jsr}^t + \sum_d w_{dsr}^t = L_{tsr} \quad \forall t \forall s \forall r \quad (2)$$

$$l_{jr}^t \leq l_{jr}^{max} \quad \forall t \forall j \forall r \quad (3)$$

$$\hat{I}_{dr}^{min} \leq \hat{I}_{dr}^t \leq \hat{I}_{dr}^{max} \quad \forall t \forall d \forall r \quad (4)$$

$$\begin{aligned} I_{jr}^t = I_{jr}^{t-1} + R_{tjr} - O_{tjr} - \sum_s y_{jsr}^t - \sum_d p_{jdr}^t - \sum_{j'} v_{jj'r}^r \\ + \sum_c x_{cjr}^t + \sum_d f_{djr}^t + \sum_{j'} v_{j'jr}^t \quad \forall t \forall j \forall r \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \hat{I}_{dr}^t = \hat{I}_{dr}^{t-1} - \sum_s w_{dsr}^t - \sum_j f_{djr}^t - \sum_{d'} q_{dd'r}^t + \sum_c z_{cdr}^t \\ + \sum_j p_{jdr}^t + \sum_{d'} q_{d'dr}^t \quad \forall t \forall d \forall r \end{aligned} \quad (6)$$

All variables non-negative (integer).

Regarding the meaning of the constraints, Eq. (1) assures that the number of containers supplied from import operations matches the number of containers sent from consignees to depots and terminals; according to Eq. (2) the number of containers provided for export operations must match the number of containers sent from depots and terminals to shippers: constraint (3) states that empty container stock at terminals should be below the upper limit established and constraint (4) imposes that empty container stock at depots should be between the lower and upper limits established; constraints (5) and (6) represent the empty containers' flow balance equations at container terminals and at empty container depots, respectively.

From an implementation point of view, once tested and validated, the first model can be extended and adapted to allow direct street-turn movements between consignees and shippers, closely matching import and export operations. The second model takes into account the time and type of container needed to match import and export operations, but it does not take into account any other limitations to the triangulation operations, such as required intermediate inspection, cleaning or repairing operations (manual intervention is required in those cases).

Notation for this extended model is the same as for the previous one, although some new variables are necessary in order to consider triangulation

operations. Thus, variable  $k_{csr}^t$  represents the number of type  $r$  containers supplied by consignee  $c$  at time period  $t$  and allocated directly to shipper  $s$  to cover an export operation requirement, while cost coefficient  $\sigma_{csr}$  represents the unit transport costs of empty containers of type  $r$  between consignee  $c$  and shipper  $s$ . The objective function of the extended model includes the following additional term:

$$\sum_t \sum_r \sum_c \sum_s \sigma_{csr} k_{csr}^t$$

Furthermore, while constraints (3)–(6) remain, Eqs. (1) and (2)

change as follows:

$$\sum_j x_{cjr}^t + \sum_d z_{cdr}^t + \sum_s k_{csr}^t = U_{tcr} \quad \forall t \forall c \forall r \quad (7)$$

$$\sum_j y_{jsr}^t + \sum_d w_{dsr}^t + \sum_c k_{csr}^t = L_{tsr} \quad \forall t \forall s \forall r \quad (8)$$

## 7.6 Application to the case of Valenciaport

The Port Authority of Valencia (Spain), commercially known as Valenciaport, manages the three state-owned ports of Valencia, Sagunto and Gandia which are located along 80 km of Spain's Eastern Mediterranean coastline. The Port of Valencia is the most important port in Spain from a commercial viewpoint, ranking first in the country's port system for registered foreign trade container volume (imports + exports). The Port of Valencia's main strength lies in its container traffic which exceeded 3.6 million TEU in 2009, ranking the first in the Mediterranean and the fifth in Europe. Valenciaport is a good choice for shipping lines due to its hinterland (51% of Spanish GDP and half of Spain's working population lie within a radius of 350 km). Moreover, Valenciaport's privileged geostrategic situation in the centre of the Western Mediterranean coastline, in line with the east-west shipping corridor crossing the Suez Canal and the Strait of Gibraltar, positions it as the first and last port of call for the main regular line shipping companies sailing between America, the Mediterranean Basin and

the Far East. As a hub port for the Western Mediterranean, Valenciaport enables goods to be efficiently distributed over a radius of 2000 km, not only in Southern EU countries but also in North Africa. It is for these reasons that the main world container shipping lines operate in the Port of Valencia.

Regarding the problem of land empty container movements, there is a fleet of around 3000 container trucks operating around the Port of Valencia and covering annually more than 215 million km, half of them with empty containers. Just a 10% reduction in empty container truck movements could save more than €7 million. The continuous increase in the port's container traffic (with yearly average growth rates of over 10%) and forecasted port extension (which will double the container terminals' capacity) make it necessary to rationalize truck movements by reducing empty movements and fostering alternatives such as rail transport.

China Shipping is one of the largest shipping groups in Asia and it has operated in Spain and the Port of Valencia since 1999, offering regular services for Atlantic Europe and the Baltic Sea, the Mediterranean and Black Sea, as well as the Middle and Far East. Yearly traffic for the China Shipping-Spain Agency in the Port of Valencia has been in recent years about 80,000 TEU, with a significant imbalance towards import operations. This means more than 250 land truck transport services per day and more than 60,000 km covered daily, half of them with an empty container. Just a 10% reduction of land empty container movements for this company could lead to a reduction in truck transport costs near to €2000 per day (Furio, Monfort, Sapiña, Esquembre, & Torregrosa, 2007), even though, due to the difficulties of reducing empty container movements and the scope of the project, the initial objective when the company decided to implement a Decision Support System for empty containers management was to achieve a modest daily saving of around €500.

### 7.6.1 Specific problem statement

An analysis of empty containers operations and management at the Valencia Branch Office of China Shipping-Spain showed that the company had well defined procedures to retrieve and share updated information, and



have control of the equipment (containers), but there was a lack of operating tools to support any decisions made regarding minimizing movements and storage and transportation costs.

Empty containers storage and allocation decisions were made as transport orders arrived, trying to maintain a balanced inventory at the different empty container depots. However, there was no further analysis in order to find synergies between different operations or transport orders and to try to reduce transport and storage costs.

The proposal was to define a Decision Support System based on a mathematical optimization model to support maritime agents' decisions about container movements in order to achieve reduced costs for container fleet management. It is important to state that only daily operational decisions will be considered, as other strategic decisions such as the selection of the container terminals and empty container depots to work with are outside the scope of this paper. These kinds of decisions are considered as a given input to the problem which is addressed here.

Therefore the daily operational decisions of the local maritime agent concerning empty container logistics were the selection, for every export operation of empty container providers from different terminals and empty depots (or consignees in the case of 'street-turn' services matching import and export operations). Other decisions were the selection of empty containers' final destination for every import operation, and the selection and distribution of container movements among different storage places (terminals and empty container depots).

As initial goals to determine how to make all these decisions, we tried to ensure empty container availability to fulfill export requirements and to minimize land empty container movements, empty container storage costs, and empty container inventories at port terminals in order to reduce their congestion and improve their productivity.

The minimization of transportation costs is directly related to the minimization of land empty container movements and total cost minimization (transport costs plus storage costs). To ensure empty container availability, a minimum inventory of each type of container is defined depending on

demand forecasts. Optimization of ships' capacity utilization is approached by estimating the number of empty containers of each type for export (taking into account ship load situation at arrival, ship loading and unloading forecasts, specific instructions of the shipping company). This was considered as given input data established at a higher decision level by the shipping company. The same occurs with the empty containers of each type that are imported at each terminal. Their number is given and follows the company global container flow balancing policy.

### 7.6.2 Some experiences of use

In order to integrate the model with the daily operations of the company, a simple DSS was developed; this assisted the operations manager when deciding about the container movements. As in any DSS, there are three main components to be defined. First, the database component that will feed the model component with current and updated data must be designed. According to the defined model, the required input data are:

- Ship or line-services arrival forecasts: Date of arrival at port, ship load situation at arrival, loading/unloading movements forecast.
- Empty container inventory position by type of container at different storage facilities (terminal and depots).
- Export and import operations forecast related to ships or lineservices involved.
- Storage costs of empty container at different terminals and depots (these costs are dependent on the number of days containers are stocked).
- Transport costs of moving containers between terminals, shippers, consignees and storage facilities.

Therefore we can find seven tables in the database, which include the following information:

- Port terminals and empty container depots' master files.
- Shippers' and consignees' master files.
- Type of containers' master file.
- Historic data of transport operations associated with different

- Line services.
- Ships' arrival forecasts.
- Road transport costs information.
- Storage costs information.

Since the shipping company information system holds all these data in different formats, an option was included in order to import and translate the necessary information into the internal format of the DSS.

As has already been stated, the model defined addresses a minimum cost network flow problem where all the decision variables are integer. The resulting integer programming (IP) programme can successfully be solved using a freeware LP solver (and a Java code to generate the model ready to be used). Since all the empty container supplies and demands ( $L_{tsr}$ ,  $U_{tcr}$ ,  $R_{tjr}$ ,  $O_{tjr}$ ) are integer, the optimal solution will have integer values for all the variables, avoiding the necessity of explicitly defining the integer nature of the variables.

Regarding the user interface component, a Visual Basic application was coded to allow all the data gathering operations (connecting to the shipping company central computer), model launching, and output reports. The main output provides a printout, for each day in the planning horizon, with each recommended container movement, showing the point of origin, destination (depot or port terminal), and type of container to be moved. All transport operations appear classified by the type of container movement pattern.

It is too complex to compare, for a different number of periods, the savings of the basic model versus the real cost in ordinary daily operations. Just as an example of the performance of our basic model in a real setting, we have taken a random sample of two weeks in the daily operation of the shipping company in Valencia hinterland. In this instance, the agents involved included 205 shippers, 16 consignees, 3 depots and 4 types of container. Real operations in that period to fulfil the required movements, not using the model, amounted to a total of €947,911. With those data, we ran our basic model obtaining, after a 7.5 s calculation, a solution whose total cost was €939,774 (i.e., a saving of 0.85%).

Although street-turn operations were not carried out on site at the time the DSS was developed, we considered this possibility in order to show the company the potential savings to be obtained. This practice would also reduce the need for empty container movements between different storage facilities. As a typical example of 'street-turn' transport, matching an import operation with its destination in Madrid as recommended by the system, with an export operation with its origin at the city of Tarancón, would generate savings of around €200 by joining both operations instead of planning two different movements. However, a deeper analysis comparing both patterns needs to be explored in order to understand what further policies to carry out.

## 7.7 Street-turn vs. basic model: some experimental results

Although the optimization of empty container movements in a hinterland could mean significant savings when compared with real operations, the possibility of performing street-turns could bring further benefits to the logistics of the shipping company. In order to assess the benefits of triangulations, we have performed a series of experiments, based on the parameters of the real operation in Valencia port, and solved each case using our two models for comparing the minimum costs computed by both models. Our experimental framework considers three factors, each one with two levels:

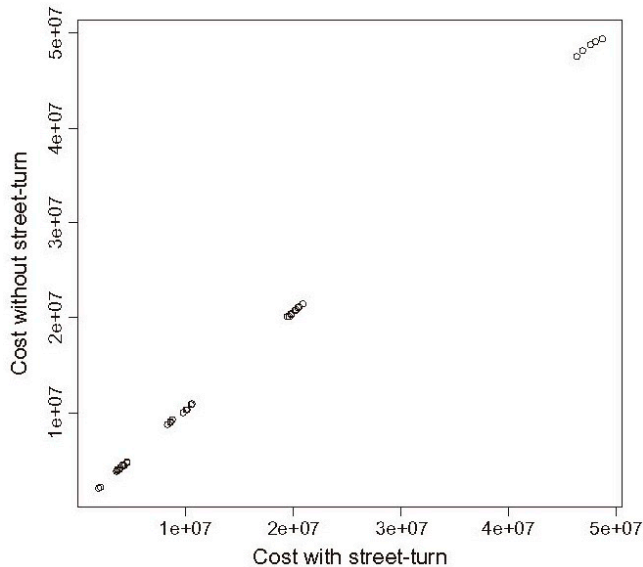
- The length of the time horizon (2 or 8 weeks).
- The number of consignees and shippers (one factor level as in the real case above, i.e. 205 consignees and 16 shippers, and another factor level representing a smaller environment with fewer opportunities of connection having half of those, i.e. 102 consignees and 8 shippers, respectively).
- The demand level (one factor level involves the same probability of demand as in the real case commented on above, while the second factor level represents a busier scenario with the double probability of demanding any number of containers).

With five replications for each factor level combination, the number of instances to solve are therefore  $2 \times 2 \times 2 \times 5 = 40$ . The total cost for each instance using both models, with and without street-turn, were computed and recorded. The Wilcoxon signed rank test confirms ( $p \approx 0$ ) that the difference of the medians of both cost variables is not zero, and therefore a significant effect on costs is confirmed. To avoid the effect of absolute values when comparing different numbers of containers transported, we consider the ratio of the cost given by the basic model (no street-turns) versus the cost given by the model with street-turns allowed. This response ratio varies between 1.014 and 1.077, with a median of 1.039 and an average value of 1.042. Therefore, not using triangulation seems to suppose an extra cost of around 4% of the logistics costs.

When plotting both costs (Fig. 7.4) a linear relationship between them can be clearly identified. To find a more accurate calculation of the savings, a linear regression  $\text{cost\_with} = \beta_0 + \beta_1 \text{cost\_without} + \varepsilon$  confirms the relationship, showing a significant coefficient  $\beta_1 = 0.9816$  ( $p \approx 0$ ,  $r^2 = 0.9999$ ). Common requirements of normality of the residuals and homoscedasticity are fulfilled. This indicates that a saving of 1.84% can be obtained when street-turn is performed. The Mann-Whitney test also confirms ( $p \approx 0$ ;  $p = 0.002$ ;  $p = 0.007$  resp.) that the three factors have an impact on the savings obtained.

It is also interesting to note that in most of the cases that have been tested for both models, the optimal solutions computed do not include movements between depots and terminals (i.e. variables  $p_{jd}$ ,  $f_{dj}$ ,  $v_{jj}$ ,  $q_{dd}$  are all zero in the optimal solution), which seems logical, given that the main component of the objective function is minimizing transport costs. These kinds of movements would only appear in the optimal solution if upper stock limits were going to be exceeded (i.e. in order to avoid that excess), if there are very high storage costs at any terminal or depot, or if there are specific and large demands for containers at a particular terminal.

Figure 7.4: Plot of total logistic costs with and without street-turns



Source: own elaboration

## 7.8 Conclusions

This paper presents an approach to inland empty container logistics network management, identifying different issues and goals (optimizing land movements, optimizing containers' use, optimizing storage yards' use, etc.), as well as different solutions or ideas to be developed and implemented. A mathematical model has been proposed to face empty container assignment in connection with surface transport and container equipment management by local maritime agents.

Results confirm the economic benefits of implementing this kind of model for operational decision making, mainly when street-turn is considered, with savings reaching up to 2% of total costs when compared with no triangulation. In the case of the China Shipping agency in Valencia, savings could reach up to €200 per movement for some specific examples. At the end of the year this could be translated into significant cost savings aligned

with the initial expected objectives. With the development of a good forecast procedure, using historical data and their embedding in the DSS, a significant reduction has also been estimated in empty container transfer movements between depots and terminals by applying the model results.

Another significant advantage of using the developed DSS is that the decisions in container management are less based on the personal experience of the staff working in this area. This provides greater flexibility to the maritime agent and reduces the dependency on specific persons or profiles. Due to the general approach to the empty container logistics problem for local maritime agents, the DSS developed here can be easily transferred to other maritime agents with slight changes to customize or adapt the system to their singularities.

Finally, future research lines on empty container logistics can be pointed out, such as: modelling empty container logistics involving collaborative schemes among shipping lines; modelling container logistics and traffics introducing the "risk" concept; modelling international container traffic and different scenarios of container fleet composition; development of useful models to design new infrastructures to support container logistics; and, development of new technologies to improve land use at container yards.

## 7.9 Acknowledgments

This research has been funded by the Spanish Ministry of Science and Innovation through Grant DPI2010-16201 and FEDER.

## 7.10 References

- BANDEIRA, D. L., J. L. BECKER y D. BORENSTEIN (2009): «A DSS for integrated distribution of empty and full containers», *Decision Support Systems*, n. 47(4), p. 383
- BOILE, M. P., y S. THEOFANIS (2008): «Empty marine container logistics: Facts, issues and management strategies», *GeoJournal*, n. 74, pp. 51-65

- BOROS, E., L. LEI, Y. ZHAO y H. ZHONG, (2008): «Scheduling vessels and container-yard operations with conflicting objectives», *Annals of Operations Research*, n. 161, pp. 149-170
- BRAEKERS, K., A. CARIS y G. K. JANSSENS (2013): «Integrated planning of loaded and empty container movements», *OR Spectrum*, n. 35(2), pp. 457-478
- BRAEKERS, K., G. K. JANSSENS y A. CARIS (2011): «Challenges in managing empty container movements at multiple planning levels», *Transport Reviews*, n. 31, pp. 681-708
- CHEUNG, R. K., y C. Chen (1998): «A two-stage stochastic network model and solution methods for the dynamic empty container allocation problem», *Transportation Science*, n. 32, pp. 142-162
- CHOONG, S. T., M. COLE y E. KUTANOGLU (2002): «Empty container management for intermodal transportation networks», *Transportation Research Part E*, n. 38, pp. 423-438
- CHOU, C. C., R. H. GOU, C. L. TSAI, M. C. TSOU, C. P. WONG y H. L. YU, (2010): «Application of a mixed fuzzy decision making and optimization programming model to the empty container allocation», *Applied Soft Computing*, n. 10(4), p. 1071
- CRAINIC, T. G., P. DEJAX y L. DELORME (1989): «Models for multimode multicommodity location problems with interdepot balancing requirements», *Annals of Operations Research*, n. 18, pp. 279-302
- CRAINIC, T. G., M. GENDREAU y P. Dejax (1993): «Dynamic and stochastic models for the allocation of empty containers», *Operations Research*, n. 41, pp. 102-126
- CRINKS, P. (2000): *Assets management in the global container logistic chain*. International Assets Systems
- DEJAX, P. J., y T. G. CRAINIC (1987): «A review of empty flows and fleet management models in freight transportation», *Transportation Science*, n. 21(4), pp. 227-247
- DEKKER, N. (2009): *Annual container market review and forecast 2009/10*. London, Drewry Shipping Consultants Ltd.
- DI FRANCESCO, M., T. CRAINIC y P. ZUDDAS (2009): «The effect of multi-scenario policies on empty container repositioning» *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, n. 45, 758-770



- DI FRANCESCO, M., A. MANCA, A. OLIVO y P. ZUDDAS (2006): «Optimal management of heterogeneous fleets of empty containers» in *Proceedings of international conference on information systems, logistics and supply chain*, Lyon, France, pp. 922-931
- DI FRANCESCO, M., M. LAI y P. ZUDDAS (2013): «Maritime repositioning of empty containers under uncertain port disruptions», *Computers & Industrial Engineering*, n. 64(3), pp. 827-837
- DONG, J. X., y D. SONG (2009): «Container fleet sizing and empty repositioning in liner shipping systems», *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, n. 45(6), pp. 860
- FURIO, S., A. MONFORT, R. SAPIÑA, J. ESQUEMBRE y A. TORREGROSA (2007): *Situación Logística del Sector de Transporte Terrestre de Contenedores en el Puerto de Valencia, Aspectos Jurídicos y Económicos del Transporte: Hacia un transporte más seguro, sostenible y eficiente (Tomo 2)*, Puerto de Valencia, Spain
- GONZÁLEZ-TORRE, P., J. SARKIS y B. ADENSO-DÍAZ (2013): «Shipping agents and container management: An exploratory analysis of infrastructural and cost concerns», *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, n. 5(3), pp. 322-349
- HAJEEH, M., y W. BEHBEHANI (2011): «Optimizing empty containers distribution among ports», *Journal of Mathematics and Statistics*, n. 7, pp. 216-221
- LI, J. A., S. C. H. LEUG, Y. WU y K. LIU (2006): «Allocation of empty containers between multi-ports», *European Journal of Operations Research*, n. 182, pp. 400-412
- MURTY, K. G., J. LIU, Y. W. WAN y R. LINN (2005): «A decision support system for operations in a container terminal», *Decision Support Systems*, n. 39(3), pp. 309-332
- SHEN, W. S., y C. M. KHOONG (1995): «A DSS for empty container distribution planning», *Decision Support Systems*, n. 15(1), pp. 75-82
- SHINTANI, K., A. IMAI, E. NISHIMURA y S. PAPADIMITRIOU (2007): «The container shipping network design problem with empty container repositioning», *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, n. 43, pp. 39-59
- SONG, D. P., y J. X. DONG (2011a): «Effectiveness of an empty container repositioning policy with flexible destination ports», *Transport Policy*, n. 18(1), pp. 92-101

- SONG, D. P., y J. X. DONG (2011b): «Flow balancing-based empty container repositioning in typical shipping service routes», *Maritime Economics & Logistics*, n. 13(1), p. 61
- SONG, D. P., y Q. ZHANG (2010): «A fluid flow model for empty container repositioning policy with a single port and stochastic demand», *SIAM Journal on Control and Optimization*, p. 48(5), p. 3623
- WANG, B., y G. TANG (2010): «Stochastic optimization model for container shipping of sea carriage», *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, n. 10(3), pp. 58-63
- WANG, B., y T. WANG (2007): «Research on the optimization of intermodal empty container reposition of land-carriage», *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, n. 7, pp. 29-33
- WHITE, W. W. (1972): «Dynamic transshipment networks: An algorithm and its application to the distribution of empty containers», *Networks*, n. 2(3), pp. 211-236

# 8

## Conclusiones y futuras líneas de investigación

### 8.1 Resultados

Este capítulo cierra la tesis doctoral y presenta las principales conclusiones de la misma, así como un conjunto de líneas de investigación que han ido surgiendo a lo largo del trabajo y que no han podido ser abordadas en el marco de la tesis, dejándose para investigaciones futuras.

El primer objetivo conseguido es la tesis en sí misma. Además, como resultado de su realización se ha obtenido la publicación de dos artículos en revistas indexadas JCR del primer cuartil en las áreas de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil, y de cuatro artículos presentados en congresos y publicados posteriormente como capítulos de libro con editorial de prestigio.

En el primer capítulo de introducción se presenta la temática general de la tesis – la logística del contenedor – se identifican las principales líneas de investigación en este área, se selecciona y limita el ámbito de trabajo – la logística del contenedor a nivel local o regional, en el ‘lado tierra’ – y se detectan las carencias de investigación específicas en este ámbito que son de interés para la industria y/o instituciones involucradas, y que son abordadas en los siguientes capítulos de la tesis.

En este primer capítulo se consigue, por tanto, establecer un marco de referencia y punto de partida que da coherencia al conjunto del trabajo, y sirve de guía relacionando los diferentes problemas abordados, así como otros que podrán ser abordados investigaciones futuras.

El segundo capítulo de la tesis realiza una contribución significativa a la literatura abordando una línea de investigación desatendida en Europa pero que juega un papel decisivo en el reequilibrio del patrón modal: La modelización de la demanda de transporte en el tramo terrestre de los envíos marítimos de contenedores. Prácticamente no hay estudios empíricos analizando las conexiones *port-to-door* desde la perspectiva de la demanda y, sin embargo, para avanzar en la revitalización del ferrocarril y un mayor reequilibrio del patrón modal, objetivos de la política europea de transporte, es importante conocer cuáles son los factores determinantes de la elección modal en estos casos. El segundo capítulo cubre esta carencia con la modelización y análisis de la elección modal entre carretera y ferrocarril utilizando un modelo *logit mixto* (de componentes de error) de elección discreta y técnicas de preferencias declaradas, siendo un punto de partida en la línea de investigación señalada.

Los resultados obtenidos confirman que el transporte ferroviario tiene una ventaja comparativa respecto al transporte por carretera en relación al coste, especialmente para el transporte marítimo de corta distancia, es decir, en los envíos donde el peso del coste del transporte terrestre interior sobre el coste total del transporte es mayor.

Los resultados del estudio también confirman el importante rol que juega la frecuencia en la competitividad del transporte ferroviario, siendo éste uno de los puntos donde las autoridades deberían centrar los esfuerzos para mejorar el nivel de servicio en este área. Además, los resultados también proporcionan valores subjetivos de los atributos de transporte (valor del tiempo, valor de la fiabilidad, valor de la frecuencia) que son considerados esenciales para un análisis costes-beneficio riguroso.

Según los resultados los transitarios que operan en el corredor Madrid-Puerto de Valencia estarían dispuestos a pagar 17 euros por envío por una reducción de una hora en el tiempo de tránsito, 3 euros por una reducción del 1% en los retrasos y 70 euros por el incremento de la frecuencia con un servicio extra por semana.

Investigaciones futuras pueden ahondar en estos aspectos analizando la estructura y características de los decisores (cargadores, transitarios, navieras, etc.) y el papel que estas juegan en el uso del ferrocarril en el tramo terrestre, junto con los sistemas de tarificación de los diferentes modos.

Siguiendo con el transporte en el tramo terrestre de los envíos marítimos de contenedores, otra de las claves para el fomento del transporte ferroviario es disponer de una red de plataformas o terminales intermodales interiores próximas a los puntos de generación y atracción de la carga. Para ello, es importante introducir una perspectiva portuaria en el diseño y planificación de una red interior de plataformas intermodales. Esto permitirá a los puertos apoyarse en esta red para agilizar el paso de las mercancías y disminuir sus problemas de congestión, al mismo tiempo que permitirá aumentar el volumen de tráfico de las terminales interiores.

El tercer capítulo de la tesis contribuye de forma significativa a este objetivo proponiendo, en primer lugar, una metodología para la estimación de los flujos de mercancías y/o contenedores marítimos desde/hacia los puertos a partir de las estadísticas de comercio disponibles y de las estadísticas de tráfico portuarios. Esta es una información que resulta básica para cualquier análisis y, a su vez, información muy sensible desde el punto de vista comercial, por lo que generalmente no está disponible y no es fácil de estimar. La metodología propuesta ha sido aplicada para el caso de los puertos españoles estimando los flujos de contenedores puerto-hinterland, y ha servido de base para estudios e investigaciones posteriores como la modelización del problema de localización de plataformas o terminales intermodales interiores abordada en el capítulo 5.

Pero además de conocer el patrón de los flujos puerto-hinterland, para introducir esta perspectiva portuaria en el proceso de planificación y diseño de una red interior de plataformas intermodales, es necesario también reflexionar sobre la necesidad de integración entre los puertos y las plataformas interiores, así como el rol activo que pueden jugar los puertos, los operadores de terminales y las compañías navieras en el proceso.

El tercer capítulo de la tesis contribuye también de forma significativa a este aspecto realizando un análisis estructurado del rol y las estrategias

seguidas por diferentes actores clave del sector marítimo-portuario (autoridades portuarias, operadores de terminales marítimas —de contenedores—, compañías marítimas) en el diseño y desarrollo de una red infraestructuras logísticas nodales interiores, a la vez que se realiza una revisión y se identifican cuáles son las principales necesidades de integración para el desarrollo de corredores intermodales eficientes puerto-hinterland, poniendo de manifiesto que la integración marítimo-ferroviaria es un aspecto vital para conseguir los objetivos de la política europea de transporte de reducción de emisiones y reequilibrio modal.

Además de las necesidades de integración de las infraestructuras y operaciones, las tecnologías de la información pueden jugar un papel relevante en la integración marítimo-ferroviaria facilitando, mejorando y gestionando de forma eficiente los flujos de información entre todos los agentes involucrados.

Basándose en estándares utilizados en la industria marítimo-portuaria y en el rol que pueden jugar plataformas como los Sistemas de Información Comunitaria (*Port Community Systems*), en el cuarto capítulo de la tesis se ha definido un marco de referencia para los intercambios de información entre todos los actores involucrados, que ha sido probado y validado en el corredor entre el Puerto de Valencia y el Puerto Seco de Coslada en Madrid con beneficios significativos que incluyen mejora de la calidad y nivel del servicio, y reducción costes administrativos y de operación tanto en la terminal ferropuertuaria como en la terminal interior (p.ej.: reducciones de un 10% en el tiempo de carga/descarga del ferrocarril; reducciones de un 20% en las operaciones de puertas; reducciones de hasta un 90% en los costes administrativos o de oficina en las terminales asociados a la operativa).

Tal y como se ha señalado anteriormente, el quinto capítulo de la tesis ha abordado el problema de la localización de una red de *hubs* intermodales interiores para dar soporte a los flujos de contenedores entre los puertos y el hinterland, con una contribución significativa mediante la formulación de un nuevo modelo de programación lineal entera mixta que considera distintos factores de descuento no lineales, dependiendo del volumen.

El modelo ha sido aplicado para el caso español considerando los flujos de contenedores marítimos desde/hacia los cinco principales puertos de contenedores (Valencia, Algeciras, Barcelona y Bilbao) y definiendo distintos escenarios variando parámetros como el número máximo de *hubs*, el número máximo de asignaciones a *hubs* para un origen/destino determinado o el factor de descuento para el transporte ferroviario en función del volumen, entre otros.

La aplicación de este modelo a distintos escenarios y el análisis de los resultados, pone de manifiesto la utilidad del mismo para las autoridades competentes y otros actores involucrados en la planificación y diseño de una red de terminales intermodales interiores que conecten a los puertos con su hinterland. En todos los casos el modelo se resolvió de forma exacta (con una sensibilidad del 0,001% al *gap*) utilizando el *solver gurobi 64 bits*, lo que requirió tiempos elevados de computación.

La definición y aplicación del modelo ha permitido identificar investigaciones futuras que den continuidad al trabajo, como el diseño de heurísticas específicas para la resolución del problema definido, la resolución del problema de una forma distribuida o la incorporación de variantes como la incertidumbre (estocástica o métodos fuzzy).

Por último, los capítulos sexto y séptimo, complementan la tesis abordando otro de los aspectos de la logística del contenedor en el 'lado tierra' que fue identificado como clave en el inicio de la investigación, y que tiene que ver con la logística del contenedor vacío.

El capítulo 6 plantea a nivel teórico diferentes alternativas para racionalizar la logística del contenedor vacío en el lado terrestre, que serán posteriormente modelizadas en el capítulo 7. Además, este capítulo también profundiza en el papel de los depósitos de contenedores vacíos, presentando una formulación rápida para estimar la capacidad requerida y necesidades de espacio, así como la localización de los mismos. Formulación que es aplicada al caso del Puerto de Valencia, identificando una carencia en los espacios disponibles, carencia que están cubriendo las terminales portuarias. Esta situación, debido a las limitaciones de espacio en las terminales por-

tuarias, puede derivar en problemas de congestión e interferir en la operativa, eficiencia y productividad de la terminal en momentos punta o con el incremento del tráfico. Los resultados del trabajo fueron puestos en valor para la revisión de la Estrategia Logística de la *Comunitat Valenciana* en el marco de un estudio (Análisis previo del corredor logístico vinculado al puerto de Valencia) realizado para la *Conselleria d'Infraestructures i Transport*, en el que participó la Fundación Valenciaport y el autor de esta tesis.

En el capítulo 7, por tanto, se realiza una contribución significativa al estudio de la logística del contenedor vacío, proponiendo y poniendo a prueba un modelo matemático para la asignación de contenedores vacíos y la gestión de la flota de contenedores por los agentes marítimos. El modelo presenta dos variantes en función de los patrones de movimiento admitidos (con y son 'triangulación'), y aborda la gestión de la logística interior de contenedores vacíos identificando diferentes objetivos como la optimización de los movimientos terrestres, la optimización del uso de los contenedores y la optimización de los depósitos de contenedores para el almacenamiento.

Los resultados basados en datos de operaciones reales de un agente marítimo en el Puerto de Valencia, confirman los beneficios económicos de utilizar este tipo de modelos para las decisiones operacionales, principalmente cuando se considera la posibilidad de hacer 'triangulaciones' casando operaciones de importación y exportación, con ahorros en torno al 2% comparando con los costes totales sin 'triangulación'. Además, también se consiguen ahorros significativos por la reducción de los traslados de contenedores vacíos entre depósitos y terminales.

Es también destacable como resultado, el desarrollo de un sistema de apoyo a la toma de decisiones (*Decision Support System - DSS*) en el que se incorporó el modelo definido, y la prueba y validación del sistema por un agente marítimo (China Shipping Spain Agency), mejorando los resultados de las operaciones diarias. El DSS desarrollado permite la implementación real del modelo en la operativa diaria de un agente marítimo.



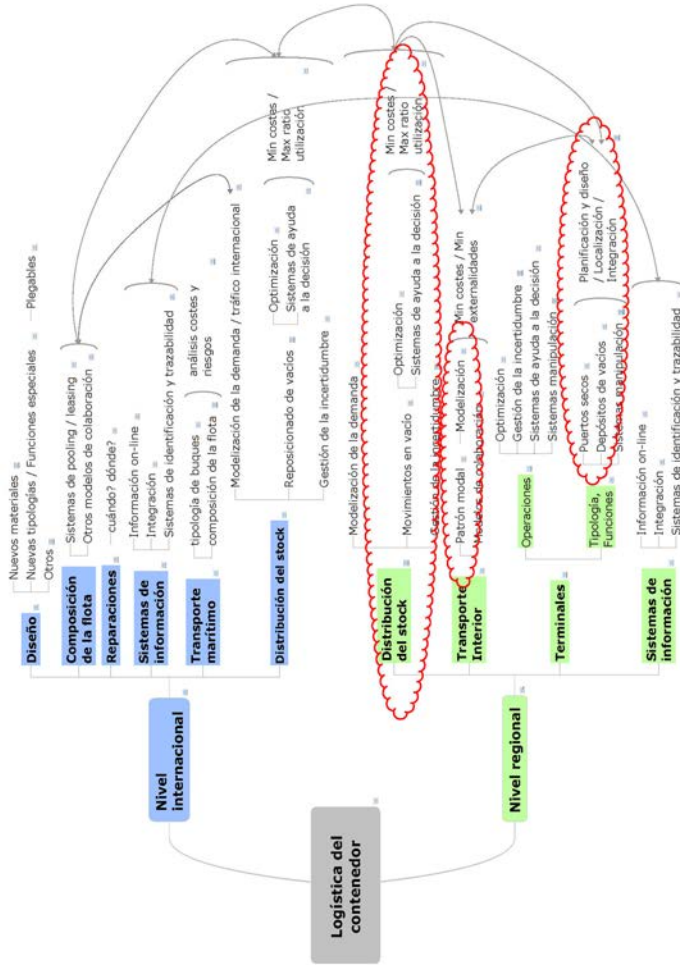
El desarrollo y aplicación del modelo ha permitido también identificar líneas de investigación futuras como la modelización de la logística del contenedor vacío incorporando distintos esquemas colaborativos entre compañías navieras que permitan aumentar los volúmenes y mejorar los resultados de la optimización, la modelización de la logística del contenedor y tráfico introduciendo el concepto de riesgo y/o incertidumbre, o la modelización del transporte internacional de contenedores y análisis de diferentes escenarios de composición de la flota de contenedores.

## 8.2 Resumen de las futuras líneas de investigación identificadas

En el capítulo primero se identificaban las principales problemáticas y líneas de investigación asociadas a la logística del contenedor. En el siguiente esquema se señalan aquellas que han sido abordadas de alguna forma desde esta tesis doctoral. De forma general, la identificación de huecos o carencias en el tratamiento por la literatura del resto de problemas o temáticas planteadas, puede dar lugar a futuras líneas de investigación que contribuyan a ampliar el conocimiento y la mejora de la logística del contenedor desde otros ámbitos o perspectivas.

Por otra parte, durante el desarrollo de la tesis se han identificado otras líneas de investigación concretas, directamente relacionadas con los problemas tratados, pero que no han podido ser abordadas en el marco de la tesis, pudiendo plantearse como líneas de trabajo futuras. Las principales son:

Gráfico 8.1: Problemas de la logística del contenedor



Fuente: elaboración propia

- Seguir trabajando en la modelización de la demanda de transporte en el tramo terrestre de los envíos marítimos de contenedores, y en particular en los modelos de elección modal, pero profundizando no sólo en los atributos del transporte y características de los envíos, sino en los sistemas de tarificación de los diferentes modos, y en la estructura y características de los decisores (cargadores, transitarios, navieras, etc.) y el papel que estas juegan en el uso del ferrocarril en el tramo terrestre.
- Trabajar en el diseño de heurísticas específicas para la resolución del problema de localización de *hubs* definido para dar soporte a los flujos de contenedores puerto-hinterland, y/o en la resolución del problema de una forma distribuida, o en la incorporación de variantes como la incertidumbre (estocástica o métodos *fuzzy*).
- Mejora de tecnologías que ayuden a una gestión más eficiente y mayor aprovechamiento de espacio en instalaciones dedicadas al almacenamiento y manipulación de contenedores
- Mejora de los sistemas de identificación y trazabilidad de los contenedores como fuente de información útil a incorporar en los sistemas de gestión de la flota de contenedores
- Trabajar en los modelos desarrollados para la asignación de contenedores vacíos y la gestión de la flota de contenedores por los agentes marítimos, incorporando variantes como la incertidumbre (estocástica o métodos *fuzzy*).
- Modelización de la logística del contenedor vacío incorporando distintos niveles y modelos colaborativos entre empresas (compañías navieras, agentes marítimos, transportistas terrestres) que permitan aumentar el volumen y mejorar los resultados de la optimización.
- Diseño de algoritmos inteligentes de ayuda a la decisión en la planificación y gestión operativa de la flota de contenedores a nivel local y global, sin necesidad de aplicar modelos de optimización,
- Modelización del tráfico marítimo internacional de contenedores y análisis de diferentes escenarios de composición de la flota (de contenedores y de buques)



# 8

## Conclusions and future research lines

### 8.1 Results

This chapter closes the thesis and presents the main conclusions of the work, together with the research lines that have arisen during the work, which have not been addressed in the framework of the thesis, leaving them as future research lines.

The first objective achieved is the thesis itself. In addition, as result of its development, it has been possible to publish two articles in JCR first quartile indexed journals in the areas of Industrial Engineering and Civil Engineering, along with four articles presented in conferences and published afterwards as chapters of books with prestigious editorial.

The first chapter presents the general theme of the thesis – container logistics –, it identifies the main research subjects in this area, selects and limits the scope of the work – container logistics at local or regional level –, and detects specific research gaps which may interest the industry and/or the institutions involved, and that are addressed in the following chapters of the thesis.

This first chapter achieves, therefore, the establishment of a coherent reference framework and starting point for the work as a whole, and serves as a guide connecting the different problems addressed, and others that could be addressed in future research.

The second chapter of the thesis makes a significant contribution to literature addressing a research line that has been neglected in Europe, yet plays a decisive role in the rebalancing of the transport mode pattern: The modelling of transport demand on the inland leg of containerised maritime shipments. Essentially, there are no empirical studies that have analysed port-to-door connections from a demand perspective. However, in order to make progress in railway regeneration and to achieve a greater rebalance of the transport mode pattern, objective of the European transport policy, it is important to know what are the determinant factors for modal choice in these cases. The second chapter covers this gap by modelling and analysing the modal choice between road and railway through an error components mixed logit discrete choice model and stated preference techniques, being an starting point in the indicated research line.

The results obtained from the study confirm that railway transport has a comparative advantage over road haulage in terms of cost, which is particularly significant for short sea shipping transportation because the relative cost of the inland leg for these types of shipments is much greater.

The results of the study also confirm the vital role that frequency plays in the relative competitiveness of rail transport. For this reason, policy-makers should focus their efforts on improving the level of service offered in this area. In addition, the research also provides estimations of subjective values of transport attributes (value of time, value of reliability and value of rail frequency) that are deemed essential for an accurate cost-benefit analysis.

According to the results obtained, freight forwarders that operate on the Port of Valencia–Madrid corridor would be willing to pay up to €17 per shipment for a 1-hour decrease in rail transit time, €3 for a 1% reduction in delays and €70 to increase rail frequency with an extra service per week.

Future research could investigate into issues further such as the role that the structure and characteristics of decision-makers, freight forwarders and ocean carriers play in the use of rail for overland transport and the various tariff systems used by one mode and the other.

Following with the inland leg of containerised maritime shipments, another key aspect in order to encourage rail transport is to rely on a network of

inland platforms or intermodal terminals next to cargo generation and attraction areas. For this, it is important to introduce the port perspective in the design and planning of an inland network of intermodal platforms. This will allow ports to rely on this network to speed up the flow of goods and reduce their congestion problems, allowing the increase of volumes of traffic of inland terminals simultaneously.

The third chapter of the thesis contributes significantly to this objective by proposing, firstly, a methodology to estimate the flow of goods and/or maritime containers from/to the ports, based on the available statistics of commerce and port traffics. This information is essential for any kind of analysis and, at the same time, it is very sensible information from a commercial point of view, so that generally is not available and it is not easy to make these types of estimations. The methodology proposed has been applied for the case of the Spanish ports, estimating the port-hinterland container flows, and it has served as a base for subsequent studies and research such as the modelling of the location problem of inland platforms or intermodal terminals addressed in Chapter 5.

Besides knowing the pattern of port-hinterland flows, in order to introduce this port perspective into the planning and design process of an inland network of intermodal platforms, it is also necessary to consider the need of integration between ports and inland platforms, as well as the active role that ports, terminal operators and shipping companies can play in this process.

The third chapter of the thesis also contributes significantly to this aspect by developing a structured analysis of the role and strategies followed by the different key actors of the maritime-port sector (port authorities, maritime terminal operators –container–, maritime companies) in the design and development of a network of inland nodal logistic infrastructures. At the same time a revision of the main integration needs for the development of efficient port-hinterland intermodal corridors has been developed, highlighting that maritime-rail integration is a vital aspect in order to achieve the objectives of the European transport policy regarding the reduction of emissions and transport mode rebalance.

In addition to the infrastructure and operations integration needs, information technology can also play a relevant role in maritime-rail integration facilitating, improving and managing efficiently the information flows between all the actors involved.

Based on the standards used by the maritime-port industry and the role that platforms, such as Port Community Systems, can play, in the fourth chapter of the thesis a reference framework for the information exchanges between all the actors involved, has been defined, tested and validated in the corridor between the Port of Valencia and the Coslada Dry Port. Significant benefits were achieved involving the improvement of the quality and service level, and the reduction of administrative and operational costs, both in the rail-maritime terminal and the inland rail terminal (e.g. reductions of a 10% on rail loading/unloading time; reductions of 20% on gate operations; reductions up to 90% on administrative or office costs in the terminals associated to the operation).

As it has been mentioned previously, the fifth chapter of the thesis has addressed the problem for the location of a network of inland intermodal hubs in order to provide support to the flow of containers between ports and their hinterland. It provides a significant contribution through the formulation of a new model of mixed integer linear programming that considers different non-linear discount factors, which are volume dependent.

The model has been applied to the Spanish case considering the flow of maritime containers from/to the five main container ports (Valencia, Algeciras, Barcelona and Bilbao) and defining different scenarios by altering parameters such as the maximum number of hubs, the maximum number of assignments to hubs of specific origins/destinations or the discount factor for the rail transport depending on the volume, among others.

The application of this model to different scenarios and the analysis of the results brings to light the usefulness of the model for the competent authorities and other actors involved in planning and designing of a network of inland intermodal terminals connecting the ports with their hinterland. In all the cases the model was solved exactly (with a gap sensibility of 0,001%) using the solver 'gurobi 64 bits' and requiring long computational times.



The definition and application of this model has allowed the identification of future research areas giving continuity to the work, such as designing specific heuristics for the problem considered, solving the problem in a distributed manner or incorporating variants such as uncertainty (stochastic or fuzzy methods).

Finally, chapters six and seven complete the thesis by addressing another aspect in container logistics at the 'land side', which was identified as a key aspect at the beginning of the research: empty container logistics.

Chapter 6 set out, at theoretical level, multiple alternatives in order to rationalise the empty container logistics at the overland side, which will be afterwards modelled in chapter 7. Besides, this chapter also delved into the role of empty container depots, presenting a brief formulation for the estimation of the capacity required and the need of space, as well as its location. This formulation is applied to the case of the port of Valencia, identifying a lack of available spaces, which is being covered by the port terminals. Furthermore, due to the space limitations at port terminals, this can result in congestion problems and interfere in the operation, efficiency and productivity of the terminal in peak times or with the increase of traffic. The work results were used for the revision of the Logistics Strategy of the Valencian Region in the framework of a study (Preliminary analysis of the logistics corridor linked to the port of Valencia) developed for the *Conselleria d'Infraestructures i Transport*, in which the Valenciaport Foundation and the author of this thesis participated in.

Chapter 7 involved a significant contribution to the study of the empty container logistics, proposing and testing a mathematical model for the assignment of empty containers and the management of the container fleet by maritime agents. The model presents two variants depending on the movement patterns considered (with and without triangulation or street-turn), and addresses the management of inland empty container logistics identifying different issues and goals such as optimising land movements, optimising containers' use and optimising storage yards' use.

The results, based on real time operational data of a maritime agent in the port of Valencia confirm the economic benefits of implementing this kind

of model for operational decision making, mainly when street-turn is considered, matching import and export operations, with savings reaching up to 2% of total costs when compared with no triangulation. Besides this, significant savings are also achieved due to the reduction of transfer movements of empty containers between container depots and terminals.

It is also remarkable as result, the development of a Decision Support System (DSS) with the defined model embedded, and the test and validation of the system by a maritime agent (China Shipping Spain Agency), improving the results of daily operations. The developed DSS allows the real implementation of the model in daily operations of a maritime agent.

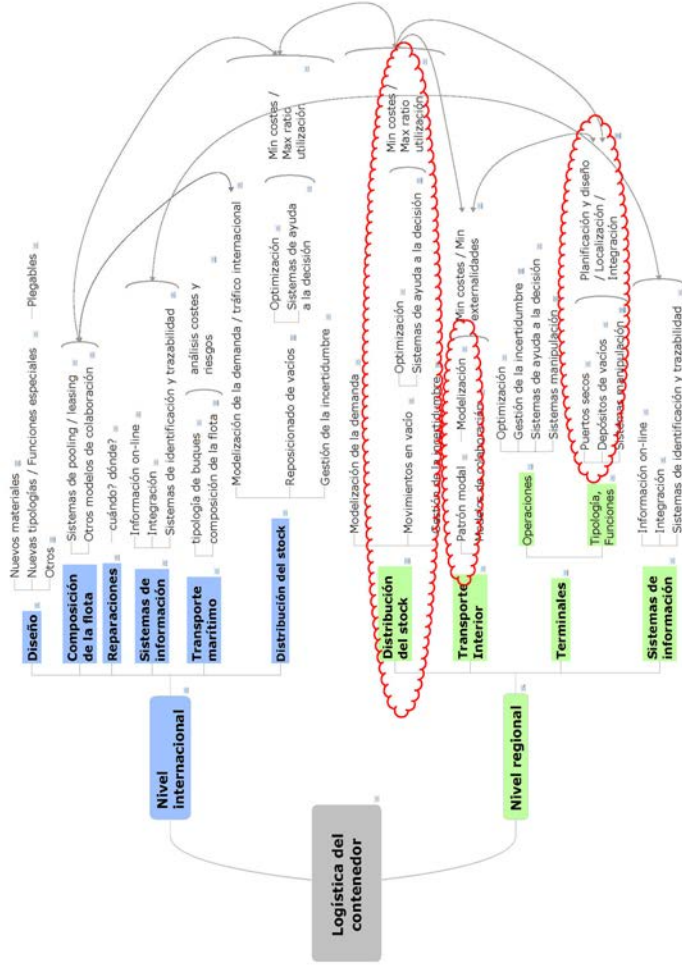
The development and application of the model has also allowed to identify future research lines such as modelling empty container logistics involving collaborative schemes among shipping lines allowing increase volumes and improve the optimisation results, modelling container logistics and traffics introducing the "risk" concept and uncertainty, or modelling international container traffic and different scenarios of container fleet composition.

## 8.2 Summary of the identified future research lines

In the first chapter, the main problems and research lines about container logistics were identified. In the following graphic, the lines that have been addressed in this thesis are pointed out. Generally, the identification of gaps or shortages in the literature around the rest of the problems or themes presented, can lead to future research lines contributing to extend the knowledge and improve container logistics from other fields of perspectives.

What is more, during the development of the thesis, other specific research lines direct related with the problems addressed have been identified but have not been able to be addressed in the framework of the thesis, leaving them as future research lines. The main ones are:

Graphic 8.1: Problems for container logistics



Source: Own elaboration

- Continue working in modelling of transport demand on the inland leg of containerised maritime shipments, and in particular in modal choice models, focusing not only on the attributes of transport and the characteristics of shipment but also delving into tariff systems used by different transport modes, the characteristics of decision-makers (shippers, freight forwarders, shipping companies, etc.) and the role that they play in the use of rail for the overland transport.
- Work in the design of specific heuristics for solving the defined hubs location problem in order to provide support to port-hinterland flows, and/or in solving the problem in a distributed manner or incorporating variants such as uncertainty (stochastic or fuzzy methods).
- Improve technologies to support a more efficient management and a better use of space in facilities dedicated to container storage and handling.
- Improve identification and track-and-trace systems of containers as this information can be of great value to systems managing container fleets.
- Work on the developed models for empty container assignment and the management of container fleets by maritime agents, considering variants such as uncertainty (stochastic or fuzzy methods).
- Modelling empty container logistics considering different collaborative levels and models between companies (shipping companies, maritime agents, and transport operators) allowing increased volumes and improved optimisation results.
- Design of intelligent algorithms providing support for planning and operational decisions in the management of container fleets at local and global levels, without the need of applying optimisation models.
- Modelling international container maritime traffic and the analysis of different scenarios for fleet composition (containers and ships).

# Glosario

## Buque *feeder* (alimentador)

El concepto de buque *feeder* en transporte marítimo hace generalmente referencia a pequeños barcos que transportan contenedores desde/hacia los grandes puertos y terminales marítimas para alimentar a los grandes buques que operan en las mismas.

## Buque Oceánico (*Mother Vessel*)

El concepto de buque oceánico en transporte marítimo hace generalmente referencia a grandes barcos que operan sólo en grandes puertos donde se concentra la carga.

## Buque portacontenedores

Es un tipo de buque diseñado especialmente para el transporte de mercancía en contenedores estandarizados, equipado con celdas o compartimentos para el acomodo de los mismos y con poco, o ningún espacio, para otro tipo de carga.

## Cadenas de suministro (*supply chain*)

La cadena de suministro es un concepto amplio que abarca la secuencia de eventos que cubren el ciclo de vida entero de un producto o servicio desde que es concebido hasta que es consumido. El *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP) define "Cadena de Suministro" de la siguiente manera: La Cadena de Suministro eslabona a muchas compañías, iniciando con materias primas no procesadas y terminando con el consumidor final utilizando los productos terminados. Todos los proveedores de bienes y servicios y todos los clientes están eslabonados por la demanda de los consumidores de productos terminados al igual que los intercambios materiales e informáticos en el proceso logístico,

desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados al usuario final.

### *Carrier haulage (transporte terrestre no cedido)*

En transporte marítimo hace generalmente referencia al movimiento interior (terrestre) de un contenedor bajo el control de la línea marítima, utilizando un transportista propuesto por la línea marítima.

### *Clúster (de un puerto)*

El concepto de clúster hace referencia a agrupamiento o grupo. Desde el punto industrial se puede hablar de diferentes tipos de clúster: geográfico, sectorial, horizontal. El clúster de un puerto comercial es por lo general una combinación de estos tipos y hace referencia al conjunto de actores (empresas privadas e instituciones) que funcionan en torno a la actividad de dicho puerto.

### *Compañías de leasing (de contenedores)*

Las compañías de *leasing* de contenedores son empresas propietarias de una flota de contenedores que se dedican al alquiler de los mismos a empresas navieras o a cargadores mediante un sistema de *pooling*.

### *Contenedor marítimo (maritime container)*

Un contenedor marítimo es un equipamiento de transporte reutilizable y resistente que puede ser separado del chasis o semirremolque de un camión y cargado en un buque o en un plataforma de ferrocarril, y que puede ser apilado y almacenado en un depósito de contenedores. Los contenedores marítimos pueden ser ventilados, aislados, refrigerados, con el techo abierto (*open top*), plataformas, diseñados para el transporte de líquidos, etc. También pueden ser de diferentes tamaños, los más utilizados son contenedores de 20 y 40 pies (6 096 y 12 192 mm), el ancho es siempre de 8 ft (2 438 mm), y las alturas estándar son de 8 ft 6 in (2 621 mm) o 9 ft 6 in (*high cube*) (2 926 mm). (En las páginas 24 y 25 se encuentran otras definiciones).

### *Corredores logísticos (logistics corridors)*

Un corredor logístico es aquel que articula de manera integral orígenes y destinos en aspectos físicos y funcionales como la infraestructura de

transporte, los flujos de información y comunicaciones, las prácticas comerciales y de facilitación del comercio. Algunos de los aspectos que definen un corredor logístico son los extremos geográficos y funcionales, la oferta de servicios, las infraestructuras y equipos, los productos transportados, la operación administrativa y comercial, etc.

### Depósito de contenedores

Instalación especializada en el almacenamiento de contenedores vacíos. Su misión consiste en facilitar la logística de los contenedores vacíos y se ocupa de su almacenaje, su custodia y, en caso de necesidad, de servicios añadidos como inspección, limpieza y reparación.

### Elección modal (*modal choice*)

El concepto de 'elección modal' hace referencia a la elección por parte del decisor, de un modo u otro de transporte dentro de un conjunto de alternativas. En el campo de la modelación del transporte, se han utilizado los modelos de elección discreta para abordar las elecciones modales, siendo el enfoque habitual el de la maximización de la utilidad aleatoria. En la práctica los modelos más usados son el logit multinomial, el logit jerárquico y, en los últimos años, el logit mixto.

### *Foreland*

Se denomina *foreland* de un puerto a la región nacional o internacional que es origen de las mercancías desembarcadas en el puerto y destino de las mercancías embarcadas en el mismo. Se trata pues del área de influencia del puerto a la cual se dirige la carga generada por su *hinterland* o de la cual procede las mercancías destinadas a dicho *hinterland*.

### *Hinterland*

El término *hinterland* hace referencia de forma general a las áreas remotas de un país situadas lejos de la costa o de las riberas de grandes ríos. En transporte marítimo de mercancías se habla habitualmente del *hinterland* de un puerto para hacer referencia a la zona de influencia de dicho puerto, es decir, a las zonas internas de un país que son origen o destino de las mercancías embarcadas o desembarcadas en el puerto.

## Índice JCR

El Journal Citation Reports (JCR) es una publicación anual que realiza el Instituto para la Información Científica, que actualmente es parte de la empresa Thomson Scientific. Esta publicación evalúa el impacto y relevancia de las principales revistas científicas del campo de las ciencias aplicadas y sociales.

## Infraestructuras nodales (*nodal infrastructures*)

El concepto de infraestructura nodal de transporte hace referencia a aquellas infraestructuras que se sitúan en determinados nodos de la red de transportes (terminales, plataformas, centros integrados de transporte, etc.) y que complementan a las infraestructuras lineales (carreteras, líneas ferroviarias, vías navegables, etc.). Se trata de elementos clave de los sistemas de transporte donde por lo general se concentra la carga y se realizan diferentes tipos de operaciones.

## Intermodalidad (transporte intermodal)

El transporte intermodal es el movimiento de mercancías en una misma unidad o vehículo usando sucesivamente dos o más modos de transporte sin manipular la mercancía en los intercambios de modo. (*Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa*)

## *Merchant haulage* (transporte terrestre cedido)

En transporte marítimo hace generalmente referencia al movimiento interior (terrestre) de un contenedor bajo el control del cargador o consignatario de la mercancía (o de su agente – transitario, operador logístico –), utilizando un transportista propuesto por el mismo.

## Movimientos en vacío (*empty movements*)

Los movimientos en vacío de los contenedores hacen referencia a los traslados y/o manipulaciones de contenedores vacíos (por lo general antes de ser llenados en una operación de exportación o después de ser vaciados en una operación de importación).

## *Off-hire*

Fin de alquiler (devolución). Es un término utilizado generalmente en el alquiler de contenedores en un sistema de *pooling*.



### Operaciones *match back*

La operación de *match back* hace referencia a aquella en la que en lugar de reposicionar el contenedor vacío, se busca una carga de exportación local para que el contenedor se envíe de vuelta lleno.

### Plataforma logística

De forma general se puede entender una plataforma logística como una zona donde se concentran actividades logísticas. Europlatforms define una plataforma logística como una zona delimitada gestionada por una entidad única, pública o privada, en el interior de la cual se ejercen, por diferentes operadores, todas las actividades relativas al transporte, a la logística y a la distribución de mercancías, tanto para el tránsito nacional como el internacional. Estos operadores pueden ser propietarios o arrendatarios de los edificios, equipamientos e instalaciones (almacenes, áreas de stockaje, oficinas, aparcamientos, muelles, etc.) que en el centro están construidos. Una plataforma logística debe también estar dotada de todos los equipamientos colectivos necesarios para el buen funcionamiento de las actividades arriba descritas y comprender servicios comunes para las personas y para los vehículos de los usuarios.

### Puerto *gateway*

Un puerto *gateway* es un puerto que puede tener importantes volúmenes de trasbordo pero que, a diferencia de los puertos *hub*, disponen de un hinterland económicamente potente que genera asimismo grandes volúmenes de carga. En general se trata de puertos ubicados cerca de importantes áreas industriales y de consumo y que disponen de buenas conexiones terrestres que les permiten actuar como centros de concentración y distribución de cargas. De alguna manera, tal y como su nombre indica, los puertos *gateway* son los puntos principales de entrada y salida de la mercancía de una determinada región geográfica.

### Puerto *hub* (*hub* marítimo o puerto de transbordo)

Un puerto *hub* es un puerto central o de redistribución de carga. Es decir, un puerto al que llegan las líneas navieras de largo recorrido con grandes buques que descargan sus mercancías en dicho puerto, para que después se redistribuyan con buques *feeder* que dan servicio a líneas

de recorrido más corto. Los puertos *hub* realizan básicamente operaciones de concentración y distribución de carga cuyo origen y destino queda fuera del hinterland del puerto. Es decir, se trata de puertos en los que la mayor parte de las operaciones que se realizan corresponden a trasbordo de mercancía entre buques, mientras que el tráfico local con el área de influencia del puerto es de escasa relevancia respecto al anterior. (El concepto de puerto *hub* es un concepto propio del transporte de contenedores)

### Reposicionado de un contenedor vacío

El reposicionado de un contenedor vacío hace referencia al transporte de retorno hasta el origen del contenedor vacío una vez realizada la descarga.

### Sistema de *pooling*

El sistema *pooling* es un ejemplo clásico de externalización. En la gestión de la cadena de suministro, un sistema de *pooling* permite a los participantes utilizar (generalmente en régimen de alquiler) un fondo común de bienes (palets, contenedores, etc.) en buen estado para almacenar y transportar carga.

### Sistemas *hub-and-spoke*

Un sistema de transporte *hub-and-spoke* es un sistema de conexiones que permite reducir el número de rutas para comunicar los nodos (aeropuertos, puertos, terminales ferroviarias, plataformas logísticas) entre sí. Consiste en concentrar el tráfico en determinados nodos logísticos de gran capacidad o *hubs* que se encargan de enlazar los de menor capacidad o importancia (*spokes*).

### *Slow steaming*

El concepto de *slow steaming* (o navegación lenta) hace referencia a la práctica de buques transoceánicos, principalmente buques portacontenedores, de reducir su velocidad de forma significativa (en relación a su máxima velocidad) con el objetivo de reducir el consumo y los costes de combustible. (Se trata de una práctica reciente que se inició en el 2007 como consecuencia de la subida de los precios del petróleo)

### *Street-turn* (triangulación)

La operación de *street-turn* o triangulación hace referencia a una operación de *match back* en la que la carga del contenedor con la exportación local se realiza de forma directa sin que el contenedor pase por un depósito de contenedores o por la terminal. El contenedor una vez vaciado en las instalaciones del importador es enviado directamente hasta las instalaciones del cargador o exportador para su llenado sin ser enviado previamente a la terminal.

### TEU (Twenty Equivalent Unit)

Es la medida de referencia equivalente a un contenedor marítimo de veinte pies.

### Transporte multimodal

El transporte multimodal es el movimiento de mercancía usando dos o más modos de transporte (*Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa*). La *Convención de Transporte Internacional Multimodal de mercancías de 1980 de las Naciones Unidas* define el transporte multimodal internacional como el movimiento de mercancías, usando como mínimo dos modos diferentes de transporte sobre las bases de un contrato multimodal de transporte, desde un lugar donde la mercancía es cargada por el operador de transporte multimodal a un lugar designado para la entrega situado en un país diferente.

### *Unitización* de la carga

El concepto de *unitización* o unidad de carga hace referencia al agrupamiento de uno o más ítems de carga general, que se movilizan como unidad indivisible de carga: la *paletización* y *containerización* constituyen las modalidades más comunes de *unitización* de la carga.



# Relación de figuras y gráficos

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1.1: Evolución del tráfico portuario mundial de contenedores                   | 34 |
| Gráfico 1.2: Evolución de la concentración de las compañías navieras                   | 35 |
| Gráfico 1.3: Superficie y número de terminales de los principales operadores           | 37 |
| Gráfico 1.4: Ranking de los principales operadores de terminales de contenedores       | 37 |
| Gráfico 1.5: Evolución del tamaño de los buques (en TEU)                               | 39 |
| Gráfico 1.6: Evolución del coste operativo y el tamaño de los buques portacontenedores | 40 |
| Gráfico 1.7: Ruta Tradicional  | 41 |
| Gráfico 1.8: Sistema hub-and-spoke   | 41 |
| Gráfico 1.9: Tráfico portuario (Ruta trad.)  | 42 |
| Gráfico 1.10: Tráfico portuario (hub-and-spoke)  | 42 |
| Gráfico 1.11: Ciclo básico del contenedor: reposicionado                               | 47 |
| Gráfico 1.12: Ciclo básico del contenedor: match back                                  | 47 |
| Gráfico 1.13: Ciclo básico del contenedor: triangulación                               | 48 |
| Gráfico 1.14: Ciclo básico del contenedor: depósitos de vacíos                         | 50 |
| Gráfico 1.15: Ciclo básico del contenedor: depósitos de vacíos (2)                     | 51 |
| Gráfico 1.16: Ciclo básico del contenedor: plataforma Logística                        | 52 |
| Gráfico 1.17: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril                                 | 53 |
| Gráfico 1.18: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril (2)                             | 53 |
| Gráfico 1.19: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril (3)                             | 54 |

|  |     |
|--|-----|
| Gráfico 1.20: Ciclo básico del contenedor: ferrocarril (4)   | 54  |
| Gráfico 1.21: La logística del contenedor: niveles diferenciados   | 55  |
| Gráfico 1.22: Desequilibrio de flujo de contenedores en los principales ejes comerciales   | 56  |
| Gráfico 1.23: Problemas de la logística del contenedor   | 58  |
| Figure 2.1: Relationships of stakeholders in rail freight shipments  | 84  |
| Figure 2.2: Advantages associated to using rail transport  | 91  |
| Figure 2.3: Disadvantages associated to using rail transport. Note: the variable "cargo breaks" refers to the relative efficiency of cargo breaks (either due to consolidation/deconsolidation or to a change of modes) during transport | 93  |
| Figure 2.4: Average perceptions of the quality of the current road and rail transport services   | 93  |
| Figure 4.1: Information flows in a maritime-rail-road import operation   | 132 |
| Figure 4.2: Information flows in a road-rail-maritime export operation   | 135 |
| Figure 4.3: Standard messages proposal for import operations at dry ports  | 139 |
| Figure 5.1: The hub location problem   | 150 |
| Figure 5.2: Optimal solution for the different scenarios   | 156 |
| Gráfico 6.1: Evolución de la flota mundial de contenedores marítimos   | 163 |
| Figura 6.1: Principales ejes comerciales en tráfico de contenedores (2004) e <i>imbalance</i> de contenedores por grandes áreas geográficas  | 165 |
| Figura 6.2: Contenedor – pautas de movimiento  | 167 |
| Figura 6.3: Match Back con <i>depot</i> intermedio   | 170 |
| Gráfico 6.2: Tráfico de contenedores en el Puerto de Valencia (2004) (excepto tránsitos)   | 173 |
| Figura 6.4: Flujos portacontenedores   | 174 |
| Figura 6.5: Intensidades y flujos desde y hacia <i>depots</i>  | 178 |
| Figure 7.1: Main container traffic (millions TEU) between regions in 2007 (Dekker, 2009)   | 185 |

|   |     |
|---|-----|
| Figure 7.2: Container movement patterns   | 188 |
| Figure 7.3: Decision variables associated with empty container movements among the different agents | 194 |
| Figure 7.4: Plot of total logistic costs with and without street-turns                              | 204 |
| Gráfico 8.1: Problemas de la logística del contenedor   | 216 |
| Graphic 8.1: Problems for container logistics   | 225 |





# Relación de tablas

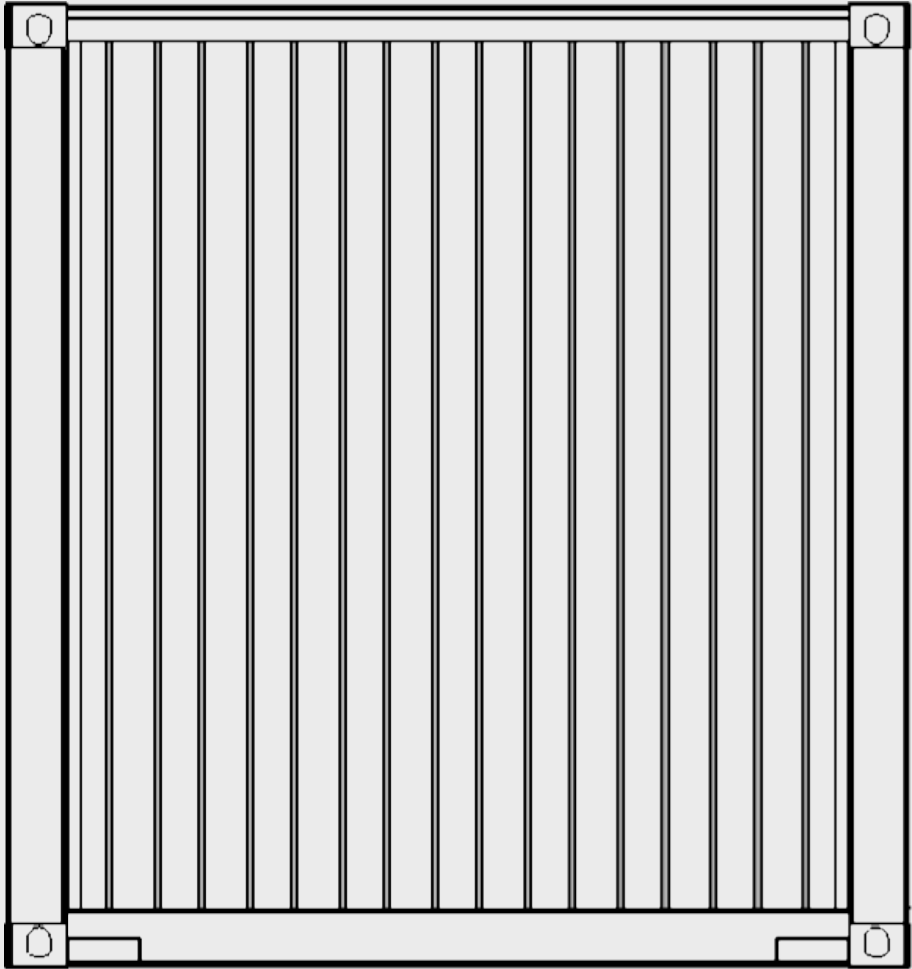
|            |   |     |
|------------|---|-----|
| Tabla 1.1: | Compañías navieras representando el 50% de la capacidad en servicio           | 35  |
| Tabla 1.2: | Tipos de operadores globales de contenedores                                  | 36  |
| Table 2.1: | Review of the literature on European freight transport demand modelling       | 76  |
| Table 2.2: | Rail services available in the Port of Valencia–Madrid Corridor in 2007       | 83  |
| Table 2.3: | Main characteristics of logistics operators interviewed                       | 86  |
| Table 2.4: | Number of representative shipments and SP observations by interviewee         | 87  |
| Table 2.5: | Attributes and levels considered in the SP experiment                         | 88  |
| Table 2.6: | Average characteristics of shipments  | 95  |
| Table 2.7: | Explanatory variables   | 98  |
| Table 2.8: | Estimation results  | 99  |
| Table 2.9: | Subjective values of mode attributes  | 100 |
| Table 3.1: | Main Spanish container seaport-hinterland flows (estimation year 2008)        | 115 |
| Table 4.1: | SMDG standard messages for maritime container logistics and shipping planning | 136 |
| Table 5.1  | Sets and indices  | 152 |
| Table 5.2: | Parameter notations   | 152 |
| Table 5.3: | Variable notation   | 153 |
| Tabla 6.1: | Flota mundial de contenedores marítimos por tipo y longitud (2004)            | 164 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 6.2: Entradas y salidas anuales en depots   | 175 |
| Tabla 6.3: Distribución de orígenes y destinos terrestres de las operaciones de importación y exportación | 175 |
| Tabla 6.4: Entradas de contenedores en los depots – desplazamientos del camión (orígenes y destinos)      | 176 |
| Tabla 6.5: Salidas de contenedores en los depots – desplazamientos del camión (orígenes y destinos)       | 177 |
| Tabla 6.6: Intensidades flujos desde y hacia depots   | 177 |
| Table 7.1: Classification of existing empty container logistics research                                  | 189 |









UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA