
Gestió del transport multimodal

PID_00260580

Enrique Martín Alcalde

Temps mínim de dedicació recomanat: 3 hores



**Enrique Martín Alcalde**

Enrique Martín és doctor enginyer de camins, canals i ports, i màster en Shipping business per la UPC - BarcelonaTech. Completa la seva formació amb un programa de Direcció per EADA i estades internacionals a TUDelft (Països Baixos) i PNU (Corea del Sud).

És director de l'Oficina Tècnica d'Innovació de l'Autoritat Portuària d'Algesires i consultor de logística a IDOM. Anteriorment va treballar al Centre d'Innovació del Transport (CENIT) i a l'enginyera TEC 4.

Té més de deu anys d'experiència en projectes d'innovació, consultoria i recerca. És autor de diferents publicacions sobre logística i transport marítim.

L'encàrrec i la creació d'aquest recurs d'aprenentatge UOC han estat coordinats pel professor: Eduard Josep Álvarez Palau (2019)

Primera edició: febrer 2019
© Enrique Martín Alcalde
Tots els drets reservats
© d'aquesta edició, FUOC, 2019
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
Disseny: Manel Andreu
Realització editorial: Oberta UOC Publishing, SL

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del copyright.

Índex

1. Introducció a la multimodalitat i la intermodalitat.....	5
1.1. Conceptes generals	5
1.2. Plataformes logístiques multimodals i intermodals	7
1.2.1. Terminals portuàries	8
1.2.2. Terminals intermodals interiors	12
1.2.3. Terminals intermodals de càrrega aèria (aire-carretera)	13
1.3. La importància del contenidor per a la intermodalitat	14
1.4. Factors en l'elecció d'un mode de transport	16
1.4.1. Factors de decisió interns	16
1.4.2. Factors de decisió externs: l'impacte social	18
2. Configuració de xarxes de transport multimodal.....	21
2.1. El transport terrestre en la cadena multimodal	21
2.2. Xarxes <i>hub-and-spoke</i>	23
2.3. El transport marítim de curta distància com a alternativa intermodal	24
2.3.1. Transport marítim de curta distància	24
2.3.2. Autopistes del mar	26
2.4. Autopistes ferroviàries	28
2.4.1. Transport multimodal o autopista ferroviària	29
2.4.2. Tipologies de sistemes i vagons per a les autopistes ferroviàries	30
3. La sincromodalitat: el paradigma futur del transport multimodal.....	32
3.1. La sincromodalitat	32
Bibliografia.....	35

1. Introducció a la multimodalitat i la intermodalitat

Tal com s'exposa en el mòdul «Gestió del transport internacional», durant les diverses fases que conformen el transport internacional de mercaderies és **habitual que es requereixi més d'un mode de transport per a transportar els béns des del generador de càrrega fins al client final o consumidor**. És a dir, es requereix un **intercanvi modal de la mercaderia**. Per tant, perquè aquest intercanvi modal es produeixi d'una manera eficient, és necessari:

- Utilitzar una unitat estàndard de transport que sigui compatible entre els modes.
- Disposar d'una sèrie de nodes o punts preparats amb equipaments específics per a fer el transbord de mercaderies (plataformes logístiques multimodals).
- Habilitar zones d'emmagatzematge temporal en terra per a coordinar els diferents ritmes d'arribades entre modes de transport i les diferències de capacitat de càrrega.

Per tant, l'abast **d'aquest mòdul** és caracteritzar el concepte de multimodalitat i les seves variants, analitzar la seva operativa i identificar les futures tendències en el transport internacional de mercaderies. També s'analitzen els factors de decisió que determinen quina combinació de modes de transport és òptima per a transportar uns determinats béns o productes entre dos punts, és a dir, la configuració de la cadena de transport.

1.1. Conceptes generals

En aquest apartat es caracteritzen les **diverses modalitats de transport combinat de mercaderies** utilitzades al llarg de la cadena logística i de transport:

1) **Transport multimodal**. És el transport de mercaderies que requereixen més d'un mode de transport (transport terrestre –camió i ferrocarril– i transport per aigua –marítim o vies interiors–), per al qual solament es tramita un document únic, o contracte de transport, per a tots els modes de transport implicats. S'aplica tant a càrregues unitaritzades com a no unitaritzades, i no exigeix usar la mateixa unitat de transport entre modes. És imprescindible que no hi hagi ruptura de càrrega (una caixa, un palé, un vehicle, etc.). Això permet reduir els costos i el temps de l'operació en el conjunt i, en utilitzar-se un únic document de transport, hi ha preferència d'ingrés i pas a les duanes.

2) **Transport intermodal.** És un tipus de transport multimodal caracteritzat pel fet que solament s'utilitza una unitat de transport (contenedor, caixes mòbils, UTI, etc.) amb l'objectiu de fer més ràpidament les operacions de transbord entre modes, sense haver d'emprar la càrrega i descàrrega per a canviar de vehicle i unitat de càrrega. A diferència del transport multimodal, aquí es necessita un document de transport per a cada mitjà utilitzat.

Els llocs de transbord de mercaderies es denominen *plataformes logístiques multimodals* o *terminals intermodals*. Les terminals portuàries, terminals ferropor-tuàries, ports secs o centres de càrrega aèria són exemples d'aquest tipus de terminals intermodals.

A partir dels conceptes anteriors es deriva que els principals **factors diferenciadors entre modes de transport** són la unitat intermodal de transport utilitzada i els documents de transport. Així mateix, cal destacar que les modalitats anteriors corresponen a la gestió clàssica del transport, basat en l'elecció discreta de cada mode i de cada unitat de transport per al trasllat des d'un punt A cap a un punt B (un únic corredor).

No obstant això, hi ha altres alternatives amb una visió holística i integrada, com la gestió en cadena (transport comodal) o la gestió en xarxa de transport (transport sincromodal). Aquestes variants poden definir-se de la manera següent:

1) **Transport comodal.** És un nou concepte de transport, introduït per la Unió Europea l'any 2006, que es refereix a l'ús eficient de dos o més modes de transport per separat i en combinació al llarg de la cadena de transport amb el propòsit d'aconseguir una utilització de recursos òptima i sostenible.

Aquest concepte engloba solucions de transport combinat en el qual es produeix la superposició física dels mitjans de transport i de contractes. Els casos més freqüents són: transport multimodal (camió sobre vagó ferroviari), càrrega horitzontal (camió sobre vaixell) i el sistema UFR (semiremoc a l'interior d'un vagó de ferrocarril).

Al seu torn, el transport combinat pot ser acompanyat (el conductor del camió també viatja) o no acompanyat (el conductor no acompanya el transport del camió). Exemples de casos d'ús reals es poden trobar en l'estudi dut a terme per la consultora AECOM (2011) per al Departament de Transport del Regne Unit, d'on n'extraiem un a manera divulgativa.

Exemple 1. Cas d'èxit de la cadena de supermercats Sainsbury's per a reduir les externalitats de la cadena logística al centre de Londres utilitzant el transport fluvial com a alternativa a la carretera

El 2007 la companyia Sainsbury's va fer una prova reeixida per a transportar una sèrie de productes des dels seus magatzems de South Eastern fins a una de les seves botigues al centre de Londres. La utilització d'un mitjà de transport tradicionalment lent (fluvial)

va comportar en realitat una millora en el temps de lliurament respecte a la carretera, contribuint a una reducció del 25% de CO₂ (objectiu de la companyia per al 2012).

Un cas com el de Sainsbury's hauria passat per alt a la majoria dels professionals de la cadena de subministrament, que descarten qualsevol transport per aigua, en particular per vies navegables interiors, no solament pel fet de ser més lent i poc fiable, sinó també per tractar-se de productes peribles. No obstant això, el canvi de paradigma en les prioritats en l'àmbit empresarial està generant noves oportunitats per a altres modes, i això impulsa el creixement del mercat ferroviari i fluvial al Regne Unit, per exemple.

Finalment, cal indicar que en l'apartat 2.4 del present mòdul es caracteritzen amb més detall el transport multimodal i el transport de camions combinat amb el transport marítim (TMCD o SSS), i solucions del tipus *Hub&Spoke*, que són utilitzades per les empreses com a solucions comodals per a reduir costos de transport i emissions de gasos d'efecte d'hivernacle.

2) Transport sincromodal. Aquest concepte de transport fa referència a la combinació estructurada, flexible, eficient (en temps i cost) i sincronitzada de dos o més modes de transport. Mitjançant la sincromodalitat, el client pot seleccionar en cada instant, i a partir d'informació en temps real i les necessitats particulars, la millor combinació possible. El principal avantatge és la flexibilitat per a canviar de mode de transport en qualsevol moment.

A causa del progrés i l'aparició de solucions tecnològiques i sistemes d'informació avançats, qualsevol canvi o alteració es pot processar i respondre amb immediatesa. Això permet analitzar quina modalitat o combinació de modalitats condueixen a l'escenari més eficient i sostenible en el dia a dia o fins i tot a curt termini.

Aquest concepte es detalla al final del mòdul (apartat 3), en el qual es recull la importància dels factors de decisió combinats amb un ús eficient de tècniques d'anàlisi de dades.

Com a **conclusió**, s'observa que totes les **modalitats de transport** indicades tenen en comú l'ús de més d'un mode de transport, mentre que la principal diferència rau en la manera com es duu a terme el procés: el **transport sincromodal** posa èmfasi en la flexibilitat, el **transport intermodal** se centra a utilitzar una sola unitat de transport, i el **transport comodal** se centra a utilitzar de manera òptima i eficient cada mode i en conjunt al llarg d'una cadena logística. Per la seva banda, el **transport multimodal** engloba els anteriors i és el concepte més genèric.

1.2. Plataformes logístiques multimodals i intermodals

En l'apartat introductorí s'indicava que habitualment, per a distribuir béns de comerç internacional, es requereix una combinació de **xarxes multimodals i plataformes logístiques**. Aquestes poden ser d'un sol mitjà de transport (distribució urbana o centres de carretera) o bé incorporar **nodes d'intercanvi**

modal entre diversos mitjans de transport (terminals portuàries i ports secs, amb accés per carretera i generalment també ferroviari), en els quals es concentren activitats i funcions tècniques i de valor afegit.

La **funció principal d'aquestes plataformes multimodals o intermodals** és nodal, i inclou serveis relatius al transport, encara que també exerceixen una funció logística i de distribució molt important en ubicacions geoestratègiques, i ofereixen serveis de valor a la mercaderia i no tant al mode de transport per si mateix.

Finalment, atès que la intermodalitat pot donar-se entre els modes marítim, aeri, de carretera i ferroviari, a continuació s'introdueixen de manera breu les diferents **tipologies de plataformes intermodals o terminals**.

1.2.1. Terminals portuàries

De manera genèrica, una **terminal portuària** es concep com un bescanviador modal (transport terrestre i marítim), que sol estar format per una àrea d'emmagatzematge en terra, per a coordinar els ritmes d'arribada dels dos modes de transport; una zona de recepció i lliurament al costat terrestre (càrrega i descàrrega de camions), i una zona d'atrada, on es duen a terme les funcions de càrrega i descàrrega de vaixells. L'objectiu d'aquest tipus de terminals és garantir i proveir els mitjans necessaris perquè l'intercanvi de mercaderia entre modes es dugui a terme en les millors condicions d'eficiència i seguretat.

A continuació s'enumeren els principals **tipus de terminals portuàries**:

1) **Terminal portuària de contenidors**. És una terminal especialitzada en la manipulació i el transbord de contenidors entre els medis terrestre i marítim. Es caracteritza per un elevat grau de sistematització, en gran part a causa de l'estandardització de la unitat de transport (contenedor) i la forma de manipulació (equips i maquinària). A més, disposa de sistemes tecnològics molt avançats per al suport de les operacions (*terminal operating system*, TOS), que permeten garantir productivitats elevades i així aconseguir altes rendibilitats.

En termes generals, una terminal portuària de contenidors es divideix en quatre zones o subsistemes: recepció i lliurament, emmagatzematge, càrrega i descàrrega de vaixells, i zona d'interconnexió, on es produeix el transport horitzontal dels contenidors entre les diferents àrees de la terminal (figura 1 i figura 2). De manera addicional, les terminals de contenidors poden disposar d'una platja de vies fèrries al costat d'una zona d'emmagatzematge per a dur a terme l'intercanvi modal amb el ferrocarril.

Figura 1. Operacions de càrrega i descàrrega d'un vaixell portacontenidors al port d'Algesires per una grua de moll dirigida per un estibador.



D'altra banda, en funció del grau d'automatització dels equips i maquinària utilitzats, les terminals es classifiquen en manuals (les grues i equips són manipulats per estibadors), semiautomàtiques (les grues de moll són manipulades per estibadors, mentre que les grues i equips de la zona d'emmagatzematge estan automatitzats i són controlats remotament) i automàtiques (totes les grues i equips de la terminal estan automatitzats). Per exemple, es poden trobar terminals semiautomàtiques als ports d'Algesires (terminal TTIA) i Barcelona (terminal BEST), i terminals totalment automàtiques al port de Rotterdam (Maasvlakte 2), al port d'Hamburg (HHLA Container Terminal Altenwerder) i al port de Xangai (Yangshan Port). Aquesta va entrar en funcionament el 2018 i és considerada la més gran del món.

Figura 2. Vista aèria de la zona d'emmagatzematge d'una terminal de contenidors automàtica al port de Xangai (Xina).



Font: www.dailymail.co.uk.

2) Terminal portuària de vehicles. És una terminal especialitzada en la manipulació de vehicles nous com a mercaderia i moguts per mitjans propis en vaixells ro-ro (*car-carriers*), habitualment turismes i vehicles comercials. Aquest tipus de terminals tenen talons a la zona de càrrega i descàrrega de vaixells per a posicionar les rampes dels vaixells *car-carrier* i permetre així la càrrega i descàrrega dels vehicles a l'esplanada de la terminal.

La zona d'emmagatzematge de vehicles sol ser una gran esplanada (no es fa apilament), encara que algunes terminals tenen sitges verticals (aparcaments en altura) per a augmentar la seva capacitat d'emmagatzematge (figura 3). Aquestes terminals també solen tenir instal·lacions de prestació de serveis de valor afegit als vehicles (instal·lació d'accessoris, pintura, etc.).

Figura 3. Vista aèria de la terminal de vehicles del port de Vigo.



Font: Autoritat Portuària de Vigo.

3) Terminal portuària ro-ro i ro-pax. És una terminal dedicada a la càrrega rodada, sigui autopropulsada o no (vehICLES de passatge, vehicles nous, camions, tràilers, plataformes, remolcs, etc.). En aquests tipus de terminals atraquen vaixells de categoria ro-ro i ro-pax i de tipus *ferry* i *fast-ferry*, encara que en aquests últims se sol combinar la càrrega rodada amb el passatge. Per això, les terminals de càrrega rodada poden estar habilitades amb una terminal per a passatgers (estació marítima) i zona de serveis per a transportistes. D'igual manera que les terminals de vehicles, també disposa de talons i rampes. Així mateix, pot tenir passarel·les per a l'embarcament i desembarcament de passatgers.

4) Terminal portuària de sòlids a granel. És una terminal per a sòlids que es transporten en celler sense una unitat de transport intermodal. Sol disposar d'instal·lacions específiques del tipus de cintes transportadores, culleres de descàrrega, sitges per a emmagatzematge i sistemes de canonades per a la succió del material. La càrrega és habitualment de tipus mineral (carbó i coc, mineral de ferro, bauxita, fòsfats, ciment, etc.) o agroalimentari (cereals, pinsos, soia, sal, etc.).

Les terminals de sòlids a granel tenen la peculiaritat que mesuren la seva capacitat de manipulació en planxes, que representen les tones diàries que una terminal de sòlids a granel pot moure tenint en compte els equips que s'utilitzaran (per exemple, 30.000 tones diàries).

5) Terminal portuària de líquids a granel. És una terminal especialitzada a rebre productes líquids a granel en vaixells, fer l'emmagatzematge en tancs i carregar productes a granel en vaixells o camions cisterna. La descàrrega habitual dels vaixells es duu a terme mitjançant la connexió directa a un sistema de canonades d'acer, el diàmetre de les quals oscil·la entre 150 i 900 mm i són suportades per uns braços de càrrega que segueixen el moviment del vaixell a causa de corrents, forces del vent o altres factors. A la zona d'emmagatzematge hi ha unes estructures cilíndriques (tancs) que són utilitzades per a emmagat-

zemar líquids o gasos a pressió ambiental (pressió atmosfèrica) i una extensa xarxa de canonades, vàlvules i bombes per a transportar el producte internament (figura 4).

La càrrega pot ser de petroli i els seus derivats, productes químics, olis vegetals, etc.

Figura 4. Vista aèria d'una terminal portuària de productes petrolífers i pantalà per a la càrrega i descàrrega de vaixells petrolers de CEPESA al port d'Algesires.



Font: Autoritat Portuària Badia d'Algesires.

6) Terminal portuària de càrrega general. És una terminal amb llocs d'atraca per a usos generals, als quals hi ha una combinació de càrrega general solta o fraccionada i certes quantitats d'unitats de càrrega unitaritzada (palets, contenidors) i fins i tot de vehicles nous. Els vaixells de càrrega general solen estar dotats de grues pròpies per a descarregar la mercaderia.

7) Terminal ferroportuària. És una terminal de càrrega ferroviària per a la transferència modal situada a les instal·lacions portuàries. Pot estar vinculada a una sola terminal o ser d'ús general de tot el port. El tipus de càrrega més habitual que transfereixen aquestes terminals són contenidors, vehicles nous i sòlids a granel.

1.2.2. Terminals intermodals interiors

Es distingeixen aquestes dues modalitats de terminals:

1) Terminal intermodal ferroviària. Es tracta d'una infraestructura ferroviària de suport en un node ferroviari per a concentrar càrregues i formar trens en relació amb diversos nuclis de població o centres industrials. Es componen de vies principals (recepció i expedició) i instal·lacions de servei a la mercaderia, amb grues pòrtic i mòbils, zones d'emmagatzematge, tallers de reparació, etc. Els tipus d'unitats de transport més comuns en aquest tipus de terminals

són el contenidor, la caixa mòbil i el semiremolc (UTI). Poden pertànyer a instal·lacions privades o a la xarxa ferroviària d'interès general i de titularitat pública (per exemple, ADIF a Espanya).

2) **Port sec.** És una terminal intermodal de mercaderies situada a l'interior d'una regió que connecta, per carretera o xarxa ferroviària, amb una o diverses terminals portuàries que pertanyen a un o diversos ports. La particularitat d'aquest tipus de terminal intermodal és que manipula únicament trànsit portuari (d'origen o destinació) en una zona interior. El vehicle que permet aquesta triple intermodalitat (carretera, ferrocarril i mar) és el contenidor. Els serveis que se solen prestar en aquest tipus de terminals són emmagatzematge, manipulació logística, distribució, duanes, pesatge de contenidors (VGM), etc.

1.2.3. Terminals intermodals de càrrega aèria (aire-carretera)

És una **infraestructura de transport aeri** per al trànsit de mercaderies en la qual es desenvolupen tot tipus d'operacions relacionades amb la càrrega aèria: des de la recepció, emmagatzematge, consolidació i despatx duaner fins a la preparació per al transport i l'emissió.

La terminal sol tenir dos accessos, l'accés terrestre amb els molls d'entrada de mercaderies per a transport rodat i l'accés aeri, i uns hangars en els quals es desenvolupen totes les operacions. El transport aeri resulta idoni per a trànsit de productes de valor elevat, mostres comercials, peces i components, documents, mercaderies urgents i mercaderies peribles.

Figura 5. Procés de càrrega d'un contenidor aeri en un avió de càrrega de la companyia Iberia.



Font: Iberia - Grup IAG.

1.3. La importància del contenidor per a la intermodalitat

Tal com es va dir en el mòdul «Gestió del transport internacional», **el contenidor és una unitat de transport intermodal** amb unes característiques determinades de pes i dimensions que el fan apte per a ser transportat en qualsevol mode de transport i transferit en terminals intermodals amb alts estàndards d'eficiència de temps i cost.

El **contenidor com a unitat de transport**, creat l'any 1956 per Malcolm McLean als Estats Units i introduït de manera massiva a la dècada dels seixanta amb l'estandardització de la seva capacitat en 20/40 peus (TEU/FEU), ha conduït a estandarditzar els mitjans de manipulació, terminals intermodals i vaixells amb evidents millores sobre la productivitat i la seguretat de la mercaderia, entre altres avantatges.

Això ha generat com resultat **economies d'escala** al llarg de l'estructura del comerç internacional, i ha creat un efecte revulsiu en la globalització: actualment, els punts de producció i de consum són a milers de quilòmetres, i això ha estat possible gràcies al contenidor i a la reducció dels costos de transport (Levinson, 2006).

En conseqüència, el sector de la logística i el transport ha tingut un fort creixement fonamentalment pel fet que **el contenidor facilita el transport porta a porta en comptes del port a port** i ha trobat una acceptació ràpida entre els generadors de càrrega i els transportistes i naviliers. En aquest context **el transport marítim i els ports han estat els principals beneficiats** i s'han convertit en l'espina dorsal de la globalització i el component fonamental de les xarxes de transport transfronterer que donen suport a les cadenes de subministrament i fan possible el comerç internacional (UNCTAD, 2018).

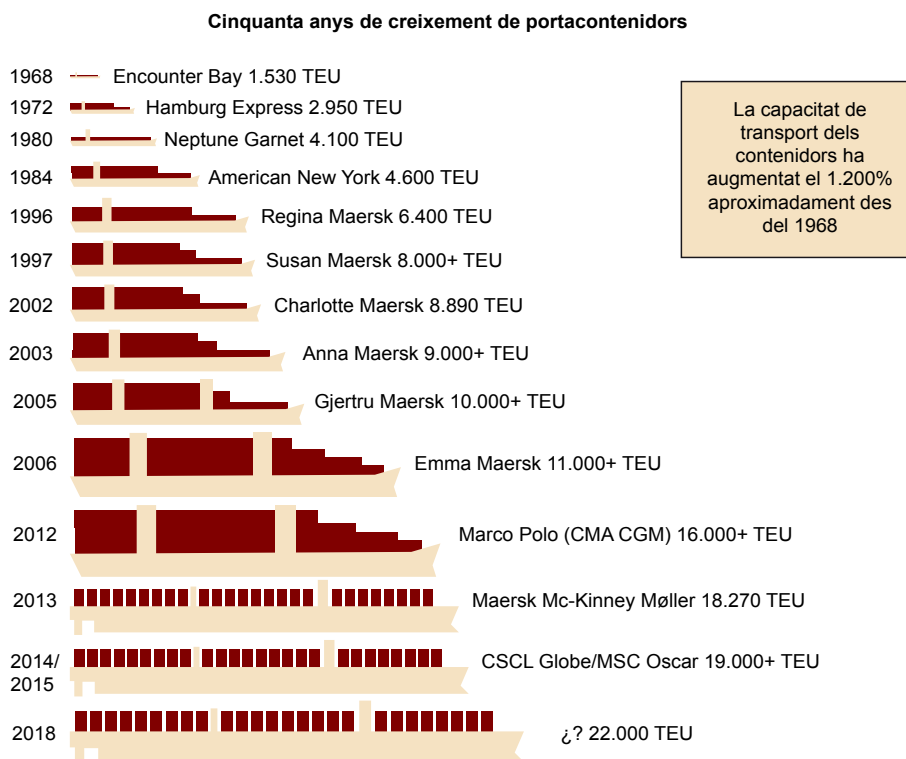
Si analitzem **estadístiques de comerç marítim internacional** (UNCTAD, 2018), es pot observar que s'ha passat de 4.000 a més de 10.000 milions de tones carregades per **via marítima** en els últims 35 anys; pel que fa a l'ús **del contenidor**, s'ha passat de 102 milions de tones l'any 1980 a 1.720 milions de tones (140 milions de TEU) el 2017.

Actualment, l'índex **l'instal·lació en contenidor** se situa prop del 20% del total de les mercaderies transportades per via marítima, i això implica que 1 de cada 5 tones de mercaderies que es transporten per mar ho fan per via de contenidor (principalment càrrega general), i que **el transport marítim representa el 80% del transport de mercaderies a escala mundial**.

De manera paral·lela al creixement de la demanda del transport de mercaderies per via marítima i l'ús del contenidor, cal destacar l'evolució **dels vaixells portacontenidors**, que han sofert grans modificacions de disseny i grandària

per a poder servir a la demanda creixent i, al mateix temps, reduir els costos de transport unitaris. La figura 6 mostra l'evolució de la grandària dels vaixells portacontenidors als últims cinquanta anys.

Figura 6. Evolució dels vaixells portacontenidors als últims cinquanta anys.



Font: Allianz Global Corporate & Specialty.

Finalment, cal indicar els principals efectes que ha tingut la introducció del contenidor en la indústria logística i en el comerç internacional:

- S'han sistematitzat i **automatitzat els processos operatius logístics** al llarg de la cadena de valor i, especialment, agilitat els serveis de manipulació de mercaderies en els nodes d'intercanvi modal.
- El contenidor, per les seves característiques, **oculta la càrrega i la protegeix**. Per tant, tenen una gran importància el control (**duanes i serveis d'inspecció en frontera**) i els **fluxos d'informació** que acompanyen aquestes unitats de càrrega.
- Han aparegut **grues pòrtic, nous vehicles de carreteig i terminals** de gran capacitat per a emmagatzemar i gestionar els contenidors amb sofisticats **programes informàtics**.
- Ha canviat el **perfil dels treballadors i els gestors del transport**, que ara requereixen un **component més tecnològic**.
- El desenvolupament del **comerç internacional** ha provocat l'aparició de **grans operadors mundials** que gestionen les mercaderies utilitzant una **logística integral**. Aquests operadors disposen d'una nova visió de la xarxa

portuària, i han contribuït a l'aparició de plataformes mundials per on circulen les grans rutes oceàniques intercontinentals, que assumeixen el trànsit principal juntament amb els ports regionals.

1.4. Factors en l'elecció d'un mode de transport

En el comerç internacional, l'**elecció del mode de transport** té un impacte molt significatiu sobre el preu total de la mercaderia i, per tant, afecta directament a la **competitivitat** en el mercat dels béns i productes que s'exporten i importen.

Per això, en aquest apartat s'identifiquen i caracteritzen els aspectes o factors de decisió que l'operador logístic, carregador, agent transitori o qualsevol actor en qui recaigui aquesta responsabilitat analitza en el moment de fer un transport. Aquests factors de decisió es classifiquen en interns i externs.

1.4.1. Factors de decisió interns

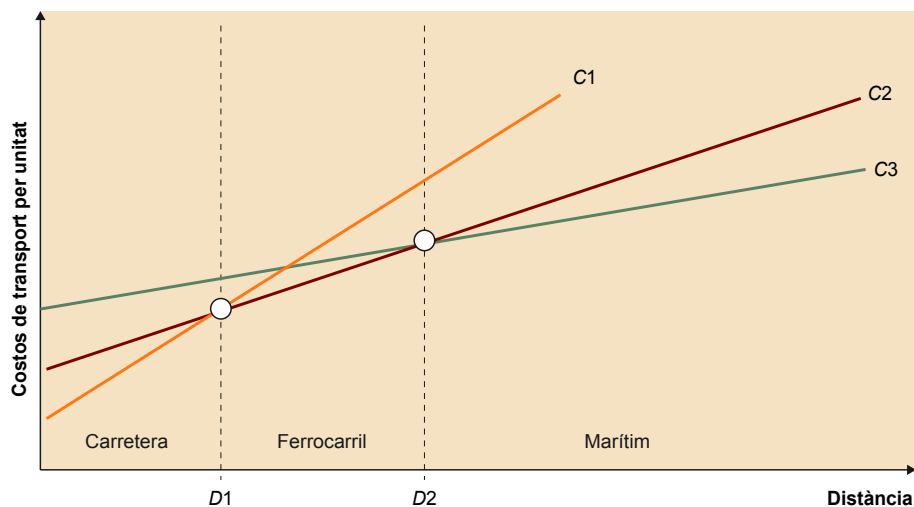
La bibliografia clàssica del transport (De Rus, Campos i Nombela, 2003; Ministerio de Fomento, 2001; Rodrigue, 2017) remarca els següents **factors de decisió principals** per a escollir un mode de transport:

- costos logístics i del transport
- temps de viatge o termini de lliurament (*lead time*)
- seguretat i fiabilitat (puntualitat) del mode de transport
- resiliència de la cadena de transport (capacitat d'adaptar-se davant incidències i de continuar garantint el servei)
- immediatesa del servei de transport i accessibilitat a la cadena de transport (per exemple, la distància de carreteig a la xarxa principal o a un port)
- característiques de la mercaderia (volum, pes, dimensions) i el valor d'aquests béns
- necessitats del client i requeriments d'estoc

No obstant això, els dos factors principals que entren en l'equació de la selecció del mode de transport han estat històricament el **temps de viatge o termini de lliurament** i, especialment, el **cost del transport**, que depèn en gran part de la capacitat de càrrega del mode de transport i la distància que cal recórrer.

Per exemple, el transport per via marítima és el de major capacitat de càrrega i un dels més segurs, però un dels més lents, encara que ho compensa el fet de ser un dels més econòmics per a grans distàncies (figura 7).

Figura 7. Elecció del mode de transport en funció de la distància i el cost.



Font: Rodrigue (2017). C1: funció dels costos transport per carretera; C2: funció dels costos transport per ferrocarril; C3: funció dels costos transport marítim.

A partir de la figura anterior, i en termes generals, la distància corresponent a D_1 i D_2 se situa entre 400-750 km i 1.500 km des del punt d'origen respectivament (Rodrigue, 2017). No obstant això, cal assenyalar que les funcions de costos depenen de cada regió econòmica i de la xarxa de transport disponible. Per aquest motiu els punts d'inflexió (D_1 , D_2) serveixin únicament com a referència.

Cal destacar que a **major distància** de transport, i **major capacitat de càrrega** (especialment en el cas del vaixell i el ferrocarril), **menors costos unitaris de transport** (a aquest efecte se l'anomena *economia d'escala*).

Amb relació als **costos del transport**, i segons diversos estudis (Ministerio de Fomento, 2018; UNCTAD, 2018; Fundació Ferrocarrils Espanyols, 2017), a continuació s'indiquen una sèrie d'estimacions de **costos directes (temps i distància)** per a transportar un **contenedor estàndard de 20 peus i unes 10-12 tones (TEU)** en les diferents modalitats de transport:

- Transport per carretera (funció del tipus de vehicle): **1,15-1,35 €/km (0,10-0,12 €/km-t)**.
- Transport per ferrocarril (funció del tipus de tracció): **0,42-0,58 €/km (0,038-0,052 €/km-t)**.
- Transport marítim en portacontenedors (funció de la ruta, tipus de vaixell i capacitat): **0,065-0,085 €/km (0,006-0,008 €/km-t)**. Es tracta d'un valor aproximat que s'obté a partir del noli mitjà publicat en la UNCTAD (2018) i no segons els costos directes operatius i de viatge d'un vaixell.

En el cas del **transport aeri**, es considera convenient introduir una sèrie d'exemples per a obtenir un ordre de magnitud, ja que el contenidor marítim de 20 peus no s'utilitza com a unitat de càrrega i el càlcul del noli depèn de diferents factors (pes de volum, pes tarifari, tipus de tarifa, etc.). Aquests exemples s'extreuen directament de Cabrera Cánovas (2016).

Exemple 2. Nolis aeris des dels aeroports d'Adolfo Suárez Madrid - Barajas i Barcelona - El Prat

Enviament de 4 paquets amb un pes total de 100 kg i mesures 68 × 40 × 38 cm de Madrid a Barranquilla (Colòmbia). El valor aproximat del noli és de 425 € (0,056 €/km i 0,56 €/km-t).

Enviament de 6 paquets amb un pes total de 168 kg i mesures 75 × 48 × 45 cm de Madrid a París (França). El valor aproximat del noli és de 160 € (0,125 €/km i 0,74 €/km-t).

Enviament de 6 paquets amb un pes total de 90 kg i mesures 75 × 50 × 28 cm de Barcelona a Rio de Janeiro (Brasil). El valor aproximat del noli és de 1.060 € (0,125 €/km i 1,38 €/km-t).

1.4.2. Factors de decisió externs: l'impacte social

De manera complementària als factors de decisió temps i cost, també s'ha de tenir en compte l'impacte del transport des d'un punt de vista social, és a dir, les externalitats que resulten directament o indirectament de l'activitat, els costos associats de la qual no solen considerar-se en el cost total del transport (costos interns).

Les **externalitats** poden ser **positives** (millora de la productivitat de les empreses o estalvis de temps) i **negatives** (contaminació atmosfèrica, contaminació acústica, efecte barrera, accidentalitat, consum energètic, congestió, etc.); respecte a aquestes últimes, les que **major rellevància** tenen com a factor decisorí són les relacionades amb **les emissions de gasos a l'atmosfera**, és a dir: gasos d'efecte hivernacle (CO₂, NO_x, O_x, CH₄), òxids de sofre (SO_x) i/o partícules en suspensió PM_x. Convé assenyalar que el transport és responsable del 25,8% de les emissions de CO₂ a la Unió Europea, i el transport per carretera és el que té més pes (73 % segons dades oficials de l'Agència Europea de Medi ambient, EEA, 2018).

Per tant, l'**impacte en el medi ambient** s'ha convertit en un assumpte crític per a molts negocis, inclosa la indústria del transport internacional. El principi «el qui contamina paga» significa que aquests sectors i indústries que treballen constantment amb pràctiques no sostenibles podrien acabar pagant per les seves accions.

En aquest punt és convenient esmentar els objectius de l'**Acord de París (2015)** sobre el canvi climàtic respecte a limitar l'augment de la temperatura mitjana mundial per sota de 2 graus centígrads i al més a prop possible d'1,5 graus en comparació del nivell de l'era preindustrial. Aquest acord entrarà en vigor l'any 2020, quan finalitza la vigència del Protocol de Kyoto (1997).

Encara que el transport internacional marítim i aeri no està inclòs directament en l'**Acord de París (2015)**, l'Organització Marítima Internacional (OMI) i l'Organització d'Aviació Civil Internacional (ICAO) ja han adoptat mesures per a reduir emissions. Pel que fa al transport marítim, es pretén reduir les emissions de carboni en almenys el 50% per al 2050, en comparació dels nivells del 2008 (acord adoptat en la sessió 72 del MEPC el 2018). Amb relació al transport aeri, també s'engegarà un sistema per a compensar l'augment de les emissions del sector a partir del 2020.

A continuació s'indiquen unes **ràtios mitjanes d'emissions de CO₂** per a les diferents modalitats de transport tenint en compte els diferents tipus de fuel utilitzats per la flota mundial de vehicles:

Taula 1. Emissions de CO₂ per a diferents modes de transport

Mode de transport	Tipus de vehicle	Emissions (g CO ₂ eq/vkm)	Emissions (g CO ₂ eq/t-km)
Transport per carretera	Camió de 3,5-7,5 tones	312 g CO ₂ eq/vkm	47 g CO ₂ /t-km
	Camió-tràiler de més de 32 tones	906 g CO ₂ eq/vkm	80 g CO ₂ /t-km
Transport ferroviari	Tren de mercaderies amb dièsel	11.473 g CO ₂ eq/vkm	18g CO ₂ /t-km
Transport aeri	Avió de càrrega amb querosè	1.103 g CO ₂ eq/vkm	450-560 g CO ₂ /t-km
Transport marítim	Vaixell càrrega general amb fuel (HFO)	24.432 g CO ₂ eq/vkm	3,0-7,9 g CO ₂ /t-km

Font: TREMOVE model (2010); CE Delft (2011); International Chamber of Shipping (2014).

Un estudi promogut per la DG-MOVE (2014) analitza detalladament els **costos externs del transport** i quantifica monetàriament l'impacte en l'àmbit d'accidents, contaminació atmosfèrica, contaminació acústica, canvi climàtic, etc.

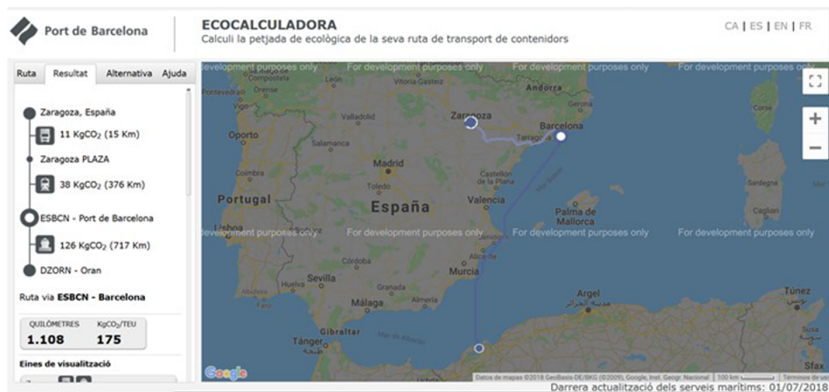
Com a exemple de la creixent conscienciació per les emissions de la cadena logística, es presenta una eina digital de què disposa l'Autoritat Portuària de Barcelona (Ecocalculadora), dirigida a propietaris de càrrega o organitzadors del transport, mitjançant la qual es fa una **proposta òptima de ruta marítima-terrestre**.

L'eina dona com a resultat la **distància total i el volum d'emissions de CO₂ per a cada alternativa** tenint en compte diferents variables: port origen/destinació, serveis marítims regulars existents (directes i amb transbords), terminals intermodals al rerepaís europeu, sentit del trajecte, localització de la destinació final, mode de transport per al tram terrestre, etc.

Exemple 3. Càlcul de l'empremta de carboni per a una exportació entre Saragossa i Orà passant pel port de Barcelona

En la figura 8 es presenta el cas particular d'una exportació de Saragossa a Orà (Algèria) utilitzant el ferrocarril per al transport terrestre des de la terminal intermodal Zaragoza Plaza fins al port de Barcelona. La distància total és de 1.108 km i el volum total d'emissions de CO₂ és de 175 kg/TEU.

Figura 8. Càlcul de l'empremta de carboni per al transport d'un contenidor entre Saragossa (Espanya) i Orà (Algèria)



Font: Ecocalculadora del Port de Barcelona.

2. Configuració de xarxes de transport multimodal

El **transport terrestre** és el mode més utilitzat per a transportar mercaderies internacionalment. Això es deu a la rapidesa, la compatibilitat internacional, la flexibilitat horària, de capacitat i d'elecció de rutes, i a l'anomenada *capil-laritat*, ja que és l'únic mitjà que permet trajectes directes des de les fàbriques fins a les plataformes d'intercanvi o fins al client final (**servei porta a porta**).

No obstant això, aquest transport està condicionat per elevats costos directes (cost energètic i costos directes del transport, com els peatges), enduriments de la regulació mediambiental i la congestió de les infraestructures (autopistes i accessos a ciutats), entre d'altres.

Això fa que els principals governs europeus incentivin l'**ús d'alternatives de transport més sostenibles** amb el propòsit de disminuir el nivell de congestió de les vies d'alta capacitat i reduir els costos directes i indirectes del transport de mercaderies. Per aquest motiu apareixen solucions comodals com les autopistes ferroviàries, les autopistes del mar o la introducció d'estratègies de distribució del tipus *Hub&Spoke*, per a incrementar l'eficiència en la distribució de mercaderies des dels centres de producció fins als destinataris finals, habitualment en nuclis urbans.

2.1. El transport terrestre en la cadena multimodal

El sistema actual és poc funcional si es considera la **gran dependència del transport per carretera**, ja que és l'únic capaç de completar el **servei porta a porta** d'una mercaderia. Això pot donar com a resultat una ineficiència intrínseca quant a emissions de transport i costos directes.

Tal com s'ha exposat anteriorment, les dues principals variables que afecten l'elecció d'un mode de transport són el temps i el cost, encara que en els últims anys s'estan introduint nous conceptes de multimodalitat que tenen com a objectiu optimitzar la cadena de transport des d'un punt de vista socioeconòmic, és a dir, tenint en compte també les **externalitats del transport** (contaminació atmosfèrica, contaminació acústica, efecte barrera, accidentalitat, consum energètic, congestió, etc.).

No obstant això, hi ha tot un conjunt de **factors complementaris que tenen efecte sobre aquestes variables** i que determinaran l'elecció final:

- **Traslats d'última milla** (en els extrems). El transport intermodal requereix el transport terrestre en els extrems i comporta un cost elevat. Habitualment es requereixen dos trasllats addicionals, encara que se'n poden

incloure d'altres, com per exemple quan la terminal ferroviària no és al recinte portuari. Així mateix, en els lliuraments finals a client o en les recollides al generador de càrrega solen produir-se esperes que acaben afectant el temps total de transport.

- El transport intermodal té necessitat de **volums mínims entre punts de concentració de càrrega** (plataformes logístiques, estacions intermodals o ports) per a ser rendible econòmicament. Això pot fer **reduir la freqüència** del servei, la qual és directament dependent de la demanda.
- Així mateix, en el cas del **transport per ferrocarril**, pot **mancar de prioritació** en les circulacions, per la qual cosa es pot **incrementar el temps** de transport.
- El **transport intermodal** requereix **nodes de transferència** per a dur a terme el canvi de mode, la qual cosa inclou **major rigidesa en la ruta**. Els camions han de dirigir-se a ports o terminals ferroviàries per a fer l'arrossegament principal pel mode massiu, mentre que en un **transport íntegre per carretera** es pot **emprar la ruta més curta**.
- És probable que en **els canvis de mode**, especialment quan es tracta de la distribució als extrems i a **les rodalies del client final**, s'hagi de passar per les instal·lacions d'un operador logístic (magatzems, centres de distribució i de tansbordament, topalls d'emmagatzematge, gestió d'estocs) i fer el canvi de vehicle per un camió més adequat a nodes urbans.

Per això, en el procés d'**avaluació dels costos totals** del transport s'han de tenir en compte tant els **costos fixos d'accés** com els **costos directes del transport** o costos variables, els quals depenen de la quantitat transportada i la distància recorreguda

- Els costos fixos d'accés per al **transport pur per carretera** són inferiors, però els costos marginals per tona i distància transportada són superiors.
- Els costos fixos d'accés per al **transport multimodal** són superiors, però els costos directes mostren una corba amb un pendent inferior. Això és així per la rigidesa de la infraestructura que es requereix i les inversions associades.

Per això, en la figura 7 els punts de decisió crítics entre un mode i un altre depenen en gran manera de la densitat i configuració de la xarxa de transport, el nombre de nodes intermodals per a l'intercanvi multimodal, les distàncies de carreteig i els costos de transport a cada territori o regió econòmica.

El transport de mercaderies amb l'**arrossegament principal mitjançant un mode massiu** (ferrocarril, barcaça i/o transport marítim) habitualment és **rendible per a serveis de major distància** i/o per a transportar elevats volums de

càrrega (zona ombrejada en taronja en la figura anterior). No obstant això, també se'n pot justificar l'ús per a serveis d'elevat volum i alta freqüència origen/destinació (O/D).

2.2. Xarxes *hub-and-spoke*

La creixent pressió per la reducció dels costos associats al transport de mercaderies ha derivat en l'aparició de diferents solucions d'optimització de recursos i millora de la sostenibilitat, en funció de l'àmbit de distribució en què ens trobem. Són especialment importants la distribució urbana de mercaderies, la distribució d'última milla (paqueteria i comerç electrònic) i la distribució intermodal en una regió econòmica.

En aquest context, les **xarxes de distribució** adquireixen una importància decisiva en la determinació del cost total de la distribució. La configuració d'una xarxa de distribució en relació amb l'espai real en el qual treballa determina l'èxit o el fracàs del sistema de transports que utilitza l'empresa.

Entre les solucions d'optimització més destacades, hi ha el **concepte de *hub-and-spoke***, que es defineix com el tipus de **xarxa caracteritzada per l'existència de centres de consolidació anomenats *hubs***, on la càrrega es manipula, es classifica i s'agrupa per distribuir-la en altres rutes, de manera que des del punt de vista global del sistema **es redueixen els costos** i es garanteix el **lliurament en un temps adequat** (Estrada, 2007).

L'ús d'una estratègia de tipus *hub-and-spoke* dona **importància a l'origen i a la destinació** de la càrrega, **per sobre de la ruta o les parades** que fan els vehicles en l'encaminament. L'enginyeria de transport i les tècniques de simulació tenen com a **objectiu** decidir la **localització òptima dels centres d'intercanvi modal (CIM)** i les **plataformes logístiques**.

Els **principals avantatges** del sistema són:

- increment de la freqüència dels serveis de transport
- increment de l'ocupació dels camions i/o ferrocarrils i reducció del percentatge de viatges en buit
- reducció del temps total de viatge
- menor cost marginal de transport

Els **exemples més habituals** d'aplicació d'aquesta solució els trobem en el transport aeri, als **centres de concentració de mercaderies (CIM i similars)** per a la distribució terrestre i en la distribució de paqueteria a les ciutats (distribució urbana i d'últim quilòmetre).

L'**últim quilòmetre** és el nom que rep el procés final de lliurament de la mercaderia al client. És el pas **des que el paquet surt de l'últim punt de distribució de la xarxa** (magatzem, CIM, etc.) **fins que arriba al lloc de lliurament**. En aquest tram es detecten algunes dificultats, entre les quals destaquen les següents:

- Es duu a terme habitualment en zones urbanes, i per això els problemes de mobilitat són freqüents.
- Els trasllats són per a lliurar paquets de petita grandària, amb una pressió important per a mantenir l'eficiència en costos.
- El procés ha de ser completat en un breu espai de temps, amb pressions per a complir els compromisos de lliurament a client.
- El percentatge de lliuraments fallits, és a dir, paquets que no es poden lliurar al client final, és molt elevat.

Per aquest motiu, s'han desenvolupat nombroses alternatives d'**optimització de rutes de lliurament**, s'han usat **vehicles comercials lleugers** o s'han introduït els **punts físics de recollida als districtes de les ciutats**.

2.3. El transport marítim de curta distància com a alternativa intermodal

2.3.1. Transport marítim de curta distància

El transport marítim és molt atractiu per a grans volums de càrrega, llargues distàncies i pel que fa al medi ambient, i és el mode de transport més sostenible per tona de mercaderia i distància recorreguda (taula 1).

No obstant això, aquest mode de transport **també presenta un potencial significatiu en la curta distància** tant per al transport de mercaderies com per a passatgers, i és una alternativa de transport eficient, competitiva i sostenible, i clau per a donar un impuls al futur del sistema de transport intermodal a Europa (Comissió Europea, 2002).

La normativa comunitària i la legislació espanyola vigent defineixen el **transport marítim de curta distància** (TMCD, comunament conegut també com a *short sea shipping*, SSS) com el moviment de mercaderies i passatgers per mar entre ports situats en territori de la Unió Europea o entre aquests ports i ports situats en països no europeus amb una línia de costa als mars que envolten Europa.

Aquest concepte **inclou el transport marítim nacional i internacional** i els serveis *feeder*, al llarg de la costa i amb illes, rius o llacs. S'aplica també al transport marítim entre estats membres de la Unió Europea i Noruega, Islàndia i altres països riberecs del mar Bàltic, el mar Negre i el Mediterrani.

En conclusió, el **transport marítim de curta distància** engloba pràcticament tot el trànsit marítim d'origen o destinació no transoceànica dels ports europeus (Associació Espanyola de Promoció del TMCD).

No obstant això, en la pràctica, el **transport marítim de curta distància** troba el seu sentit com a política activa de transport en la seva contribució a la **formació de cadenes maritimoterrestres porta a porta, on a més del transport marítim es conjuguen els modes de transport terrestres i el transport per carretera en particular**, per a configurar una solució de transport competitiva.

Amb aquest enfocament, el concepte del transport marítim de curta distància té la clau per a **ser alternativa al transport terrestre**. Destaquen els serveis marítics regulars, amb una **elevada relació qualitat-preu i integrats en una cadena maritimoterrestre porta a porta** per a cobrir relacions de transport en les quals hi ha una alternativa terrestre pura.

Amb aquesta accepció, les línies de transport marítim regular entre illes i/o amb la Península o bé entre Algesires i Tànger no es considerarien TMCD o SSS, ja que no hi ha una alternativa terrestre. No obstant això, un servei marítim entre Barcelona i Tànger sí ho és, ja que l'enllaç marítim per l'estret de Gibraltar es consideraria l'enllaç terrestre (pont marítim).

En l'actualitat, el TMCD o SSS està ben integrat en la cadena de transports gràcies, per exemple, a la navegació fluvial i als enllaços ferroviaris. No obstant això, cal destacar que no solament és present a Europa, sinó que també despenja en altres parts del món, com a l'Amèrica del Nord.

El transport marítim de curta distància a Espanya

A Espanya, els ports de València, Barcelona i Algesires (façana mediterrània) són els ports que major índex de connectivitat i majors serveis de TMCD ofereixen, i el Marroc, Itàlia i el Regne Unit són els principals països d'origen i destinació d'aquests serveis. Per exemple, des del port de Barcelona hi ha serveis a Tànger-Med, Tunísia, Ciutatavechia, Livorno, Porto Torres, Savona i Gènova, i des del port de València hi ha línies ro-ro a Livorno, Savona, Salern i Cagliari, tots a Itàlia¹

Pel que fa a la **tipologia de vaixell i el tipus de càrrega** per als serveis de TMCD o SSS, cal destacar que els més comuns són el contenidor (60%) i la càrrega rodada (31%), tant ro-ro pur com ro-pax (càrrega rodada combinada amb passatge). El trànsit de vehicles nous (*car-carrier*) també és destacable (9%) (Fundació Valenciaport, 2018).

⁽¹⁾ Per a consultar les línies de TMCD o SSS que hi ha des d'Espanya, es recomana visitar l'enllaç següent: <http://shortsea.es/index.php/simulador/lineas>.

2.3.2. Autopistes del mar

En l'apartat anterior ha quedat clar que el transport marítim té avantatges importants pel que fa als costos en relació amb la carretera, però pel que fa al temps de viatge i accessibilitat és convenient que hi hagi un servei configurat al voltant de rutes ràpides i eficients per al comerç exterior. En cas contrari, la transferència modal del transport per carretera seria poc atractiva.

Per això, la Unió Europea va introduir, com a part de la seva política de transports, el concepte d'**autopista del mar**, i la va incloure a la Xarxa Transeuropea de Transport (TEN-T) com a actuació prioritària el 2004. Això va significar una fita important, ja que era la primera vegada que una infraestructura no física (els serveis marítims) formava part d'una xarxa infraestructural.

En particular, una **autopista del mar** és un servei de transport marítim de curta distància amb alta regularitat i freqüència, principalment orientat a la càrrega i que comprèn:

- a) Enllaços marítims i les seves connexions amb les zones d'interior dins la xarxa bàsica entre dos o més ports de la Xarxa Transeuropea de Transport (almenys dos estats membres implicats).
- b) Enllaços marítims entre els ports de la xarxa global o entre un port de la xarxa global i un port d'un tercer país, quan aquests enllaços siguin d'importància estratègica per a la Unió.

Els corredors marítims per a autopistes del mar principals es divideixen en quatre regions marítimes: Bàltic, Atlàntic, Mediterrani Occidental i Mediterrani Oriental. El detall dels criteris de la Comissió Europea per al desenvolupament d'una autopista del mar es recull en la Regulació (EU) núm. 1315/2013.

Amb aquest nou enfocament, **les autopistes del mar es configuren com l'alternativa idònia** per a compensar el pes excessiu del transport per carretera en la distribució modal del transport intraeuropeu. Es conceben, a semblança

de les autopistes viàries, com a connexions ràpides, segures, fiables, freqüents, de qualitat i d'alta capacitat, i ofereixen una connexió excel·lent amb les xarxes de transport transeuropees.

Els **requisits principals** perquè un servei marítim regular sigui catalogat com a autopista del mar són:

a) Tipologia de servei:

- Lo-Lo: al vaixell viatja solament el contenidor.
- Ro-ro: al vaixell viatja solament el tràiler i/o remolc.
- Ro-pax: al vaixell també hi va passatge.

b) Regularitat:

- Freqüència mínima de tres sortides per setmana.
- Temps de trànsit menor a set dies per a un cicle complet d'anada i tornada.
- Rutes entre dos ports únicament.
- Rerepaís: les cadenes logístiques susceptibles de ser transferides del mode terrestre al marítim són aquelles els orígens i/o destinacions de les quals se situen al rerepaís dels ports.

c) Altres característiques:

- La línia marítima ha de ser complementària del transport per carretera i no substitutiva.
- El client d'aquests serveis marítims són les empreses de transport i els operadors logístics.
- El camió utilitza la cadena de subministrament com una alternativa al transport per carretera.

d) Avantatges competitius d'aquest mode de transport combinat:

- **Millora de la mobilitat.** Les cadenes logístiques intermodals amb trams de TMCD ajuden a combatre la congestió de les vies de transport terrestre. A més, es millora l'accés a regions perifèriques amb la creació de nous enllaços de transport.
- **Millora de la connectivitat.** S'estableixen serveis regulars entre dos ports, que permeten que les exportacions i importacions siguin freqüents i constants entre els rerepaïsos d'origen i destinació.

- **Reducció de la inversió en infraestructura.** La inversió en autopistes del mar és menor que la que seria necessària per a infraestructures de transport terrestre per a terminals de contenidors i per a transport aeri.
- **Eficiència energètica.** El consum energètic per tona i quilòmetre de transport és menor utilitzant cadenes intermodals que incloguin un tram de TMCD.
- **Disminució de les emissions de CO₂.** Els trams que utilitzen TMCD disminueixen les emissions de CO₂ per tona i quilòmetre recorregut.

Les autopistes del mar a Espanya

A Espanya, les autopistes del mar que estan en servei actualment són:

Taula 2. Autopistes del mar operatives entre Espanya i Europa

Origen/destinació	Naviliera	Tipus de servei	Freqüència	Temps de trànsit
Santander-Portsmouth	Brittany Ferries	Ro-pax	3 per setmana	24 h
Vigo - Saint Nazaire	Suardiaz	Ro-ro	4 per setmana	35 h
Barcelona - Porto Torres - Civitavecchia	Grimaldi	Ro-pax	6 per setmana	12/20 h
València-Barcelona-Livorno-Savona	Grimaldi	Ro-ro	6 per setmana	36/45 h - 20/35 h
València-Càller-Salern	Grimaldi	Ro-ro	3 per setmana	26/45 h

Font: Base de dades LinePort i/o LineRail de la Fundació Valenciaport (2018).

Cal indicar que des de l'any 2004, quan es va començar a fomentar el desenvolupament de les autopistes del mar i dedicar fons a donar-los suport mitjançant els programes europeus Marco Polo (2003-2006 i 2007-2013) i TEN-T, a Espanya es van posar en servei quatre autopistes del mar. Dues segueixen en funcionament (Santander-Portsmouth des del 2010, i Vigo - Saint Nazaire des del 2015), mentre que dues van ser cancel·lades o suspeses, principalment per motius de rendibilitat econòmica, després de finalitzar les ajudes europees a les navilieres. Aquestes línies van ser Bilbao-Zeebrugge (creada el 2007 i cancel·lada el 2014) i Gijón - Saint Nazaire (creada el 2010 i suspesa el 2014).

2.4. Autopistes ferroviàries

El concepte d'autopista del mar com a **servei regular de transport de mercaderies d'alta freqüència entre dos punts** permet completar una **cadena marítimoterrestre porta a porta** com a alternativa a una cadena terrestre pura. Aquest concepte es pot extrapolar a les **autopistes ferroviàries quan el transport principal es fa per ferrocarril d'alta capacitat emprant dues terminals intermodals** i en combinació amb el transport per carretera.

2.4.1. Transport multimodal o autopista ferroviària

El transport multimodal és el sistema de transport combinat carretera-ferrocarril, sia normalitzat o no, que permet accedir a les unitats de càrrega intermodal com la caixa mòbil, el contenidor o el semiremolc, que poden ser utilitzats tant al ferrocarril com a la carretera.

Una autopista ferroviària es defineix com el sistema de transport combinat carretera-ferrocarril en el qual els vehicles de carretera (camions) són transportats per ferrocarril en serveis llançadora emprant material rodant i terminals intermodals específiques (INECO, 2015).

Aquest sistema de transport combinat té com a finalitat **conjuminar els avantatges econòmics i de seguretat del ferrocarril i oferir accés directe fins al punt de destinació del transport per carretera**. En aquests casos els camions recorren per carretera el trajecte fins a l'inici de l'autopista ferroviària, es munten en **vagons especials** i són descarregats a l'estació final per a continuar per carretera a destinació. La companyia ferroviària s'encarrega exclusivament del transport a l'autopista ferroviària i és aliena a la logística del camió abans i després del tram ferroviari.

Figura 9. Autopista ferroviària al centre d'Europa (Suïssa) amb vagons extra baixos (sistema ROLA).



Font: www.ralpin.com.

Hi ha **exemples d'autopistes ferroviàries** entre Bettembourg (Luxemburg) i Perpinyà (França), amb una distància total de 1.060 km, i en diversos trams de la travessia pels Alps (Freiburg-Novara, Basel-Lugano, Wörgl-Trento, Salzburg-Triest, etc.).

Les autopistes ferroviàries s'han establert per **dos motius**:

- **Augmentar la quota de transport per ferrocarril** transportant parcialment les mercaderies que requereixen un camió.
- Servir de **ruta alternativa** al transport per carretera i **evitar la circulació de camions** per rutes perilloses com les cadenes muntanyoses.

2.4.2. Tipologies de sistemes i vagons per a les autopistes ferroviàries

No obstant això, cal indicar que el transport multimodal (i, per tant, les autopistes ferroviàries) té un **problema de gàlib** en la majoria de les infraestructures ferroviàries, ja que els camions europeus tenen una altura autoritzada màxima de fins a 4,20 m. Per a resoldre aquest problema, s'adopten diverses solucions, com l'ús dels **vagons especials** següents:

a) **Vagons extra baixos amb bogis** especials de rodes petites, que permeten transportar camions més grans. És el model adoptat per les autopistes ferroviàries a través dels Alps suïssos (Bassel-Lugano, per exemple) i és conegut també com a **sistema ROLA** (*Rollende Landstrasse*).

Per a aquest tipus de vagons, tant la càrrega com la descàrrega es produeixen de manera unidireccional i en el sentit de l'avançament del camió. Juntament amb el cap tractor, accedeixen al tren per una rampa habilitada amb aquesta finalitat i disposada a l'extrem darrere del tren. En aquest cas parlem sempre de transport acompanyat.

b) **Vagons baixos i articulats** amb rodes de grandària normal i amb caixa que gira 30 graus per a permetre la càrrega lateral del vehicle de carretera. A diferència del sistema ROLA, aquest ofereix la possibilitat de fer parades en estacions intermèdies, ja que es pot descarregar el nombre de semiremolcs que es vol sense afectar la resta i dur a terme tant el transport acompanyat pel conductor com el no acompanyat.

És el principi del vagó de pis baix desenvolupat pel fabricant LOHR (**sistema Modalohr**), i és utilitzat al túnel Mont-Cenis que connecta Orbassano (Itàlia) amb Aiton (França), i entre Bettembourg (Luxemburg) i Perpinyà (França).

Figura 10. Sistema LOHR dissenyat especialment per a carregar els semiremolcs estàndards.



Font: Lohr Railway System (www.lohr.fr).

c) Vagons en plataformes amb caixes rebaixades disposades entre els bogis. Aquesta tipologia de vagons requereix utilitzar grues pòrtic o de *reachstacker*, amb les quals es poden moure verticalment els semiremolcs per a col·locar-los sobre els vagons i, per tant, permeten solament el transport no acompanyat. Hi ha una gran varietat de tècniques, i es permet també el transport combinat de contenidors i semiremolcs. Finalment, cal destacar que aquesta tipologia de vagons també ofereix la possibilitat de fer parades en terminals intermèdies.

3. La sincromodalitat: el paradigma futur del transport multimodal

Tal com s'ha exposat anteriorment, l'**elecció del mode de transport** –o la combinació dels modes– més adequada per a transportar mercaderies des del punt generador de la càrrega fins al client final, i l'elecció de la ruta més adequada, depenen tant dels costos directes del transport (temps i cost) com dels costos indirectes (externalitats).

No obstant això, l'arribada de l'economia i indústria 4.0 i, amb ella, els nous models de gestió poden fer sorgir noves realitats, per exemple, la **gestió del transport en temps real** i, per tant, triar l'alternativa que sigui més avantatjosa segons la situació de context vigent entre una sèrie de criteris preseleccionats. Aquest últim paradigma dona pas a la **sincromodalitat**, un nou concepte amb el qual el transport pretén adaptar-se a la nova era de la logística 4.0, i permet posposar la decisió fins a l'últim moment.

3.1. La sincromodalitat

El concepte de **sincromodalitat** fa referència als **nous models eficients de gestió del transport pràcticament en temps real a partir de l'ús intensiu de l'anàlisi dels fluxos de dades** que genera el moviment de la mercaderia al llarg de la cadena de valor. És necessària una visió integral de la cadena de valor i una comunicació transparent i completa entre els agents que intervenen.

És important remarcar que el concepte de sincromodalitat fa referència a la **gestió en xarxa de la cadena de subministrament**, i no necessàriament a l'elecció modal per un node logístic determinat.

La **definició més estesa de sincromodalitat** es correspon amb la selecció òptima de la combinació de modes de transport en temps real mitjançant la gestió àgil, sense costures, predictiva, intel·ligent i connectada del sistema, amb criteris de congestió, disponibilitat, temps, cost i sostenibilitat (Behdani i altres, 2016).

A partir de les consideracions anteriors, els **principals beneficis** que aporta la sincromodalitat són:

- Redueix el cost i l'impacte ambiental de les operacions logístiques.

- Augmenta la fiabilitat i millora els serveis per als usuaris finals de la logística (nivell de servei).
- Distribueix la demanda sobre les infraestructures i serveis de transport i evita així la congestió de les xarxes de transport.
- Redueix viatges en buit de camions i moviments de reposició improductius en les xarxes de transport.
- Redueix els temps de pas de camions, vaixells, ferrocarrils, etc. per les plataformes logístiques multimodals i intermodals.
- Optimitza l'ús de recursos en els nodes logístics com els ports o terminals interiors a partir d'una bona coordinació entre el gestor de la infraestructura i l'usuari (vaixell, per exemple).

Després d'introduir el concepte i els beneficis esperats de la sincromodalitat, a continuació s'introdueix un exemple concret per a una exportació, en el qual es duu a terme un estudi d'alternatives partint d'informació en temps real. Posteriorment, s'esmentaran altres exemples de les noves tendències i solucions sota el paradigma de la sincromodalitat.

Exemple 4. Anàlisi d'alternatives sincromodals per a una exportació entre Praga i Newcastle (Regne Unit)

Com a exemple, es presenten els resultats d'aplicar una eina de sincromodalitat a un cas pràctic en el qual es planteja fer un transport de mercaderies entre Praga i Newcastle. Després d'actualitzar la informació disponible en temps real, s'avaluen les diferents alternatives de viatge (figura 11) a partir de criteris de temps, distància recorreguda, risc associat al temps de viatge (retards) i la flexibilitat que ofereix la ruta en qüestió en cas d'incidència.

Segons els resultats obtinguts, la ruta número 3 seria la més recomanada si no es volen assumir riscos de retard o incidències durant el trajecte, a pesar que ni el temps de viatge ni la distància que cal recórrer no són òptims. En canvi, l'alternativa número 1 (que inclou camió i ferrocarril) seria la més desfavorable.

Figura 11. Anàlisi d'alternatives ofertes per una eina de sincromodalitat

Ruta				Indicadors clau d'acompliment			Indicadors clau de risc		
				Temps total	Distància total		Retards esperats	Ràtio de flexibilitat	
0	x	x		47 h	1.650 km	-	5 h	70%	-
1	x		x	40 h	900 km	-	3 h	30%	-
2	x	x	x	38 h	1.150 km	-	2 h	20%	-
3	x	x	x	42 h	1.250 km	-	1,5 h	80%	-

Font: Elaboració pròpia.

Així mateix, el **concepte de sincromodalitat** es pot veure aplicat als ports més avançats tecnològicament. Gràcies als sistemes de gestió operatius, es pot controlar en temps real l'arribada prevista dels vaixells a port i, a partir d'aquí, do-

nar recomanacions a aquests vaixells per a minorar o accelerar l'aproximació a port (el que es coneix també com a *slow steaming*) i sincronitzar així la seva arribada amb la disponibilitat de recursos nàutics i de moll.

En aquest mateix sentit, és interessant destacar el projecte finançat amb fons europeus *Synchro-NET*², que té com a objectiu demostrar l'efectivitat i eficiència de la sincromodalitat i de la tècnica de l'*slow steaming* (reduir la velocitat d'aproximació i sincronitzar així l'arribada amb l'inici de les operacions en port o plataforma intermodal) per a reduir els costos operatius i les externalitats (emissions de gasos) en les cadenes logístiques internacionals.

⁽²⁾ Lloc web del projecte europeu. Disponible a <http://www.synchronet.eu>.

Bibliografia

A continuació hi ha les principals fonts d'informació que han servit de base per a elaborar el present mòdul:

AECOM (2011). *Choosing and Developing a Multi-modal Transport Solution. Freight Best Practice*. Regne Unit: Department for Transport.

Asociación Española de Promoción del TMCD (2018). *Definición de SSS y simulador de cadenas de transporte* [en línia]. www.shortsea.es.

Behdani, B.; Fan, Y.; Wiegman, B.; i altres. (2016). «Multimodal schedule design for synchromodal freight transport systems». *European Journal of Transport and Infrastructure Research* (vol. 16, núm. 3, pàg. 424-444).

Cabrera, A. (2016). *Transporte aéreo internacional de mercancías. Cuadernos básicos*. Madrid: ICEX España Exportación e Inversiones.

CE Delft (2011). *External Costs of Transport in Europe, Update Study for 2008*. Holanda: Delft [en línia]. www.cedelft.eu.

CENIT (2018). *Potenciación del transport multimodal al Corredor del Mediterrani des de la implementació de models multiclient i multiproducte eficients*. Papers de l'Observatori de la Indústria. Barcelona: Departament d'Empresa i Coneixement, Generalitat de Catalunya.

Comissió Europea (2002). *Libro Blanco: La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*. Luxemburg: Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas [en línia]. <http://www.shortsea.es/images/PDF/DocumentosUE/libro%20blanco.pdf>.

EEA (2018). *Greenhouse gas emissions from transport*. European Environment Agency [en línia]. www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-10

Estrada, M. (2007). *Análisis de estrategias eficientes en la logística de distribución de paquetería*. Tesis doctoral. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona - Universitat Politècnica de Catalunya.

Fundación Ferrocarriles Españoles (2017). *Observatorio del Ferrocarril en España - Informe 2016*. Madrid: Ministerio de Fomento.

Fundación Valenciaport (2018). *Oferta de servicios de TMCD y ferroviarios en los puertos españoles*. València: Base de datos LinePort y LineRail de la Fundación Valenciaport.

González, F.; Novo, I. (2007). «Las autopistas del mar en el contexto europeo». *Boletín Económico del ICE* (núm. 2902).

INECO (2015). *Estudio para el desarrollo de autopistas ferroviarias en la península Ibérica*. Madrid: Ministerio de Fomento.

International Chamber of Shipping (2014). *Comparison of CO₂ Emissions by Different Modes of Transport* [en línia]. <http://www.ics-shipping.org/shipping-facts/environmental-performance/comparison-of-co2-emissions-by-different-modes-of-transport>.

Levinson, M. (2006). *The Box: How the shipping container made the world smaller and the world economy bigger*. Nova Jersey: Princeton University Press.

López, J. (2000). *Logística internacional* (PID_00194362). Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya (UOC).

Ministeri de Foment (2001). *Análisis, información y divulgación sobre la aportación del transporte por carretera a la intermodalidad* (cap. 3, «El transporte por carretera y la intermodalidad»). Madrid: Ministerio de Fomento.

Ministerio de Fomento (2018). *Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera*. Madrid: Dirección General de Transporte Terrestre - Ministerio de Fomento.

Monfort, A.; Monterde, N.; Sapiña, R.; i altres. (2011). *La terminal portuaria de contenedores como sistema nodal en la cadena logística*. València: Fundación Valenciaport.

Nacions Unides (2015). *Acord de París* [en línia]. <https://unfccc.int/es/node/512>.

OECD/ITF (2018). *Decarbonising Maritime Transport: Pathways to zero-carbon shipping by 2035*. París: International Transport Forum's Case-Specific Policy Analysis Series.

Perboli, G.; Musso, S.; Rosano, M.; i altres. (2017). «Synchro-Modality and Slow Steaming: New Business Perspectives in Freight Transportation». *Sustainability* (núm. 9, pàg. 1843). DOI:10.3390/su9101843.

Ricardo-AEA (2014). *Update of the Handbook on External Costs of Transport. Report of the European Commission*. Londres: DG Mobility and Transport [en línia]. https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/handbook_on_external_costs_of_transport_2014_0.pdf.

Rodrigue, J. P. (2017). *The geography of transport systems* (4a. ed.). Nova York: Routledge.

Rodríguez, A. (2015). *Puertos, intermodalidad y redes logísticas*. Madrid: Puertos del Estado - Ministerio de Fomento.

Rus, G. de; Campos, J.; Nombela, G. (2003). *Economía del transporte*. Barcelona: Editorial Antoni Bosch.

Transport & Mobility Leuven (2011). *TREMOVE model, Basecase pivots version 2.7b* [en línia]. <http://www.tremove.org/documentation/index.htm>.

UNCTAD (2018). *Review of Maritime Transport 2018*. Nova York: United Nations Publications.