

**Universidad Politécnica de Madrid**  
**E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**  
**Departamento de Ingeniería Civil:**  
**Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente**

***PUERTOS Y COSTAS***  
***E***  
***INGENIERÍA PORTUARIA***

# **EL FERROCARRIL DE MERCANCÍAS EN EL ÁMBITO PORTUARIO**

***José Luis Almazán Gárate***  
***José Luis Almazán Palomino***  
***Pilar Belén Medina***

**Universidad Politécnica de Madrid**  
**E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos**  
**Departamento de Ingeniería Civil:**  
**Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente**

***PUERTOS Y COSTAS***  
***E***  
***INGENIERÍA PORTUARIA***

# **EL FERROCARRIL DE MERCANCÍAS EN EL ÁMBITO PORTUARIO**

*José Luis Almazán Gárate*  
*Prof. Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos*  
*Ldo. CC Económicas y Empresariales*

*José Luis Almazán Palomino*  
*Ing. de Caminos, Canales y Puertos*

*Pilar Belén Medina*  
*Ing. de Caminos, Canales y Puertos*

**Diciembre 2006**

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. LA INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA .....	8
2.1. Normativa y Organización Institucional. Relación Autoridad Portuaria- Renfe .....	8
2.1.1. Las Unidades de Negocio de Renfe: Combinado y Cargas .....	8
2.1.2. Acceso de Nuevos Operadores Ferroviarios en Escenarios Futuros: .....	11
2.1.3. Redes Transeuropeas de Transporte de la Unión Europea: .....	15
2.1.3.1.Red de Transporte Combinado y Red Ferroviaria.....	17
2.1.4. Coordinación entre el Ferrocarril y el Puerto.....	26
2.1.5.Tendencias en el Transporte Intermodal en Europa y Principales Medidas a Aplicar en España.....	28
2.2. Infraestructuras y Explotación del Ferrocarril en el Puerto.....	34
2.2.1.Limitaciones y Restricciones del Ferrocarril en el Puerto.....	34
2.2.2. Accesos.....	36
2.2.3. Superestructura.....	37
2.2.4. Trazado-Planta-Alzado.....	40
2.2.5. Electrificación .....	41
2.2.6. Señalización .....	42
2.2.7. Material Móvil: Tracción, Locotrotores y Vagones .....	51
2.2.7.1.Tracción y Locotrotores .....	51
2.2.7.2. Vagones .....	53
2.2.7. Operación Ferroviaria. Operación en Red.....	55
2.3. Los Diversos Tipos Operativos de la Intermodalidad Ferroportuaria en España. ....	59
2.3.1. Tipo 1: Intermodalidad en la Bahía de Algeciras.....	59
2.3.2. Tipo 2: Intermodalidad en los Puertos de Barcelona y Valencia .....	62
2.3.3. Modelo 3: Intermodalidad en el Puerto de Bilbao.....	65
3. INSTALACIONES FERROVIARIAS EN EL PUERTO .....	67
3.1. Instalaciones Especiales: Graneles Líquidos y Sólidos , Carbón, Minerales, Cereales, Cemento, Petróleos y Gas.....	67
3.2. Automóviles.....	70
3.3. Elementos Auxiliares: Básculas / Otros.....	71
4. ZONAS DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS Y TERMINALES DE CONTENEDORES EN LOS PUERTOS.....	76
4.1. Contenedores.....	76
4.1.1 Topología .....	76
4.1.2. Operatividad.....	78
4.1.3. Terminales .....	81
4.1.3.1. Haces de vías: Análisis .....	82
4.1.3.2. Equipamiento: grúas móviles y pórtico. Rendimientos .....	86
4.1.3.3. Dimensionamiento de terminales .....	87
4.2. PUERTOS SECOS.....	89
4.3. ZAL (ZONA DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS) .....	91
5. CASOS PRÁCTICOS EN ESPAÑA .....	91
5.1. EL PUERTO DE BARCELONA.....	91
5.2. COMENTARIO .....	95

ANEXO 1 .....	96
1. REDES ESPAÑOLAS DE FERROCARRIL .....	96
2. RED DE FERROCARRIL FUTURA .....	96
ANEXO 2: MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA VÍA EN PLACA: .....	97
1. PARÁMETROS DE CÁLCULO: .....	97
2. ANÁLISIS DE DISTINTOS MÉTODOS DE CÁLCULO: .....	97
2.1. EXPOSICIÓN GENERAL HISTÓRICA: .....	97
2.2. CONSIDERACIONES CRÍTICAS SOBRE LOS MÉTODOS EXPUESTOS: .....	99
2.3. MÉTODOS ACTUALES. EL PRISMA FINITO FRENTE A LOS ELEMENTOS FINITOS: .....	99
2.4. OPTIMIZACIÓN DE LAS VÍAS SOBRE PLACA DE HORMIGÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA RESISTENTE: .....	101
2.5. DRENAJE: .....	102
ANEXO 3: DISTINTOS TIPOS DE ELECTRIFICACIÓN .....	103
1. INTRODUCCIÓN .....	103
2. SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN .....	104
2.1. CONFIABILIDAD DE LA RED ELÉCTRICA .....	104
2.2. DISEÑO GLOBAL DE LA RED .....	105
2.3. CORRIENTES DE RETORNO .....	108
2.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED .....	108
2.5. CRITERIOS CONSTRUCTIVOS .....	110
2.6. TRANSFORMADORES DE TRACCIÓN .....	111
2.7. RECTIFICADORES .....	112
2.8. BOBINAS DE APLANAMIENTO .....	113
2.9. FILTROS DE ARMÓNICAS .....	113
2.10. SECCIONADORES DE SALIDA DE GRUPOS .....	114
2.11. PROTECCIONES DE ALIMENTADORES .....	116
2.12. SERVICIOS AUXILIARES .....	116
2.13. OTRAS PROTECCIONES .....	117
2.14. COMANDO Y CONTROL LOCAL DE LAS SUBESTACIONES .....	118
2.15. TELEMANDO .....	118
2.16. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN .....	119
3. LÍNEAS DE CONTACTO .....	119
3.1. GENERAL .....	119
3.2. SECCIÓN DE LAS CATENARIAS .....	120
3.3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS .....	121
3.4. FORMA DE LA CATENARIA .....	121
3.5. CAMBIO DE CONDICIONES .....	123
3.6. EFECTO DEL HIELO .....	124
3.7. PRESIÓN DEL AIRE .....	124
3.8. PRESIÓN DEL VIENTO .....	124

3.9. RESISTENCIA ELÉCTRICA.....	125
3.10. VELOCIDAD CRÍTICA.....	126
3.11. SECCIÓN EQUIVALENTE DE COBRE .....	126
3.12. DISTANCIA ENTRE APOYOS .....	127
3.13. APERTURA DE LA CATENARIA.....	128
3.14. ACCESORIOS DE LAS CATENARIAS .....	129
3.14.1. Suspensores .....	129
3.14.2. Triángulos .....	129
3.14.3. Aisladores .....	130
3.14.4. Espacios de Aire .....	130
3.14.5. Anclajes.....	131
3.14.6. Postes .....	131
3.14.7. Pórticos .....	132
3.14.8. Cable de Guarda.....	132
3.14.9. Catenarias en Túnel.....	132
4. CORRIENTES DE FUGA .....	132
5. COMANDO CENTRALIZADO DE ENERGÍA DE TRACCIÓN .....	135
6. BIBLIOGRAFÍA.....	137

ANEXO 4: MATERIAL MÓVIL DE TRACTOR, VAGONES Y CONTENEDORES DE LOS PRINCIPALES OPERADORES FERROVIARIOS ESPAÑOLES DE MERCANCÍAS .....	139
---	-----

ANEXO 5 : MATERIAL MÓVIL TRACTOR ESPECÍFICO DEL ÁMBITO PORTUARIO: LOCOTRACTOR.....	168
--	-----

ANEXO 6 : ACCESO FERROVIARIO A LOS PRINCIPALES PUERTOS ESPAÑOLES .....	172
--	-----

*Dedicamos este libro de apuntes al ingeniero  
abulense que fue profesor de Puertos y  
Ferrocarriles en el siglo XIX en la ETSICCP  
Ingeniero D. José Almazán*

## EL FERROCARRIL DE MERCANCÍAS EN EL ÁMBITO PORTUARIO

### 1. INTRODUCCIÓN

El transporte de mercancías está prácticamente monopolizado por el transporte marítimo y fluvial, además del transporte ferroviario en el ámbito terrestre, mientras que la carretera y el avión son modos de transporte reservados para mercancías de alto valor y tráfico de viajeros.

Los modos de transporte más económicos dentro del transporte universal son el transporte marítimo y el ferroviario, (con la salvedad del transporte por tubería utilizable únicamente para ciertas mercancías, con volúmenes e itinerarios dados), por lo que resulta de claro interés coordinar ambos tipos de transportes.

No obstante, las rigideces de estos modos exigen volúmenes de tráfico muy altos, que aunque no son frecuentes, cuando estos se dan los resultados en cuanto a eficacia son excelentes, como por ejemplo en el tráfico del carbón en el puerto de Tarragona.

Actualmente el desarrollo del tráfico de contenedores, gracias a las agrupaciones de carga en distintos puertos, permite que se alcancen volúmenes suficientes en los trayectos más importantes.

El transporte intermodal abre un nuevo espectro de posibilidades y en particular permitirá el desarrollo del ferrocarril en el ámbito portuario.

El transporte de mercancías desde origen hasta destino frecuentemente presenta la necesidad de utilizar varios modos de transporte, lo que supone, principalmente, unos costes producidos por la manipulación de la mercancía en la cadena de transporte que repercute en una mayor o menor competitividad del transporte. Por ello es importante prestar atención a este aspecto, ya que un modo de transporte sea más competitivo, y por lo tanto tendrá mayor demanda, mientras menos costes ofrezca a los usuarios potenciales.

El transporte intermodal precisa de un sistema de comunicaciones, información y tráfico documental paralelo al transporte físico para ser eficaz.

Los modos marítimo y ferroviario presentan una gran rigidez en cuanto a la localización de las infraestructuras Terminales portuarias y ferroviarias- por lo que es imprescindible un análisis profundo para planificar y diseñar las instalaciones de transbordo, ya que sus elevadas inversiones condicionan durante un largo plazo las estructuras económicas regional y nacional, siendo el puerto la infraestructura que lidera y condiciona los aspectos intermodales con el ferrocarril, que junto al transporte fluvial, inexistente en España, constituye la médula del transporte intermodal.

Las terminales ferroviarias en los puertos son un caso particular dentro del contexto de las derivaciones particulares, en las que el propietario de las instalaciones del ferrocarril suele ser la Autoridad Portuaria

La rentabilidad actual del transporte marítimo exige unos barcos cada vez mayores y más rápidos en su recorrido y una capacidad de transbordo en las instalaciones portuarias y del propio barco adecuada a la supresión del mayor tiempo posible de estancia en el puerto, el cual es, en realidad, tiempo muerto dentro de su capacidad de transporte potencial y un alto nivel de coordinación entre rutas marítimas y modos de transporte, para ganar tiempo.

El transporte marítimo de larga distancia debe tender a tener horarios fijos precisos de llegada y salida de los puertos, aunque ello es difícil ya que esta sujeto a múltiples factores (atmosféricos, mareas, oleaje,..), que impiden que su regularidad pudiera ser comparable a la de los medios terrestres de transporte. Aún así, el éxito ha acompañado a las distintas compañías navieras en el transporte de mercancías que han alcanzado un alto nivel de regularidad y cumplimiento de horarios en ajustadas horquillas temporales, en particular, en el tráfico que gestionan los buques portacontenedores, tanto transoceánicos como feeder.

El concepto determinante en la operatividad ferroportuaria es la intermodalidad. La posibilidad de intercambio de mercancías de una manera rápida y barata debido al uso cada vez más generalizado de contenedores, cuya utilización define las infraestructuras ferroviarias y las instalaciones necesarias, ha permitido este desarrollo.

La relación entre el ferrocarril y los puertos nace a partir de la revolución industrial, cuando el uso del vapor en la industria del transporte terrestre y la navegación empieza a adquirir un papel importante. El uso del vapor en el transporte terrestre fue el inicio del ferrocarril, y a partir de ese período, el transporte marítimo y el movimiento de mercancías por los puertos experimentaron un importante incremento, al coincidir con la expansión del tráfico marítimo de graneles sólidos, carbón y mineral de hierro en particular, asociado a la revolución industrial.

Como consecuencia de ello, muchas empresas asociadas a la minería empezaron a construir sus propios puertos y ferrocarriles, siendo los ejemplos más típicos los del Reino Unido, donde empezó la primera revolución industrial, con el ferrocarril de Londres (Noroeste) y el puerto de Harwich, aunque el puerto de Southampton y muchos más eran propiedad de empresas ferroviarias, con una clara vocación de lo que posteriormente ha venido a ser el transporte intermodal.

En España, se encuentran buenos ejemplos en los puertos de Huelva, Almería y Melilla.

Esta situación fue extendiéndose por el resto de Europa, donde actualmente existe la opinión de que un puerto marítimo moderno no puede desarrollarse sin un enlace ferroviario multimodal de alta capacidad, e incluso se está extendiéndose este concepto a la actividad comercial, con el desarrollo de los “puerto secos” en los “hinterland” portuarios, estando desarrollados y cautivos los tráficos de carga de mineral, cuando aún subsisten, y los correspondientes a descargas masivas de graneles sólido, como por ejemplo la descarga de

carbón para el abastecimiento de la central térmica de Andorra, encaminándose desde el puerto de Tarragona por ferrocarril.

El transporte de contenedores, tanto por ferrocarril como por barco, puede resultar revolucionario ya que contenedores con orígenes y destinos muy diferentes pueden concentrarse, realizar una ruta común (grandes travesías transatlánticas) y posteriormente disgregarse en buques menores y trenes completos que finalmente distribuyen uno a uno en su destino correspondiente.

## 2. LA INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA

### *2.1. Normativa y Organización Institucional. Relación Autoridad Portuaria-Renfe*

#### 2.1.1. Las Unidades de Negocio de Renfe: Combinado y Cargas

El movimiento de mercancías en cada modo de transporte recibe distinto trato según sea su naturaleza, y por ello se establece una clara distinción entre las diferentes mercancías transportadas. La tipología de la mercancía que se manipula en el puerto es un parámetro básico en el diseño de las infraestructuras y las instalaciones necesarias para facilitar y adecuar los procesos de transferencia entre los modos marítimo y ferroviario.

Como es bien conocido es habitual distinguir ; la presentación de las mercancías en los puertos en:

- Graneles líquidos
- Graneles sólidos
- Mercancía general no contenerizada
- Mercancía general contenerizada
- Pasajeros
- Pesca
- Avituallamiento

Actualmente, en el caso de RENFE, ha optado por diferenciar el transporte de mercancías en dos Unidades de Negocio (UN): Combinado y Cargas. Es una

clasificación comúnmente aceptada y con la que trabajan la mayoría de los operadores, aunque recientemente RENFE ha iniciado un proceso de fusión de ambas UN. En el futuro el nuevo o los nuevos operadores marcarán la pauta en este sentido.

El TRANPORTE COMBINADO, según la terminología de la Conferencia Europea de Ministros de Transporte (CEMT), es el siguiente:

*'Aquel transporte intermodal cuyos recorridos europeos se efectúan principalmente por ferrocarril, vía navegable o mar, los recorridos iniciales/o finales son lo más cortos posibles y se realizan por carretera “*

El concepto de TRANSPORTE INTERMODAL, según la CEMT, es:

*'Encaminamiento de una mercancía utilizando varios modos de transporte en un mismo continente, sin ruptura de carga. El continente puede ser un vehículo de carretera o una unidad de transporte intermodal”*

La ruptura de carga significa descontenerizar la mercancía para su distribución. Obviamente es imprescindible que se proceda a dicha ruptura únicamente en el punto de destino, ya que los costes de contenerizar y descontenerizar serían inasumibles en una cadena de transportes competitiva.

Las principales TECNICAS Y UNIDADES DE CARGA DE TRANSPORTE COMBINADO que se contemplan son:

**CONTENEDOR** Unidad concebida para el transporte de mercancías, reforzada, apilable que puede ser manipulada horizontal o verticalmente, con dimensiones predefinidas, fijas y moduladas.

**CAJA móvil** Unidad concebida para el transporte de mercancías utilizada solamente en el transporte ferrocarril/carretera que generalmente no puede ser apilada, por su poco refuerzo. Generalmente es, en la mayor parte de los casos, manipulada por su parte inferior.

**SEMIRREMOLQUE:** Vehículo destinado a ser arrastrado por un vehículo motor de manera que una parte de este remolque reposa sobre el vehículo motor y una parte sustancial de su peso y de la carga sea soportada por el vehículo.

**CARRETERA RODANTE:** Transporte de vehículos completos sobre un vagón de plataforma rebajada en toda su longitud.

**BIMODAL** Semirremolque de carretera apto para circular sobre vías ferroviarias, con transferencia horizontal desde la carretera a "bogies" ferroviarios y que puedan formar un tren completo.

De todas estas técnicas y unidades de transporte combinado, las que pueden considerarse como mejor adaptadas a la INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA son:

- Contenedor
- Semirremolque
- Bimodal

El tráfico roll-on/roll-off puede considerarse como un caso particular de la intermodalidad ferroportuaria, así como el transbordo de composiciones ferroviarias sobre "ferrys" para atravesar estrechos marítimos de los que existen algunos casos en Europa como el Canal de La Mancha, Alemania/Dinamarca-Suecia y Alemania/Finlandia y de especial interés para España, el estrecho de Gibraltar, llave de las comunicaciones entre Europa y África a través de España y Marruecos.

Como unidad de carga, el contenedor es el sistema que cuenta con un uso más generalizado para el transporte combinado, ya que el contenedor reduce costos, embalajes, acondicionamiento, almacenaje y mano de obra. Ofrece una calidad óptima de servicio, ya que la mercancía no sufre, ofrece hermetismo si se precisa y elimina robos. Se adapta al transporte de todo tipo de mercancías distinto de las pesadas en masa. Permite un transbordo rápido y económico para hacer la transferencia al barco, camión o ferrocarril.

Reiteradamente se ha investigado la consecución de un CONTENEDOR UNIVERSAL válido para todos los modos de transporte marítimo/fluvial y terrestre con el objetivo de optimizar las cadenas de transporte. Se trataría de una CAJA MÓVIL AIPILABLE que combine las ventajas de su utilización por todos los modos de transporte.

EL TRANSPORTE DE LA UN DE CARGAS dentro de RENFE, consiste en el transporte de mercancías que se presentan en forma no contenerizada. La naturaleza de estas mercancías puede ser muy variada, y exigen instalaciones distintas de las del transporte combinado, para su manipulación y almacenaje.

#### 2.1.2. Acceso de Nuevos Operadores Ferroviarios en Escenarios Futuros:

Actualmente en España los únicos operadores que actúan como Empresas ferroviarias de mercancías son RENFE, FEVE y otros ferrocarriles Autonómicos<sup>1</sup>. Sin embargo FEVE y los ferrocarriles autonómicos tienen escasa importancia en este tipo de transporte debido a su limitada infraestructura, por lo que puede considerarse que existe una posición de monopolio ejercida por RENFE en este mercado.

En el anexo nº 1 se detallan las redes ferroviarias actuales de RENFE y FEVE.

Los principales puertos de interés general del Estado están conectados, al menos en cuanto a la existencia de infraestructura, a la red ferroviaria de RENFE.

---

<sup>1</sup> La presencia de FEVE en los puertos españoles se reduce a Santander, Gijón y Ferrol, ni/entras que FGC opera en el Puerto de Barcelona y ETB en los puertos de Bilbao y Pasajes

La Unión Europea ha elaborado una política para el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios consistente en promover la liberalización de los servicios ferroviarios. Dicha política se desarrolla a través de una estrategia para revitalizar los ferrocarriles comunitarios incluida en el denominado libro Blanco y se legisla mediante una serie de Directivas del Consejo.

El Libro Blanco parte de un diagnóstico del problema del ferrocarril actual, analizando las dificultades económicas y competitivas que presenta el transporte ferroviario. A partir de este punto plantea un nuevo tipo de ferrocarril como objetivo a alcanzar y desarrollar una estrategia y una serie de acciones a emprender para conseguirlo. Básicamente propone la liberalización del mercado y el saneamiento de las empresas estatales para entrar en una libre competencia que revitalice el mercado del transporte ferroviario y permita la incorporación de nuevos operadores.

La Directiva 91/440/CEE de 29 de Julio de 1991, posteriormente reformada, sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios, pretende adaptar los ferrocarriles comunitarios a las necesidades del mercado único. Propone la independencia de gestión de las empresas ferroviarias respecto del Estado, así como el saneamiento de la estructura financiera de dichas Empresas. También separa la gestión de la infraestructura ferroviaria de los servicios de transporte y garantiza el acceso a las redes ferroviarias de los Estados miembros por parte de otras empresas y agrupaciones internacionales.

La Directiva 95/18/CE de 19 de Junio de 1995 se refiere a los criterios para la concesión, mantenimiento y modificación, por un Estado miembro, de licencias destinadas a las empresas ferroviarias que están establecidas o que se establezcan en la Comunidad. Estas licencias permiten efectuar servicios ferroviarios en todo el territorio de la Comunidad.

La Directiva 95/19/CE de 19 de Junio de 1995 establece los principios y procedimientos que deben seguirse para la adjudicación de las capacidades de la infraestructura ferroviaria y la percepción de los correspondientes cánones de utilización relativos a las empresas ferroviarias establecidas o que se establezcan en la Comunidad. Esto supone que cualquier operador

comunitario legalmente establecido puede usar la infraestructura ferroviaria de un Estado miembro pagando un canon a la empresa que la gestione.

Todas estas actuaciones tienen como objetivo establecer unas condiciones óptimas para la liberalización de un mercado que hasta ahora se encontraba en manos de grandes empresas ferroviarias propiedad del Estado, en el caso de España, RENFE.

Independizando la gestión de las infraestructuras y regulando su explotación, se producen las condiciones adecuadas para el acceso de nuevos operadores privados o mixtos en un futuro próximo, de acuerdo con la política de transportes marcada por la Unión europea de los 15, en un futuro 27 con la ampliación prevista de 12 países del este.

Con este objetivo, se ha redactado el proyecto de ley del sector ferroviario. Este Anteproyecto incorpora al Derecho español las tres directivas comunitarias que constituyen el llamado "paquete ferroviario" (directivas del Parlamento y del Consejo 2001/12/CE, 2001/13/CE y 2001/14/CE, de 26 de febrero de 2001), para reordenar el sector ferroviario estatal y sentar las bases que permitan la progresiva apertura del transporte ferroviario a la competencia.

Este Anteproyecto de Ley establece una clara separación entre las actividades de administración de infraestructura y de transporte ferroviario, que serán realizadas en lo sucesivo de forma totalmente independiente. La administración de infraestructura se atribuye a una entidad pública empresarial llamada ADIF, que estará formada por Renfe (excluidas las Unidades de Negocio dedicadas al Transporte Ferroviario) y el GIF, Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF). La ADIF tendrá como objeto tanto la construcción de nuevas infraestructuras ferroviarias, así como la administración de las actuales. Esta entidad será la encargada de la adjudicación de capacidad de infraestructura a las empresas ferroviarias solicitantes, por cuya utilización éstas deberán satisfacer el correspondiente.

También se regula el acceso de las empresas ferroviarias al mercado del transporte de viajeros y de mercancías, y el régimen de otorgamiento de las

correspondientes licencias ferroviarias. Por otra parte, para la realización del transporte ferroviario, está prevista la creación de la entidad Renfe-Operadora que tendrá como objeto prestar servicios de transporte ferroviario de viajeros y de mercancías. Esta Renfe-Operadora se forma a partir de las actuales unidades de negocio. En lo que afecta a la planificación del transporte ferroviario, las competencias se atribuyen al Ministerio de Fomento, así como la ordenación del sector y la regulación del sistema así como la inspección de los transportes y de las empresas ferroviarias.

Dentro del Ministerio de Fomento se crea el Organismo Regulador Ferroviario, cuya finalidad principal será la de resolver los conflictos entre el administrador de infraestructuras y los operadores de transporte ferroviario, o entre estos entre sí, garantizando el correcto funcionamiento del sistema y salvaguardando la pluralidad de la oferta en la prestación de los servicios sobre la red ferroviaria.

Además el anteproyecto crea y regula los diversos cánones por utilización de las infraestructuras ferroviarias y estaciones, y las nuevas tasas por el otorgamiento de licencias ferroviarias y autorizaciones, certificados de seguridad, de homologación de material, de centros de formación, etc. así como la regulación del sistema tarifario de los diversos servicios de transporte ferroviario.

Se destaca que con este anteproyecto se abre a la competencia los servicios de transporte nacional de mercancías, que podrán ser prestados a partir de la fecha de entrada en vigor de la ley por cualquier empresa que cumpla los requisitos exigidos. En este sentido está previsto que a partir del 15 de marzo de 2003 se permitirá el acceso a las líneas de la red ferroviaria que formen parte de la "Red Transeuropea de Transporte Ferroviario de Mercancías" de todos los transportes internacionales de mercancías realizados por las empresas ferroviarias de la Unión Europea.

La futura ley no será de aplicación al transporte de viajeros hasta que la UE defina un marco común de apertura al mercado de este tipo de transportes

### 2.1.3. Redes Transeuropeas de Transporte de la Unión Europea:

El Tratado de Maastricht indica que la interconexión y la interoperabilidad del transporte deben ser mejoradas a través de la creación de Redes Transeuropeas. Con el aumento del volumen de tráfico que utiliza las carreteras, el establecimiento de Redes en Europa es necesario. La opinión pública está claramente en contra del uso de las carreteras por camiones pesados. En Alemania está prohibida la circulación de camiones los domingos; en Francia existen algunas restricciones, en Suiza y Austria no dejan pasar ciertos tipos de camiones por los Alpes.

Todos estos factores deberían hacer que el transporte combinado por barco y ferrocarril se incrementara. Desde la perspectiva de los puertos marítimos se debe mirar hacia los ferrocarriles y el importante papel del "Short Sea Shipping" en los países Europeos con litoral marítimo.

En la "exposición de motivos" de las orientaciones comunitarias para el desarrollo de las Redes Transeuropeas de Transporte, estas persiguen los objetivos siguientes:

- La creación de un mercado transeuropeo único de transporte, definiendo la manera de lograr unas infraestructuras apropiadas para fomentar unos servicios de transporte eficaces y seguros, en las mejores condiciones ambientales y sociales posibles
- Facilitar el camino hacia una movilidad sostenible de personas y mercancías en Europa
- Mejorar las posibilidades de acceso y favorecer la cohesión económica y social de los diferentes territorios de Unión Europea

Los puertos se incorporan a estas grandes redes fijando criterios que permitan seleccionar proyectos que mejoren la posición de los puertos en la cadena de transporte. Esto es, los puertos, por así decirlo, tienen una presencia singular en los TEN'S (Transeuropean Networks o Redes Transeuropeas de Transporte), como puntos iniciales-finales de éstas.

Esto es así porque no es posible establecer una red de puertos de interés comunitario que excluya algún otro puerto que desarrolle una actividad comercial significativa. Al contrario, los corredores terrestres deben conectar con todos los puertos comerciales, capilarizándose al aproximarse al litoral, puesto que la unión no quiere privilegiar a ningún puerto respecto a otro.

Por otro lado, es evidente que en el transporte marítimo se dan encaminamiento mucho más flexibles que los que se pueden dar por carretera o ferrocarril y, por consiguiente, lo que puede resultar adecuado para ,estos no lo es en absoluto para aquel.

Se trata, por tanto, de que se reconozca el dinamismo y la sensibilidad de los puertos marítimos ante los cambios en los flujos de transporte y, en este sentido, se fomente la competencia entre ellos, evitándose una Planificación compulsiva y, en todo caso, arbitraria. Para ello es necesario identificar proyectos de interés comunitario, y no proceder a la identificación de puertos de interés comunitario, ya que ,este es un sector muy cambiante y el carácter heterogéneo de las actividades de los puertos marítimos conducen a la conclusión de que la elaboración de una política general que afecte a todos los puertos europeos es inviable, además de innecesaria.

Por ello, los Estados Miembros han llegado al acuerdo de que la Comisión debe identificar proyectos de infraestructura en puertos o en Relación directa con los puertos, basados en la política y planes de los Propios Estados miembros, que supongan una mejora de la posición de los puertos en la cadena de transporte en orden a:

- Permitir el crecimiento del comercio intra y extracomunitario, incluyendo a los países próximos, por ejemplo, países del Este de Europa y países no comunitarios en el Mediterráneo y Norte de África
- Ayudar a la descongestión de corredores terrestres y minimizar los costes externos del transporte en Europa, incrementando la participación del transporte marítimo en el reparto del tráfico total entre modos, contribuyendo, asimismo, al desarrollo del transporte combinado

- Mejorar la accesibilidad y la cohesión económica y social de la Comunidad, prestando particular atención a las islas y regiones de la Comunidad
- Dar un tratamiento específico a las regiones ultra periféricas de la Unión, p.e. Islas Canarias

Con estos criterios se han ido conformando las redes ferroviarias de transporte combinado tanto en Europa como en España.

#### 2.1.3.1.Red de Transporte Combinado y Red Ferroviaria

##### 2.1.3.1.1.Red De Transporte Combinado En Europa

El incremento del intercambio comercial en Europa conlleva el incremento del transporte intracomunitario, este factor unido a la contaminación y excesivo consumo energético de la carretera llevan a la CE al establecimiento de medidas para potenciar el uso de la red de transporte combinado (carretera, ferrocarril, transporte marítimo de cabotaje y transporte fluvial).

Los principales objetivos de esta red son:

- Crear un marco general de un sistema de transporte combinado (carretera-ferrocarril) que cubra toda la comunidad y que retire un tonelaje importante de la carretera
- Asociar con este sistema basado en el ferrocarril y la carretera un enfoque intermodal que integre las vías navegables interiores y los servicios marítimos de cabotaje europeo que proporcionan recursos adicionales y complementarios y, en el caso de algunas líneas marítimas, especialmente en Grecia, Irlanda y la Península Ibérica, presten un servicio adecuado a las islas y a otras zonas alejadas de la comunidad, pero perteneciendo a ella.

- El sistema tendrá que estar diseñado de forma que permita el transbordo de unidades de carga europeas normalizadas (contenedores, cajas móviles, etc.). La red ferroviaria que se proponga tendrá que concordar con la red europea definida en el acuerdo de la Comisión de las Naciones Unidas para Europa.

Los objetivos señalados se basan en las siguientes consideraciones:

Aunque es difícil hacer previsiones sobre el aumento de la demanda de transporte, puede estimarse un crecimiento entre el 30% y el 40% de incremento durante la próxima década, aunque algunos estudios realizados sobre este tema prevén incrementos aún mayores.

La construcción de nuevas infraestructuras para absorber este aumento de la demanda, aún suponiendo que fuera posible, no sería la solución adecuada si se pretende reducir la emisión de gases contaminantes, producidos especialmente por el transporte por carretera.

Existen algunas zonas en Europa, por ejemplo Países Bajos, donde resulta muy difícil aumentar la red de carreteras dada la escasez de espacio físico disponible para ello, con independencia de otras consideraciones ambientales.

Es necesario aprovechar mejor la infraestructura actual dando al transporte un enfoque multimodal, utilizando el modo de transporte más adecuado en cada caso, estableciendo cadenas de transporte combinado carretera-ferrocarril que aprovechen las ventajas de ambos modos de transporte.

- La C.E. no pretende con este enfoque realizar una política dirigista (mediante cuotas u otras formas de regulación) sino que intenta dar a los usuarios posibilidades de elección entre una amplia gama de opciones.
- La parte logística de los costes de producción puede alcanzar el 30% del coste total y, dentro de este 30%, el transporte representa una parte importante. Como el transporte multimodal debe tener costes más bajos que el transporte por carretera, especialmente en distancias largas, el establecimiento de una red de transporte multimodal tendrá efectos

beneficiosos sobre la economía comunitaria. Otros efectos beneficiosos serían la disminución de la congestión en las carreteras y de la emisión de gases contaminantes.

- Aunque el transporte multimodal ha ido aumentando en la Comunidad, no representa más de un 4 ó 5% del transporte por carretera. El 90% del transporte comunitario por este modo de transporte no alcanza la distancia de 200 Km. Teniendo en cuenta que en el transporte combinado existe un nuevo sumando del coste que es el de las operaciones de transbordo, para que el transporte combinado ferrocarril-carretera sea más barato que el transporte por carretera se estima que la distancia recorrida en ferrocarril debe ser, al menos, de 600 Km.

Los estudios realizados demuestran que el transporte combinado en la C.E. podría duplicarse en 5 años y triplicarse en 10.

- La aplicación de un enfoque multimodal obligaría a replantear el actual proceso de la planificación de infraestructuras, que ha prestado muy poca atención al transporte en su conjunto.

El nuevo enfoque multimodal debe tener en cuenta las ventajas de cada modo de transporte.

Las ventajas del transporte por carretera son, especialmente, su alta calidad, su flexibilidad y su facilidad de administración y explotación. Las del ferrocarril son su eficiencia en largos recorridos, sus mejores condiciones laborales, su menor consumo de energía y su menor contaminación del medio ambiente.

El transporte marítimo barato y de muy bajo impacto ambiental, resulta rígido debido a las infraestructuras portuarias necesarias y exige unos volúmenes mínimos necesarios muy elevados en comparación a la carretera, lo que hace que este modo quede reservado a usuarios de grandes volúmenes de tráfico.

El transporte multimodal, con concentraciones y distribuciones de contenedores desde puntos fijos abre un nuevo campo de posibilidades. Ya que abre el uso del modo marítimo a usuarios de volúmenes bajos de carga. El volumen mínimo pasa a ser un contenedor de 20 pies que se define como la unidad mínima de carga del transporte multimodal.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el Consejo de Ministros de la C.E. ha promulgado, con fecha 29 de Octubre de 1993, la Decisión ya mencionada por la que se crea una Red Europea de Transporte Combinado.

La red básica se compondrá de enlaces ferroviarios y fluviales que, con sus eventuales trayectos iniciales y finales por carretera, habrán de tener una importancia primordial para el transporte de mercancías a larga distancia y comunicarán a todos los Estados miembros entre si.

Forman parte de la Red las instalaciones de transbordo entre el ferrocarril, las vías navegables, la carretera y la vía marítima.

En el mapa que figura a continuación se indican los enlaces ferroviarios de la Red.

La Red se construirá en dos fases teniendo en cuenta, particularmente, las limitaciones financieras de los Estados miembros.

La voluntad de la Comisión Europea de no favorecer a unos puertos determinados frente a otros, con independencia del posicionamiento geográfico – estratégico en las rutas de las distintas mercancías, hace que el lenguaje comunitario se refiera a instalaciones portuarias en el marco de la red y no de los puertos.



La primera fase que consta de 37 enlaces ferroviarios debe estar terminada en 6 años y la segunda 20 enlaces ferroviarios en 12 años.

Los trabajos necesarios para la primera fase se refieren a la adaptación de los enlaces, al gálibo y a las condiciones necesarias para el transpone de contenedores y cajas móviles que cumplan los requisitos de la Directiva 85/3/CEE referentes a pesos, dimensiones y otras características técnicas de determinados vehículos de carretera, Los trabajos de la segunda fase se refieren a determinadas adaptaciones de los enlaces.

En lo que afecta directamente a la parte española de la Red. los enlaces de la primera fase son los siguientes:

- Lisboa-Madrid-Barcelona
- Lisboa-Burgos
- Port Bou-Barcelona-Valencia-Murcia
- Madrid-Almería-Algeciras

Los enlaces de la segunda fase son:

- Madrid-Albacete-Valencia
- Madrid-Irún-Francia.

Existe la posibilidad de un tercer paso a través de los Pirineos para una fase final cuyo principal uso sea el transporte de mercancías descargando los corredores del eje Atlántico y Mediterráneo (Irún-Portbou) que podrían saturarse en un futuro únicamente con el tráfico de viajeros.

El análisis crítico de estos enlaces permite descubrir las tensiones históricas existentes entre la Europa continental y la Europa marítima, con supremacía de la primera sobre la segunda desde que se creó la Unión Europea en lo que a política de transportes se refiere.

Parece oportuno recordar el carácter fundamentalmente continental de Alemania y en menor medida Francia, frente al marcado carácter marítimo del Reino Unido y en menor medida Holanda y Bélgica.

España, Italia, Grecia y Portugal pueden tener sus intereses más próximos a la Europa marítima aunque el distanciamiento en el desarrollo de las redes de carretera y ferrocarril respecto del desarrollo alcanzado en Alemania y Francia exija aún un importante esfuerzo inversor para la convergencia.

#### 2.1.3.1.2.Red de Transporte Combinado en España

En España, el transporte de contenedores y cajas móviles por ferrocarril se realiza, principalmente, por medio del servicio de transporte combinado de RENFE denominado servicio TECO.

RENFE inició, a principios de la década de los 70, un servicio de transporte de contenedores por ferrocarril, montándose las primeras estaciones terminales hasta llegar a la situación actual que se describe a continuación.

El actual servicio TECO comprende no solamente el transporte ferroviario sino, también, la recogida y la entrega del contenedor en el domicilio del cargador o el destinatario y el acarreo correspondiente por carretera.

El servicio de transporte por ferrocarril se realiza dentro de una red de terminales situadas en los puntos que generan mayor tráfico de mercancías, por trenes regulares rápidos con horarios programados. Naturalmente, como todo servicio regular, los trenes salen de su estación de origen a la hora prevista aún cuando no tengan carga alguna.

La red TECO es esencialmente una red radial con centro en Madrid (estación de Abroñigal), con algunos tramos transversales. Los tramos radiales y transversales están indicados con líneas de distinto grosor.

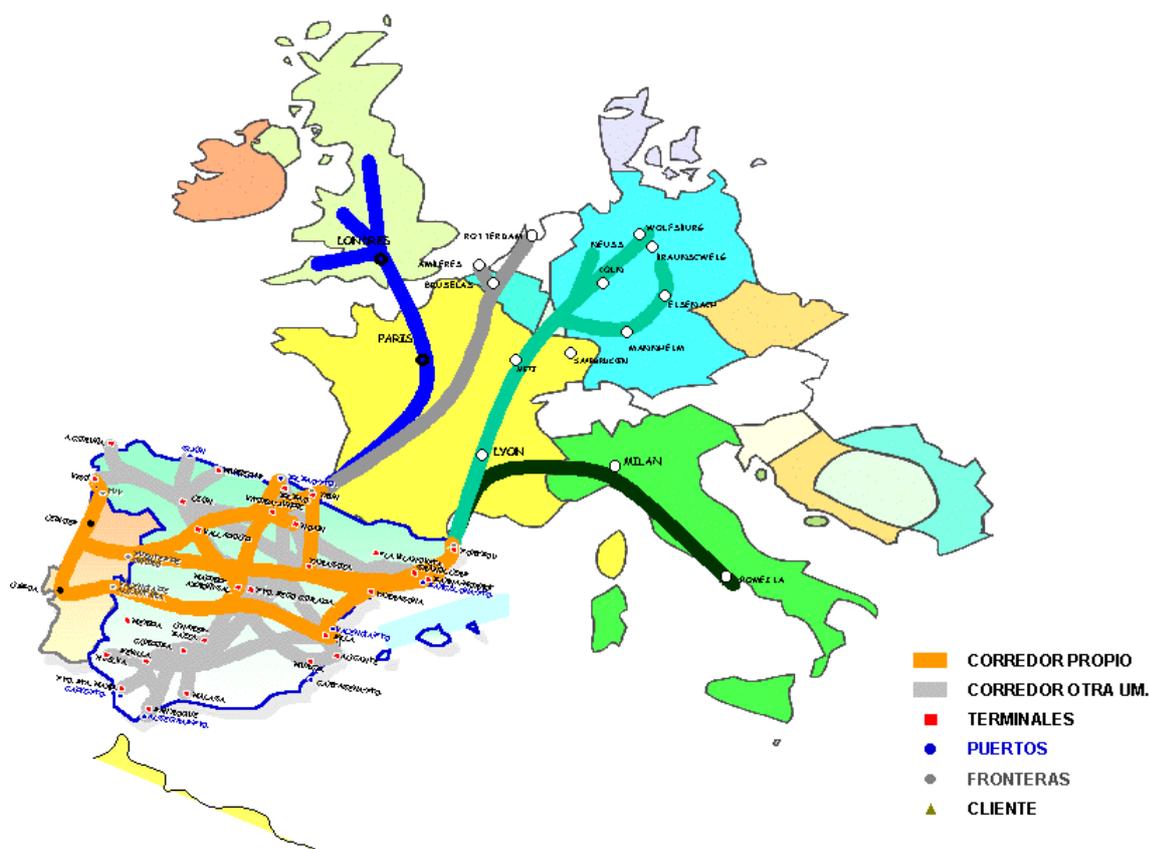
La estación de RENFE de Abroñigal presenta potencialmente un cierto grado de competencia o conflictividad con el puerto seco de Coslada, donde RENFE es uno de sus socios, lo que en parte puede colaborar a explicar las dificultades de desarrollo que el Puerto Seco de Coslada viene experimentando.

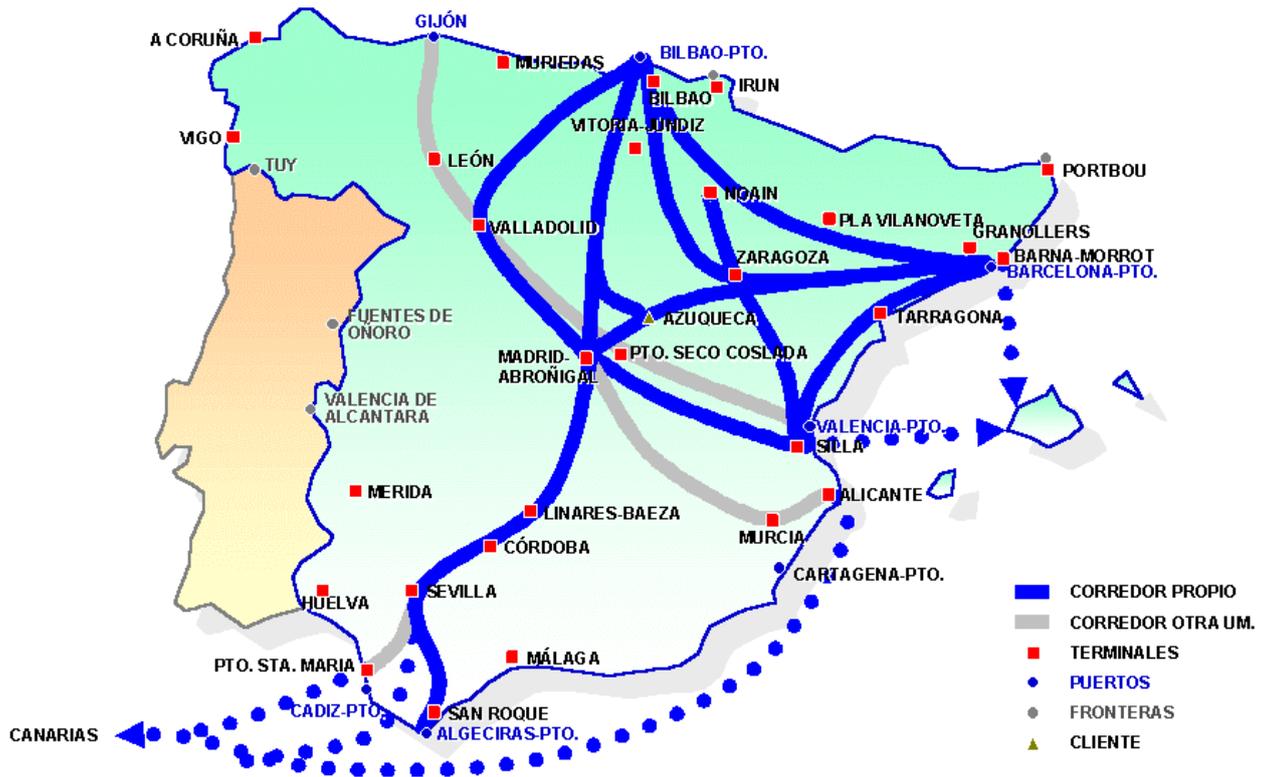
RENFE presta servicios con los siguientes orígenes y destinos:

- Domicilio-Domicilio e Terminal-Domicilio
- Domicilio-Terminal e Terminal-Terminal

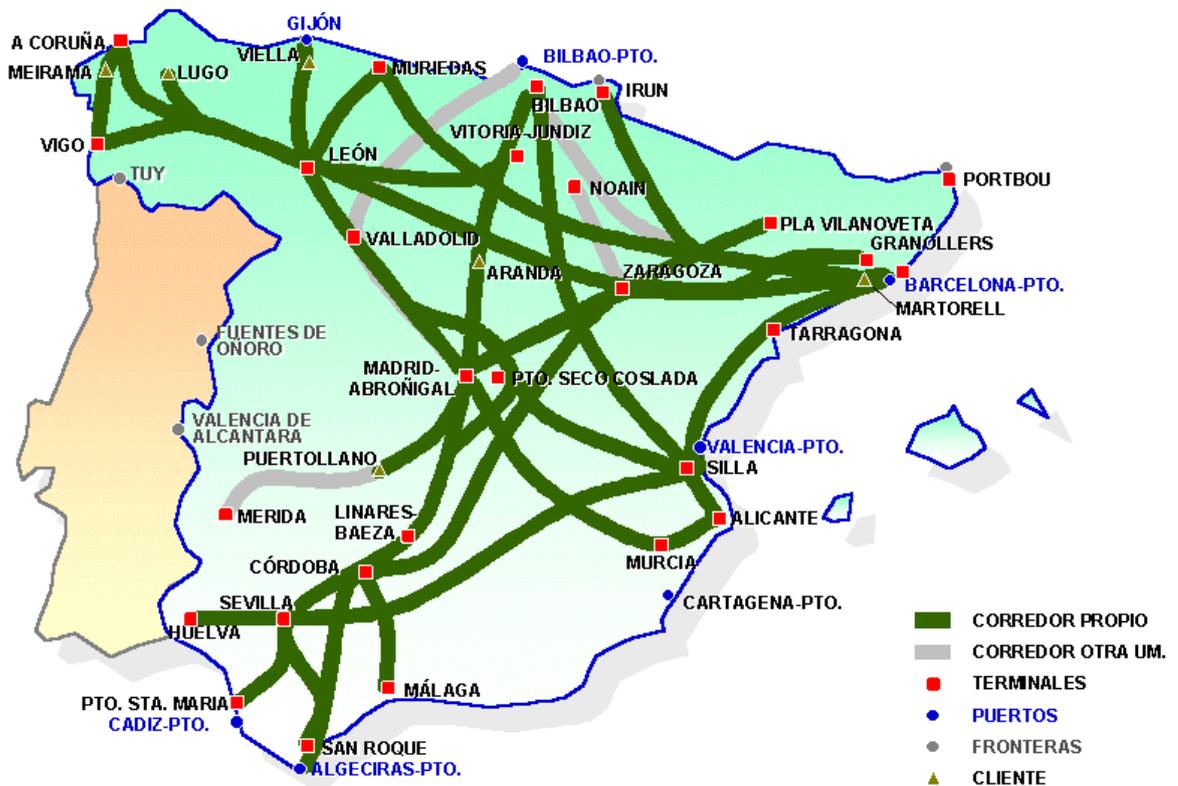
Como antes se ha dicho, el servicio TECO realiza los acarrees por carretera. TECO tiene una flota pequeña de camiones, pero normalmente subcontrata los acarrees con empresas de transporte por carretera.

TECO tiene instaladas terminales en algunos puertos para realizar el transbordo ferrocarril-buque o viceversa.





Tráficos marítimos



Tráficos terrestres

#### 2.1.4. Coordinación entre el Ferrocarril y el Puerto

La coordinación entre puerto y ferrocarril no es un asunto tan sencillo como en un principio pudiera parecer. A nivel físico, el ferrocarril debe entrar en el puerto por una puerta, lo que no siempre es compatible con las infraestructuras existentes, la topografía del terreno, la disposición del puerto, etc. A nivel institucional, no siempre es posible llegar a acuerdos claros y concisos, y se producen vacíos que desembocan en problemas de coordinación o de tipo logístico.

De esta forma, se han identificado los principales problemas de diversa índole que se han detectado en un primer análisis.

##### Problemas de tipo institucional

- Escasa relación institucional entre los puertos y RENFE. Un ejemplo de ello es que el ferrocarril no está presente en los Consejos de Administración de las Autoridades Portuarias ni Puertos del Estado en Renfe.
- Existe rigidez en los convenios existentes RENFE-Puertos, cuando existen, sobre la fórmula de operación portuaria, si bien, con carácter general, no se aplican los artículos correspondientes
- La diversidad o la inexistencia de convenios entre RENFE y Puertos presenta el problema de reparto de las responsabilidades de actuación en aquellos que precisen inversión para mejorar la posición del ferrocarril en el puerto, pues es claro que ambas administraciones se benefician de las inversiones en infraestructura ferroviaria.

##### Problemas de coordinación

- El ferrocarril no es considerado, en general, por el puerto como un elemento portuario, aunque este punto de vista está cambiando lentamente
- Falta coordinación e información entre ambos organismos .

- Algunas concesiones portuarias limitan o hipotecan el uso ferroviario en el ámbito portuario
- Hay diversidad de fórmulas de la gestión ferroviaria en los puertos

#### Problemas de operatividad portuaria y logística

- Falta de superficie terrestre y de medios logísticos para ciertos puertos y tráfico en relación al ferrocarril
- Con cierta asiduidad, el puerto tiende a usarse como zona de almacenamiento más bien que como intercambiador modal por su bajo nivel tarifario en relación al precio de los terrenos en el ámbito urbano'
- Alto coste de la carga-descarga a vagón; probablemente de hacerse directamente por un solo operador podrían abaratare los costes y mejorar la eficacia de la operación
- Las vías sobre cantil de muelle, que existen en gran número de estos, son escasamente operativas y de concepción anticuada, en general pensadas para pequeños buques de otra época
- La operación ferroviaria en los puertos presenta dificultades, bien por deficiencias en la infraestructura, por falta de material de tracción o por interferencia con flujos varios
- En general, en cuanto a la infraestructura, hay capacidad ferroviaria suficiente, pero la organización, horarios inadecuados y falta de medios ligeros de tracción la reducen notablemente
- Insuficiencia, en ciertos casos, en el mantenimiento de la infraestructura ferroviaria en los puertos
- Se podrían señalar de forma especial las zonas ferroviarias portuarias
- En general, no existen básculas ferroviarias ni comprobado de gálibos
- En la mayoría de los puertos, el desarrollo urbanístico ha implicado limitaciones en el acceso ferroviario al puerto. Prueba de ello son los numerosos pasos a nivel en los accesos a los puertos de Interés General del Estado.
- Insuficiente autoridad de los agentes comerciales periféricos del ferrocarril ante posibles usuarios potenciales
- La escasez de material ferroviario en el ámbito portuario es una queja constante de los usuarios

- La escasez de material de tracción específico del ámbito portuario, locotractores y similares, dado que en el ámbito portuario no se precisan velocidades importantes, no puede usarse tracción eléctrica y las vías de maniobra tienen importantes limitaciones de espacio.

La diferencia de capacidad entre un buque y un tren ( en un buque transoceánico caben 100 trenes completos) exige zonas específicas de almacenamiento concebidas con criterios del siglo XXI, siendo en su mayoría del siglo XIX las que, fuera de uso, pueden encontrarse en algunos puertos.

El trazado ferroviario en el ámbito portuario, tanto la vía como la tracción tienen elementos específicos y diferenciadores de la red general ferroviaria.

El ámbito ferroportuario queda, actualmente, reservado al tráfico de mercancía general, graneles y contenedores.

#### 2.1.5.Tendencias en el Transporte Intermodal en Europa y Principales Medidas a Aplicar en España

La política de transportes de la Unión Europea intenta impulsar el transporte marítimo de corta distancia y el transporte intermodal según las declaraciones posteriores al Consejo informal de ministros de transportes de Gijón, 31 de mayo 1 y 2 de junio 2002.

La política común de transporte tiene como finalidad general el logro de una movilidad suficiente y adecuada a las necesidades europeas de crecimiento económico y a su vez sostenible, es decir, de una actividad del transporte respetuosa con el medio ambiente cuyo desarrollo actual no limite la futura movilidad de personas y mercancías, y que permita el diseño de redes de transporte puerta a puerta sobre la base de la integración y la cohesión del mercado interior de la Unión Europea, con la perspectiva de su ampliación.

El transporte marítimo de corta distancia es una importante opción para aliviar el crecimiento del transporte de carreteras en aquellas situaciones de gran congestión además de disminuir los efectos nocivos en el medio ambiente.

El transporte marítimo de corta distancia tiene un coste social inferior al transporte por carretera, entre un 60-80 % inferior en accidentes, entre 30-40 % inferior en emisiones de CO2 y globalmente se puede llegar a ahorrar entre un 33-a un 62 % de los costes sociales

En el siguiente cuadro se resumen los principales costes externos y sus ahorros dependiendo del medio de transporte:

**Media de los costes externos marginales del transporte por modalidad, euros/1000 tkm<sup>2</sup>**

<i>Elemento de coste</i>	<b>Transporte por carretera <sup>1</sup></b>	<b>Transporte por ferrocarril<sup>2</sup></b>	<b>Transporte por vías navegables interiores</b>	<b>Transporte marítimo de corta distancia</b>
Accidente:	5.44	1.46	0	0
Ruido	2.138	3.45	0	0
Contaminantes	7.85	3.8	3.0	2.0
Costes climáticos	0.79	0.5	Desdeñable	Desdeñable
Infraestructura	2.45	2.9	1.0	Inferior a 1,0
Congestión;	5.45	0.235	Desdeñable	Desdeñable
<b>Total</b>	<b>24.12</b>	<b>12.35</b>	<b>Máximo 5.0</b>	<b>Máximo 4,0</b>
<b>Diferencia de coste respecto al transporte por carretera</b>				
		11,8 EUR por 1000 tkm	Aprox. 19 euros por 1000 tkm	Aprox. 20 euros por 1000 tkm
<b>Ahorro de costes externos de la transferencia de 1000 tkm a modalidades distintas del transporte por carretera</b>				
		11,8 euros	19 euros	20 euros
<b>reducción de costes generada por la transferencia de carga de la carretera</b>				
		85 tkm	52 tkm	50 tkm

<sup>1</sup> HGV en carretera <sup>2</sup> TRL proyecto de informe final

El transporte marítimo de corta distancia debe ser un transporte intermodal se deben favorecer la interoperabilidad e integración de las redes de transporte marítimo-terrestre y conseguir cadenas de transporte con una relación calidad – precio alta. Esto es , el transporte marítimo de corta distancia debe complementar la red transeuropea terrestre de manera que el transporte intermodal sea eficaz y rentable frente al transporte terrestre.

Las principales medidas a aplicar son:

- Estudiar y evaluar la viabilidad de las propuestas relativas a la reglamentación de aduanas, incluyendo el uso de “aduanas electrónicas” (E-customs), de control sanitario y veterinario, con el uso combinado de SIA (sistemas de identificación automática) y RDV (registradores de datos de viaje), para el transporte marítimo de corta distancia.
- Promover el uso de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones para el intercambio electrónico de documentos.
- Los puertos deben hacer posible una prestación de servicios de manipulación de carga competitivos, libre de cargas innecesarias e injustificadas o prácticas restrictivas que incrementen artificialmente los costes.
- Promover un marco de cooperación interportuaria para optimizar la eficiencia de las cadenas intermodales de transporte..
- Resulta esencial optimizar la compatibilidad técnica de las infraestructuras, el material móvil, las unidades de transporte intermodal, los servicios y los sistemas de información y contratación. En particular, debe promoverse la planificación estratégica de las infraestructuras de transporte especialmente centrada en la intermodalidad marítimo-ferroviaria.
- Apoyo a través de las autoridades públicas, necesario para fomentar el desarrollo de este tipo de transporte, debe articularse de forma tal que no distorsione la competencia.
- Crear las “autopistas del mar” en el contexto de las redes Transeuropeas, y que podrían igualmente ser establecidos en el plano regional y a través de la cooperación transfronteriza. A tal fin, la mayoría

de las delegaciones coinciden en realizar un mecanismo de seguimiento continuo y sin demora del cumplimiento de estos objetivos.

- La participación de la iniciativa privada resulta esencial
- Se considera la necesidad de disponer de buques especializados con un comportamiento medioambiental favorable que permita la reducción de emisiones contaminantes, especialmente el SOx y NOx, y que atiendan de forma eficiente y en condiciones de seguridad los requisitos operativos y de servicio de este tipo de transporte.

Así, las principales medidas que la Unión Europea piensa aplicar en las infraestructuras portuarias, servicios marítimos y procedimientos administrativos son:

En infraestructuras portuarias:

**1. Promover la coordinación internacional entre organismos y asociaciones empresariales existentes, nacionales e internacionales.**

**2. Promover el desarrollo tecnológico con resultados viables.**

Desarrollo tecnológico orientado a los medios de manipulación de mercancías que permitan agilidad en los cambios de modos de transporte.

**3. Mejora de la especialización de las instalaciones portuarias para el transporte marítimo de corta distancia.**

Favorecer la especialización de atraques, muelles e instalaciones portuarias para el transporte marítimo de corta distancia, con el objetivo de hacer interoperable las redes marítimas y las terrestres, desde un punto de vista físico.

**4. Mejora de la accesibilidad y conexiones terrestres de los puertos.**

Los puertos deben estar dotados, donde sea posible, de conexiones directas a las redes interurbanas de alta capacidad por carretera, a las redes ferroviarias, y a las vías navegables interiores (en particular a las redes transeuropeas de transporte).

**5. Fomentar las alianzas estratégicas entre operadores intermodales que permitan una gestión global del flujo de transporte.**

Favorecer la cooperación e integración empresarial y promover la simplificación de la contratación de servicios portuarios y su integración en

un contrato único de servicio de transporte intermodal “puerta a puerta”. Promover y fomentar proyectos concretos de cabotaje europeo junto con cargadores y transitarios.

**6. Establecimiento de estándares de servicio consensuados, mejores prácticas, esquemas de seguimiento y certificación de su cumplimiento, y de control de incidencias y operaciones.**

Desarrollo de estándares de rendimiento y establecimiento de índices de percepción de opinión de usuarios, de control de calidad y de costes.

**7. Fomentar la coordinación interportuaria.**

El hecho de existir al menos dos puertos de origen y destino en el transporte marítimo de corta distancia, exige fomentar la mayor vinculación posible entre ambos, al objeto de coordinar las necesidades físicas, la interoperabilidad con miras al servicio a cadenas marítimo terrestres comunes, así como requisitos funcionales para la correcta implantación de servicios y evitar duplicidades en las operaciones de inspección y control aduaneras y para-aduaneras, si éstas no se han ya simplificado al mínimo, de manera que se reduzcan al máximo posible la concentración de estas operaciones a lo largo de la cadena de transporte marítimo-terrestre, y siempre sin interrumpir el flujo de transporte. Todas estas acciones de coordinación no deben afectar a la seguridad y protección.

**8. Formación de trabajadores en los puertos a todos los niveles.**

Desarrollo de programas de formación en materia de transporte intermodal y transporte marítimo de corta distancia, y de programas de intercambio internacional de trabajadores entre empresas de distintos modos de transporte, **así como programas de capacitación profesional incluyendo a los camioneros**, a efectos de que puedan conocer la casuística y circunstancias propias de actuación de los otros modos facilitando la interacción entre operadores.

**9. Fomentar proyectos en el Programa “Marco Polo”.**

La propuesta sobre este programa como soporte a las iniciativas de transporte intermodal figuran el libro blanco de la política europea de transportes. La aplicación de este programa comunitario se destina a apoyar iniciativas intermodales con un esfuerzo especial para realzar las ventajas del transporte marítimo de corta distancia. (Este elemento también se refiere igualmente a los demás temas).

**10. Mejora de la eficacia del transporte ferroviario de mercancías.**

Adopción de medidas de carácter legislativo y de corte económico para mejorar la eficacia en el transporte ferroviario de mercancías y permitir la aparición de operadores intermodales (ferroviarios y marítimos).

**11. Incremento de la competitividad (precios y calidad de servicio) de los puertos y mejora de la eficacia de la prestación de servicios portuarios.**

Los puertos deberían ofertar servicios de alta calidad para todos los usuarios, incluidos aquellos relacionados con el transporte marítimo de corta distancia, a través de la prestación de servicios de manipulación de carga competitivos, lejos de cargas innecesarias e injustificadas o prácticas restrictivas que incrementen artificialmente los costes. Adopción de medidas de carácter legislativo y de corte económico para mejorar la eficacia en la prestación de servicios portuarios, evitar prácticas abusivas o de posición dominante y contribuir a la reducción del coste de paso de buques y mercancías por los puertos mejorando la competitividad de los puertos como nodos esenciales de las cadenas de transporte intermodal.

**12. Estudiar un sistema de tarificación por el uso de infraestructuras.**

Los Estados miembros deberían apoyar el desarrollo de una metodología común sobre la tarificación por el uso de infraestructuras. Esta metodología no está disponible actualmente como instrumento útil de trabajo.

En servicios marítimos:

**1. Valoración de la posibilidad de establecer enlaces o corredores experimentales de transporte marítimo.**

El objetivo sería discutir sobre las posibles condiciones adecuadas para la creación de enlaces o corredores ro-ro experimentales de transporte marítimo de corta distancia, con objeto de aligerar el tráfico por carretera. Estas condiciones se establecerían con criterios de mercado sobre la base de la participación de la iniciativa privada, podría ser incentivada eventualmente con apoyos de carácter público en este esquema de estrategia política, por un tiempo limitado, como ayuda a la iniciación del enlace y teniendo en cuenta las directrices sobre ayudas de Estado.

## **2. Promoción del cabotaje europeo.**

Se propone continuar apoyando el trabajo de las oficinas de promoción del transporte marítimo de corta distancia en atraer a todos los eslabones de la cadena de transporte a participar en el “short sea shipping”, facilitando información a todos los operadores logísticos que intervienen.

## **3. Tipología de los buques.**

Estudiar el buque óptimo para el transporte marítimo de corta distancia, y considerar especialmente los tipos para carga rodada (ro-ro) y los de carga por elevación (lo-lo) en velocidades altas con objeto de llegar a frecuencias altas de servicio.

## **4. Control del tráfico marítimo.**

Trabajar en el seno de la Organización Marítima Internacional (OMI) y en los foros correspondientes para impulsar una armonización de procedimientos y utilización de los centros y servicios de gestión, control e información del tráfico marítimo (vessel traffic services –VTS- y vessel traffic management and information services –VTMIS-) para facilitar el tráfico de buques en servicios de transporte marítimo de corta distancia.

En procedimientos administrativos , los distintos elementos se agruparán en tres áreas diferentes: armonización documental y procedimientos, armonización jurídica y uso de nuevas tecnologías. Es necesario que el marco legal al respecto sea lo mas ampliamente aceptado posible

### *2.2. Infraestructuras y Explotación del Ferrocarril en el Puerto*

#### **2.2.1. Limitaciones y Restricciones del Ferrocarril en el Puerto**

Las limitaciones y restricciones del ferrocarril en el puerto vienen condicionadas por varios factores: tipología del puerto, naturaleza de las mercancías manipuladas, redes de acceso e infraestructuras existentes, tráfico previstos y relación puerto-ciudad entre otros.

Las limitaciones sobre el trazado se refieren a tres aspectos: pendientes, radios mínimos así como número y longitud de vías.

Las pendientes en los puertos son prácticamente inexistentes, ya que son instalaciones a nivel del mar constituidas generalmente por grandes explanadas horizontales. Sin embargo, el hecho de estar situadas a nivel del mar produce situaciones de difícil solución, ya que es necesario salvar una diferencia de cota con la línea principal que a veces es importante. Por ello en ocasiones es imprescindible construir importantes obras (túneles) para limitar la pendiente al máximo exigible.

Al estar ubicadas las explanadas portuarias sobre terrenos de relleno, cabe esperar, sobre todo en los primeros años de entrada en servicio, asentamientos importantes en las explanadas portuarias que suponen una dificultad añadida para los movimientos ferroviarios.

Los radios de las curvas en un puerto vienen condicionados por la tipología del material móvil. La velocidad de paso en un puerto es pequeña, lo que permite prescindir de los peraltes y obviar correcciones en los radios por causa de ésta. Así mismo, la tipología del material móvil se debe a la naturaleza de la mercancía transportada, pues son diferentes los empates de los distintos vagones utilizados (tolvas, plataformas porta automóviles, cisternas,...). Por lo tanto, es necesario estudiar el material que se va a utilizar para dimensionar los radios, ya que se debe tender a construir los radios mínimos de manera que se puedan realizar las maniobras necesarias sin perder espacio portuario.

El número de vías en el puerto depende de los tráficos previstos y del material móvil utilizado. Es conveniente separar tráficos distintos tales como contenedores, automóviles, graneles,... y habilitar instalaciones para cada tráfico que independice las operaciones de carga y descarga. Esto disminuye los tiempos de espera y aumenta la productividad. También es importante el sistema de tracción utilizado, ya que si se emplea un tractor diesel, es necesaria la existencia de una vía de escape. Dicha vía permite desenganchar la tracción y enviarla donde sea necesaria, de manera que no permanezca activa durante los procesos de carga y descarga.

El uso de locomotoras elimina esta exigencia de la existencia de una vía de escape para las locomotoras, que en todo caso han de ser de diesel o diesel-eléctricas. Ya que la tracción eléctrica queda eliminada del ámbito portuario por motivos de seguridad, con carácter general, salvo para casos específicos y justificados.

La longitud de las vías de estacionamiento se define atendiendo a tres factores: la tipología del puerto, el tamaño de los buques y la longitud de los trenes. Es obvio que la longitud de las vías será la que el puerto permita, y si éste no ofrece ninguna limitación, será la longitud de los trenes el factor determinante.

Normalmente se estima una longitud de 450-500 metros para trenes de mercancías en la red española actual, aunque la tendencia es la de ofrecer trenes de 750 metros de longitud.

No obstante, en las explanadas portuarias, las composiciones de trenes pueden quedar partidas en menores longitudes sin mas problemas que el aumento del numero de maniobras FERROVIARIAS.

### 2.2.2. Accesos

La terminal ferroviaria portuaria es una derivación particular de la línea principal. Por lo tanto debe cumplir las exigencias a nivel de pendientes, trazado y señalización. La operación de acceso desde la red ferroviaria hasta la terminal portuaria puede hacerse de dos maneras: accediendo directamente desde la vía principal o desde una estación de apoyo cercana al puerto. Esta distinción es importante, pues dependiendo de la operación que se realice, la terminal portuaria puede tener o no una vía electrificada. Si la operación se realiza apoyándose en una estación intermedia, los vagones que tengan como destino el puerto se desenganchan del resto del tren y se procede a una maniobra mediante un tractor diesel o un locomotor. En caso contrario la línea deber estar electrificada para que el tren, muchas veces remolcado por una locomotora eléctrica, pueda llegar hasta la vía principal del haz de la terminal.

La mayor parte de los puertos españoles necesitan la construcción de un nuevo acceso ferroviario ya que el diseño actual obedece a criterios anticuados que ya están obsoletos bien porque la ciudad presiona sobre el puerto y por tanto sobre el acceso ferroviario o bien porque las propias instalaciones ferroviarias no son adecuadas para atender las necesidades de un transporte moderno y eficaz.

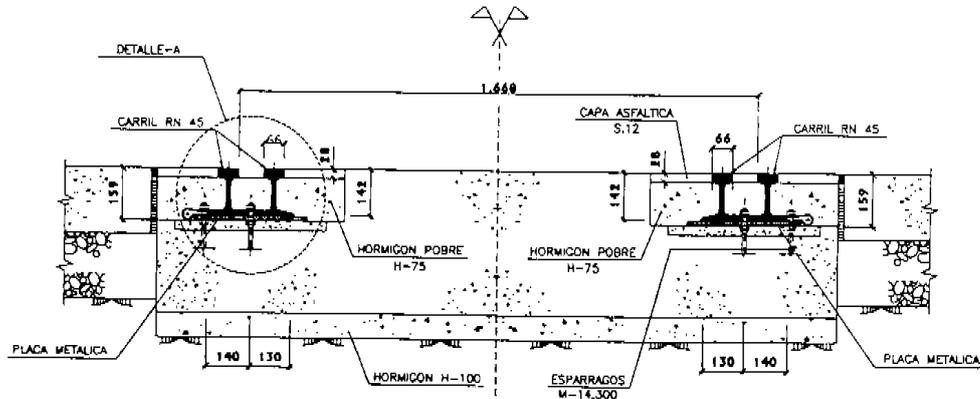
Pueden citarse los casos de los puertos de Interés General del Estado, en especial, de Barcelona, Santander y Bilbao, aunque en todos estos casos hay proyectos para resolver el problema de la accesibilidad ferroviaria al ámbito portuario.

### 2.2.3. Superestructura

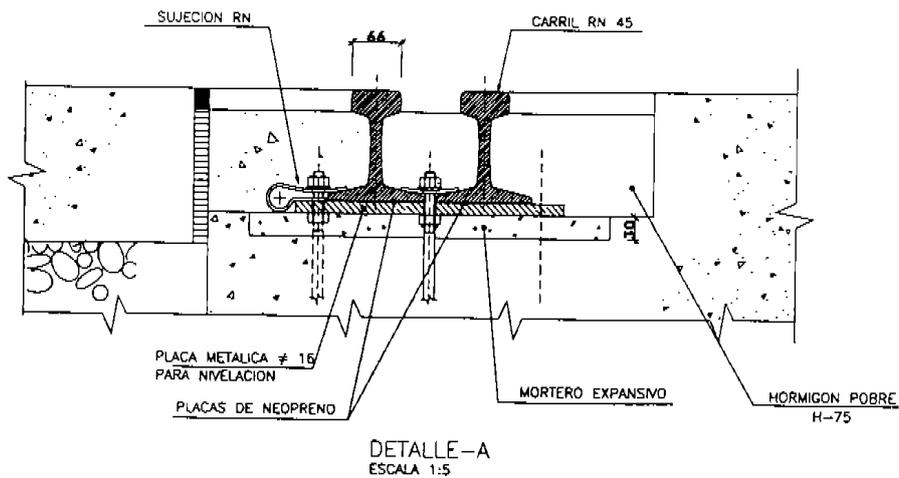
La tipología de las vías ferreas portuarias no corresponde con la sección típica de las líneas ferroviarias convencionales. En el puerto no se colocan las vías sobre el terreno, sino sobre la superficie de las explanadas o del muelle, que es una explanada de hormigón o similar. Por ello se prescinde de las capas de balasto y se recurre a la tipología de la vía en placa, embebiendo los carriles en el hormigón, o viga flotante, para no crear una barrera que perjudique la permeabilidad entre las distintas zonas del Puerto, y además, permita el cruce de los vehículos rodados.

Los siguientes gráficos corresponden a una sección tipo de vía estuchada, característica del ferrocarril en los puertos.

VIA EMBEBIDA



SECCION TIPO



DETALLE-A  
ESCALA 1:5

En España, conviven varios anchos de vía ferroviaria:

- Ancho UIC (1,435 m entre cabezas de carril) para la red de alta velocidad de pasajeros, actualmente.
- Ancho ibérico (1,668 m) para la red actual de RENFE (exceptuando Madrid-Sevilla) mercancías y pasajeros.
- Ancho métrico (1 m) en las redes de ferrocarriles autonómicos: FEVE, FGV,...

Las principales vías que previsiblemente necesitarán acceso a los puertos serán:

- La red nacional en ancho ibérico, y
- La red transeuropea en ancho UIC si se desarrolla para mercancías en el futuro

La forma de compatibilizar ambos anchos en la misma vía es la utilización de tercer carril que permite circulaciones de ambos anchos sin intercambiadores de ejes.

Otras posibles soluciones son accesos ferroviarios en doble vía, siendo una de ancho UIC y otra de ancho ibérico, o los intercambiadores de ancho.

Se debe resaltar las diferencias notables entre las exigencias de las infraestructuras para grandes cargas y bajas velocidades (mercancías) y altas velocidades y cargas ligeras (viajeros).

Los métodos propios de cálculo de la vía estuchada se han detallado en el anexo 2. El criterio debe ser el mismo que el de la línea general (18 T/eje) aunque con posibles singularidades puntuales donde situemos instalaciones portuarias de mayor peso.

Cabe destacar la posibilidad de prolongar esta superestructura hasta borde de muelle de manera los trenes se puedan introducir en el buque sin necesidad de operaciones de carga y descarga. Este es el caso de Xiuying , en Hainan, China, que una doble vía estuchada llega al borde del mar y junto a una rampa regulada por 4 elevadores hidráulicos que permiten situar la vía a su posición debida.



Puerto de Xiuying

#### 2.2.4. Trazado-Planta-Alzado

Siendo el acceso ferroviario a los puertos una derivación de la línea ferroviaria principal parece lógico que mantenga las mismas exigencias que la vía principal.

##### Trazado en planta:

Si suponemos una velocidad máxima de la derivación de la línea principal de 160 km/h, sabiendo que en la mayoría de casos no se llegará a esta velocidad, el radio mínimo sería del orden de 1265 m.

La velocidad media del transporte de mercancías es de aproximadamente 100/120 km/h luego el radio mínimo se podría reducir a 500 m y en algunos casos excepcionales, ya cercanos a las zonas de parada, el radio mínimo podría llegar a ser menor dependiendo en este caso del material móvil a utilizar.

### Trazado en alzado:

En la mayoría de la pendiente utilizada en la línea principal para tráfico mixto es del orden de 12,5 milésimas, en el caso de la zona del puerto podría llegar a una pendiente del orden de las 15 milésimas, aunque la pendiente depende de la potencia de la locomotora y del peso de los vagones o unidades que mueva.<sup>2</sup> El radio vertical mínimo será del orden de 10.000 m y en casos excepcionales llegará a 8.000 m

### 2.2.5. Electrificación

La principal característica de la electrificación de los puertos es la ausencia de ella en la medida de lo posible.

La catenaria y los postes propios de la electrificación limitan el gálibo de los trenes y dificultan las operaciones de carga y descarga de los trenes, y de las operaciones portuarias.

El ambiente portuario por su necesaria proximidad al mar es un ambiente húmedo y salino y por lo tanto, altamente corrosivo y de fácil conductividad y derivación eléctrica, por lo que además de las razones operativas portuarias, los motivos de seguridad y la reducción de las tareas de mantenimiento, aconsejan evitar la electrificación ferroviaria en el ámbito portuario.

Si bien es cierto que el acceso ferroviario a los puertos es un ramal de la red principal y por continuidad en algunos casos es necesario electrificar parte de la línea hasta que sea posible utilizar material motor diesel.

Los principales tipos de electrificación existentes actualmente en España son:

- Electrificación a 3.000 V cc en la red actual de RENFE de ancho ibérico
- Electrificación a 25 KV en la red de alta velocidad y ancho UIC que permite la unión con la red transeuropea

---

<sup>2</sup> Los trenes españoles tienen una longitud máxima de 450 a 500 m en estos casos la pendiente máxima podría llegar a las 15 milésimas y de forma excepcional 20 milésimas. Los trenes europeos de una longitud cercana a los 750 m podrían tener que reducir esta pendiente para evitar circulaciones con doble locomotora.

En el anexo 3 se ha realizado una exposición más detallada de los distintos tipos de electrificación, aunque se insiste en la necesidad más que conveniencia de evitar la electrificación en el ámbito portuario.

#### 2.2.6. Señalización

La señalización propia del acceso ferroviario va a coincidir con la línea principal a la o a las que este unido o al menos va a ser compatible con ella.

En cualquier caso, la línea de derivación al puerto debe cumplir las especificaciones propias de la interoperabilidad ferroviaria ERTMS nivel 1 según directiva 96/48/CE de la línea de alta velocidad como directiva **2001/16/CE** de la de la red convencional.

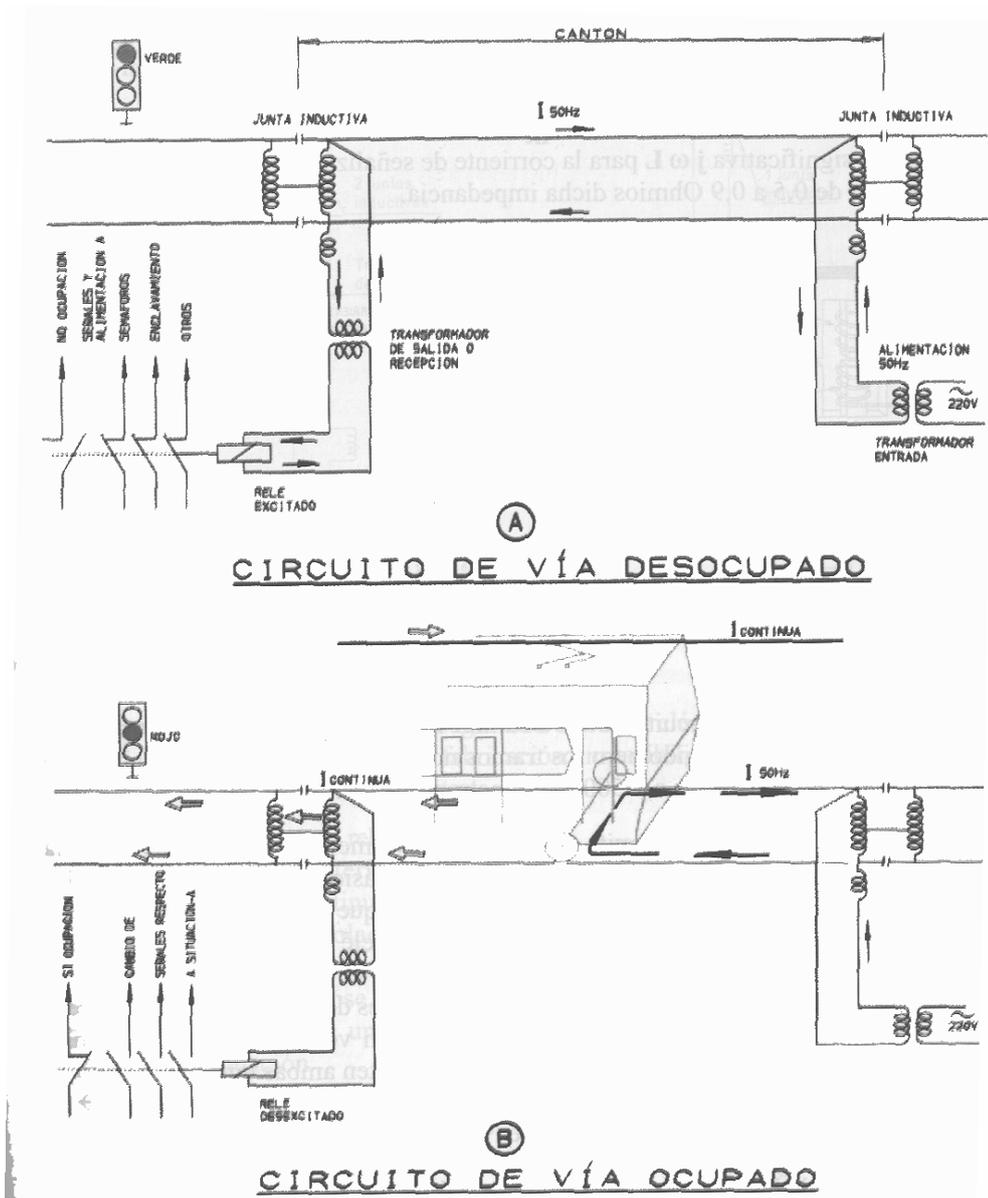
La interoperabilidad ERTMS nivel 1 viene definida por un sistema de control del tren basado en transmisión puntual, que se utiliza superpuesto a un sistema de señalización existente. Las características principales se pueden resumir en:

- Cantonamiento tradicional mediante secciones de bloqueo fijas.
- Señalización lateral.
- Tráfico mixto, es decir pueden circular trenes equipados con ERTMS o no.
- Detección de posición e integridad del tren mediante circuitos de vía o contadores de ejes.
- Envío de datos de la vía y autorizaciones de movimiento al tren mediante Eurobalizas o Eurolazos asociados normalmente a las señales luminosas. Hay también Eurobalizas que permiten al tren actualizar periódicamente su posición y corregir errores en su sistema de odometría, debidos a las tolerancias del mismo o a deslizamientos y patinajes de las ruedas.
- Control de velocidad continuo.
- Señalización en cabina a través de una interfaz hombre-máquina normalizada (MMI), aunque el maquinista debe observar también las señales laterales.

La línea ferroviaria tendrá al menos una señalización convencional tipo ATP cantón fijo.

La señalización convencional se fundamenta en un sistema de localización segura de cada tren basado en que dicho tren cortocircuita a través de sus ruedas y ejes un determinado circuito; ver gráfico siguiente. Ese circuito esta delimitado por dos juntas de inducción que determinan un cantón

El tren se parará si el cantón siguiente esta ocupado tal y como muestra la figura adjunta.



Otra forma posible de señalización es simplemente mediante semáforos, método usado antiguamente y podría ser interesante utilizar en este caso dado.

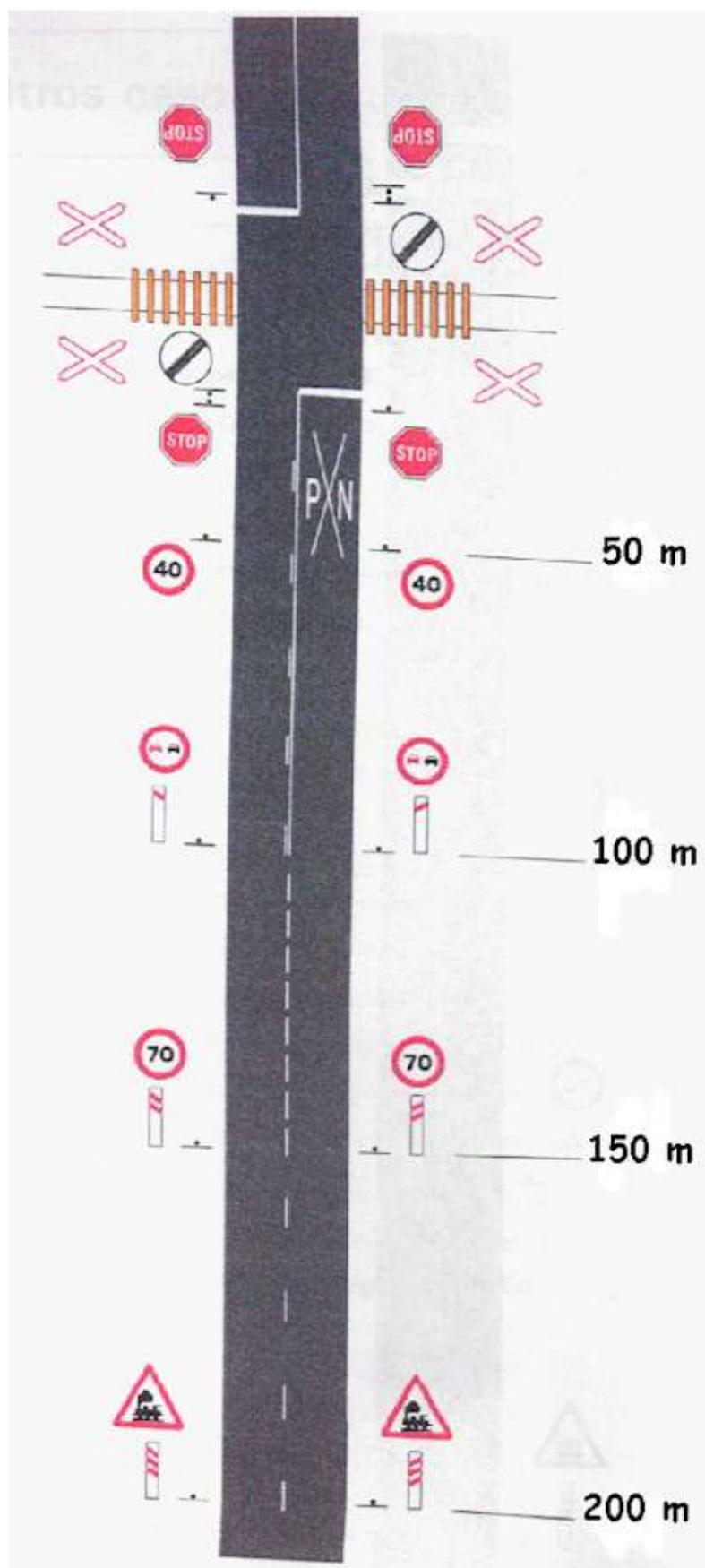
Hay dos tipos básicos de señales de semáforos: de parada y prevención a distancia.

En los siguientes gráficos se han detallado las principales señales de parada, prevención y vía libre utilizadas.

Las señales de parada son rojas en la cara que da al tren y tienen una franja blanca en su extremo izquierdo. Por la noche, muestran una luz roja para señalar peligro y una verde para indicar vía libre. Las señales de prevención tienen un corte en su extremo izquierdo en forma de V (cola de pescado) están pintadas de amarillo en la cara da al tren y tienen una franja negra en forma de V que coincide con el corte de su extremo.

Una señal de parada en posición de peligro siempre significa que hay que detenerse frente a ella. Una señal de prevención en posición de peligro indica al maquinista que puede continuar pero que se debe preparar para aminorar la marcha y parar si la siguiente señal de parada así lo indica. Una señal de prevención que muestra vía libre informa al maquinista que la vía por la que va a circularse se halla libre.

La señalización de cada una de los cruces con el viario, en el exterior del puerto, sería en el caso mas general de cruce carretera ferrocarril al mismo nivel sin barreras el siguiente:



Los accesos terrestres en el interior de los puertos vienen caracterizados principalmente por el gran número de intersecciones entre ferrocarril y carretera, que hace necesario desarrollar un sistema de señalización dentro del puerto, propio y característico del ámbito portuario.

**Sistema de Señalización en las intersecciones del ferrocarril y de la carretera en el interior de los puertos.**

**Principales características de los accesos terrestres: ferrocarril y carretera en el ámbito portuario.**

El ferrocarril viene caracterizado por:

- la rigidez de su itinerario, **con una plataforma propia y reservada únicamente para este modo de transporte**
- la baja velocidad, **las velocidades medias son del orden de 10 km/h dentro del puerto y no superan en la mayoría de los casos los 30 km/h mientras las velocidades máximas varían entre 80 y 100 km/h**
- la alta capacidad, **cada tren permite transportar del orden de 50 a 80 camiones.**

La carretera se caracteriza, como ya es sabido, por:

- **La gran flexibilidad de recorrido**
- **La baja velocidad** en el entorno portuario debido principalmente a la carga transportada y a la congestión existente

Estas características propias de ambos modos junto con el gran número de intersecciones existentes entre ellos permite definir el sistema de señalización necesario en el ámbito portuario.

### **Principales necesidades del sistema de señalización en el puerto.**

La señalización de las intersecciones entre carretera y ferrocarril en el entorno portuario debe ser distinta a la señalización convencional de los cruces de ambos modos. Ya que, no sólo debe ser segura sino también rápida, eficaz y además, se requerirá que la inversión necesaria sea lo más reducida posible, así como su posterior gasto de mantenimiento.

La señalización ferroviaria actual resulta costosa y de gran complejidad ya que las grandes velocidades que alcanzan los trenes la convierten en un sistema imprescindible, pero que no es la adecuada en el caso que nos ocupa.

La velocidad propia del entorno portuario, entre 10 a 30 km/h, permitiría una señalización más barata e igualmente segura.

Durante algún tiempo y para velocidades del orden de 50 km/h, la única señalización necesaria fue la llamada “tren a la vista”, cuya única señalización era la advertencia de un cruce con carretera y dependía la seguridad del tren únicamente del maquinista. Parece necesario buscar elementos de señalización más seguros que, aunque no lleguen a los complejos sistemas de señalización de las nuevas líneas de alta velocidad, permitan mayor seguridad en las intersecciones portuarias, dado el uso intensivo de las vías de comunicación en las zonas de servicio portuario.

Por otra parte, la señalización en la carretera en los pasos a nivel con el ferrocarril se desarrolla siguiendo una distribución de señales verticales en los 200 m anteriores al punto de cruce, cuyo principal objetivo es la advertencia del cruce y la necesidad de reducir la velocidad, distancia que en algún caso puede resultar excesiva en el ámbito portuario.

En el caso de las intersecciones carretera-ferrocarril en el puerto parece excesivo la gran cantidad de señales verticales utilizadas y repetidas en multitud de ocasiones a lo largo del ámbito.

Esto nos lleva a buscar una señalización única y compartida por ambos modos, como pueden ser los semáforos.

Los semáforos, pueden ser elementos únicos y puntuales en la carretera, además de muy utilizados y conocidos en los distintos tipos de intersecciones urbanas.

En el caso del ferrocarril, los semáforos son elementos que confieren una mayor seguridad, rapidez y regularidad a este modo siempre y cuando le den prioridad frente a la carretera.

### **Sistema de señalización: Prioridad semafórica del tren**

La prioridad semafórica del tren consiste en un semáforo que regula el paso del tren de forma que éste lo encuentre siempre verde y no deba parar. Y sea el vehículo de la carretera el que adecue su marcha al paso o no del tren cambiando el color de su semáforo. A la señal roja de la carretera se le deberá añadir un sonido que avise del peligro.

El mecanismo puede funcionar de dos formas:

- **A partir de unas balizas detectoras de la posición del vehículo.**  
El mecanismo funciona a partir de unas balizas situadas entre los carriles que son accionadas al paso del tren enviando la señal al semáforo.
- **A partir de unas balizas emisoras dentro del vehículo.**  
El mecanismo funciona a partir de una baliza emisora instalada en la unidad que desencadenará una fase verde que permitirá al tren atravesar el cruce sin demora alguna.

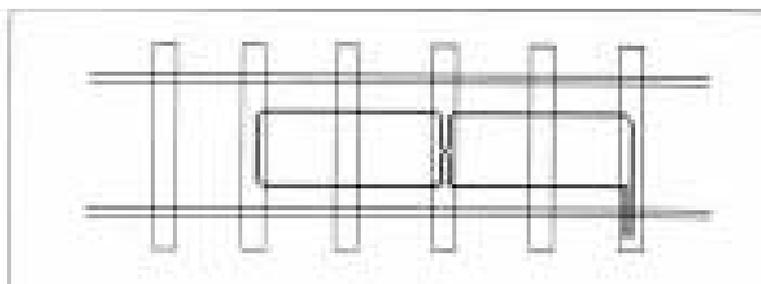
**Aunque ambos métodos pueden ser utilizados parece más conveniente las balizas detectoras ya que una única baliza permite hacer funcionar el mecanismo. El segundo método, balizas emisoras, hace necesarias varias balizas, una para cada unidad, lo que haría necesario la remodelación del material móvil.**

### **Balizas detectoras de la posición del tren.**

La detección de vehículos sobre raíles se debe realizar según un bucle en forma de 8 y se debe fijar de forma muy rígida dicho bucle para evitar la vibración y la deformación al paso de los vehículos sobre los raíles.

Los raíles al ser metálicos presentan una influencia muy acusada sobre el campo emitido por el bucle. Por esta razón hay que alejar lo máximo posible al bucle de las partes metálicas, manteniéndolos una distancia mínima de 20-30 cm.

La forma del bucle de la figura siguiente concentra el campo magnético en el eje de rodadura, por lo que está especialmente adaptado a detectar vehículos rodantes (vagonetas,trenes, ...)



Adicionalmente, será necesario un protocolo de funcionamiento de la señalización a lo largo del ámbito portuario. Este protocolo de explotación que constará principalmente de las siguientes medidas a realizar en el movimiento de la material móvil ferroviario:

1º. Todas las unidades deberán de estar provistas de un sistema avisador luminoso y acústico, así como sistema de balizamiento:

- Sistema avisador luminoso: baliza intermitente, de color amarillo ámbar, visible desde adelante, atrás y ambos lados del tren. Esta podrá reemplazarse por una baliza delantera y otra trasera cuando desde un punto no cumpla la condición de ser visible desde todas las partes.
- Sistema avisador acústico: Sirena ....
- Sistema de balizamiento: Deberá constar de 4 banderas de color rojo dispuestas en las extremidades del tren.

2º. Antes del inicio de las operaciones, deberá comprobarse el correcto funcionamiento de este sistema avisador.

3º. Se colocarán señales de peligro y precaución delimitando la zona de paso del ferrocarril.

4º. El maquinista deberá de tener una buena visibilidad de todo el recorrido por el que discurra el tren y deberá de contar con la ayuda de 2 operarios situados a uno a cada lado del tren, informándole y ayudándole en el transcurso de las maniobras.

El ferrocarril circulará siempre con las limitaciones de velocidad establecidas para cada instalación y zona portuaria, además de unas medidas específicas de cada caso y las establecidas por la Autoridad portuaria.

## 2.2.7. Material Móvil: Tracción, Locotractores y Vagones

### 2.2.7.1. Tracción y Locotractores

La tracción en el movimiento de entrada o salida de un tren de la terminal portuaria, como ya se ha comentado, puede realizarse de varias maneras: mediante la propia locomotora del tren, tractor diesel o con la ayuda de un locotractor.

La tracción es determinante en el diseño de la infraestructura ferroportuaria, ya que influye principalmente en la necesidad o no de electrificar la vía y de añadir o no una vía de escape.

En el caso de utilizar la propia locomotora, es necesaria la electrificación de la línea y la vía de escape lo que debe evitarse en el puerto. Si la tracción se efectúa con tractor diesel, únicamente es necesaria la vía de escape adicional no electrificada.



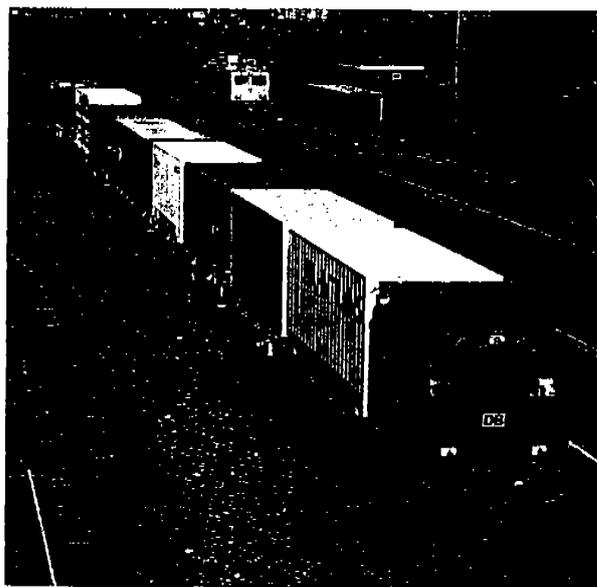
Recientemente se está utilizando en los puertos el locotractor, que consiste en una cabeza tractora de gran potencia con ruedas neumáticas y medias metálicas adecuadas al ferrocarril, pudiendo cambiar de unas a otras indistintamente, con lo que se evita la vía de escape y mejora la maniobrabilidad y disponibilidad de la tracción.

Esta peculiaridad le proporciona independencia de movimientos y permite prescindir de la vía de escape, por lo que ofrece una gran flexibilidad de maniobras en el puerto.

Una posibilidad que se plantea para escenarios futuros y que no precisa de vía electrificada ni de vía de escape son los denominados "trenes TECO intermedios". Se trata de trenes bicabina de tracción diesel indeformables, relativamente cortos (100-120 metros) que pueden circular a una velocidad de hasta 120 km/h y de consumo ajustado. Dada su gran competitividad es seguro que su uso se irá generalizando a medida que el mercado del transporte ferroviario vaya aplicando las medidas liberalizadoras impulsadas por la Unión Europea y vayan apareciendo nuevos operadores.

Actualmente este nuevo concepto de tren esta en fase de prototipo y estudio por las redes ferroviarias de Alemania y Reino Unido.

Estos nuevos trenes debido a la ventaja de su corta longitud, permiten el acceso en aquellos puertos que por su disposición no admiten grandes longitudes de los haces de vía, además de reducir costos por su flexibilidad y operatividad.



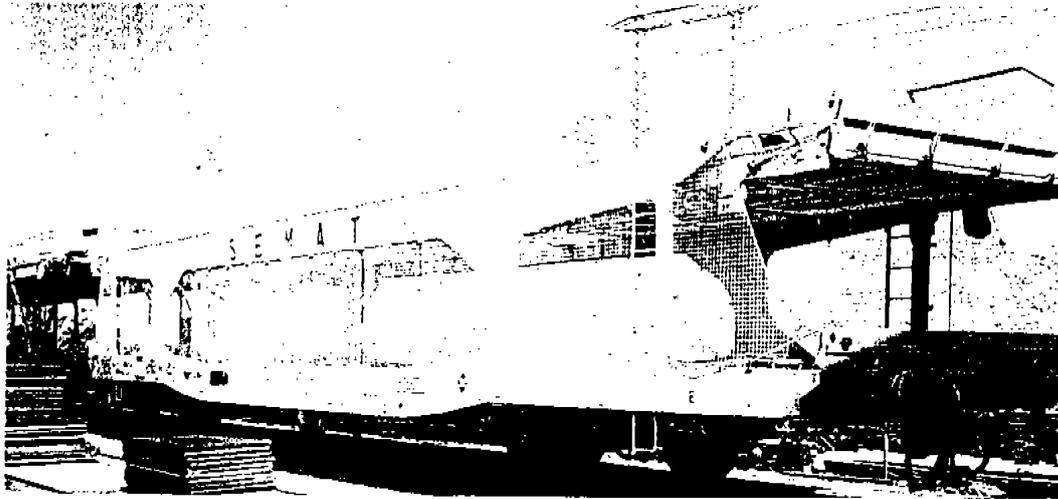
*Tren TECO intermedio*

#### 2.2.7.2. Vagones

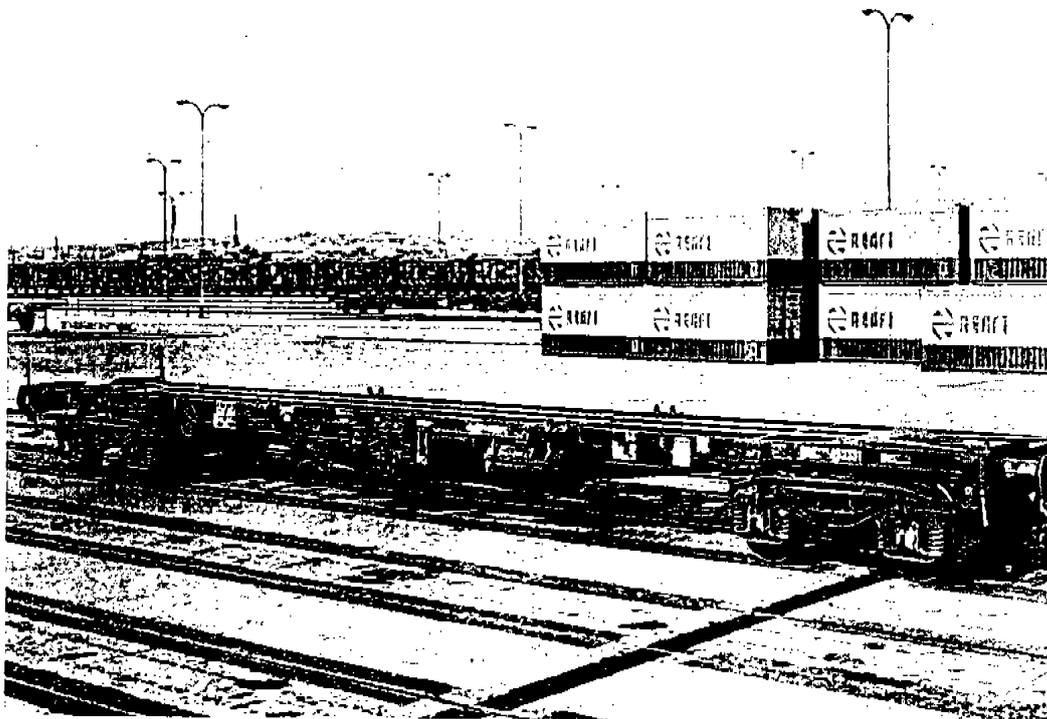
Los vagones de mercancías responden a muchas y variadas tipologías en función de la mercancía que están destinados a transportar. Cada uno tiene distintas características y es necesario tenerlas en cuenta a la hora de diseñar la playa de vías de una terminal portuaria.

Los vagones de uso portuario, en general, han de ser idénticamente los mismos que circulen por la red ferroviaria, a diferencia de la tracción que como se ha comentado anteriormente puede ser específica del ámbito portuario.

A continuación se revisan los principales tipos de vagones de mercancías actualmente utilizados en España.



*Plataforma portautomóviles*



*Plataforma porta contenedores*

En los anexos 4 y 5 del presente trabajo se detalla el material móvil tractor, vagones y contenedores de los principales operadores ferroviarios españoles de mercancías.

#### 2.2.7. Operación Ferroviaria. Operación en Red

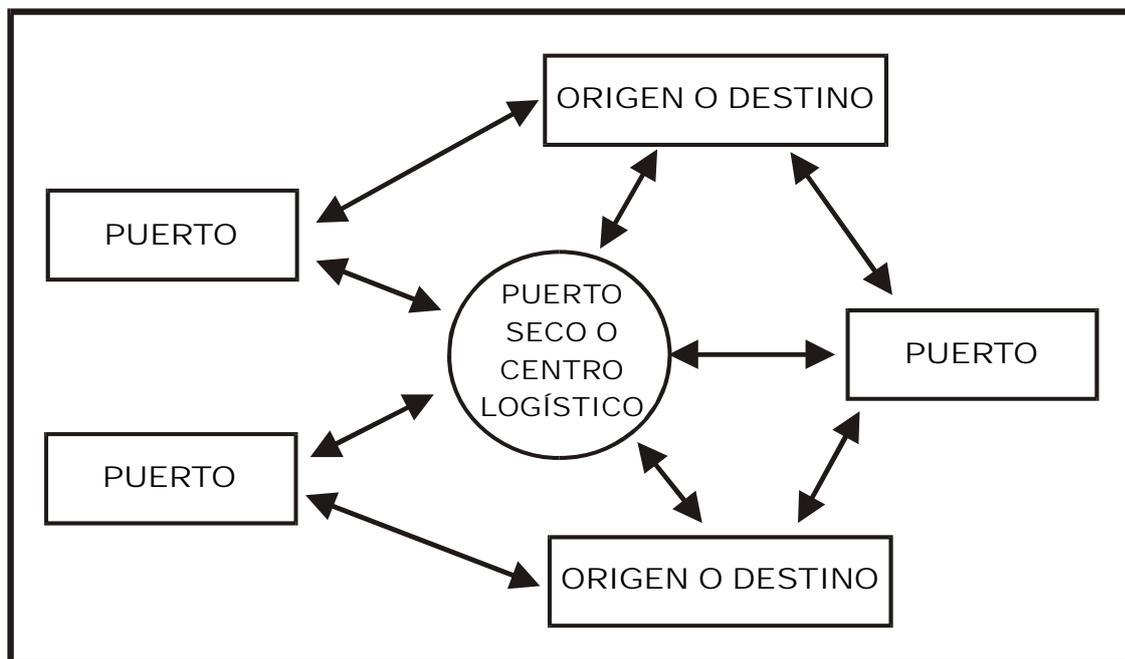
La operación ferroviaria en un Puerto necesita una estación de apoyo. En esta estación se procede a la segregación de los vagones que tienen como destino el puerto, a la formación de trenes con distintos destinos y , en general, a operaciones que corresponden a una estación de cierta envergadura, con un haz de vías mayor que el necesario en el Puerto, donde únicamente se realizan las operaciones de carga y descarga.

Este tipo de estaciones se puede situar en el propio muelle (on dock) o fuera del (out dock), incluso a varios kilómetros de distancia. Para realizar las operaciones entre la estación de apoyo y la terminal marítima se dispone preferentemente de tractores diesel y locotractores, eliminando las incomodidades y peligros que entraña la instalación de una catenaria en el Puerto.

En caso de no existir una estación de apoyo, los trenes tendrían que operar directamente desde el Puerto, lo que implica dificultades de operación tanto ferroviaria como portuaria. Así mismo, obligara a disponer de una línea electrificada, con el consiguiente riesgo para el movimiento de grúas y maquinaria, y exigencias de mantenimiento y seguridad.

El puerto se define como el eslabón en la cadena de transporte, que une los modos terrestres con el marítimo.

Forma parte de un sistema mas o menos complejo, según el siguiente esquema:



Esquema de operación en red

Por tanto, las instalaciones del ferrocarril en el puerto no pueden entenderse como entes aislados, sino como un nodo indispensable para el transporte de mercancías. En este sentido es importante el estudio de la conexión del puerto con otros puntos de tratamiento de mercancías.

Para realizar estas conexiones, existen varias modalidades: terrestre, tales como carretera y ferrocarril, y modo marítimo, incluido el Short Sea Shipping ( tráfico marítimo de cabotaje europeo). Entre los modos terrestres, se puede considerar más competitivo el ferrocarril que la carretera para trayectos largos, mientras que en trayectos cortos la carretera ofrece mejores condiciones. Esto es debido a que el precio de transporte por ferrocarril es más barato, aunque la manipulación de la mercancía no siga la misma tónica.

El modo de transporte fluvial, irrelevante en España, pero de enorme importancia en Europa comunitaria, Rusia, Estados Unidos de América, Canadá o China entre otros, es considerado un modo terrestre como la carretera o el ferrocarril.

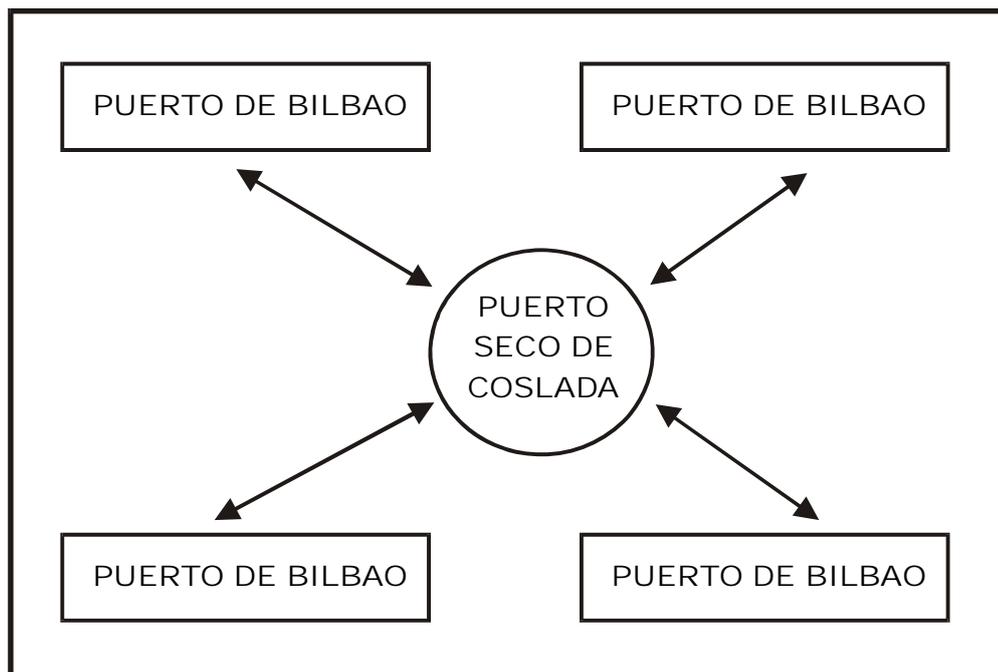
El transporte intermodal está actualmente en fase de desarrollo y tiene un gran potencial de desarrollo en España, Europa y el mundo en general.

Desde un punto de vista teórico del transporte intermodal, cada puerto pertenece a una red de este tipo o a varias, según exista conexión con uno o varios centros logísticos.

Por ello, en ultimo término puede considerarse que todos los puertos pertenecen a una única red, aunque en la práctica no exista relación directa entre ellos, ya que, indirectamente, pueden estar conectados a través de varios puertos o centros logísticos, al menos potencialmente.

En definitiva, el tráfico intermodal de contenedores ha permitido el desarrollo de una tupida red de transporte multimodal alrededor del mundo facilitado por las comunicaciones e intercambios financieros globales.

Desde un punto de vista práctico, conviene estudiar cada red de forma separada, incluyendo únicamente las relaciones directas. Como ejemplo se puede tomar el Puerto Seco de Coslada y los puertos marítimos con los que se relaciona:



Red del puerto de Coslada

A su vez, cada uno de estos puertos tendrían conexión con otros centros logísticos y puertos, pero estas relaciones no tienen importancia práctica respecto al Puerto Seco de Coslada. La manipulación de mercancías y el intercambio intermodal restan competitividad al transporte cuando no son necesarios, y por lo tanto, las relaciones directas son la razón de existencia de estas redes. Las relaciones indirectas se realizan cuando no cabe otra posibilidad.

Por último, es necesario destacar el continuo cambio a que se ven sometidas estas redes debido a las exigencias del mercado. El estado cambiante del mercado de transporte de mercancías favorece la aparición de nuevas relaciones y la desaparición de otras, siempre atendiendo a factores económicos. El transporte de mercancías no tiene vocación de servicio público, como es el caso del transporte de viajeros, así que el funcionamiento de este tipo de servicios se realiza atendiendo a criterios de rentabilidad económica aún siendo el principal operador, RENFE, una empresa pública en este momento. Sin embargo, la UE está fomentando el transporte ferroviario, en función de otros criterios de interés social, medioambiental y de desarrollo sostenible.

En el ámbito del comercio marítimo, liberal por naturaleza y exigencias de supervivencia, se dice que los buques se mueven por las diferencias de precio y valor de las mercancías entre las distintas regiones geográficas y no por otros factores como viento, remo, ...etc

Dado que los modos marítimo y ferroviario son los más económicos, salvo el caso hipotético del transporte por tubería, y ya que el motor del transporte es la diferencia de precio y valor cabe esperar que la globalización suponga un importante desarrollo de volúmenes de mercancías transportados.

### *2.3. Los Diversos Tipos Operativos de la Intermodalidad Ferroportuaria en España.*

A modo de ejemplo se exponen a continuación algunos casos de puertos IGE de España, que aunque tienen sus específicas peculiaridades, se puede encontrar en ellos una problemática común en la intermodalidad ferroportuaria.

#### TIPOS DE INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA

En el caso español, se pueden encontrar los tres tipos de intermodalidad ferroportuaria que obedecen a diversas fórmulas de explotación según la localización de las terminales intermodales.

##### Tipo 1: Bahía de Algeciras

Infraestructuras portuarias diversificadas con terminales dentro del puerto y una terminal de concentración de tráfico ferroportuario y de carretera en el exterior del puerto.

##### Tipo 2: Barcelona / Valencia

Terminal ferroportuaria dentro del puerto que puede expedir trenes directos completos.

Estación de apoyo en el exterior del puerto para formación de trenes.

##### Tipo 3: Bilbao

Terminal ferroportuaria dentro del puerto.

#### 2.3.1. Tipo 1: Intermodalidad en la Bahía de Algeciras

La principal infraestructura de la Bahía de Algeciras, superada la fase de defensa con baterías de costa y hasta la ejecución del puente y/o túnel del estrecho, es su puerto, gestionado conjuntamente con los puertos de Tarifa y La Línea por la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras, considerándose una pieza decisiva y estratégica que debe incorporar los elementos de infraestructuras de transporte combinado, así como una organización y gestión adecuadas para atender la demanda de servicios de la cadena de transporte intermodal.

Algeciras es actualmente el puerto más importante del Mediterráneo en tráfico de contenedores de transporte y está considerado como una instalación fundamental en la captación de tráficos Norte - Sur que están en pleno desarrollo y con altos niveles de crecimiento, lo cual fortalece un planteamiento logístico a futuro, en competencia con Cádiz y Málaga.

### ACTUACIONES

Los grandes proyectos contemplados en el desarrollo en la Bahía de Algeciras son:

- Proyectos de ampliación portuaria para obtención de mayores/superficies terrestres que mejoren el tratamiento de las mercancías.
- Desarrollo de una Zona de Actividades Logísticas (ZAL).
- Accesos ferroviarios al puerto, conexión con la red transeuropea de transporte combinado y tratamiento integral de la estación de San Roque como punto de regulación y racionalización del tráfico ferroviario, asegurando el acceso a la nueva ZAL.
- Acceso viario a la red transeuropea de carreteras de alta capacidad, mediante la transformación en autovía de la carretera C-440 (Jerez-Los Barrios), conexión de este eje con un nuevo puente de acceso al muelle del Navío del puerto, la nueva ZAL y con la carretera N-340 como vía de alta capacidad.
- Desarrollo del proyecto Bahía mediante proyectos informáticos y telemáticos.
- Recuperación de los terrenos de CRINAVIS como área de desarrollo del puerto para manipulación de contenedores.
- Desarrollo del Plan de Usos Portuarios y Plan Especial del Puerto como instrumentos de una política eficaz de adecuación y regeneración del litoral mediante la protección y regeneración del borde marítimo.
- La inversión prevista para el desarrollo de las actuaciones se eleva a unos 130.000 millones de Pta. de las cuales al menos el 25% corresponde a inversión privada y otro 10% corresponde a actuaciones de recalificación y tratamiento ambiental.

- En cuanto a la INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA, las infraestructuras planificadas son las siguientes:
- Nueva terminal ferroviaria en los muelles del Navío e Isla Verde que están dedicados exclusivamente a la manipulación de contenedores y son explotados por los operadores marítimos de Sea Land y Maersk con buques de hasta 6000 TEUS en el muelle del Navío.
- Conexión ferroviaria de los muelles del Navío e Isla Verde.
- Ampliación y mejora de la terminal intermodal f.c./carretera de San Roque que sirve de concentración y formación / recepción de trenes hacia / desde el interior de la península.
- Accesos ferroviarios a otras instalaciones portuarias de la Bahía (Crinavis - Intercar...).
- Aumento de capacidad de la línea ferroviaria Bobadilla - Algeciras de 190 km para atender tráficos futuros del puerto de Algeciras.

La explotación ferroviaria entre el puerto y San Roque se realizará con lanzaderas (navettes - shuttle) - con servicios en régimen de maniobras entre las instalaciones portuarias y la terminal ferroviaria de concentración de San Roque.

El desarrollo socioeconómico de los países subsaharianos tan imprevisible actualmente como imprescindible para el desarrollo social sostenible del mundo occidental europeo, hace prever que algún día el tráfico de Algeciras, tanto en sentido este-oeste y viceversa como norte-sur y viceversa, será lo suficientemente alto como para resultar incompatible y exigirá la construcción de un puente o túnel que compatibilice ambos tráficos.

### 2.3.2. Tipo 2: Intermodalidad en los Puertos de Barcelona y Valencia

#### Puerto de Barcelona

La Plataforma de Barcelona se apoya en el Puerto, y se localiza en el entorno metropolitano de Barcelona, que con 4,5 millones de habitantes en 1996, representa el 70% de la población de Cataluña.

#### ACTUACIONES

Los grandes proyectos contemplados para el desarrollo de la Plataforma de Barcelona son:

- La ampliación del Puerto, con el desarrollo de una Zona de Actividades Logísticas.
- La ordenación y promoción del lado tierra del Aeropuerto y su ampliación, con el desarrollo de una Zona de Carga, Ciudad Aeroportuaria, Servicios Técnicos para atención del Aeropuerto y compañías áreas y Zona Terciaria Complementaria para albergar servicios comunes para el Puerto y Aeropuerto (Aduanas y Telepuerto).
- Accesos ferroviarios de nueva conexión con la red europea de transporte combinado. (RTTC).
- Acceso viario de nueva conexión con la red europea.
- Recalificación del entorno industrial de la Zona Franca y recuperación ambiental del entorno.

La inversión prevista para el desarrollo de las actuaciones se eleva a 400.000 Mpta. (unos 2.600 Mecus) de los que aproximadamente el 19% se destinan a la recalificación medioambiental y urbanística del entorno (75.000 Mpta), correspondiendo el 25% a la inversión del sector privado.

El impacto económico se estima en unos 22.000 a 28.000 empleos directa o indirectamente vinculados al funcionamiento de la Plataforma Logística, y la inducción de unos 110.000 puestos de trabajo temporales en Cataluña con motivo del proceso de construcción de las infraestructuras.

El factor multiplicador estimado para la inversión alcanza 1,56 sobre las economías regionales y un 2,7 sobre la economía nacional a largo plazo.

La INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA contempla los siguientes proyectos:

- Nueva terminal ferroviaria en el muelle Sur (ya construida).
- Conexión directa de la nueva terminal con la estación de apoyo de Can Tunis. Se podrán programar trenes directos desde la terminal sin intervención de la estación de apoyo.
- Nuevo acceso por el Valle del Llobregat para solucionar el problema de las interferencias en la explotación ferroviaria con las circulaciones de los trenes de cercanías (del orden de 280 trenes / día). Este nuevo acceso podría contemplar un ramal con ancho UIC (1,435 m) para conectar con la red europea. Como ya saben la red española tradicional es de ancho 1,668 m.

En el proyecto ZAL, del que ya se ha construido la 1a Fase, se contempla la construcción de una terminal ferroviaria para el tratamiento de las mercancías fraccionadas que pueden generarse en la ZAL.

El puerto de Barcelona y el desarrollo del plan Delta generan un espacio comercial industrial motor del desarrollo sostenible de Barcelona, favoreciendo la convergencia de Cataluña con los espacios europeos más desarrollados

### *El Puerto de Valencia*

La Plataforma de Valencia pivota en torno al Puerto de Valencia cuya zona de influencia desborda ampliamente los límites territoriales de la Región Valenciana, alcanzando la zona Centro, y en especial, Madrid. Aragón, Murcia y Andalucía Oriental. En su aspecto internacional, su influencia terrestre llega hasta Portugal. Desde el punto de vista de las conexiones marítimas, está unido a todos los continentes, con especial relevancia en los mercados de Estados Unidos, Norte de África y Medio Oriente y un desarrollo pujante con

Extremo Oriente, además de los puertos del Mediterráneo y Norte de Europa, siendo además plataforma de conexión con el archipiélago Balear.

El desarrollo del tráfico intermodal en el puerto de Valencia queda definido, además de por las exigencias industriales de la Comunidad Valenciana y del hinterland del puerto, por la Comunidad de Madrid, ya que representa la salida más rápida al mar.

Madrid concentra la mayor inversión industrial y la mayor tasa de desarrollo económico , industrial y comercial de España, y por tanto el tráfico de mercancías experimenta el mayor crecimiento de todas las regiones españolas.

### ACTUACIONES

La plataforma logística está integrada por el Puerto de Valencia y su ZAL portuaria, el Centro de Transportes y la Estación Ferroviaria Fuente de San Luis, situados en un Eje logístico de desarrollo continuo a lo largo de la margen izquierda del río Turia, al que se suma el Aeropuerto de Manises.

Los grandes proyectos contemplados para impulsar la Plataforma Logística, son:

- Ampliación del Puerto de Valencia para una nueva Terminal de Contenedores, actualmente en ejecución, con una inversión de 30.000 millones de Pta. en su primera fase (pública y privada).
- Zona de Actividades Logísticas en el Puerto de Valencia: de 50 Ha netas, con una inversión de 20.000 millones de Pta. (pública y privada). Esta actuación está concertada entre las Administraciones Central, Territorial y Local, y coordinada con las otras de tipo logístico (Aeropuerto, CTV y el Centro de Mercancías de Sagunto).
- Telemática y conexión EDI.
- Potenciación de la Intermodalidad: nuevo acceso ferroviario a la ampliación del puerto; desarrollo de Infraestructuras ferroviarias en el recinto portuario; establecimiento de una Terminal Ferroviaria en la zona de ampliación del puerto; conexión ferroviaria con la red europea

de transporte combinado; establecimiento de un Puerto Seco en la Zona Centro de la Península Ibérica.

- Innovaciones en la gestión portuaria: Programa de Calidad Interna (YQM) y creación de una Marca de Garantía de Servicios, orientada a la satisfacción del cliente, que integre a los miembros mas eficaces de la Comunidad Portuaria.
- El global de la inversión prevista se eleva a unos 225.000 millones de Pta. estimándose la inversión del sector privado en un 28% del total.
- Mejora del sistema de comunicaciones terrestres Madrid- Valencia

La INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA contempla los siguientes proyectos:

- Nueva terminal ferroviaria "on dock" en el nuevo muelle de contenedores.
- Nuevo acceso ferroviario al puerto que permitir anular el acceso ferroviario actual que presenta problemas urbanísticos y de capacidad en la terminal de Grao.
- Adaptación de la estación de apoyo de Fuente de San Luis.
- Participación de la autoridad portuaria de Valencia en el puerto seco de Coslada.

### 2.3.3. Modelo 3: Intermodalidad en el Puerto de Bilbao

En el País Vasco confluyen dos Ejes de Desarrollo que ligan sólidamente la base territorial de las actividades económicas nor-occidentales de la Península Ibérica a la fachada mediterránea: el Eje Irún-Portugal y el Eje del Ebro. De esta forma, el ámbito territorial del País Vasco, es a la vez punto de tránsito hacia el exterior de la Península: resto de Europa y países terceros; y lugar de alto valor estratégico desde la perspectiva de las actividades logísticas de apoyo al desarrollo económico.

Por las características actuales de las infraestructuras y la distribución de las actividades productivas esta Plataforma Logística se soporta sobre dos polos complementarios, donde se asientan los servicios de apoyo a las actividades

industriales y comerciales: Bilbao-área Metropolitana y el Corredor Pasajes-Irún, que se enmarca dentro del territorio más amplio, definido por el eje San Sebastián-Bayona.

### ACTUACIONES

Los proyectos considerados para el desarrollo de esta plataforma son:

- La ampliación del Puerto en el Abra exterior, con la creación de 1.500.000 m<sup>2</sup> de nueva superficie de tierra y la construcción de nuevos muelles y diques. En una segunda fase las superficies de tierra y las longitudes de muelle se ampliarán en 2.000.000 m<sup>2</sup>.
- En la nueva superficie creada por estas ampliaciones se instalará una estación ferroviaria de mercancías y una Zona de Actividades Logísticas, transformando las nuevas instalaciones en un puerto de valor añadido.
- Nuevos accesos ferroviarios: variante ferroviaria para independizar los corredores de transporte de mercancías de los condicionantes del desarrollo urbano.

Ampliación del Aeropuerto de Bilbao-Sondika.

- Nueva red viaria metropolitana.

La INTERMODALIDAD FERROPORTUARIA contempla los siguientes proyectos de infraestructuras:

- Cesión del terreno sobre el que se encuentra la terminal actual ferroviaria de Bilbao Parque para usos urbanísticos. Esta terminal presenta problemas de operación por estar situada en una antena de líneas principales.
- Nueva terminal ferroviaria "on dock" para contenedores y todo tipo de mercancías en el nuevo puerto de Bilbao.
- La decisión de construir la terminal dentro del puerto obedece al problema de las carencias de suelo en el área Metropolitana de Bilbao.
- Nueva variante ferroviaria en la conexión del puerto de Bilbao con la red general ferroviaria para evitar problemas urbanos.

- Aumento de capacidad de la antena ferroviaria Bilbao-Miranda que presenta problemas ya que debe salvar fuertes pendientes en el acceso a la meseta. Este problema puede quedar resuelto con la construcción de la "Y" ferroviaria vasca.

Históricamente Bilbao ha sido uno de los puertos naturales de conexión con el norte de Europa y con el Reino Unido de la lana y el grano de Castilla.

### 3. INSTALACIONES FERROVIARIAS EN EL PUERTO

#### *3.1. Instalaciones Especiales: Graneles Líquidos y Sólidos , Carbón, Minerales, Cereales, Cemento, Petróleos y Gas*

##### Graneles líquidos:

Los graneles líquidos - como pueden ser los petróleos – necesitan instalaciones especiales - tuberías - para la carga y descarga que son normalmente transportadas por oleoductos y almacenadas en depósitos para su posterior distribución.

Desde la óptica ferroviaria, el sector diferencial se presenta en las terminales de carga con un haz de vías con tomas, áreas de llenado de los vagones cisterna y en las de descarga un haz con bocas de entrevía para su vaciado.

El movimiento de los lotes o cortes de material se efectúa por medio de carrizos asistidos o tractores teledirigidos que ajustan la posición de la cisterna a la de las bocas de llenado. Simultáneamente actúan las correspondientes básculas que pueden pesar los ejes de las cisternas o controlar automáticamente la cantidad de combustible que se echa al vagón cisterna.

La combinación adecuada de transporte marítimo, por tubería y ferroviario conduce a óptimos económicos.

Graneles sólidos:

En cuanto a los graneles sólidos, pueden distinguirse los cereales, los carbones, los minerales de hierro y los cementos, que disponen de procedimientos peculiares de manipulación diferentes en cada caso.

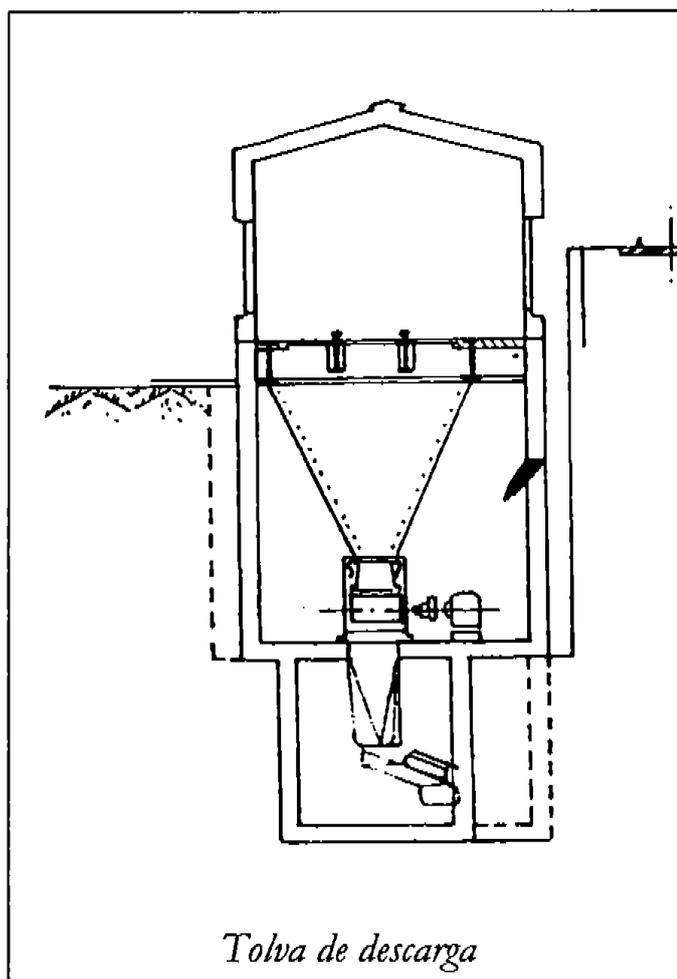
Las terminales receptoras de mineral suelen disponer de una zona de tolvas bajo vías, sobre las que descargan los vagones tolva especializados. El mineral recogido por la tolva pasa, generalmente, a un equipo de cintas transportadoras, que lo llevan a los puntos de almacenaje.

Las terminales expedidoras poseen una batería de tolvas superiores para la carga de los vagones tolva de transporte. Las tolvas de carga actúan controladas por básculas de cinta que regulan automáticamente la carga del material remolcado.

Los distintos métodos modernos que se emplean para acelerar el proceso de carga y descarga son la utilización de vagones tolva de apertura total, volcadores de vagones, utilización en la operación de maniobras de locotransportes teledirigidos, carros asistidos de empuje, etc.

Los carbones y minerales admiten tres formas en cuanto a la manipulación en la intermodalidad ferroviaria;

- Descarga de barco y almacenaje y posterior embarque a ferrocarril.
- Carga directa sobre vagón desde el barco.
- Descarga con cintas continuas transportadoras, con parque de almacenamiento.



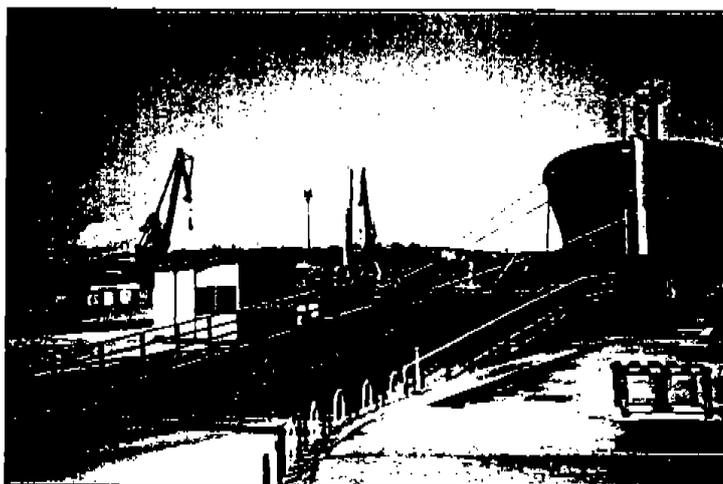
Según el sistema empleado, el diseño de la red viaria interior de las infraestructuras portuarias está condicionado, obligando a una determinada posición de las vías ferroviarias en el puerto.

Para la carga directa sobre vagón ferroviario es necesario que la vía ferroviaria está próxima al cantil del muelle o pantalán de carga, correspondiendo este diseño a un modelo obsoleto ya que presenta problemas de explotación portuaria en el caso de que se trate de un puerto en el que coexisten diversas tipologías de mercancías. Existen las lógicas excepciones con muelles especializados para este tipo de mercancías.



Para la carga y descarga de vehículos denominadas rampas ro-ro que permiten con las bodegas de carga del barco. Se utilizan unas rampas móviles para comunicar la superficie del muelle, rampas de 10-12 metros de ancho que consisten en una rampa fija que baja hasta el mar, y una rampa metálica que se apoya en esta y mediante un sistema de levas adapta el nivel del extremo en función de la marea y la altura de la bodega del barco. Están diseñadas para permitir el paso de vehículos autopropulsados.

Algunos ejemplos como el tráfico de la fábrica de Citroën en Vigo, Seat en Barcelona o Ford en Valencia muestran la posibilidad de desarrollo potencial del ferrocarril en los puertos.



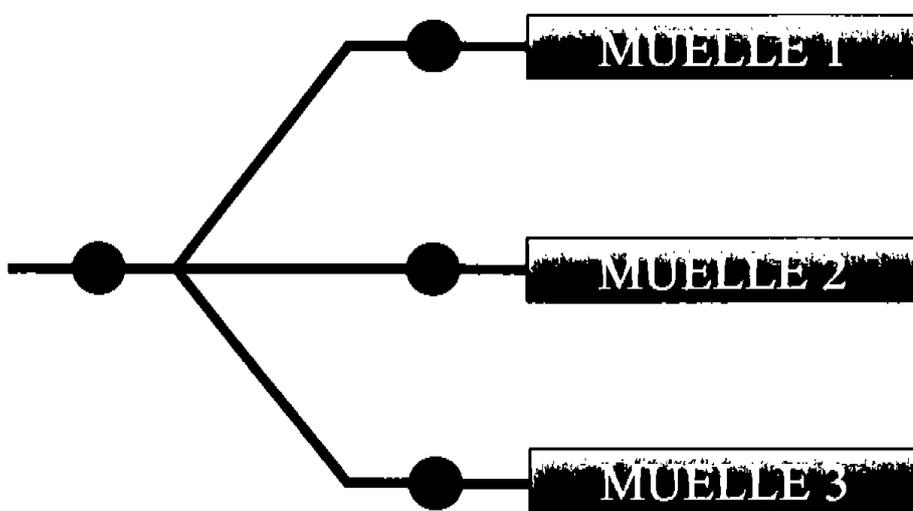
*rampa ro-ro*

### 3.3. Elementos Auxiliares: Básculas / Otros

Los elementos auxiliares más importantes en un ferrocarril portuario son las básculas y los medidores de gálibo.

Las básculas son elementos de control, tanto técnico como económico. Las mercancías movidas en un puerto normalmente se abonan por peso, de manera que conociendo la tara del vagón, se puede pesar ,este y conocer el peso de la mercancía que transporta. También realizan una función de control técnico, ya que permite limitar el peso máximo del vagón a los límites admitidos por la infraestructura por la que va a circular.

La disposición de las básculas en el puerto conviene hacerla de una manera racional para evitar gastos innecesarios. En un principio, un puerto puede contar con varios muelles con necesidades ferroviarias que, al dedicarse a distintas actividades y estar gestionados por distintos operadores, pueden optar por tener una báscula cada uno (sería el caso de las básculas B1, B2, B3 de la figura). Sin embargo, es preferible establecer una cierta coordinación entre los diferentes operadores o empresas implicadas de manera que exista una única báscula a la entrada del puerto (báscula B4 en la figura).



*Esquema de situación de básculas en el puerto*

---

Las básculas para ferrocarril o ferrocarrileras pueden ser de plataforma, de fosa, modular o mixtas.

La báscula de ferrocarril de fosa se instala en una pequeña fosa con el fin de nivelar la báscula con la acometida de las vías ya provistas.

Como en toda aplicación en la cual se utiliza una fosa, es necesario proveerla de drenaje y accesos para mantenimiento, el cual deber ser frecuente para evitar la acumulación de polvo, basura, alimañas y conservar limpia la salida de agua. La vida útil de estos sistemas depende mucho del buen mantenimiento que se le de a la fosa.

La báscula de plataforma no requiere el uso de una fosa, lo que repercute en ahorro tanto en instalación como en mantenimiento. Puede ser fácilmente transferida de un lugar a otro y los elementos sensores de carga se encuentran protegidos del medio ambiente, previniendo su daño y deterioro.

La báscula modular es una estructura acondicionada para detección de peso mediante módulos independientes. La báscula mixta es un equipo diseñado para pesar tanto furgones de ferrocarril como camiones.

Se instala en una fosa de tal manera que ,esta quede a ras del piso y las vías unidas de modo que pueden transitar libremente los furgones de ferrocarril y se pueden hacer maniobras sobre la losa de rodamiento con los camiones. Es un sistema muy práctico cuando se quiere aprovechar la inversión para ambos fines.

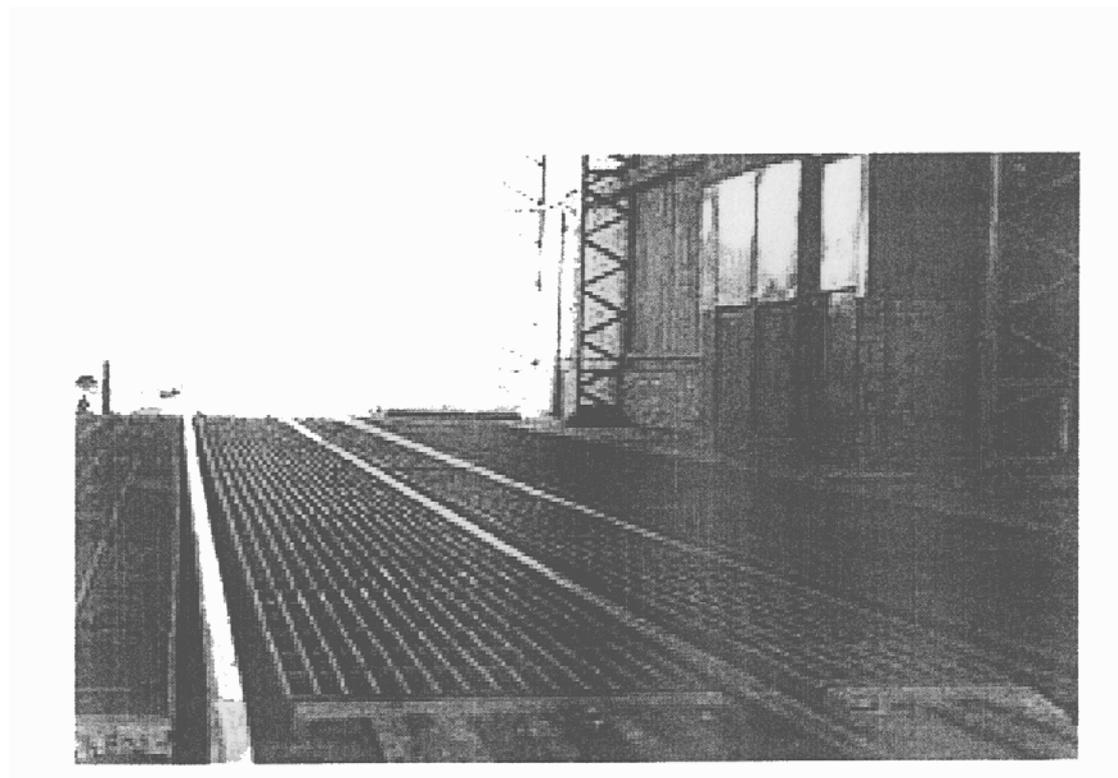


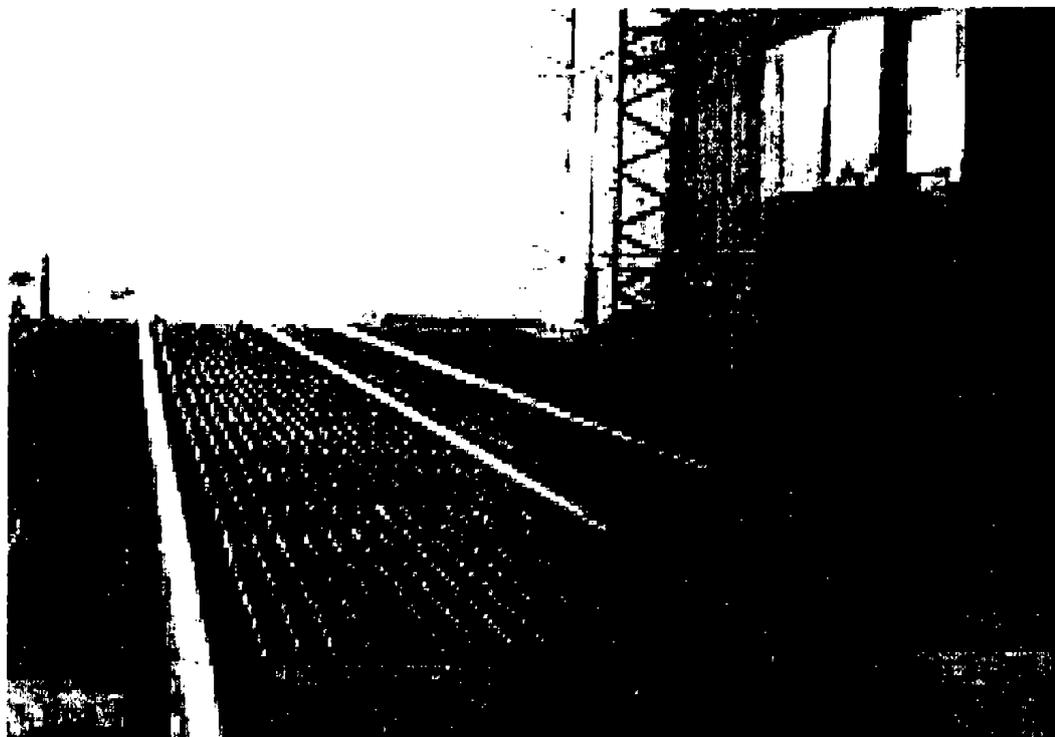
*Báscula ferrocarrilera de plataforma*

Los medidores de gálibo son elementos de control básicamente técnico. Existen unas medidas máximas que los trenes deben cumplir para circular. Estas medidas vienen determinadas por las características de la infraestructura de la línea que van a utilizar (túneles, doble vía, etc.). Sin embargo, en muchos casos no se instalan estos medidores de gálibo, ya que las dimensiones de los vagones se encuentran estandarizadas, así como las dimensiones de la infraestructura, de manera que sólo se hacen necesarios en casos especiales, cuando las características de la mercancía hace inevitable que parte de esta sobresalga de los vagones.

En el ámbito portuario son posibles y frecuentes los movimientos de piezas fuera de gálibo, lo que resulta admisible con las oportunas precauciones.

En el transporte de grandes piezas ha llegado a trasferirse de buque a tierra y viceversa las grúas portacontenedores completas y sin desmontarse.





*Báscula mixta*

## 4. ZONAS DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS Y TERMINALES DE CONTENEDORES EN LOS PUERTOS

### 4.1. Contenedores

La aparición del contenedor supone un gran salto cualitativo en el transporte de mercancías. Constituye el punto de convergencia de los modos de transporte y representa la racionalización y coordinación básica para el transporte integrado puerta a puerta.

El contenedor que conocemos aparece en 1956<sup>3</sup>, cuando Malcolm McLean experimenta por primera vez con contenedores de 35 pies, cargándolos en bodegas de barcos sin ruptura previa de carga. Desde entonces se ha producido una revolución intermodal en la que el contenedor ha sido el gran protagonista.

#### 4.1.1 Topología

Los tamaños más comunes de los contenedores usados en comercio internacional son actualmente de 20 y 40 pies aunque existen de 28, 30, 35 40 y 48 pies. Otros tamaños también utilizados son 10 pies (usados principalmente en Europa y por servicios militares), 24,44, 45, 46, 53 y 56 pies. La altura usual de un contenedor es de 8 pies y 6 pulgadas. La anchura estándar de un contenedor es de 8 pies, sea cual sea su longitud.

La tipología de los contenedores puede ser muy variada en función de la mercancía que se transporte. Las puertas pueden ser frontales o laterales así como en algunos casos también se puede acceder por puertas superiores. Pueden contar con conductos de ventilación o no, e incluso pueden estar térmicamente aislados y contar con equipos reguladores de temperatura.

Existen dos tipologías que merecen mención aparte. Los tanques para líquidos y los de graneles cuentan con una estructura rectangular de acero que le otorga las mismas dimensiones que otros contenedores (generalmente 20 pies, ya que el mayor peso de estas cargas impide la utilización de mayores tamaños). También existen unas plataformas especiales para transporte de maquinaria que cuentan con mamparas en sus extremos. Dichas mamparas se pueden bajar si la plataforma se encuentra vacía, por lo que es posible apilarlas ocupando poco espacio.



*Tanques*

El marco de los contenedores está compuesto normalmente por acero, y la vaina exterior puede ser de acero o aluminio. La vaina interior puede ser de madera contra chapada o materiales compuestos.

En los últimos años se experimenta con nuevos materiales compuestos que resultan más ligeros que el acero y cuya vida útil es más larga. Como regla general, los materiales más pesados o de mayor densidad se cargan en los contenedores más cortos(20), y las cargas más ligeras se transportan en los contenedores de mayor tamaño(40). Por ello los contenedores más pequeños suelen pesar más que los grandes una vez cargados, pudiéndose estimar en 10 tn el peso medio de un contenedor.

---

<sup>3</sup> la concepción del contenedor tuvo lugar en el departamento de defensa de los EEUU durante la II Guerra Mundial para abastecer de repuestos a las tropas estadounidenses destinadas en el pacífico, Africa y Europa

Los contenedores más usados en el ferrocarril español comúnmente se detallan en el anexo 4.

#### 4.1.2. Operatividad

El ciclo de transporte marítimo-terrestre de un contenedor incluye las siguientes fases:

- Carga en domicilio de origen del cliente
- Acarreo terrestre domicilio-estación de origen
- Manipulación en estación de origen
- Transporte por ferrocarril estación de origen – puerto de origen
- Manipulación en terminal portuaria de origen
- Transporte marítimo puerto de origen – puerto de destino
- Manipulación en terminal portuaria de destino
- Transporte por ferrocarril puerto de destino-estación de destino
- Transbordo en estación de destino
- Acarreo estación de destino- destino
- Descarga en destino final



*Carga de un contenedor*

Este sería un ciclo completo, pero cabe la posibilidad de obviar alguna de estas fases, ya sea porque el transporte terrestre se realiza únicamente por carretera, porque el cliente se encuentra en el mismo puerto o por cualquier otra circunstancia así como duplicar algunas fases intermedias. En este apartado se analizan las instalaciones necesarias en el puerto para realizar el intercambio modal del contenedor, así como las características del movimiento de contenedores por ferrocarril o barco.

### *Carga de un contenedor*

El transporte de contenedores por ferrocarril se puede realizar en plataformas a propósito para ello o en otras que en principio están destinadas a otros usos, lo que indica la versatilidad del movimiento de mercancías en contenedor. El equipo utilizado para mover contenedores por ferrocarril es distinto en EEUU y Europa. En EEUU la infraestructura ferroviaria está diseñada de tal manera que es posible apilar los contenedores en dos alturas para su transporte por tren. Cuando se apilan dos contenedores de distinto tamaño, los más pequeños se colocan debajo por ser más pesados, de manera que el centro de gravedad del conjunto de los contenedores se encuentra más bajo. Además, en caso de transportar dos contenedores de 20 pies y uno de 40, siempre es más sencillo sujetar el contenedor de 40 pies encima de los dos de 20, ya que hay que sujetar la mitad de contenedores.

En cuanto al resto de las infraestructuras ferroviarias, son las que ya se han comentado para trenes de mercancías en general.

El transporte de mercancía general por vía marítima ha cambiado drásticamente desde la implantación del contenedor. Actualmente dicho tráfico se realiza mediante grandes barcos de contenedores en los trayectos largos y en buques menores en los trayectos cortos, pero hasta las más pequeñas barcazas se encuentran preparadas para transportar contenedores en sus cubiertas.



*Tren de contenedores en dos alturas (EEUU)*

No todos los barcos de contenedores están equipados para transportar todos los tamaños de ,estos que existen en el mercado. Los grandes barcos portacontenedores normalmente son capaces de transportar, tanto en cubierta como en sus bodegas, contenedores de 20, 40, 45 y 48 pies. Los más pequeños suelen estar preparados únicamente para el transporte de contenedores de 20 y 40 pies.

La capacidad de contenedores de los barcos se mide en TEUs. El TEU (twenty feet equivalent unit) es una unidad equivalente a un contenedor de 20 pies, y por lo tanto la capacidad de un barco medida en TEUs resulta ser la cantidad de contenedores de 20 pies que sea capaz de transportar. Esta unidad no sólo se utiliza en transporte marítimo, sino que se ha extrapolado a otros ámbitos como el ferroviario, sobre todo cuando se trata de ferrocarriles portuarios. La equivalencia en peso de un TEU es variable, ya que depende de la naturaleza de la mercancía que transporte, pero se puede tomar un valor medio entre 7 y 12 toneladas.

#### 4.1.3. Terminales

Las terminales, ya sean portuarias o no, son nodos donde se procede a la transferencia de contenedores entre distintos modos de transporte.

La manipulación eficiente de los contenedores se realiza mediante medios especializados. Se trata de grúas móviles denominadas grúas toro y grúas pórtico que, aún deslizándose por raíles o sobre neumáticos (stradle), poseen menor capacidad de movimiento que los toros pero inducen menos cargas al pavimento portuario. El funcionamiento y rendimiento de estos elementos se analiza en un epígrafe posterior que se dedica, por su importancia, al equipamiento de las terminales de contenedores en el puerto.

Una característica del transporte de contenedores es la zona de almacenaje. No se trata de tinglados, depósitos, tolvas u otros recintos cerrados característicos de otras mercancías, sino de una superficie diáfana en el puerto cuyas dimensiones dependen de los siguientes factores; tiempo de espera medio de un contenedor en el puerto antes de su carga y transporte, número de alturas en que se apilan los contenedores y espacio necesario para viario (movimiento de grúas). Estas zonas de almacenaje son necesarias, pues la secuencia de descarga de un barco no coincide con la de carga en ferrocarril o camión. Seguramente los contenedores tienen destinos distintos, y además el modo de transporte terrestre de contenedores no suele estar disponible en el momento oportuno.



*Puerto de Gijón*

La disposición y dimensiones necesarias dependen de la maquinaria empleada en la terminal. Los toros se emplean para pocos movimientos, son más baratos y menos eficaces y precisan mayor superficie de almacenamiento en la terminal.

Si se quiere aumentar el número de TEUs movidos bastará cambiar los elementos de manipulación, pórticos o stradles, aumentando la inversión en inmovilizado material pero sin aumentar la superficie necesaria en puerto.

#### 4.1.3.1. Haces de vías: Análisis

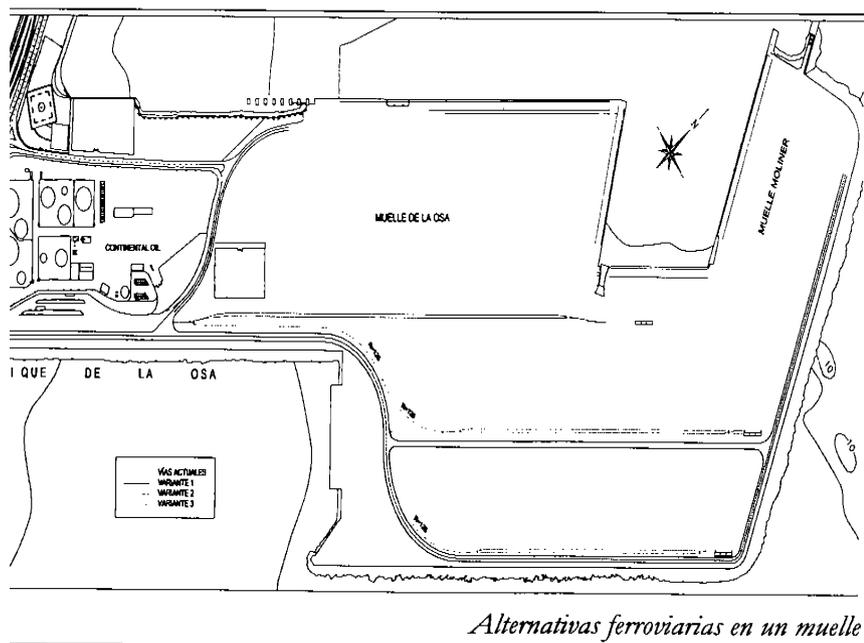
Los haces de vías en una terminal marítima responden a una cuestión de diseño. Existen multitud de factores que influyen en la disposición de las vías y que se encuentran directamente relacionados con la capacidad operativa del puerto.

La demanda es el primer factor a tener en cuenta, ya que dependiendo de esta varía el número de vías necesario. En función de la cantidad de trenes que tengan que operar al mismo tiempo habrá que disponer de más o menos vías, eliminando de esta manera el tiempo de espera hasta que una vía quede libre.

Así la diversificación de tráficos también es importante, pues si se quiere disponer de cierta independencia es aconsejable asignar una vía a cada uno, siempre que el tráfico tenga el volumen suficiente. Normalmente el tráfico de contenedores exige el uso en exclusiva de al menos una vía, ya que suelen ser necesarios uno o varios trenes al día, los cuales pasan varias horas estacionados para operaciones de carga y descarga.

La tracción utilizada para acceder al muelle condiciona la existencia de una vía de escape salvo si se usan locotractores como tracción. Tanto si el tren accede al puerto directamente desde la vía principal como si se apoya en una terminal cercana, necesita una vía de escape para la locomotora o el tractor diesel de remolque, ya que es material que no puede estar inmóvil durante las operaciones de carga y descarga. La otra posibilidad de prescindir de esta vía sería el uso de los anteriormente comentados trenes TECO intermedios, que forman una única unidad incluyendo la tracción. Otro factor de diseño es la permeabilidad del espacio portuario. Para el movimiento de material por el puerto es necesaria una continuidad que puede verse afectada por la situación del haz de vías. Hay que tener en cuenta que si las vías se encuentran libres, se permite el paso entre las zonas situadas a ambos lados del haz, pero sí se encuentran ocupadas por un tren realizando operaciones de carga y descarga, la conexión se complica, máxime cuando estas operaciones pueden durar varias horas.

Ya se comentó, al tratar el tema de las limitaciones y restricciones del ferrocarril en el puerto, los factores que influyen en la longitud de las vías del haz, así como las características geométricas de las mismas. A continuación se propone un ejercicio teórico para discernir cuál de las siguientes tres alternativas ferroviarias sería la más indicada para atender un incremento de la demanda de contenedores.



La alternativa 1 supone una ampliación del haz de vías existente, y las otras dos alternativas proponen dos nuevas vías en un nuevo emplazamiento.

En el diseño de la ordenación ferroviaria es muy importante tener en cuenta la operativa además de la infraestructura ferroviaria actual puesto que lo lógico es que si se producen incrementos del tráfico de contenedores, se produzcan de forma gradual.

Las variantes planteadas para el escenario de captación de contenedores se han de evaluar según los siguientes criterios:

- Ordenación portuaria
- Permeabilidad del muelle
- Operatividad ferroviaria
- Ocupación de suelo
- Inversiones

La operación ferroviaria se produce con el tractor actual, lo que condiciona la operativa puesto que al circular en cabeza, siempre debe disponerse de una vía libre para que escape y pueda operar en otras áreas del puerto.

Existe, sin embargo, otra forma de tracción -locomotor -que puede operar sobre vía y sobre neumático por lo que ofrece mayor versatilidad y funcionalidad, pues no condiciona el diseño de la infraestructura ferroviaria, ya que no es necesario disponer de una vía libre para que escape

El comportamiento de las variantes respecto a los criterios es el siguiente:

- La variante 1 tiene la ventaja de que es ampliación del haz de vías actuales. Respecto a la ordenación portuaria, la superficie del muelle entre el cantil y el haz de vías es suficiente para atender la demanda más optimista. La permeabilidad del muelle queda exactamente igual que la situación actual y respecto a la operatividad ferroviaria, queda restringida a una zona determinada del muelle.

Sólo una de las vías debe estar libre para el escape del tractor, especializándose una vía para carga y descarga de contenedores (lado mar), otra para carga/descarga de otras mercancías y la restante para material ferroviario vacío.

La inversión necesaria es la menor de las tres variantes.

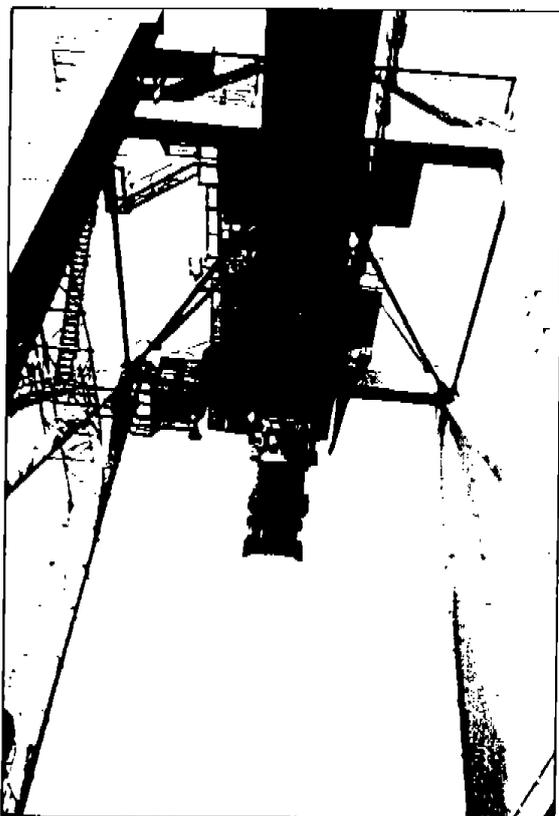
- La variante 2 ofrece la misma permeabilidad del muelle puesto que se respeta el haz de vías actual. La inversión es mayor y se necesitan dos vías libres para el escape del tractor (una en cada haz).
- La variante 3 es similar a la variante 2 y de mayor inversión. Además supone mayor ocupación de espacio de infraestructura ferroviaria.

Como conclusión, se propone al lector una reflexión sobre la ubicación del haz de vías en el Puerto. En cada caso primar uno de los criterios propuestos, ya que cada Puerto es distinto y las necesidades no son las mismas, además van cambiando al irse viendo modificada la demanda, generalmente al alza, por lo que al tráfico de contenedores se refiere.

#### 4.1.3.2. Equipamiento: grúas móviles y pórtico. Rendimientos

Una de las grandes ventajas del uso de contenedores para transporte de mercancías es la facilidad para su manipulación. En los puertos y terminales de EEUU, Europa y países industrializados en general existen sofisticados equipos para manejo de contenedores, lo que repercute en la posibilidad de manipular gran cantidad de contenedores en poco tiempo. Sin embargo, en países del Tercer Mundo los medios son limitados, y aún así es posible manejar contenedores únicamente con la ayuda de una grúa capaz de soportar el peso correspondiente. Para ello se cuelga el contenedor de cuatro cables (uno en cada esquina) para izarlo, y con cables que quedan colgando del contenedor se evita que gire, además de ayudar a su colocación manualmente es el lugar oportuno, método poco recomendable por ser lento y peligroso.

Los medios usuales para manipulación de contenedores son grúas pórtico de gran tamaño.



*Grúa pórtico*

#### 4.1.3.3. Dimensionamiento de terminales

Para dimensionar el tamaño de una terminal de contenedores el parámetro fundamental es el número de TEUs para el que se diseña de donde se deduce la superficie de almacenamiento necesaria. A su vez, dicha superficie depende de una serie de factores.

La demanda estimada es el factor más importante. Determinar con la máxima exactitud el número de contenedores que se pueden acumular en el Puerto ayudar a no sobredimensionar la superficie de stock ni a que esta resulte insuficiente, ya que ambos casos suponen pérdidas económicas.

Una vez establecida la demanda de contenedores, la superficie que estos van a ocupar se determina en función de los siguientes parámetros: superficie de un contenedor, número de alturas de las pilas de contenedores, porcentaje de viario necesario para movimiento de grúas y rotación, así como maquinaria empleada para su manipulación.

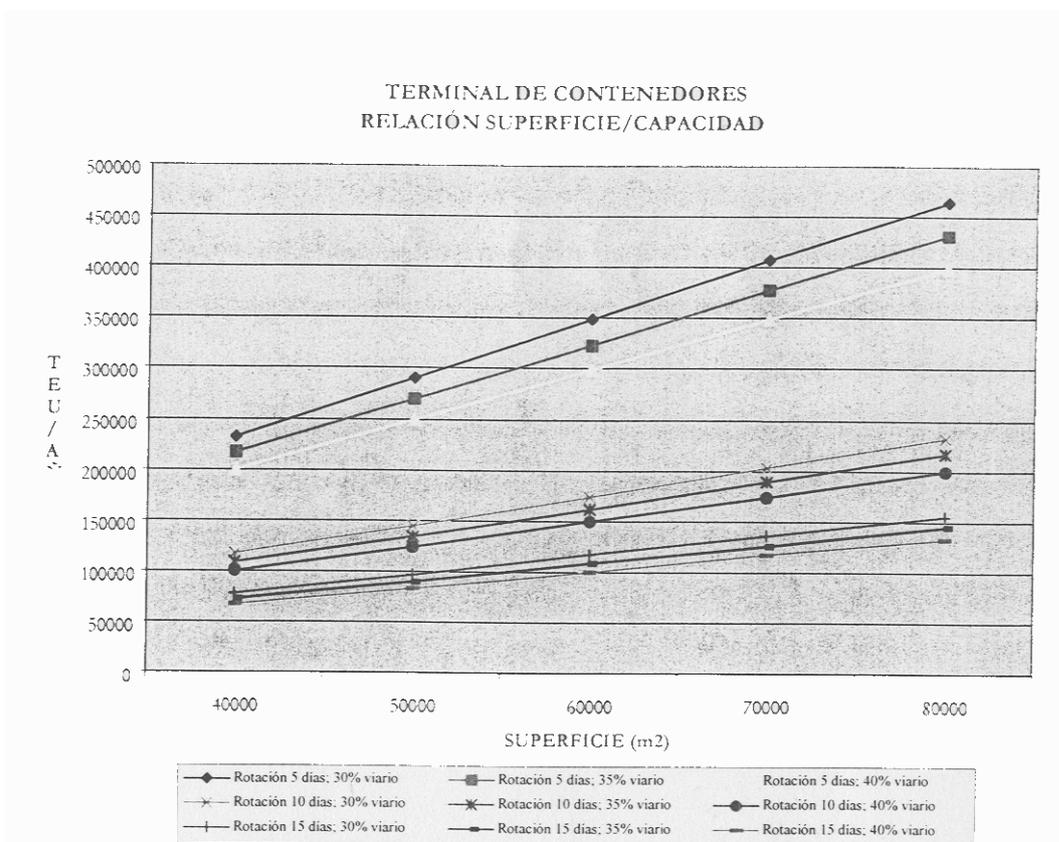
La superficie de un contenedor varía según sus dimensiones. Sin embargo, para simplificar los cálculos, se tomarán contenedores siempre del mismo tamaño. Esto es así porque la demanda viene expresada en TEUs, que es la unidad equivalente a un contenedor de 20 pies. Por lo tanto, es fácil asimilar el número de TEUs al número de contenedores.

El número de alturas de las pilas depende de la resistencia de los contenedores y de la capacidad de las grúas para elevarlos así como del pavimento de la terminal. Lo usual es apilar los contenedores en dos o tres alturas en terminales pequeñas y en 4 ó 5 de las grandes.

Todos los contenedores deber ser accesibles en cualquier momento. De esta manera, es necesario que las grúas puedan recorrer toda la zona de almacenamiento, para lo cual necesitan una superficie de viario que oscila entre el 25 y el 40% de la superficie total, dependiendo del tipo de maquinaria de manipulación.

La rotación es el número medio de días que un contenedor permanece en el Puerto antes de ser trasladado. En un Puerto Marítimo esta cifra oscila entre 5 y 10 días, aunque la tendencia es a disminuir esas cifras.

En un caso práctico es necesario ajustar los parámetros citados, pues para una misma demanda la superficie que resulta puede ser muy dispar, como se aprecia en el siguiente gráfico:



Existe una dimensión mínima para operar con eficiencia en una terminal portuaria de contenedores y se sitúa en torno a los 200.000 TEUs, siendo el rendimiento anual de una grúa pórtico de 100.000 TEUs al año son necesarias 2 grúas dadas las posibles averías y los tiempos de mantenimiento.

Se debe tener en cuenta la gran importancia que tiene en una terminal de contenedores tener localizado en todo momento la posición de cada contenedor, con técnicas de GPS combinadas con lectores ópticos de códigos de barras y sistemas de telemetría.

En la publicación de posicionamiento marítimo se trata más ampliamente de este importante y novedoso aspecto de las grandes terminales de contenedores.

#### *4.2. PUERTOS SECOS*

Los puertos secos son las terminales ferroviarias interiores de los puertos marítimos. Se trata de centros que recogen la mercancía producida por una zona o región y que la envían por ferrocarril a uno o varios puertos marítimos. También ocurre al contrario, es decir, reciben mercancía de las terminales marítimas para su posterior distribución.

De acuerdo con la UNCTAD (United Nations Conference for Trade and Development), la definición más acertada de los ICD (Inland Clearance Depots) o Puertos secos es la siguiente:

Es una instalación no costera de uso público, distinta de un Puerto y de un Aeropuerto, aprobada por un organismo competente, equipada con instalaciones fijas y que ofrece servicios para manipular almacenar cualquier clase de mercancía incluyendo contenedores. Dicha instalación se considera como "en Tránsito" a efectos de aduanas, por cualquier modo de transporte de superficie no costero, y tiene además la capacidad de efectuar controles aduaneros que permitan a estas mercancías, continuar su tránsito, terminar el viaje y ser utilizadas localmente, ser despachadas para exportación, o ser re-exportadas según sea el caso

La concentración en un solo puerto seco de tráfico diferentes de distintos puertos marítimos permite establecer los denominados land-bridges, es decir, puentes que enlazan dos puertos lejanos mediante una conexión terrestre más favorable que la alternativa de enlace marítimo. Esta fórmula permite, además, mejorar la competitividad del conjunto del sistema portuario y de cada puerto, al tiempo que incrementa la participación del modo ferroviario en la captación de los tráfico generados por los diferentes puertos.

La actividad básica de los puertos secos es el transporte combinado, sin perjuicio de que también se puedan tratar mercancías generales en algunos casos. Las actividades que se desarrollan son la recepción y expedición de trenes; la carga y descarga de contenedores; el almacenamiento transitorio de contenedores; las operaciones documentarias ligadas a las anteriores funciones y las operaciones de grupaje, almacenamiento y distribución de mercancías.

Ya se ha comentado anteriormente la gran importancia de estos centros en las redes de transporte. Su contribución a la operatividad de dichas redes es incuestionable, siendo importantes nodos de comunicación intermodal entre la carretera y ferrocarril. Su función como centro logístico también aporta innumerables ventajas en el mercado del transporte de mercancías.

El puerto seco permite que los sellos del contenedor permanezcan intactos desde un lugar cercano al embarcador hasta un lugar cercano a su destino final, garantizando la disminución de pérdidas y reclamos por mala manipulación.

En Regiones y países que no poseen acceso directo al mar, la presencia de los puertos secos permite que se realicen localmente ciertas actividades que antes eran realizadas en el Puerto Marítimo. Esto permite tener un completo control y genera empleo en el área, y además permite agilizar las operaciones del Puerto Marítimo y descongestiona en parte su labor.

Las relaciones entre los países donde se ubica el puerto seco y el puerto marítimo de enlace han de ser fluidas, en particular, por lo que a su adhesión a los acuerdos internacionales de comercio y de reconocimiento de documentación se refiere.

#### *4.3. ZAL (ZONA DE ACTIVIDADES LOGÍSTICAS)*

Una Zona de Actividades Logísticas es, al igual que un Puerto Seco, un centro intermodal para intercambio de mercancías. Sin embargo, La ZAL es un concepto más amplio.

Además de realizar la misma función intermodal que desarrolla el Puerto Seco, incluye una zona logística en la que se instalan distintas empresas que previamente tratan la mercancía para su posterior distribución.

Este tratamiento puede consistir en envasado, empaquetado e incluso manufacturación de materias primas, por lo que la actividad logística adquiere mayor envergadura y no se limita al tránsito de mercancías.

### 5. CASOS PRÁCTICOS EN ESPAÑA

Se han tratado de detallar los accesos ferroviarios a los distintos puertos españoles de interés general y se ha relacionado en el anexo 6 tanto en su situación actual como de las posibles ampliaciones proyectadas. Detallándose en el punto siguiente el caso del puerto de Barcelona, siendo este un caso especial por su enclave , va a ser uno de los primeros puertos unidos a la red transeuropea en ancho UIC, por su desarrollo potencia, por los proyectos de ampliación y las inversiones programadas.

#### *5.1. EL PUERTO DE BARCELONA.*

Barcelona está llamado a ser, si no lo es ya, un centro logístico para el sur de Europa y el Mediterráneo; por ello, el puerto se ha convertido en una gran plataforma logística donde no sólo se realizan las operaciones de intercambio modal sino también operaciones logísticas de todo tipo con el objetivo de convertirse en un punto nodal en términos físicos, económicos y logísticos. Por todo ello, el puerto de Barcelona ha apostado por la intermodalidad como respuesta a las necesidades logísticas de las empresas, abordando el

desarrollo del transporte terrestre -carretera -ferrocarril -y su integración con los servicios portuarios.

Las acciones a realizar para lograr los objetivos de intermodalidad son las siguientes:

- La construcción de terminales intermodales para transporte por tierra y transporte marítimo -terrestre en la Zona Franca y en la Zona de Actividades Logísticas anexas o cercanas al Puerto
- La construcción de una nueva línea de FF.CC. en el margen izquierdo del río Llobregat y su acceso a la zona portuaria
- La promoción del desarrollo de la oferta de operadores privados y públicos en el tráfico ferroviario e intermodal puerta a puerta con origen y destino europeo y peninsular
- Fomento de la competencia en el transporte de proximidad entre el puerto y las terminales de contenedores.
- Mejora de la conexión ferroviaria con el continente europeo.

La intermodalidad ferroviaria es la que presenta más problemas en el puerto de Barcelona, y está afectada tanto por las condiciones de explotación de los servicios como por los de la oferta de servicios (operadores intermodales). Los problemas básicos son el estrangulamiento de los accesos ferroviarios al puerto, debido a las restricciones que provocan los tráficos de viajeros de corto recorrido que gozan de prioridad de uso de las líneas de acceso a Barcelona y al Puerto, y las deficiencias de la red ferroviaria interna del puerto, (como es el caso de los pasos a nivel subóptimos a nivel de muelle).

Todos estos problemas de conectividad están contemplados en el Plan Delta lanzado por el Puerto.

Actualmente la intermodalidad marítimo-ferroviaria afecta al 3,5% de los tráficos marítimos. El Puerto considera crítico el crecimiento de estas cifras para aumentar el hinterland del puerto y su posición nacional e internacional.

Los problemas con los que se encuentran son básicamente de dos tipos:

- Problemas de infraestructura: saturación en los accesos y falta de conexión adecuada con la red de ancho de vía ferroviaria europeo.(este último esta previsto que desaparezca en un futuro próximo)
- Carencia de una oferta de operadores intermodales
- Falta de calidad en los servicios que se prestan

La intermodalidad marítima-terrestre es la dominante en el puerto afectando a un 69% de los tráficos del puerto. Los principales problemas con los que se encuentra son los siguientes:

- Problemas en la oferta de comercialización de los servicios
- Problemas de infraestructura: debidos a las restricciones de acceso al puerto ya los largos plazos del transporte de corta distancia por saturaciones de la red viaria en algunos periodos de tiempo del día.

Para resolver estos problemas se están estudiando las siguientes acciones:

- Ejecución de los proyectos de infraestructura contenidos en el Plan Delta
- Liberalización del sector del transporte de contenedores por carretera
- Modernización de la oferta de transporte
- Reducción de los precios del transporte de contenedores

Dentro de las acciones consideradas por la Autoridad Portuaria de Barcelona para potenciar su capacidad logística y para captar tráficos haciendo frente a la gran competencia, sobretodo en tráfico de contenedores donde hay un exceso de oferta portuaria se contemplan las siguientes:

- Desarrollo de actividades complementarias en su hinterland, como son las de servicio puerta a puerta, la consolidación - desconsolidación de las cargas de contenedores, etc.

- Desarrollo de un Plan de Calidad Concertada de los servicios prestados por el puerto, lo que se traduce en un compromiso de las terminales de carga y descarga para optimizar sus servicios en lo referente a la reducción de tarifas, reducción de tiempos de despacho y mejor trato de las mercancías. Se trata de una reorganización e integración de todos los actores, incluidos los operadores privados, la aduana y otros servicios, para conseguir que las mercancías lleguen al cliente final en mejores condiciones de tiempo, precio y seguridad.
- Potenciación y desarrollo de la segunda fase de la ZAL para fidelizar los clientes y atraer nuevos tráficos. Una de las ventajas comparativas que tiene el Puerto en el caso del tráfico de contenedores es la existencia de un tráfico generado por la actividad económica del hinterland propio, por lo que esta acción persigue la ampliación de esta realidad
- Alcanzar un marco de relaciones que asigne una paz laboral duradera
- Construcción de infraestructuras adecuadas con capacidades de explotación que aseguren buenos rendimientos y la prestación de un buen servicio
- El puerto ha optado por un modelo de competencia entre los operadores que continuará en el futuro, para evitar situaciones de monopolio, con la presencia en el puerto de terminales de una dimensión suficiente para hacer frente a la competencia interportuaria. Todos estos mecanismos de competencia se derivan en ventajas significativas para los usuarios.
- Implantación efectiva de las tecnologías de información, del EDI en particular. En todas las empresas portuarias, para de esta forma poder identificar en cada momento la situación de la mercancía y reducir al mínimo el proceso administrativo y documental y el coste de la intermediación.

Por último, el puerto se potenciará del desarrollo del Plan Delta, ya mencionado, que supone la garantía de ampliación de la segunda fase de la Zona de Actividades Logísticas y de los nuevos muelles y terminales del puerto comercial.

## 5.2. COMENTARIO

En el conjunto del sistema portuario español se aprecia un importante margen para la modernización y desarrollo del acceso ferroviario y de los movimientos ferroportuarios destacando las previsiones de crecimiento del tráfico de contenedores en un buen nº de puestos de IGE o al menos uno por cada fachada marítima.

Por ejemplo, en el puerto de Tarragona destaca la importancia de los enlaces ferroviarios para los movimientos de graneles.

En los puertos peninsulares con capacidad potencial para desarrollar aún más los tráficos de crucero (Málaga, Barcelona, Santander,..) así como los de ferry (Algeciras, Barcelona, Santander..) y en los puertos deportivos (Benalmádena, Alicante), el potencial desarrollo del tráfico ferroviario de pasajeros, en alta velocidad, es importante, aunque por el momento más cualitativo, de imagen comercial, que cuantitativo, de volumen de pasajeros a mover.

## ANEXO 1

### 1. REDES ESPAÑOLAS DE FERROCARRIL

En el plano adjunto se esquematiza la red de RENFE (ancho 1.668 mm.) y por FEVE ( ancho métrico).

La red ferroviaria de RENFE cubre el territorio nacional.

La red ferroviaria de FEVE une principalmente la zona norte de España de Vizcaya a Galicia, con un ramal entre Murcia y Cartagena

En los siguientes gráficos, gráficos 1 y 2, se detallan ambas redes actuales.

### 2. RED DE FERROCARRIL FUTURA

El plan de infraestructuras 2000-07 tiene previsto unir las principales provincias españolas en alta velocidad y en algunos casos, posiblemente, en ancho europeo.

Esta podría ser una buena oportunidad para unir los principales puertos en ancho europeo (1.435mm).

La mayoría de los tráficos ferroviarios con origen destino en puerto tienen una distancia media de 700 Km. en muchos casos saliendo fuera de España produciéndose puntos de saturación y pérdida de tiempo de los tráficos en los puntos fronterizos como es el caso actual de Portbou, en el que es necesario cambiar de bogies y partir los trenes.

Se han adjuntado la previsión de las redes futuras en los gráficos siguientes, gráficos 3 y 4.

Debe recordarse que el tráfico de mercancías y de viajeros en alta velocidad es por ahora incompatible.

## ANEXO 2: MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA VÍA EN PLACA:

### 1. PARÁMETROS DE CÁLCULO:

Los parámetros de cálculo para la vía ferroviaria han evolucionado según los siguientes factores:

- Aumento de velocidad
- Aumento de carga por eje de 18 tn/eje a 22 tn/eje. Si bien es cierto que la red nacional tiene una carga por eje de 18 tn, en los puertos con tráficos europeos y pertenecientes a la red transeuropea, estas cargas pueden llegar a 22 tn/eje.
- Aumento de la densidad de tráfico (de una media de 375 circulaciones diarias en vía doble a 600 circulaciones diarias en vía cuádruple).

### 2. ANÁLISIS DE DISTINTOS MÉTODOS DE CÁLCULO:

#### 2.1. EXPOSICIÓN GENERAL HISTÓRICA:

La totalidad de los métodos de cálculo parten de la hipótesis común básica del apoyo de una losa sobre un semiespacio elástico definido por un coeficiente de balasto K.

Durante los años 1880 a 1964 estos métodos de cálculo eran teóricos. Su finalidad era tanto el cálculo de cimentaciones como el cálculo de losas de carreteras o ferrocarriles. A partir de 1969, el análisis estructural de placas se especializa en infraestructura ferroviaria.

El método más antiguo, Hertz 1884, resuelve el análisis de una carga aislada sobre una paca a partir de funciones Bessel y serie de potencias FOPI parte de serie de potencias hallando de esta forma soluciones para la placa circular elástica. Happel, 1919, da una alternativa para placas rectangulares.

Con estos conocimientos, Westergard desarrolló la ecuación diferencial en derivadas parciales de la placa elástica en forma de funciones trigonométricas

e hiperbólicas. Esta ecuación permitió dar soluciones a placas con fuerzas periódicas distribuidas en una longitud, a placas no perfectamente elásticas con fuerzas aisladas, a placas con un contorno ilimitadamente largo y recto,... etc. Este tipo de soluciones permite estudiar la influencia de los diferentes apoyos de placas y juntas.

Hogg analizó una placa rígida de extensión ilimitada sobre un espacio elástico, homogéneo e isótropo cargada con una fuerza aislada.

Picket y Ray integraron los estudios de Westegard y Hogg de forma que se pueden obtener de forma relativamente rápida resultados numéricos, incluyeron la experiencia de Odemark en la placa rígida para el estudio de sistemas de varias capas.

Satoh, 1964, investiga un sistema formado por placas bajo carriles en dirección longitudinal y transversal como una viga elástica sobre la que se apoya un carril rígido mediante sujeciones elásticas, considerando la carga como una carga aislada sobre carril y sin tener en cuenta las placas ensambladas. Este sistema no analiza ni la rigidez de la infraestructura ni el espesor de la placas.

Eisenmann, 1974, considera el sistema multicapa con módulos de elasticidad distintos y un único coeficiente de balasto llegando así a determinar las tensiones en cualquier punto de la vía.

Pahnke, 1974, considera el carril apoyado sobre muelles elásticos situados a una distancia de 60 cm. Llegando a obtener la longitud óptima de las losas.

Klimenko, 1974, cuya aportación es la consideración del coeficiente de balastro del suelo variable en relación a la longitud de la vía.

Saito, 1974, su método considera el carril elásticamente apoyado sobre la placa, a la cual divide en elementos finitos triangulares que apoyan sobre un lecho elástico.

## 2.2. CONSIDERACIONES CRÍTICAS SOBRE LOS MÉTODOS EXPUESTOS:

El método Einsenmann permite considerar sistemas multicapas aunque este método, que reduce los módulos de elasticidad a un solo, es discutible. Además, la consideración de losas indefinidas sólo permite hallar las tensiones en el punto más cercano a la actuación de las cargas.

Una característica general de los métodos Einsenmann, Pahnke, Klimenko y Meacham, Prause y Waddell es que introducen únicamente el sentido longitudinal en los métodos de cálculo mientras que el sentido transversal se analiza de forma independiente.

La determinación de tensiones en el sentido transversal presenta dos grandes dificultades:

1. Averiguar la longitud afectada por la capa.
2. El valor de la tensión transversal máxima.

El método de Saito consiste en dividir la losa en elementos finitos triangulares, aunque tiene dos grandes limitaciones:

1. No tiene en cuenta la influencia de las cargas aplicadas en los alrededores.
2. Los valores del coeficiente de balastro K obtenidos en los ensayos son coherentes para una superficie pequeña pero no para la superficie considerable de la losa de hormigón.

## 2.3. MÉTODOS ACTUALES. EL PRISMA FINITO FRENTE A LOS ELEMENTOS FINITOS:

Los métodos actuales más utilizados para el cálculo de placas cargadas son el método del prisma finito y el método de elementos finitos. La comparación de ambos métodos según los siguientes aspectos:

Geometría y cargas (análisis estático y dinámico):

El método del prisma finito se usa en aquellas estructuras en las que la geometría no varía a lo largo de la dirección de uno de sus ejes siendo la carga variable a lo largo de ese mismo eje. Además, en análisis estático, se utiliza para estructuras con dos extremos opuestos simplemente apoyados y, en análisis dinámico, se usa para estructuras con todas las condiciones de contorno pero sin apoyos directos. Sin embargo, el método de elementos finitos es aplicable a cualquier geometría, condiciones de contorno y variación material. Es extremadamente versátil y potente.

Tiempo de cálculo y número de ecuaciones:

La resolución del método de elementos finitos lleva consigo un gran número de ecuaciones a plantear y una matriz con un ancho de banda grande. Este método puede ser caro y en ocasiones, imposible de resolver.

El método del prisma finito presenta un número de ecuaciones menor y una matriz con anchura de banda también menor, especialmente en problemas con extremos opuestos apoyados. En consecuencia el tiempo de cálculo también es menor.

Datos de entrada y facilidad de cálculo:

El método de elementos finitos necesita gran cantidad de datos de entrada con lo facilita la posibilidad de cometer errores por lo que se requiere esquemas automáticos de generación de mallas.

Sin embargo el método de los elementos finitos con menor número de datos de entrada y menor número de nodos involucrados reduce las dimensiones de cálculo.

Datos de salida:

El método de elementos finitos calcula gran cantidad de datos de salida, tensiones y desplazamientos en todos los nodos y elementos de orden inferior. El método del prisma finito especifica sólo tensiones y desplazamientos en los puntos necesarios.

En conclusión el método de prisma finito ofrece gran versatilidad para calcular infraestructuras ferroviarias como consecuencia de la reducción de los grados de libertad totales de la estructura reduciendo así el trabajo de la entrada de datos y el tamaño del ordenador necesario.

Asimismo este método, permite obtener esfuerzos globales (momentos, cortantes y axiles) así como tensiones de tipo localizado. Este método prescinde del coeficiente de balasto estudiando la estructura como una realidad sin recurrir a una hipótesis simplificativa. Así permite tener en cuenta cualquier heterogeneidad del terreno, observar los efectos de la construcción deficiente y la influencia de las diferentes calidades de los materiales usados.

#### *2.4. OPTIMIZACIÓN DE LAS VÍAS SOBRE PLACA DE HORMIGÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA RESISTENTE:*

El módulo de elasticidad óptimo del elastómero se encuentra entre 100 y 150 kg/cm<sup>2</sup>, ya que:

- Si aumentamos ese valor no aumentaremos sensiblemente su flexibilidad disminuyendo así las tensiones del carril.
- Si la disminuimos aumentaremos la tensión del carril ya que para una carga dada los esfuerzos debidos a las masas no suspendidas de los vehículos son proporcionales a la raíz cuadrada de la rigidez vertical de ese elemento.

#### Determinación de las características de la losa y de la sub-base:

Si tomamos como criterios de cálculo:

- La distribución horizontal de las presiones verticales sobre la plataforma y sobre las sub-base.
- Se calcula una carga por eje de 10 Tn (5 Tn/eje) para cualquier carga Q se multiplica por Q/10.
- Simetría geométrica de la plataforma, calculándose sólo la mitad sin imponer que los corrimientos horizontales y los giros sean nulos.

El método de cálculo sería el siguiente:

- Obtener un módulo de elasticidad de la plataforma tal que proporcione una distribución de presiones sobre la plataforma aceptable.
- Obtener el módulo de elasticidad óptimo de la sub-base.
- Espesor óptimo de la sub-base.
- Espesor óptimo de la losa que proporcione una distribución de presiones sobre la subbase aceptable.

En el siguiente cuadro se han resumido los valores más usuales de estos módulos y espesores.

TIPO DE PLATAFORMA	MÓDULO DE ELASTICIDAD ÓPTIMO DE LA SUB-BASE	ESPESOR ÓPTIMO DE LA SUB-BASE	ESPESOR ÓPTIMO DE LA LOSA
Aceptable capacidad portante $E = 400 \text{ kg/cm}^2$	300.000 $\text{kg/cm}^2$	20 cm	15 cm
Media capacidad portante $E = 200 \text{ kg/cm}^2$	10.000 $\text{kg/cm}^2$	25 cm	15 cm
Mala capacidad portante $E = 80 \text{ kg/cm}^2$	5.000 $\text{kg/cm}^2$	30 cm	15 cm

## 2.5. DRENAJE:

Para garantizar el comportamiento a largo plazo de la vía estuchada es necesario drenar eficazmente la superestructura.

El agua superficial se evacua sin que haya lugar a remansos a través de los bordes longitudinales contruidos lateralmente en base de hormigón de broza. En el lado más alto hay que tener en cuenta que la losa sustentadora de hormigón lleva pendiente en sentido contrario. El hormigón de broza inmediatamente al lado de la parilla de la vía contribuye igualmente a la absorción de ruidos.

El agua superficial que penetrará lateralmente puede evacuarse a través de la capa de protección contra heladas que sobresale al drenaje en profundidad dispuesto en el lado más bajo y en el centro de la vía, mediante la pendiente contraria de la capa de protección contra heladas. El terraplén en el borde superior asegura que el agua no penetre en la plataforma de tierra debajo de la vía sobre la placa. El agua que va acumulándose en el drenaje central debe evacuarse a distancias regulares (50 m) mediante tubos transversales a una línea colectora en el lado inferior. En los extremos (p.e. delante de los puentes) hay que prever una distancia de 10 m para variaciones de longitud de la estructura debidas a la temperatura.

### ANEXO 3: DISTINTOS TIPOS DE ELECTRIFICACIÓN

#### 1. INTRODUCCIÓN

El primer análisis frente a la necesidad de electrificar un ferrocarril es considerar los factores que permiten tomar una decisión respecto a electrificarlo en corriente alterna o corriente continua. En general, los servicios urbanos - tranvías, semi - metro, metro y algunos suburbanos- se electrifican en 600-750 VCC, aunque algunos sistemas de metro más recientes se están electrificando en 1.500 VCC. Asimismo, hay numerosos sistemas suburbanos electrificados en 1.500 VCC.

Los sistemas de cercanías más antiguos, así como algunos sistemas de larga distancia, están electrificados en 3.000 VCC. Sin embargo, los sistemas de corriente continua en este tipo de servicios se utilizan cada vez menos y están siendo reemplazados por sistemas de corriente alterna en 25.000 V.

Los criterios que se recomienda aplicar son los siguientes:

- Si se trata de una nueva línea exclusiva para un ferrocarril ligero, de tipo semi-Metro, debe electrificarse con corriente continua en 750 V o 1.500V.

- Si se trata de una nueva línea exclusiva para un ferrocarril de cercanías, es conveniente electrificar en corriente alterna a 25.000 V.
- Si se trata de una nueva línea troncal, de longitud importante (del orden de 200 km o más), con tráfico mixto (tráfico de cercanías y tráfico de extremo a extremo), es conveniente electrificar en corriente alterna a 25.000 V, salvo que la corriente predominante en el sistema existente sea de corriente continua.
- Si se trata de una nueva línea de largo recorrido (mayor de 300 km) debe considerarse la posibilidad de electrificarla en corriente alterna, siempre y cuando el material rodante a explotar sea nuevo.
- En el caso de modernizaciones de sistemas existentes de corriente continua, sólo debe considerarse la evolución a corriente alterna cuando se trate de tramos que impliquen una proporción importante de renovación de la línea.
- En el caso de nuevas líneas o modernizaciones de líneas en servicio, debe analizarse la compatibilidad del parque de material rodante tractor eléctrico en servicio con las características de la nueva red eléctrica. O se reemplaza el equipo tractor eléctrico, o se continúa con red eléctrica en corriente continua.
- Si en las nuevas líneas se instala red eléctrica en corriente alterna y los trenes deben circular en ambas redes eléctricas, debe adquirirse locomotoras y/o automotores bicorriente (25 KV, 50 Hz o 3.000 VCC). Cabe también la posibilidad de transformar equipo tractor de 3.000 VCC a bicorriente. Existe también equipo tractor multicorriente que pueden circular por sistemas de diferente tipo de alimentación.

## 2. SUBESTACIONES Y LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN

### 2.1 CONFIABILIDAD DE LA RED ELÉCTRICA

Conociendo las necesidades de subestaciones de transformación para el caso de electrificación en corriente alterna o de subestaciones de transformación y rectificación para el caso de corriente continua, debe estimarse en primera instancia sus probables ubicaciones. Con la información de su ubicación

aproximada debe analizarse desde dónde se alimentarán, cual será la empresa suministradora en alta tensión, desde qué barras firmes se hará la conexión, así como el historial de cortes y confiabilidad. En el caso de ferrocarriles suburbanos o de cercanías debe analizarse la conveniencia de contar con una red interna propia de distribución en media tensión.

En cuanto a las acometidas de alta tensión, debe definirse si será mediante una o dos acometidas en cada punto, si la acometida será de uso exclusivo o compartida.

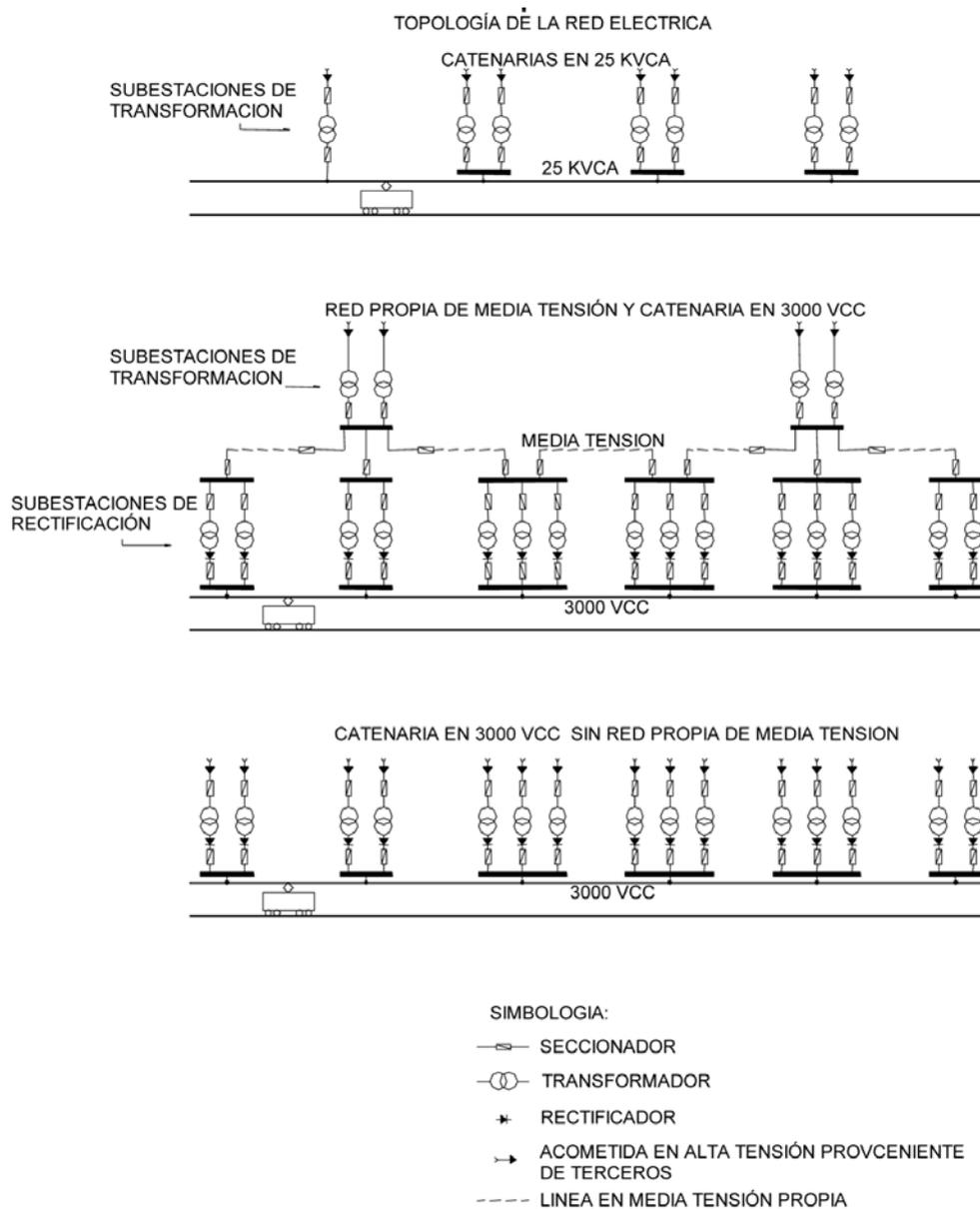
Si en la acometida hay un proceso de transformación, se debe definir si éste será exclusivo o compartido.

## *2.2. DISEÑO GLOBAL DE LA RED*

Definido el sistema de tracción (corriente alterna o corriente continua), se procede a efectuar las primeras simulaciones tomando en consideración las características del trazado, el tráfico estimado y la probable demanda de energía del material rodante.

1. Alimentación de los trenes en corriente alterna. En el caso de una red en corriente alterna, que corresponde a un trazado de una longitud al menos media y que por el alto voltaje de la catenaria, sus subestaciones de transformación están relativamente distantes entre ellas, no tiene sentido económico contar con una red propia en media tensión. Lo que sí procede, por motivos de confiabilidad, es considerar los siguientes aspectos:
  - Las subestaciones asociadas a las zonas de mayor densidad de tráfico, tales como cabecera principal de la línea o zonas de concentración de tráfico de pasajeros, deben contar con al menos dos grupos transformadores cada una.
  - Las subestaciones ubicadas en zonas de menor densidad de tráfico o asociadas sólo a tráfico de carga, podrán contar con un solo grupo transformador.

2. Alimentación de los trenes en corriente continua. En el caso de una red en corriente continua, particularmente tratándose de un ferrocarril suburbano o de cercanías con importante densidad de tráfico, por razones de confiabilidad es recomendable contar con una red propia de media tensión. Esta red propia de media tensión comprende una o varias subestaciones de transformación que están alimentadas (su conjunto) desde al menos dos barras firmes del sistema de distribución en alta tensión del sistema interconectado. Cada una de estas subestaciones de transformación deberá contar, al menos, con dos transformadores. La red de media tensión, tendida desde la primera hasta la última subestación del trazado, alimentará las subestaciones de rectificación.



Estas subestaciones de rectificación, en las zonas de mayor densidad deberán contar con al menos tres grupos transformador-rectificador, y en las zonas de menor densidad de tráfico, al menos con dos grupos transformador-rectificador cada una. Existe la alternativa de no contar con red propia de media tensión y en este caso, alimentar directamente las subestaciones de rectificación desde subestaciones o líneas de alta tensión de las empresas de distribución eléctrica, siendo ésta una solución menos confiable.

Si la alimentación en alta tensión se toma desde una línea de la empresa distribuidora, cuando ésta tiene dos circuitos de alta tensión en esa línea, cabe

la posibilidad de que mediante seccionamiento pueda tomarse la acometida desde uno u otro circuito. Si la línea cuenta con un solo circuito de alta tensión, es conveniente pedir el seccionamiento de la línea en el punto de empalme de la acometida. De esta forma si hay una falla en la línea, se desconecta el tramo en falla y la acometida se alimenta del otro tramo que queda en servicio.

### *2.3. CORRIENTES DE RETORNO*

Las simulaciones permitirán determinar las medidas necesarias a adoptar para lograr un adecuado retorno de las corrientes de tracción a través de los rieles hacia las subestaciones. Al respecto, debe considerarse, en cada etapa, si se requerirá o no de cable de refuerzo de retorno de tracción (cables paralelos a las vías) en algún tramo del trazado. Disminuyendo la distancia entre subestaciones se mejora el retorno de tracción, sin embargo muchas veces por consideraciones de otro orden no es posible ubicar estas subestaciones en los lugares teóricamente más adecuados.

### *2.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED*

Contando con la primera definición de la topología elegida para la alimentación eléctrica del ferrocarril, será necesario disponer con cierta precisión de los siguientes parámetros:

- Características técnicas del material rodante
- Programa de trenes según frecuencia y tipo
- Topografía del trazado: planta y perfil.
- Zonas de maniobra (aparatos de cambio)
- Velocidad máxima en cada punto del trazado, según tipo de tren
- Resistencia de los rieles (ohm/km)
- Resistencia de la catenaria (ohm/km del mensajero y de los hilos de contacto)
- Tensión disponible en la red pública
- Puntos de conexión en la red pública
- Rango admisible de variación de voltaje de alimentación

Conocidos estos parámetros y definidos los criterios de confiabilidad del sistema se procederá, con apoyo de un software de simulación especializado para sistemas de tracción eléctrica, al dimensionamiento de la red. Es probable que la primera simulación obligue a cambiar ciertos parámetros hasta poder lograr el dimensionamiento definitivo de la red.

El software de simulación, entre los resultados que debe entregar, cabe destacar:

- Potencia instantánea y media en cada subestación de transformación y/o transformación-rectificación para las distintas distribuciones y mallas de circulación de trenes en estudio
- Caídas de tensión de alimentación para los trenes en circulación en cada instante y posición
- Potencia eléctrica disipada en la catenaria y en los rieles
- Tiempos totales y parciales de recorrido y consumo eléctrico, velocidad, tracción y aceleración en cada punto kilométrico de los distintos trenes en estudio
- Posición y consumo, en cada instante, de los trenes de la malla de circulación
- Intensidad de los alimentadores de las subestaciones

Con los resultados de los cálculos obtenidos, se hará un análisis de los parámetros considerados originalmente:

- Cantidad de subestaciones
- Ubicación de las subestaciones
- Potencia de las subestaciones
- Consideración de falla de las subestaciones
- Sección de la catenaria (sustentador e hilo de contacto)
- Alimentadores de refuerzo
- Refuerzos de retorno de tracción
- Grupos de reserva en las subestaciones

El análisis de los resultados obtenidos, puede conducir a nuevamente modificar algunos parámetros y en consecuencia hacer una nueva simulación con el programa.

#### *2.5. CRITERIOS CONSTRUCTIVOS*

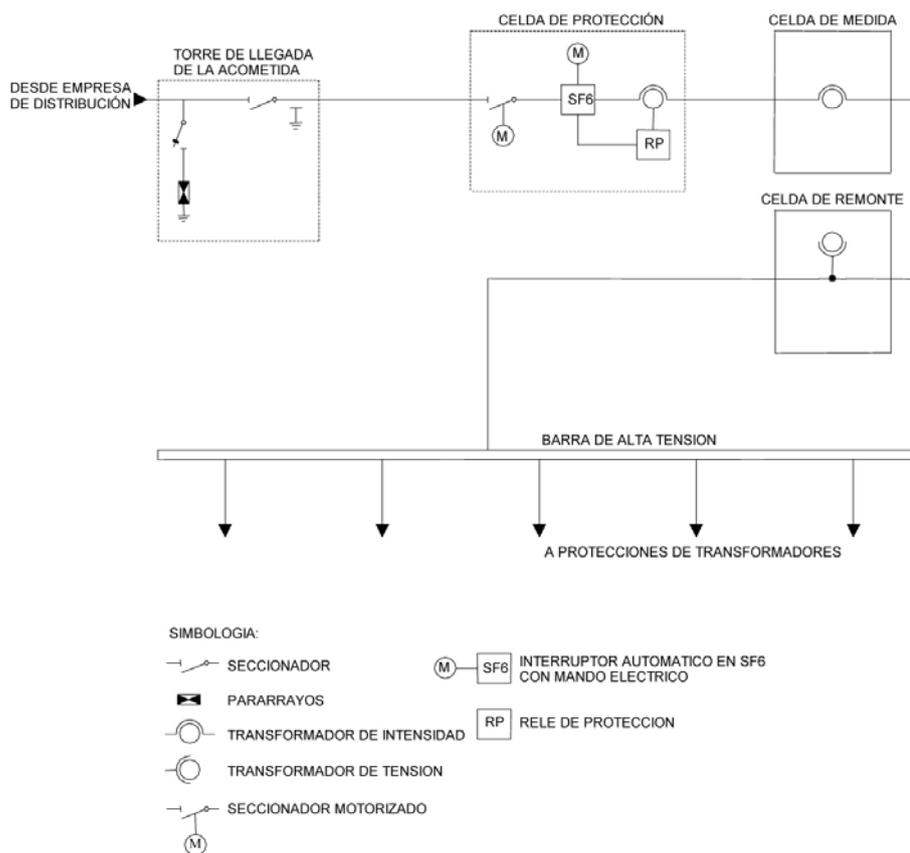
Para las subestaciones de transformación o transformación-rectificación, se recomienda aplicar el criterio de instalación en el interior del edificio (indoor). La tendencia actual, avalada por los desarrollos tecnológicos de los equipos de alta tensión encapsulados que han logrado reducir notablemente las dimensiones y volúmenes de estas instalaciones, es justamente la instalación interior.

Deberá considerarse las celdas de llegada de las acometidas y las de protección de las subestaciones; las celdas de medida y de remonte y las barras de alta tensión.

Las celdas de protección de transformadores se pueden clasificar en:

- Celda de grupo de transformación asociada a tracción eléctrica
- Celda asociada a la alimentación de subestación móvil o portátil
- Celda asociada a la transformación para red de media tensión exclusiva de sistema de señalización
- Celda asociada a la transformación para red de baja tensión de servicios auxiliares

EQUIPOS DE ALTA TENSION



2.6. TRANSFORMADORES DE TRACCIÓN

Deberán responder a las exigencias previstas en la homologación de los transformadores para tracción. De preferencia serán refrigerados por aceite. No se debe aceptar refrigeración con Piranol o Askarel, cuyo uso se ha abandonado debido a su toxicidad. El régimen de carga de los transformadores de potencia deberá ser de:

- 100% permanentemente
- 150% durante 2 horas
- 300% durante 5 minutos

Deberá soportar las sobrecargas del segundo y tercer caso, no acumulativas, después de estar funcionando con el 100% de su capacidad nominal.

## 2.7. RECTIFICADORES

La rectificación de potencia se efectúa habitualmente con diodos de silicio mediante puentes de Graetz trifásicos en serie.

El régimen de cargas que deberán soportar es:

- 100% permanente
- 150% durante 2 horas
- 300% durante 5 minutos

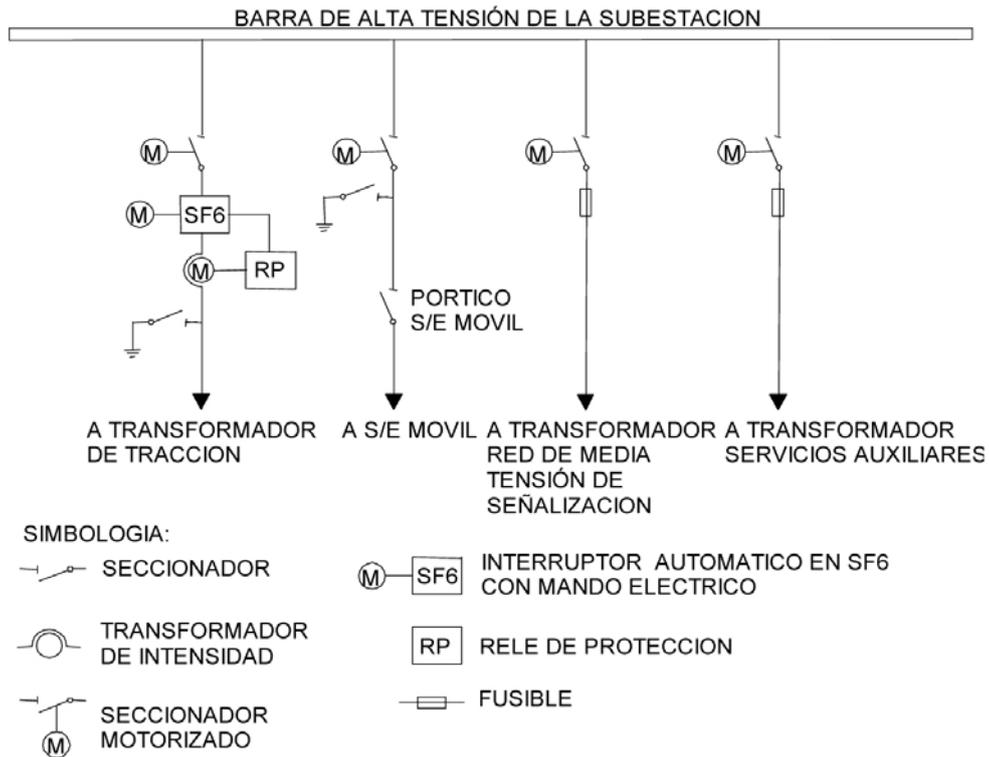
Deberá soportar las sobrecargas del segundo y tercer régimen, no acumulativas, después de estar funcionando con una carga del 100% de su capacidad nominal.

Normalmente estos grupos tienen refrigeración natural.

Deberán disponer de dos ramas en paralelo, las cuales estarán protegidas por fusibles rápidos de alto poder de ruptura ante cortocircuitos internos, cada diodo con un fusible.

Es recomendable aplicar al diseño de los circuitos de protección el concepto "np+1", de manera que al detectarse la avería de un diodo, el sistema envíe la correspondiente alarma sin que el grupo se desconecte. Sólo en caso de avería de más de un diodo en una misma rama se producirá la desconexión del grupo rectificador.

PROTECCIONES DE TRANSFORMADORES



2.8. BOBINAS DE APLANAMIENTO

Serán de ejecución al aire, con una intensidad nominal igual a la del grupo, debiendo definirse la tensión de servicio y la intensidad de cortocircuito. El conductor podrá estar formado por pletina de cobre o de aluminio. La bobina de aplanamiento será sin núcleo magnético con enrollado helicoidal de metal desnudo, bobinada en un curvador de perfiles. La separación se realizará mediante separadores de fibra de vidrio, manteniendo constante la separación entre espiras.

2.9. FILTROS DE ARMÓNICAS

Los filtros de armónicas de 600 Hz y 1.200 Hz estarán constituidos por bobinas de autoinducción con núcleo de aire y un conjunto de circuitos sintonizados para el filtrado de armónicas correspondientes a esas frecuencias, con la bobina conectada en el positivo.

Los materiales que comprenden los filtros de armónicas son:

- Bobinas para filtro de armónicas de 600 Hz.
- Bobinas para filtro de armónicas de 1.200 Hz.
- Condensador para filtro de armónicas de 600 Hz.
- Condensador para filtro de armónicas de 1.200 Hz.
- Fusible de protección de filtros, ultrarrápido, de 4KV de tensión nominal y corriente nominal a definir.

#### *2.10. SECCIONADORES DE SALIDA DE GRUPOS*

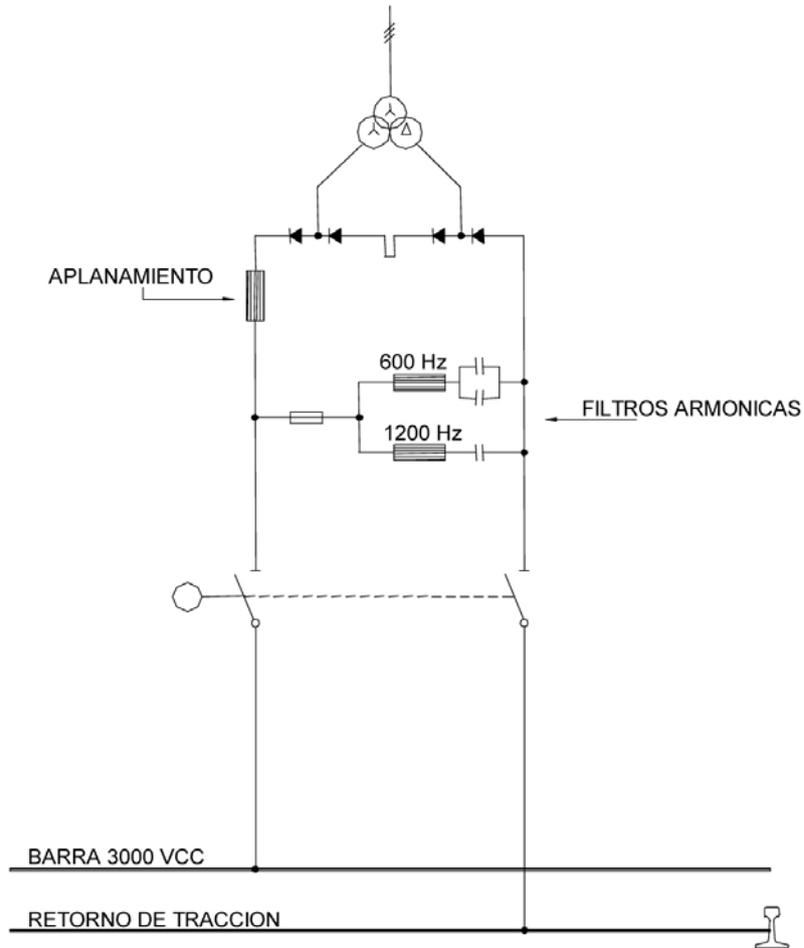
Estos seccionadores de salida de grupos, son de tipo interior, de intensidad de corriente a definir y normalmente están provistos de mando manual y eléctrico.

Cada grupo alimenta una barra de tracción y existirán seccionadores de acoplamiento de barras provistos también de mando manual y eléctrico.

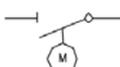
Los seccionadores deberán contar con los siguientes enclavamientos:

- Los seccionadores de salida de grupo estarán impedidos de maniobrar cuando el disyuntor del grupo esté conectado.
- Los seccionadores de acoplamiento de barras tendrán impedido su cierre mientras los seccionadores de salida de los grupos estén cerrados, así como su maniobra en carga.

DISPOSICIÓN TRANSFORMADOR  
RECTIFICADOR



SIMBOLOGIA:

-  TRANSFORMADOR DE POTENCIA
-  DIODO RECTIFICADOR
-  BOBINA
-  FUSIBLE
-  CONDENSADOR
-  SECCIONADOR MOTORIZADO
-  LINEA TRIFASICA

### 2.11. PROTECCIONES DE ALIMENTADORES

Entre las barras de tracción de la subestación y el portal de seccionadores, se ubican las celdas de protección de alimentadores. Las principales funciones de protección que al menos debe exigirse son:

- Desconexión transitoria que debe producirse al actuar uno cualquiera de los relés de protección de sobre intensidad del grupo.
- Desconexión por sobrecarga que debe activarse cuando los termómetros de transformador o de rectificador (si procede) alcanzan el nivel de desconexión
- Desconexión por avería, asociada a derivaciones a masa; fusión de un segundo fusible en la misma rama de diodos rectificadores o defecto de ventilación forzada (en caso que se cuente con este tipo de ventilación)
- Desconexión por enclavamiento, asociada a evitar maniobras incorrectas, como son el acceso a celdas en tensión y demás protecciones de la instalación y el personal.
- Desconexión por crecimiento rápido de la intensidad, mediante detección de crecimientos bruscos de la intensidad.
- Protección de cortocircuitos lejanos, mediante un equipo electrónico que analiza permanentemente las variaciones de intensidad  $di/dt$  en la salida del alimentador, discriminando los crecimientos de intensidad por demanda de tracción de los causados por averías de corto circuito.
- Protección por orden de arrastre de subestaciones colaterales. En determinados casos, la apertura automática del disyuntor extra rápido provocará la actuación de la protección de arrastre, transmitiendo la orden de desconexión por arrastre del alimentador en paralelo que corresponda, de la subestación inmediata.

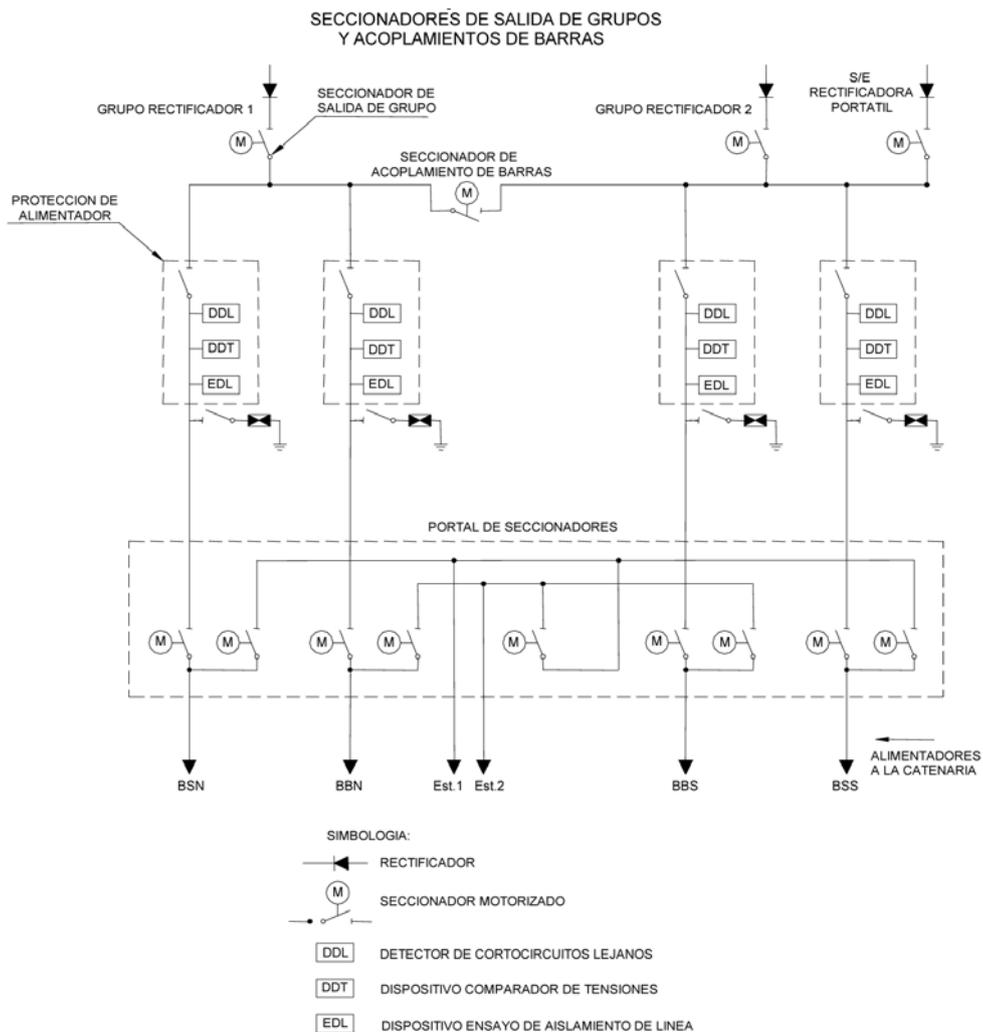
### 2.12. SERVICIOS AUXILIARES

Estos equipos corresponden a los diversos servicios instalados en la subestación, que no tienen relación directa con la alimentación de tracción. Normalmente se alimentan en baja tensión, la que se obtiene de circuitos separados, alimentados directamente desde la red de alta tensión. Normalmente se instala dos transformadores de servicios auxiliares por

subestación. Podrán ser refrigerados con aceite o de autorefrigeración. Se dispondrá de celdas de protección en baja tensión que alimentarán un cuadro de baja tensión mediante un equipo de conmutación entre los secundarios de los transformadores de servicios auxiliares.

### 2.13. OTRAS PROTECCIONES

Las subestaciones siempre deberán disponer de una red (asociada a una centralita) de protección de incendios. En el caso de subestaciones con transformadores interiores (indoor), las celdas de transformadores en aceite deberán contar con sistemas automáticos de extinción con anhídrido carbónico. Dependiendo de la ubicación de la subestación, puede ser necesario disponer de un sistema de detección de intrusión.



#### *2.14. COMANDO Y CONTROL LOCAL DE LAS SUBESTACIONES*

Todo el mando y control de la subestación deberá ser totalmente automatizado mediante un sistema de control distribuido formando por autómatas programables de suficiente capacidad y rapidez. Estará dotado al menos de dos CPUs actuando simultáneamente, en mando y control una de ellas, pasando automáticamente a funcionar la otra ante una falla de la primera. Además existirá otro autómata independiente con su propia CPU, de menos jerarquía que las anteriores, que controle y gestione las protecciones.

Al margen de que todos los aparatos con poder de corte puedan maniobrarse desde su propio panel, la subestación deberá estar dotada de un equipo de hardware y software, conectado al autómata para poder, mediante teclado, gobernar la subestación en mando local. El equipo de hardware constará, al menos, de teclado y pantalla.

#### *2.15. TELEMANDO*

Cuando se cuenta con un sistema de telemando, la subestación debe ser telemandada desde un puesto de mando central. En el cuadro de telemando central se reflejarán todas las indicaciones que aparecen en los cuadros de mando local.

El equipo de telemando propio de la subestación, comprenderá una estación remota, una fuente de alimentación UPS que normalmente es común a la alimentación del equipo de arrastre y de las interfaces y adaptadores de protocolo para relacionarse con los canales de fibra óptica de la red multiservicios.

### 2.16. ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN

Por razones de confiabilidad y seguridad del sistema de señalización y por lo tanto de la movilización segura de los trenes, estos sistemas se alimentan por medio de una línea exclusiva en media tensión, cuya alimentación en alta tensión se hace habitualmente en las subestaciones de tracción del ferrocarril. Los voltajes utilizados para esta línea de media tensión son variados; 20.000 V en ,el Metro, Merval utilizará 13.000V y EFE emplea 3.300 V.

El transformador normalmente está instalado en las subestaciones de tracción; constituye un sistema separado que está conectado a la misma acometida de alta tensión y cuenta con sus propias celdas y protecciones. Lo aconsejable es usar la red de media tensión de señalización no sólo para ese sistema exclusivamente sino que para todos los sistemas de corrientes débiles.

## 3. LÍNEAS DE CONTACTO

### 3.1 GENERAL

La primera decisión a tomar para definir la línea de contacto es la elección entre catenaria y tercer riel. Los sistemas suburbanos e interurbanos utilizan normalmente catenarias, mientras que la alimentación por tercer riel se utiliza en sistemas de tipo urbano. Para determinadas condiciones de transporte el tercer riel presenta una solución más adecuada.

Ventajas:

- Cuando la potencia y frecuencia de las movilizaciones requiere altas corrientes de tracción, un tercer riel de acero equivale aproximadamente al doble de la sección de cobre útil de una catenaria con hilo de contacto simple.
- El gálbo que requiere esta solución es inferior al necesario para el uso de catenaria, lo que es un factor importante en el diseño de sistemas metropolitanos y urbanos (túneles y cruces desnivelados).
- Requiere muy poco o ningún mantenimiento.

Desventajas:

- Por encontrarse a nivel de suelo, presenta riesgo de electrocución para las personas.
- La poca altura respecto del suelo, limita la tensión a un valor menor de 1.000 V.
- El sistema debe interrumpirse en los pasos a nivel y aparatos de vía, presentando grandes complicaciones en las zonas de maniobras.

### 3.2. SECCIÓN DE LAS CATENARIAS

Conocida la tensión de alimentación de la catenaria, que puede variar dentro de ciertas tolerancias, con una caída de tensión máxima admisible entre los puntos de alimentación de la catenaria (subestaciones de tracción) y el pantógrafo, es posible determinar la sección de la catenaria y la distancia entre subestaciones. Mientras más rápidos y por lo tanto más potentes, los trenes con estrecho seguimiento entre ellos, conducirán, por una parte, a menores distancias entre subestaciones y por otra, a elevados valores de la "sección equivalente de cobre" del sistema de catenarias. A modo de ejemplo y solo para efectos comparativos puede señalarse las siguientes relaciones voltaje-sección.

Tabla 3-1  
Secciones Equivalentes de Cobre

Alterna a 15KV-16 2 /3 Hz o 25KV-50Hz	100 a 150 mm <sup>2</sup>
Continua a 3.000 V	300 a 500 mm <sup>2</sup>
Continua a 1.500 V	400 mm <sup>2</sup> y mayores

Una buena medida de diseño recomendable es no sobrepasar los 4 A/mm<sup>2</sup> en régimen constante y 6 A/mm<sup>2</sup> durante un periodo máximo de 3 minutos. Siempre es posible suplementar las secciones equivalentes, añadiendo alimentadores en paralelo que cumplen la función de transmitir la corriente y que no tienen función mecánica alguna.

EFE habitualmente utiliza mensajeros de cobre AWG 300 MCM de 152 mm<sup>2</sup> y AWG 500 MCM de 253 mm<sup>2</sup> de sección, e hilo de contacto AWG 4/0 de 107 mm<sup>2</sup>. En consecuencia las secciones equivalentes varían entre 259 mm<sup>2</sup> con un solo hilo de contacto y 467 mm<sup>2</sup> con doble hilo de contacto.

Debe tenerse en cuenta que cuanto mayor sea la sección de la catenaria, tendrá mayor complejidad y complicación mecánica, lo que redundará en un mayor peso y costo. A modo solo referencial se señala los siguientes valores promedio:

Tabla 3-2  
Peso de Catenarias

Catenaria	Kg/m
1.500 VCC	5,3
3.000 VCC	4,0
25 KV/50 Hz	1,6

### 3.3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Deberá definirse las características constructivas de la catenaria:

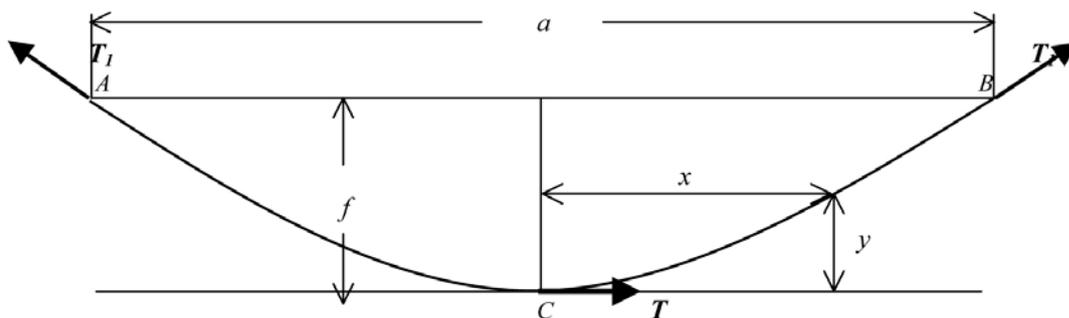
- Catenaria simple
- Catenaria compuesta
- Catenaria con mensajeros alternados
- Catenaria con mensajeros subdivididos

### 3.4. FORMA DE LA CATENARIA

La base matemática para determinar las ecuaciones de las formas de la catenaria, considera un cable suspendido en sus dos extremos situados a la misma altura, y cargado por su peso propio o con éste y una sobrecarga uniforme (con suspensores, abrazaderas, etc.), que genera una curva llamada

catenaria, la que, sin incurrir en grandes distorsiones, puede asimilarse a una parábola.

Las ecuaciones fundamentales se muestran a continuación:



En este esquema:  $x$ ,  $y$  son las coordenadas del punto considerado:

$a$  es la distancia entre apoyos

$f$  es la flecha máxima del hilo

$T_1$  es la tensión del hilo en los apoyos

$T$  es la tensión del hilo en el punto de máxima flecha

$L$  es la longitud de la curva ACB

$p$  es el peso lineal del hilo

$$y = \frac{p}{2T} x^2 \quad (m) \quad F = \frac{p \times a^2}{8T} \quad (m)$$

$$L = a + \frac{a^3 p^2}{24T^2} = a + \frac{8f^2}{3a} \quad (m)$$

$$T_1 - T = pxf$$

Generalmente, en las líneas aéreas de contacto, la flecha es inferior al 2% de la longitud del vano y por ello, el término  $p \times f$  tiene un valor muy reducido y se considera  $T_1 = T$ , es decir, que existe constancia en las tensiones de los diversos puntos de la curva y que éstas son iguales a la tensión en el punto más bajo, para el cual la flecha es máxima.

### 3.5. CAMBIO DE CONDICIONES

La ecuación de cambio de condiciones establece la tensión mecánica que adquiere un cable o hilo tendido entre dos puntos a una cierta distancia, con una cierta longitud y con una determinada carga y temperatura. Al variar la temperatura, la carga o ambas, la tensión y la flecha varían. La ecuación que relaciona todos estos valores es la siguiente:

$$T_2^2 \left( T_2 + \frac{S \times E \times a^2 \times P_1^2}{24 T_1^2} + E \times S \times b \times (R-r) - T_1 \right) = \frac{S \times E \times a^2 \times P_2^2}{24}$$

En que:

- $T_1$  tensión original [kg]
- $T_2$  tensión resultante [kg]
- $P_1$  peso unitario original del hilo [kg/m]
- $P_2$  peso unitario nuevo del hilo [kg/m]
- $r$  temperatura original [° C]
- $R$  temperatura nueva [° C]
- $a$  longitud del vano [m]
- $S$  sección del cable o hilo [mm<sup>2</sup>]
- $E$  módulo de elasticidad [kg/mm<sup>2</sup>]
- $b$  coeficiente de dilatación térmica

Como el valor de los vanos  $a$  es variado a lo largo del trayecto, para los cálculos se utiliza el valor medio cuadrático:

$$a_{\text{medio}} = \sqrt{\frac{\sum a_n^3}{\sum a_n}}$$

### 3.6. EFECTO DEL HIELO

Para el caso del efecto del hielo acumulado sobre los conductores eléctricos, la siguiente tabla da valores recomendados:

Tabla 3-3  
Manguito de Hielo Sobre los Conductores

Zona Altitud [m]	Espesor de manguito [mm]	Peso de los manguitos	[Kg/m]
1	0 a 500	0	0
2	500 a 1.000	9	0,18 vd
3	1.000 a 3.000	15	0,36 vd

Siendo "d" el diámetro del hilo en mm.

### 3.7. PRESIÓN DEL AIRE

La superficie a considerar en la presión de aire sobre el cable es:

$$S = 0,005 dl$$

en que:

S = es la superficie a considerar en m<sup>2</sup>

d = diámetro del cable en m

l = es la longitud considerada en m

### 3.8. PRESIÓN DEL VIENTO

Las superficies aparentes, a que se alude en la ecuación anterior, se aplican para calcular la presión del viento:

$$P = SV^2$$

en que:

P = presión del viento en kg/m<sup>2</sup>

S = superficie aparente en m<sup>2</sup>

V = velocidad del viento en km/h

### 3.9. RESISTENCIA ELÉCTRICA

En lo relativo a la resistencia eléctrica de la catenaria, para conductores de cobre, la resistencia lineal está dada por la expresión

$$R_e = 18/S \text{ [.ohmios/km]}$$

En que S es la suma de las secciones de los conductores en mm<sup>2</sup>

En los sistemas de corriente alterna hay que considerar la impedancia en lugar de la resistencia. Su cálculo no es fácil y su valor depende del número de conductores y su disposición, de la naturaleza del terreno y de las vías paralelas. Una norma aproximada y sencilla para estimar el valor de la impedancia a 50 Hz, es asignarle el triple del valor de la resistencia cuando la catenaria es simple y el doble cuando la catenaria es compuesta.

La variación admisible de voltaje en la catenaria, teniendo en cuenta la caída de tensión eléctrica que se experimenta desde un punto de alimentación de energía de la línea, hasta el punto de utilización de la misma; está fijado por la UIC en su ficha N°600 donde fija los márgenes de tensiones y frecuencia que se indica:

Tabla 3-4  
Variación Admisible de Voltajes

Valor	Voltaje C.C.	Voltaje C.A.		Frec.
		16 2 /3 Hz	50 Hz	
Nominal	750 1.500 3.000	15.000	25.000	50
Máximo	900 1.800 3.600	16.500	27.500	51
Mínimo	500 1.000 3.000	13.000	19.000	48

EFE fija los siguientes valores:

Nominal 3.000 VCC

Máximo 3.300 VCC

Mínimo 3.300 VCC

### 3.10. VELOCIDAD CRÍTICA

Para una determinada velocidad de circulación de los trenes, la catenaria entra en vibración resonante, comprometiendo la buena captación de la energía y la integridad de la instalación. La frecuencia de las vibraciones de este movimiento corresponde, como es natural, a su frecuencia propia. Su valor está representado por la formula:

$$f = \frac{b}{a} \times \sqrt{\frac{\sum T}{\sum M}}$$

En que:

b: coeficiente cuyo valor depende de las condiciones particulares de los elementos de la catenaria

a: longitud del vano en [m]

T: tensiones mecánicas de mensajero e hilos de contacto

M: masa lineal de la catenaria [kg/m]

Las velocidades comerciales deben separarse de esta velocidad "crítica", por defecto o por exceso, en al menos un 15%.

### 3.11. SECCIÓN EQUIVALENTE DE COBRE

En plena vía y vías principales se usan habitualmente las siguientes combinaciones.

$$1C + 2D = 253 + 2 \cdot 107 = 467 \text{ mm}^2 \text{ equiv. de Cu}$$

$$1B + 2D = 152 + 2 \cdot 107 = 366 \text{ mm}^2 \text{ equiv. de Cu}$$

$$1C + 1D = 253 + 107 = 360 \text{ mm}^2 \text{ equiv. de Cu}$$

$$1B + 1D = 152 + 107 = 259 \text{ mm}^2 \text{ equiv. de Cu}$$

En vías secundarias de estaciones se usa habitualmente las siguientes combinaciones:

$$1B + 1D = 152 + 107 = 259 \text{ mm}^2 \text{ equiv. de Cu}$$

$$1A + 1D = 10+107 = 117 \text{ mm}^2 \text{ equiv. de Cu}$$

Cuando debido a las importantes corrientes eléctricas que debe transmitir la catenaria y las máximas caídas de tensión permitidas en la misma, se debe mejorar la conductividad del tendido aéreo, se recurre al empleo de alimentadores de refuerzo, ya sean aéreos o subterráneos.

Para este fin, normalmente se emplea:

- Cable de cobre AWG 600MCM de 37 hebras
- Cable de aluminio AWG 800MCM de 39 hebras

### 3.12. DISTANCIA ENTRE APOYOS

Otra de las magnitudes a considerar en el diseño de las catenarias es el vano entre sustentaciones. Por motivos de economía se tiende a que este valor sea lo mayor posible. Debe ser mayor en recta que en curva, y en recta su limitación la impone el posible desplazamiento transversal del hilo de contacto producido por el viento, puesto que éste no debe perder su contacto con el pantógrafo.

En la actualidad, debido al incremento de la velocidad de los trenes, hay tendencia a disminuir la longitud del vano, siendo los valores máximos utilizados del orden de 60 m. EFE utiliza vanos de hasta 72 m, en módulos de 6 m. En curva, el vano es función de:

$$L = \sqrt{8Rf}$$

en que:

$R$  es el radio de la curva

$f$  es la flecha del descentramiento de la catenaria en curva

En general, se concede una flecha máxima de 0,5 m; en consecuencia la ecuación se transforma en:

$$L = 2 \sqrt{2}$$

### 3.13. APERTURA DE LA CATENARIA

Se define como apertura de la catenaria, la distancia entre el hilo de contacto y el mensajero en el punto de fijación del mensajero.

EFE acepta una apertura máxima de 1.70 m. La norma general, sin embargo, acepta para vías principales una altura máxima de 1,40 m. Para el caso de catenarias en pórticos funiculares, en vano máximo de 45 m, se acepta una apertura máxima de 0,853 m. Para el caso de catenaria no rígida en túnel, en vano de 20 m, la apertura máxima es de 0,263 m. La altura del hilo de contacto se mide desde la cabeza de los rieles. A modo de ejemplo se cita los siguientes valores:

Tabla 3.5  
Altura del Hilo de Contacto sobre Rieles

Francia	SNCF	para menos de 200 Km/h	5,75 m
Francia	SNCF	para alta velocidad	4,80 m
Italia	FS	para menos de 200 Km/h	5,00 m
Italia	FS	para alta velocidad	5,70 m
España	RENFE	normal	5,38 m
España	RENFE	máximo	6,00 m
España	RENFE	mínima	4,60 m
Chile	EFE	vía principal y estaciones	6,00 m
Chile	EFE	en cruces viales, máximo	6,50 m
Chile	EFE	obras de arte (mínimo)	4,70 m

Compensación de la Tensión Mecánica Los cambios ambientales y climáticos producen variaciones en las longitudes del hilo (o hilos) de contacto y mensajero, que se traducen en variaciones en sus tensiones mecánicas cuando están anclados en forma fija en sus extremos, produciéndose deformaciones del mensajero e hilos de contacto.

A fin de evitar estos efectos, se instala mecanismos de compensación, la que se puede efectuar sobre:

- El hilo de contacto
- Ambos hilos de contacto
- El mensajero

Para velocidades de los trenes sobre 120 km/h, es imprescindible la compensación para conseguir una buena captación de corriente. Para la variación de temperatura en el transcurso del día y considerando además las variaciones estacionales, el desplazamiento máximo del extremo de los hilos, teniendo en cuenta el coeficiente de dilatación térmica del cobre, no conviene que sobrepase un valor de 0,30 m. Este hecho limita la longitud desde el punto central de la zona a compensar (punto fijo) hasta el equipo de compensación, a unos 600 m.

#### *3.14. ACCESORIOS DE LAS CATENARIAS*

La red aérea estará constituida, en general, por un cable mensajero y uno o dos hilos de contacto, ya descritos; por los suspensores, los triángulos de suspensión, centradores, balancines, aisladores, contrapesos, anclajes, postes, pórticos y ferreterías anexas.

##### 3.14.1. Suspensores

Los suspensores son elementos que permiten suspender el hilo de contacto desde el mensajero. Existen suspensores fijos, rígidos, articulados y flexibles. Debido a que el mensajero tiene la forma geométrica de una catenaria y el hilo de contacto debe permanecer horizontal, los suspensores al centro del vano son los más cortos y en las proximidades de la sujeción del mensajero son los más largos

##### 3.14.2. Triángulos

Los triángulos suelen estar constituidos por un brazo principal, trabajando a compresión y flexión y un tirante en la parte superior. Al brazo del triángulo se sujeta un balancín tubular que se mantiene en posición adecuada gracias al suspensor de balancín. El descentrador (también llamado centrador), se fija al balancín mediante una prensa de unión.

### 3.14.3. Aisladores

Siendo la catenaria una instalación con tensión eléctrica, es necesario que se encuentre aislada de tierra en las condiciones precisas que el valor de su tensión requiere.

Sus características deben ser las adecuadas para conseguir el aislamiento eléctrico necesario que corresponda a la tensión elegida y las características mecánicas que requieran las condiciones resistentes que se imponen a los elementos aislantes.

Los aisladores de acuerdo al material del cual están fabricados, se pueden clasificar en:

- Porcelana
- Vidrio-templado
- Vidrio-resina-teflón(vitroresina)
- Araldit

Se da preferencia a la utilización de aisladores de vitroresina por ser el más moderno y recomendable, y el que presenta más posibilidades de aplicación futura.

Su gran resistencia mecánica a la tracción e incluso a la flexión hace pensar en utilizarlo incluso para la sustentación de la línea, en vez de las piezas mecánicas.

### 3.14.4. Espacios de Aire

Cuando el pantógrafo debe pasar entre dos zonas que no tienen entre sí relación eléctrica ni mecánica, se recurre a los denominados "espacios de aire".

#### 3.14.5. Anclajes

En el caso de los puntos fijos, espacios de aire, centros de contrapeso y otras situaciones se requiere de la instalación de anclajes mecánicos para asegurar la estabilidad de postes y pórticos.

#### 3.14.6. Postes

Para la electrificación de ferrocarriles se ha usado los siguientes tipos de poste:

- Madera
- Perfil de acero (perfil único)
- Perfiles de acero unidos
- Tubos de acero
- Hormigón armado

El poste de madera se puede calificar como en desuso.

El poste metálico de perfil único más usado es el perfil H de ala ancha. El poste de perfiles unidos está formado por dos montantes en U o por cuatro perfiles angulares. Los postes tubulares de acero ofrecen un muy buen aspecto estético, pero requieren secciones mayores para obtener la misma resistencia mecánica que los perfiles H.

Los postes de hormigón son pesados y el costo de su manipulación es alto, sin embargo tienen como ventaja su bajo costo y nula necesidad de mantenimiento.

Además, su mayor peso procura estabilidad al conjunto.

### 3.14.7. Pórticos

Para servir a más de dos vías, cuando no hay suficiente espacio en la entrevía para colocar postes y sobre todo para dejar diáfanas las instalaciones en las estaciones y zonas de maniobras, se utiliza pórticos. Si las partes superiores de los dos postes situados a ambos lados de dos o más vías se unen entre sí por medio de una viga o por cables, queda constituido lo que se denomina un "pórtico" del cual pueden sustentarse las líneas de contacto de las vías que abarca. En el caso de la viga se denomina "pórtico rígido", y en el caso de los cables se denomina "pórtico funicular

### 3.14.8. Cable de Guarda

Siendo la catenaria una instalación con tensión eléctrica elevada y al mismo tiempo muy extendida por todas las instalaciones de un ferrocarril electrificado, debe evitarse los accidentes de personas o instalaciones que puedan encontrarse en su proximidad. En rigor, todos los postes y pórticos metálicos deben conectarse a y marcos a lo largo de la instalación de un cable, denominado "cable de guarda". Este cable se conecta a tierra a intervalos regulares y al punto neutro de cada par de conexiones inductivas (si procede).

### 3.14.9. Catenarias en Túnel

Cuando se requiere montar una catenaria en túnel, debe tomarse la decisión entre emplear tecnología de catenaria flexible o catenaria rígida.

Las catenarias rígidas tienen un costo superior, aunque requieren mucho menor mantenimiento.

## 4. CORRIENTES DE FUGA

Un aspecto muy importante a considerar en el diseño de la electrificación de un ferrocarril son las corrientes de fuga. En los sistemas electrificados, habitualmente los retornos de corriente de tracción se efectúan por los rieles de las vías de circulación. Los circuitos de retorno, tienen como objetivo asegurar que las corrientes de retorno se mantengan confinadas en la enrielladura. Para

este efecto se requiere de ciertas exigencias mínimas a las condiciones de aislación de la vía respecto de los elementos externos que pudieran ofrecer una ruta alternativa para las corrientes de retorno.

Para una corriente de retorno cualquiera, la corriente de fuga estará dada por :

$$I_v = \frac{R_r}{R_r + R_v} \times I$$

Siendo:

$I$  = Corriente de retorno del sistema de tracción

$R_r$  = Resistencia de los rieles

$R_v$  = Resistencia de la subestructura de la vía, incluyendo balasto y el terreno.

$I_v$  = Corriente que circula por el terreno o corriente de fuga.

De esta relación se desprende que para mantener limitadas las corrientes de fuga a valores bajos, el valor de  $R_r$  debe ser bajo y el de  $R_v$  alto.

El problema real, sin embargo, es considerablemente más complejo, porque la enrielladura está conectada al terreno en cada uno de los puntos donde los rieles se apoyan en los durmientes (aproximadamente 3.400 puntos por kilómetro) y la resistividad del suelo es imposible de conocer en forma previa.

Cuando las corrientes de fuga alcanzan magnitudes importantes, producen efectos perjudiciales sobre las instalaciones del entorno.

Los efectos más importantes se refieren a la corrosión electrolítica que se produce en las estructuras metálicas de todo tipo que se hallan en la zona de influencia del ferrocarril. Esta se produce porque las corrientes de fuga, una vez producidas, buscan el camino de menor resistencia para volver a la subestación eléctrica, siendo éstos muchas veces barras de acero de las armaduras del hormigón, tuberías metálicas, estructuras y otros elementos de baja resistencia eléctrica.

Los efectos de esta corrosión pueden ser extremadamente perjudiciales. La pérdida de masa de hierro (Fe), que es el metal más comúnmente afectado, llega a 9,1 kg por Ampere-año, lo que en caso de concentración de las corrientes puede llegar a producir daños importantes en estructuras metálicas y tuberías.

Diversos factores influyen en que la generación de las corrientes de fuga en la práctica sea muy superior a lo señalado por la teoría. Los factores de mayor importancia se mencionan a continuación:

- Contaminación del balasto por tierra, malezas y polvo de minerales.
- Anegamiento de la faja de la vía por lluvias intensas.
- Existencia de rieles cortos eclisados en la vía.
- Mala calidad de las conexiones eléctricas en las uniones de los rieles eclisados(eclisaje eléctrico)
- Mala conexión de impedancias (conexiones inductivas) de señalización.
- Utilización de cables desnudos en ductos metálicos, para continuidad de retornos de tracción.

Cuando un tren circula por la vía consumiendo corriente de tracción, se genera un voltaje en los rieles bajo las ruedas del tren, voltaje que permite que la corriente de retorno circule por los rieles hacia la subestación venciendo la resistencia propia de los rieles.

El valor de este voltaje es directamente proporcional a :

- El consumo en amperes del tren
- La resistencia de los rieles (Ohm/Km)
- Distancia entre el tren y la subestación

Para el caso de varios trenes circulando simultáneamente debe resolverse las ecuaciones que permitirán calcular las corrientes de retorno y los voltajes generados en los rieles por la combinación simultánea de los trenes en todo lugar y todo momento. La norma AREMA (ex-AREA) señala una caída máxima

de tensión aceptable en los rieles por efectos de retornos de tracción de 10 Volt/Km. En los sectores donde se excede este valor, es recomendable instalar cables de refuerzo de retorno de tracción paralelos a la vía.

Para el caso de la imposibilidad de mantener las corrientes de fuga en valores controlados, se recomienda el empleo de protecciones catódicas para las estructuras metálicas tales como:

- Drenaje eléctrico polarizado
- Drenaje forzado
- Ánodos de sacrificio
- Protección catódica por corriente inyectada.

#### 5. COMANDO CENTRALIZADO DE ENERGÍA DE TRACCIÓN

Con el fin de disponer de un sistema de control distribuido en cada subestación de tracción, debe disponerse en cada una de éstas un autómata (PLC) por cada bloque eléctrico (equipo eléctrico o grupo de equipos relacionados), de tal manera que en caso de producirse una falla en uno de ellos, el resto de los bloques pueda trabajar autónomamente.

Los PLCs, de una misma subestación deben estar unidos por comunicaciones que permitan el paso de información entre los PLCs y el Puesto de Mando Local de la subestación.

En el puesto central de comando (PCC), generalmente subdividido en un puesto de comando centralizado de tráfico y un puesto de comando centralizado de energía, ambos se integran en un mismo SCADA con el de instalaciones fijas en terreno.

En cada subestación de tracción, deberá haber un equipo satélite de este sistema de comando de instalaciones.

Deberá disponerse de los equipos adaptadores de comunicaciones que sean necesarios, para permitir el dialogo entre el sistema de control distribuido de la

subestación de tracción y los equipos satélites de telecomando de estas subestaciones.

Para permitir la comunicación debe disponerse de un autómata adaptador de red, dedicado a la gestión de comunicaciones con el puesto central que actuará como Concentrador de comunicaciones entre el telecomando de instalaciones y el sistema de control distribuido de la subestación. En este autómata debe residir un software para comunicación, así como las interfaces necesarias para la conexión con el sistema de transmisión multiservicio.

Para la supervisión de la instalación, desde el puesto de comando centralizado, la aplicación deberá contar con grupos de pantallas, cada grupo asociado a funciones tales como:

- Generales
- Línea de acometida
- Medida
- Grupo transformación – rectificación
- Línea 2,3 KV
- Servicios auxiliares
- Alimentadores
- Informes

6. BIBLIOGRAFÍA

1. EFE-NSF-31-001 Norma de Seguridad de Electrificación
2. Especificaciones Técnicas de Materiales de Líneas de Contacto GE-LC-060-002 a 004; GE-LC-060-006 a 008; GE-LC-060-013 y 014; GE-LC-060-018; GE-LC-060-036 y 037; GE-LC-060-048 EFE, 1997
3. Especificaciones Técnicas de Equipos y Materiales para Subestaciones Eléctricas GE-SE-060-001 a 011; GE-SE-060-013 y 014; GE-SE-060-016 y 017; GE-LC-060-021 y 022 EFE, 1997
4. Norme Internationale CEI 913 Lignes Aériennes de Traction Électrique, 1998
5. Norma Europea EN 50122-2 Medidas de Protección Contra los Efectos de Corrientes Vagabundas, 1994
6. Real Decreto 3275 sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad de Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Ministerio de Industria y Energía, España, 1982
7. Memorando Línea Aérea de Contacto tipo RENFE, España, 1963
8. Especificaciones Técnicas para la Rehabilitación de la Electrificación de Merval EFE, 1998
9. INF 2210-FC-002 Medidas de Protección Contra Corrientes de Fuga Arcadis-LIBRA, Chile, 2002
10. Embalse Convento Viejo. Memoria de Diseño de la Subestación de Rectificación Geotécnica-LIBRA, Chile, 2002
11. Embalse Convento Viejo. Memoria del Sistema de Catenarias Geotécnica-LIBRA, Chile, 2002
12. Estudio de Potencias para el Sistema Electrificado de Merval Ardanuy Ingeniería-LIBRA, España-Chile, 2001
13. Memoria de Diseño de Subestaciones de Tracción de Merval Ardanuy Ingeniería-LIBRA, España-Chile, 2001
14. Especificaciones Técnicas de Subestaciones de Tracción de Merval Ardanuy Ingeniería-LIBRA, España-Chile, 2001
15. Memoria de Diseño de Sistema de Catenarias de Merval Ardanuy Ingeniería-LIBRA, España-Chile, 2001
16. Especificaciones Técnicas de Sistema de Catenarias de Merval Ardanuy Ingeniería-LIBRA, España-Chile, 2001

17. Tratado de Ferrocarriles Tomo II: Ingeniería Civil e Instalaciones Fernando Olivera Rives, Manuel Rodríguez Méndez, Manuel Megía Puente, España, 1979
18. Apuntes de Clase de la Cátedra de Ferrocarriles José Manuel García Díaz de Villegas, Universidad de Cantabria, España 1998
19. Catálogo de Conductores Eléctricos

ANEXO 4: MATERIAL MÓVIL DE TRACTOR, VAGONES Y CONTENEDORES DE LOS PRINCIPALES OPERADORES FERROVIARIOS ESPAÑOLES DE MERCANCÍAS

Material Motor de mercancías:

RENFE

Locomotoras eléctricas:

RENFE Serie 250

Existen 34 locomotoras de la serie 250-0 que pertenecen principalmente a la UNE de transporte combinado y cargas de base en Valencia y Can Tunis y 4 locomotoras de la serie 250-6 pertenecientes a la UNE de transporte combinado con base en Can Tunis.





RENFE Serie 251

Existen 29 locomotoras de la serie 251-0 que pertenecen a la UNE de cargas de base en Llanera



RENFE Serie 269

Existen 111 locomotoras de la serie 269-0 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Can Tunis, León, Zaragoza, Sta. Justa, Santander y Miranda.

Existen 78 locomotoras de la serie 269-2 que pertenecen a la UNE de transporte combinado de base en Can Tunis, Valencia, León, Fuencarral, Sta. Justa, Santander y Miranda.

Existen 16 locomotoras de la serie 269-5 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Can Tunis, Zaragoza y Miranda.

Existen 5 locomotoras de la serie 269-70x que pertenecen a la UNE transporte combinado de base en León y Miranda.

Existen 5 locomotoras de la serie 269-75x que pertenecen a la UNE de transporte combinado de base en Can Tunis, León y Miranda.

Existen 12 locomotoras de la serie 269-8 que pertenecen a la UNE de cargas de base en Can Tunis y Zaragoza.

Existen 2 locomotoras de la serie 269-9, reformadas de la serie 200, que pertenecen a la UNE de cargas de base en León y Miranda.



### RENFE Serie 279

Existen 12 locomotoras de la serie 279-0 que pertenecen a la UNE de cargas de Zaragoza.

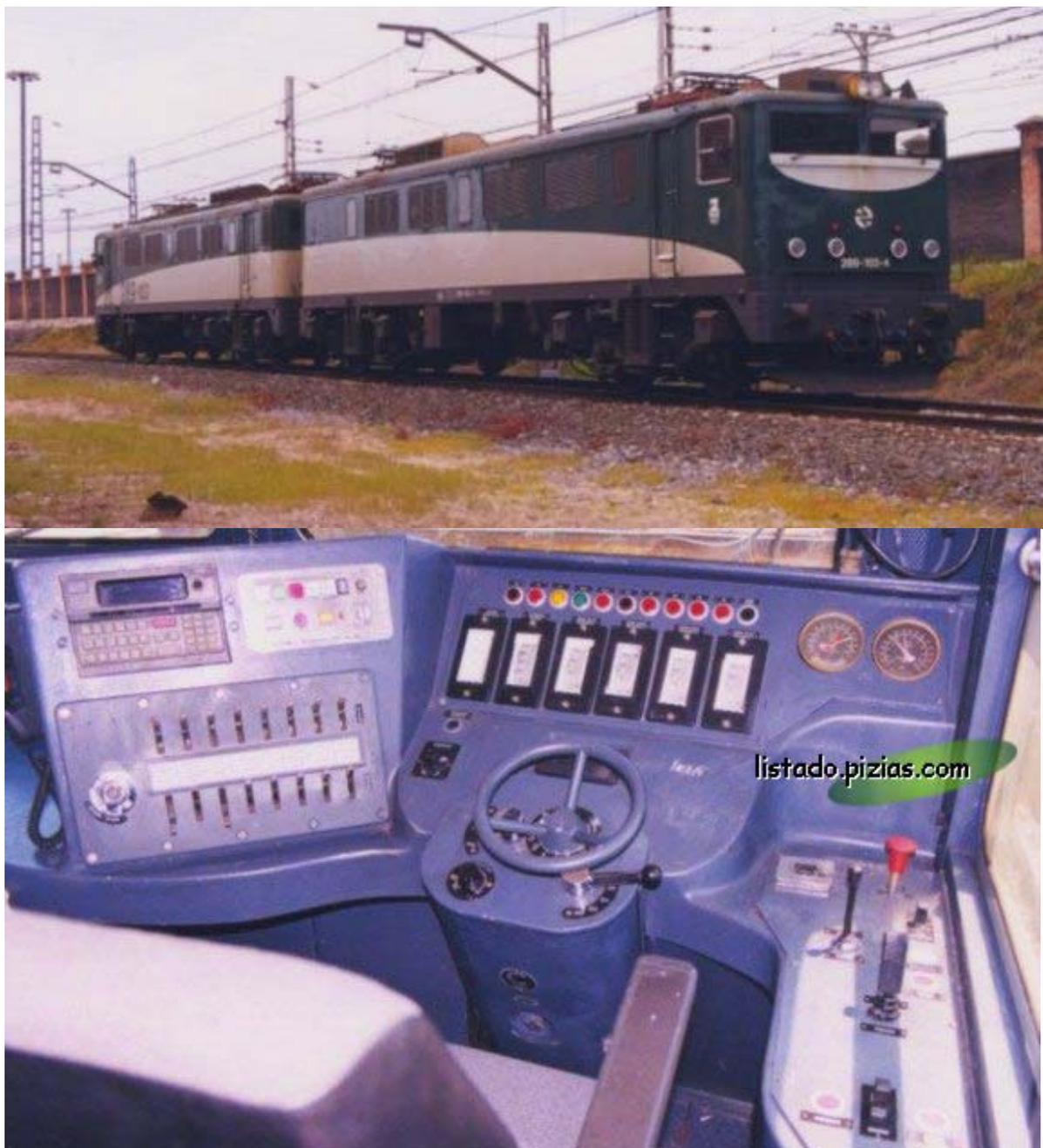


### RENFE Serie 289

Existen 11 locomotoras de la serie 289-0 que pertenecen a la UNE de cargas de base en Alcázar y Miranda.



Existen 10 locomotoras de la serie 289-1(tandem) que pertenecen a la UNE de cargas de base en León y Miranda.



Locomotoras diesel

RENFE Serie 308

Existen 18 locomotoras de la serie 308-0 que pertenecen principalmente a la UNE de cargas de base en Santander, Orense, Fuencarral, Miranda y Can Tunis.



RENFE Serie 309

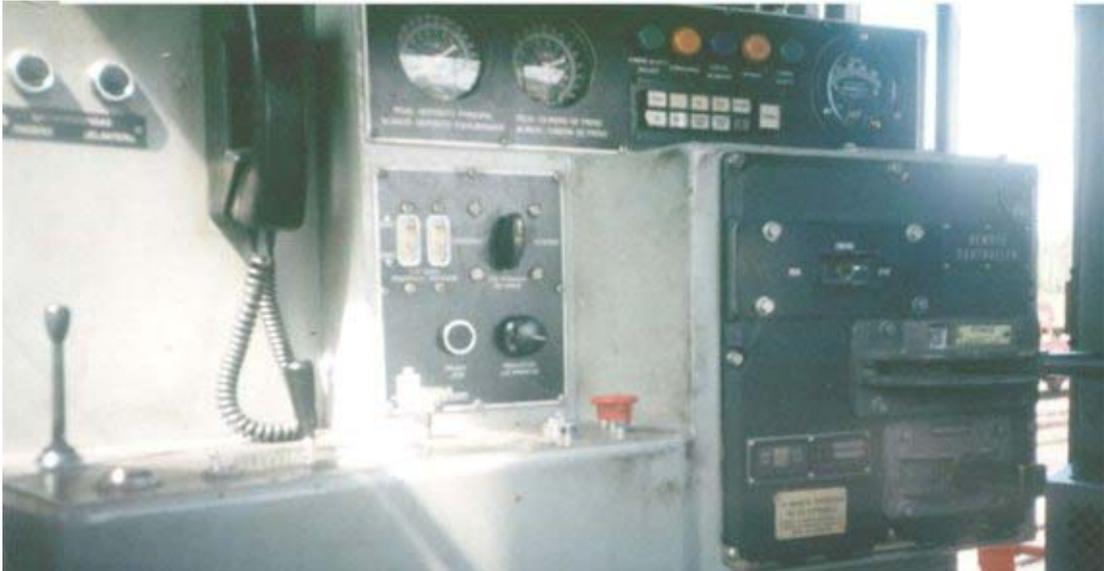
Existen 18 locomotoras de la serie 309-0 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Irún, Ollargán, Santander y Miranda.



RENFE Serie 310

Existen 55 locomotoras de la serie 309-0 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Irún, Ollargán, Santander y Miranda.





### RENFE Serie 311

Existen 48 locomotoras de la serie 309-0 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Can Tunis, Fuencarral, Atocha, Orense, León, Oviedo, Ollargán, Bilbao y Miranda.





### RENFE Serie 319

Existen 20 locomotoras de la serie 319-2 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Can Tunis, Zaragoza, Orense, Valencia y Miranda.





Existen 24 locomotoras de la serie 319-3 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Granada, Sta. Justa, Orense, Valencia y Salamanca.



Existen 10 locomotoras de la serie 319-4 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Orense y Valencia.

RENFE Serie 333

Existen 32 locomotoras de la serie 333-0 que pertenecen a las UNE de cargas y transporte combinado de base en Fuencarral, Salamanca, Orense, Valencia y Orense.



FEVE

Material eléctrico

Serie 1000



## ACERALIA y Junta de Obras del puerto Gijón-Musel

### Serie D Aceralia

Existen 20 unidades procedentes de ENSIDESA Avilés y Uninsa Veriña con base tanto en Avilés como Veriña



### Serie E Aceralia

Existen 5 unidades procedentes de ENSIDESA Avilés y AHV con base en Avilés.



FGC

Vagones y contenedores

RENFE

Cargas. Parque de vagones

Vagones Abiertos


Vagones Cerrados


Vagones Plataforma


Vagones Tolva


---

--	--	--

Vagones Cisterna

--	--

Contenedores

Contenedor: Cerrado (Box) 20 pies



CARGA	TARA	PESO BRUTO	DIMENS. EXTERN.	DIMENS. INTERN.	Pta. TESTERO / Pta. Lateral
			Largo / Ancho / Alto	Largo / Ancho / Alto	Ancho / Alto
18.090	2.300	20.390	6,05 / 2,44 / 2,44	5,90 / 2,30 / 2,35	2,32 / 2,13 * - -

Contenedor: Cerrado 20 pies (open-side)



CARGA	TARA	PESO BRUTO	DIMENS. EXTERN.	DIMENS. INTERN.	Pta. TESTERO / Pta. Lateral
			Largo / Ancho / Alto	Largo / Ancho / Alto	Ancho / Alto
17.810	2.510	20.320	6,05 / 2,44 / 2,60	5,82 / 2,24 / 2,28	2,24 / 2,18 * 5,70 / 2,18

Características

- Laterales abiertos con puertas y pilar central ancho.
- Laterales abiertos con puertas y pilar central estrecho.
- Laterales abiertos con puertas de librillo.
- Un sólo lateral abierto.

Contenedor: Cerrado 20 pies (maxicadre)

Tipo A



CARGA	TARA	PESO BRUTO	DIMENS. EXTERN.	DIMENS. INTERN.	Pta. TESTERO / Pta. Lateral
			Largo / Ancho / Alto	Largo / Ancho / Alto	Ancho / Alto
21.200	2.800	24.000	6,05 / 2,50 / 2,60	5,90 / 2,44 / 2,35	2,44 / 2,33 * 2,50 / 2,32

(\*) Permite la carga de Europalets

Tipo B



CARGA	TARA	PESO BRUTO	DIMENS. EXTERN.	DIMENS. INTERN.	Pta. TESTERO / Pta. Lateral
			Largo / Ancho / Alto	Largo / Ancho / Alto	Ancho / Alto
20.200	3.500	23.700	6,05 / 2,50 / 2,60	5,95 / 2,44 / 2,35	- - * 5,24 / 2,25

(\*) Permite la carga por ambos laterales

Tipo C



CARGA	TARA	PESO BRUTO	DIMENS. EXTERN.	DIMENS. INTERN.	Pta. TESTERO / Pta. Lateral
			Largo / Ancho / Alto	Largo / Ancho / Alto	Ancho / Alto
20.400	3.600	24.000	6,05 / 2,50 / 2,60	5,90 / 2,44 / 2,40	2,44 / 2,27 * 5,24 / 2,37

(\*) Apertura total de ambos laterales y testero.

Contenedor: Cerrado 30 pies ISO



CARGA  
TARA  
PESO BRUTO  
DIMENS. EXTERN.  
DIMENS. INTERN.  
Pta. TESTERO / Pta. Lateral

Largo / Ancho / Alto  
Largo / Ancho / Alto  
Ancho / Alto

22.100  
3.300  
25.400  
9,12 / 2,44 / 2,60  
8,93 / 2,22 / 2,32  
2,27 / 2,28 \* 2,50 / 2,18

Contenedor: Cerrado 30 pies Bulk (maxicadre)



CARGA  
TARA  
PESO BRUTO  
DIMENS. EXTERN.  
DIMENS. INTERN.  
Pta. TESTERO / Pta. Lateral

Largo / Ancho / Alto  
Largo / Ancho / Alto  
Ancho / Alto

21.900

3.500

25.400

9,12 / 2,50 / 2,60

8,92 / 2,45 / 2,33

2,44 / 2,33 \* - -

21.700

3.700

25.400

9,12 / 2,50 / 2,60

8,92 / 2,45 / 2,47

2,38 / 2,31 \* 2,00 / 0,80

**Características:**

- Con bocas de carga en el techo
- Apto para la carga de graneles
- Descarga por basculación

Contenedor: Cerrado Box 40 pies ISO

Tipo A



CARGA  
TARA  
PESO BRUTO  
DIMENS. EXTERN.  
DIMENS. INTERN.  
Pta. TESTERO / Pta. Lateral

Largo / Ancho / Alto  
Largo / Ancho / Alto  
Ancho / Alto

25.800  
4.600  
30.400  
12,16 / 2,44 / 2,60  
12,05 / 2,32 / 2,32  
2,28 / 2,28 \* 2,50 / 2,18



CARGA  
TARA  
PESO BRUTO  
DIMENS. EXTERN.  
DIMENS. INTERN.  
Pta. TESTERO / Pta. Lateral

Largo / Ancho / Alto

Largo / Ancho / Alto

Ancho / Alto

28.380

4.100

30.480

12,16 / 2,44 / 2,60

12,05 / 2,32 / 2,32

2,38 / 2,28 - -

(\* ) Puerta en lateral.

Contenedor: Cerrado 40 pies (maxicadre)



	CARGA	TARA	PESO BRUTO	DIMENS. EXTERN.	DIMENS. INTERN.	Pta. TESTERO / Pta. Lateral
			Largo / Ancho / Alto	Largo / Ancho / Alto	Largo / Ancho / Alto	Ancho / Alto
A	25.680	4.800	30.480	12,19 / 2,50 / 2,60	12,03 / 2,44 / 2,40	2,44 / 2,33 * 2,50 / 2,32
B	28.200	3.800	32.000	12,19 / 2,50 / 2,60	12,05 / 2,48 / 2,38	2,48 / 2,27 - -

(\*) Dotado con 4 canales para carga y descarga. Paletizada con patines, puerta en testero y 6 puntos de ventilación en costado.

Contenedor: Caja móvil frigorífica 45 pies



CARGA  
 TARA  
 PESO BRUTO  
 DIMENS. EXTERN.  
 DIMENS. INTERN.  
 Pta. TESTERO / Pta. Lateral

Largo / Ancho / Alto  
 Largo / Ancho / Alto  
 Ancho / Alto

25.500  
6.000  
31.500  
14,15 / 2,60 / 2,67  
13,25 / 2,44 / 2,37  
2,25 / 2,37 \* - -

26.000  
5.800  
31.800  
14,15 / 2,60 / 2,67  
13,25 / 2,44 / 2,37  
2,25 / 2,37 \* - -

\* Transporte bajo temperatura controlada, equipado con termógrafo. Están dotados para ser conectados a la red eléctrica ó funcionan con gas-oil.

Dispone de una autonomía entre 60 y 80 horas.

FEVE

Vagones

Cerrados 2Jjag

Plataformas 2Ssag

Plataformas teleros 2Ssag

Plataformas portaling 2S

Tolvas 2Ttag

Tolvas 2T

Varios(2V,2X,X...)

Furgones varios

FGC

Euskotren

ANEXO 5 : MATERIAL MÓVIL TRACTOR ESPECÍFICO DEL ÁMBITO PORTUARIO:  
LOCOTRACTOR



LOK 2.60



LOK 4.90



LOK 6.110



LOK 8.130



LOK 10.170



LOK 12.210



LOK 14.240



LOK 16.300



LOK 18.370



LOK 20.300



LOK 20.450

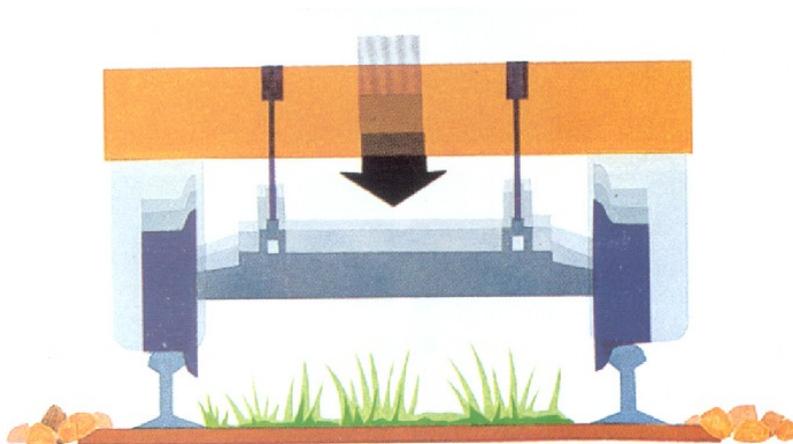


LOK 22.520

Como funciona

La tracción del Lok es **neumática (goma-hierro)** que es mas adherente que el tradicional (hierro-hierro) Unas ruedas especialmente **reforzadas** realizan dicha tracción.

Tal y como se ve en la imagen, los **ejes ferroviarios presionan continuamente** los raíles lo que garantiza la estabilidad en carriles



Este tren ferroviario puede ser elevado , permitiendo al Lok **entrar y salir de vía cuando sea requerido** , lo que le confiere una versatilidad y eficacia especial en terminales muertas de vía consiguiendo una **independencia en la tracción** y en el proceso de descarga que hace que compense con creces la inversión realizada.

**Las ventajas comparativas del Lok respecto a una locomotora tradicional son :**

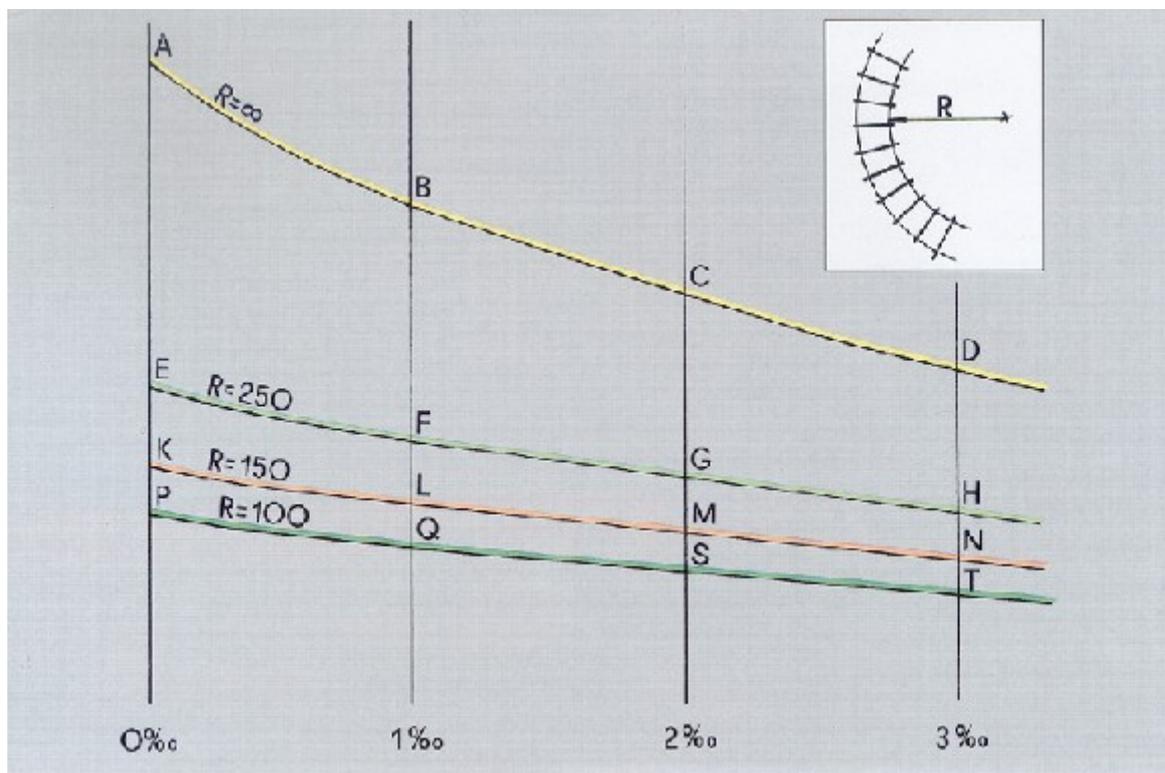
- 1) Costo de **compra** de 1/3<sup>a</sup> parte
- 2) Costo de **mantenimiento** de 1/4<sup>a</sup> parte
- 3) **Entra y sale de vía** en cualquier punto con total independencia
- 4) Los costos de **explotación** (aceite , gasoil , etc..) son aproximadamente la mitad



El rendimiento en potencia del locotractor en relación con una locomotora convencional varía entre un 40 a un 60 % menor

	<b>"LOCOTRATTORE"</b>							
		$m$				MAX		
12 t	<b>LOK 2.60</b> 	8 t	25 kN	500 t 310 t	HP 81 kW 80 4	27 Km/h	A= 2230 mm H= 2970 mm	L=5240 mm
13 t	<b>LOK 4.90</b> 	10 t	45 kN	900 t 550 t	HP 112 kW 82 4 TURBO	27 Km/h	A= 2230 mm H= 2970 mm	L= 5240 mm
25 t	<b>LOK 6.110</b> 	13 t	60 kN	1200 t 740 t	HP 120 kW 88 4 TURBO	34 Km/h	A= 2300 mm H= 3050 mm	L= 5940 mm
33 t	<b>LOK 8.130</b> 	16 t	80 kN	1600 t 980 t	HP 132 kW 97 4 TURBO	34 Km/h	A= 2300 mm H= 3050 mm	L= 5940 mm
40 t	<b>LOK 10.170</b> 	19 t	100 kN	2000 t 1230 t	HP 188 kW 138 6 TURBO	32 Km/h	A= 2300 mm H= 3050 mm	L= 5940 mm
43 t	<b>LOK 12.210</b> 	22 t	120 kN	2400 t 1480 t	HP 218 kW 160 6 TURBO	27 Km/h	A= 2500 mm H= 3100 mm	L= 6640 mm
55 t	<b>LOK 14.240</b> 	25 t	140 kN	2600 t 1720 t	HP 244 kW 179 6 TURBO	29 Km/h	A= 2500 mm H= 3100 mm	L= 6640 mm
64 t	<b>LOK 16.300</b> 	28 t	160 kN	3200 t 1970 t	HP 305 kW 224 6 TURBO	28 Km/h	A= 2500 mm H= 3150 mm	L=7740 mm
72 t	<b>LOK 18.370</b> 	31 t	180 kN	3600 t 2210 t	HP 355 kW 261 6 TURBO	34 Km/h	A= 2500 mm H= 3150 mm	L= 7740 mm
80 t	<b>LOK 20.300</b> 	34 t	200 kN	4000 t 2480 t	HP 305 kW 224 6 TURBO	34 Km/h	A= 2500 mm H= 3150 mm	L=7740 mm
80 t	<b>LOK 20.450</b> 	34 t	200 kN	4000 t 2480 t	HP 458 kW 337 6 TURBO	34 Km/h	A= 2500 mm H= 3150 mm	L= 7740 mm
90 t	<b>LOK 22.520</b> 	39 t	230 kN	4600 t 2970 t	HP 531 kW 391 6 TURBO	38 Km/h	A= 2500 mm H= 3340 mm	L= 8240 mm

Los rendimientos de los distintos locotractores en Tn. dependiendo del radio y de la pendiente.



**% SLOPE - PENTE - PENDENZA - PENDIENTE - STEIGUNG**

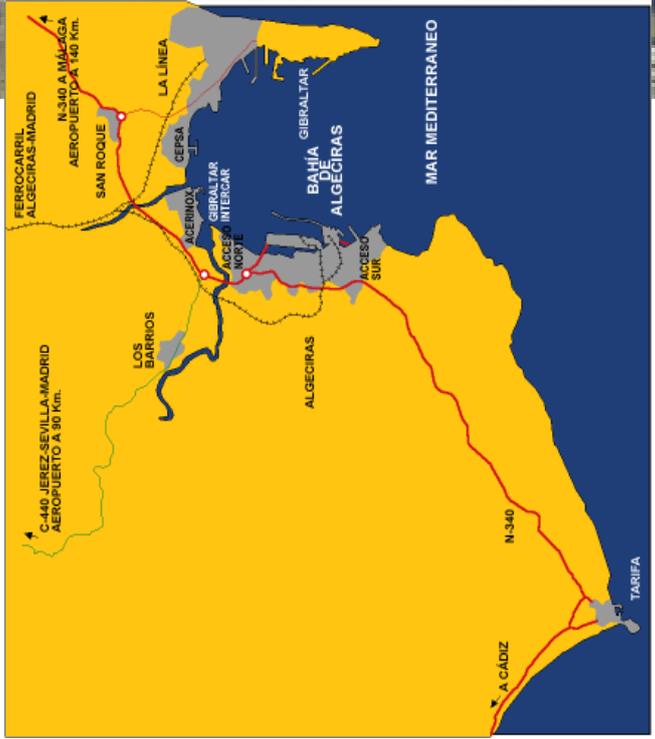
	R = ∞				R = 250 m				R = 150 m				R = 100 m			
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N	P	Q	S	T
<b>LOK 2.60</b>	500	410	350	310	290	280	240	215	240	220	200	190	170	165	150	140
<b>LOK 4.90</b>	900	740	630	550	530	470	420	385	430	400	385	340	310	290	270	255
<b>LOK 6.110</b>	1200	980	840	740	700	630	560	510	570	530	490	450	410	390	360	340
<b>LOK 8.130</b>	1800	1310	1120	980	940	840	750	685	760	710	650	600	550	520	480	455
<b>LOK 10.170</b>	2000	1640	1400	1230	1170	1045	940	855	950	890	810	750	690	650	600	570
<b>LOK 12.210</b>	2400	1970	1680	1460	1400	1255	1130	1030	1140	1070	970	900	830	790	720	680
<b>LOK 14.240</b>	2800	2300	1960	1720	1640	1460	1320	1200	1330	1250	1130	1050	970	910	840	800
<b>LOK 16.300</b>	3200	2620	2240	1970	1870	1670	1500	1370	1520	1420	1300	1200	1100	1040	960	910
<b>LOK 18.370</b>	3600	2950	2520	2210	2110	1880	1690	1540	1710	1600	1480	1350	1240	1170	1080	1030
<b>LOK 20.300</b>	4000	3280	2800	2460	2340	2090	1880	1710	1900	1780	1620	1500	1380	1300	1200	1140
<b>LOK 20.450</b>	4000	3280	2800	2460	2340	2090	1880	1710	1900	1780	1620	1500	1380	1300	1200	1140
<b>LOK 22.520</b>	4600	3770	3220	2820	2690	2400	2160	1960	2180	2040	1860	1720	1580	1490	1360	1310

ZEPHIR S.p.A. reserves the right to modify the technical data stated on this catalogue at any moment, without notice.  
 La Società ZEPHIR S.p.A. si riserva il diritto di modificare i dati tecnici riportati in questo catalogo a qualsiasi momento, senza preavviso.  
 La ZEPHIR S.p.A. si riserva el diritto de modificar los datos técnicos de este catálogo a su inmediate juicio, sin advertencia.  
 ZEPHIR S.p.A. behält sich das Recht vor, eine zeitliche Ankündigung die in diesem Prospekt angegebenen Daten zu ändern.

ANEXO 6 : ACCESO FERROVIARIO A LOS PRINCIPALES PUERTOS ESPAÑOLES

- Algeciras
- Alicante
- Almería
- Avilés
- Bilbao
- Coruña
- Gijón
- Pasajes
- Santander
- Sevilla
- Tarragona
- Valencia
- Vigo
- Villagarcía de Arosa

# Algeciras



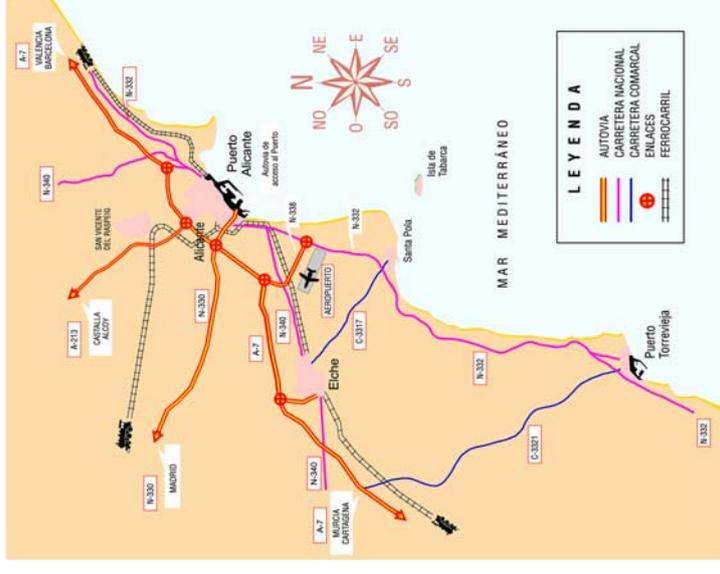
# Alicante

## Ferrocarril en el puerto

- Acceso ferroviario al muelle 7 graneles solidos
- Estación ferroviaria de mercancías en el Puerto

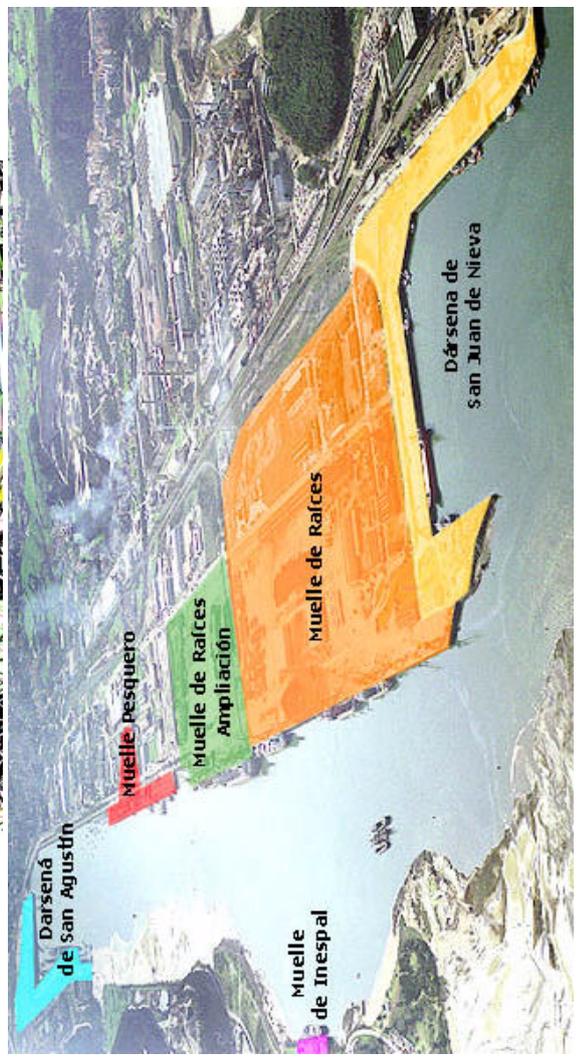
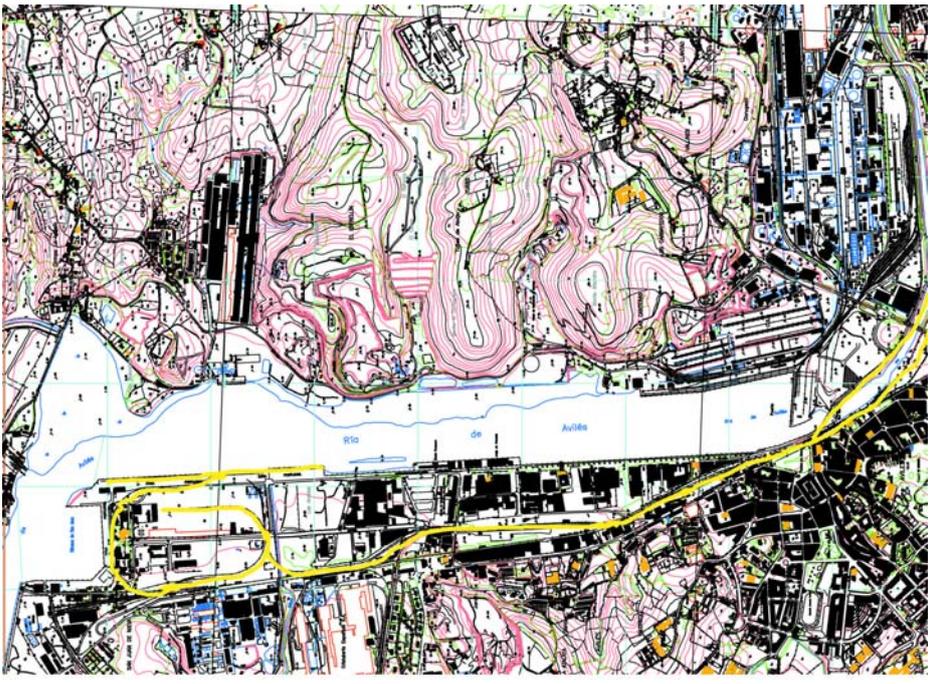
## Red ferroviaria

- Línea del corredor mediterráneo Murcia - Barcelona
- Línea Madrid- Alicante

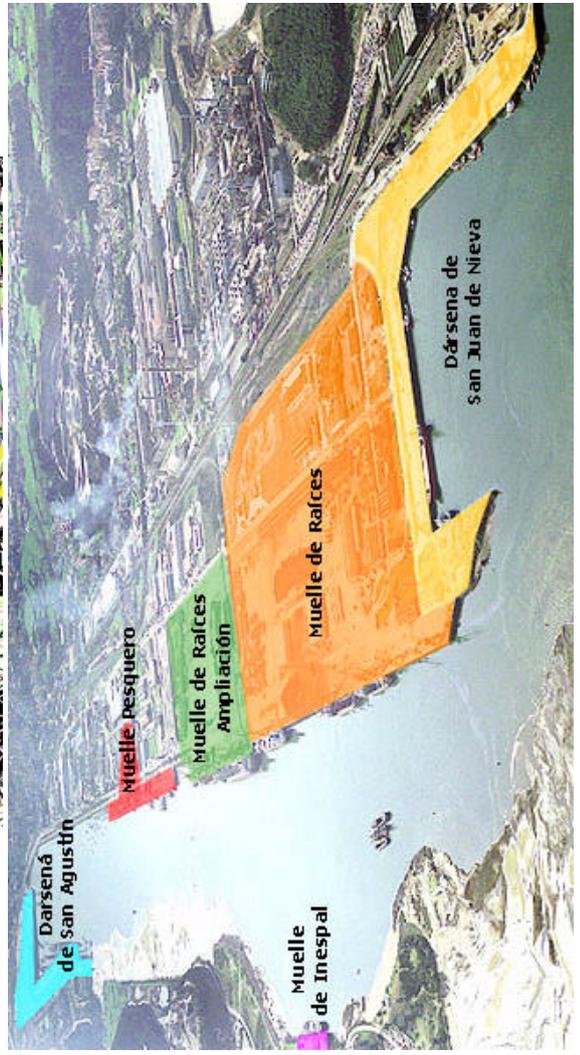
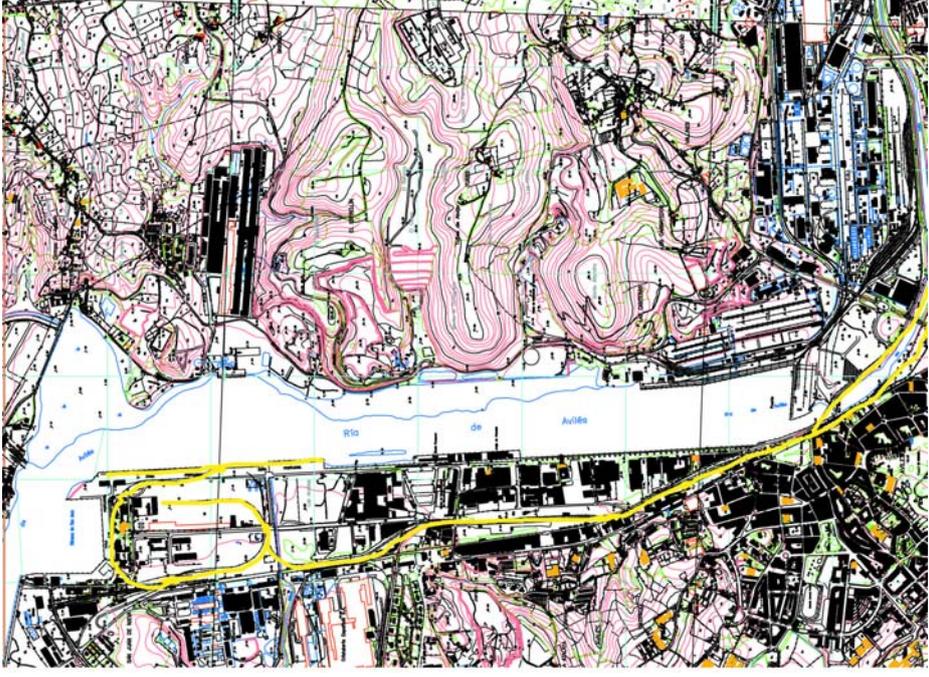




# Avilés



# Avilés





# Gijón



Red de Carreteras  
Red de Ferrocarril

RENFE: Línea de Gijón a León (171 Km.) con los ramales en explotación Veriña a Aboño y Veriña al Puerto de Gijón

FEVE: Gijón a Pola de Laviana, con enlace con la línea Oviedo-Bilbao en El Berrón

FEVE: Gijón-Ferrol



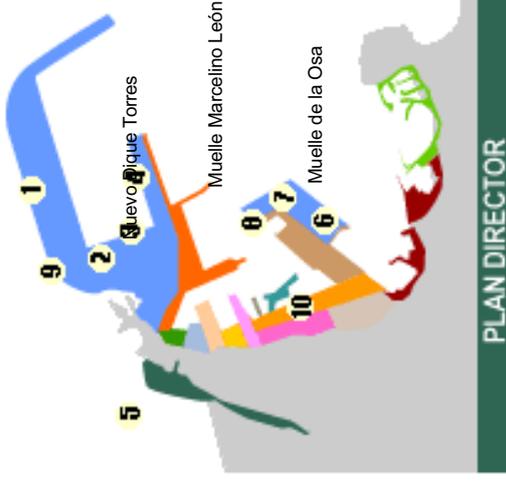
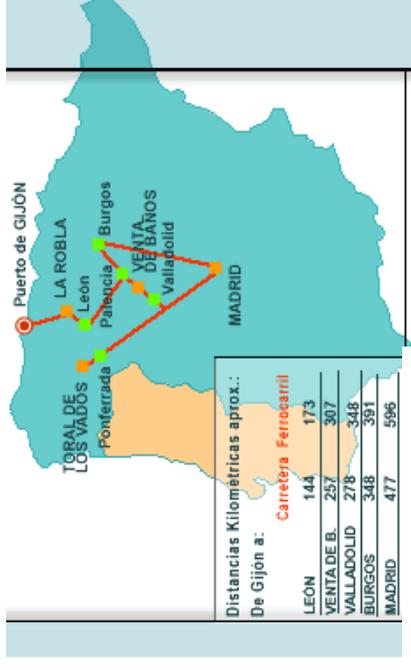
Ferrocarril RENFE  
Ferrocarril FEVE



La red interna de ferrocarril es extensa. Existe una conexión ferroviaria deficiente entre Aboño y el MUSEL.

Los accesos exteriores este-oeste y con la meseta son deficientes.

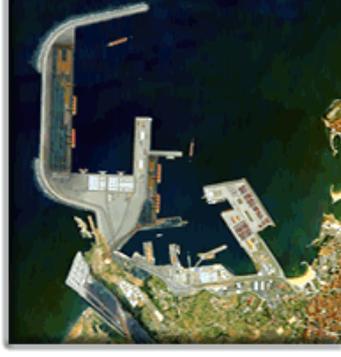
Existe en el puerto una estación TECO como nuevos centros de operación logística dentro de su hinterland esta Venta de Baños, La Robla y Toral de los Vados.



- 1 Terminales de graneles sólidos
- 2 Terminal de gases naturales / GLP
- 3 Terminal de productos petrolíferos
- 4 Terminales diversas específicas polivalentes
5. Planta de regasificación
6. Ampliación de terminal de contenedores
7. Terminal R-Ro y automóviles
8. Terminal ferries y cruceros
9. Terminal ferroviaria de RENFE y FEVE
10. Área de almacenamiento logístico



Muelle de la Osa 2004



Puerto de Gijón en 2018  
Nuevo Dique Torres

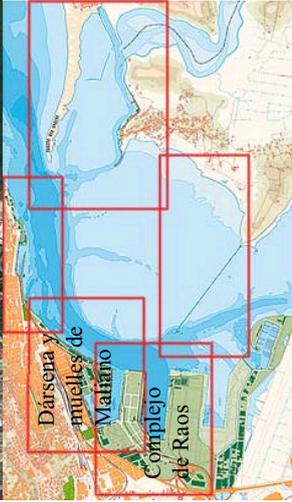


Muelle Marcelino León en 2003

## PLAN DIRECTOR



# Santander



## Comunicaciones interiores

La entrada y salida de vagones en el puerto se realiza a través de la vía de acceso que, partiendo de la Estación de Clasificación, construida en Maliaño, enlaza directamente con los muelles de Raos, salvando a distinto nivel el cruce con el tramo de autovía. Desde Raos, se comunica con los muelles de Maliaño por medio de un ramal de enlace a lo largo de la calle Marqués de la Hermita.

## Complejo de Raos

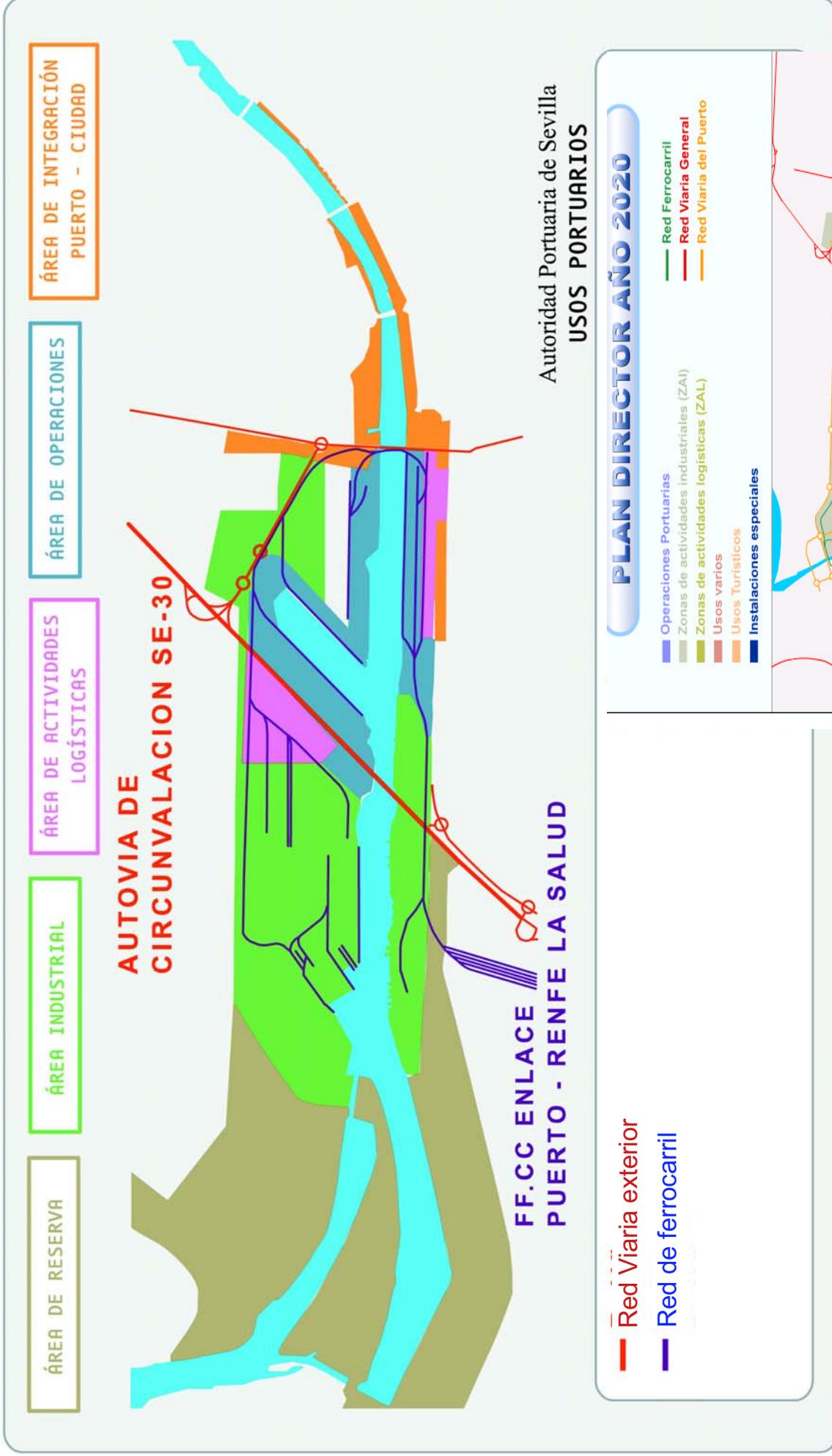
## Dársena y muelles de Maliano



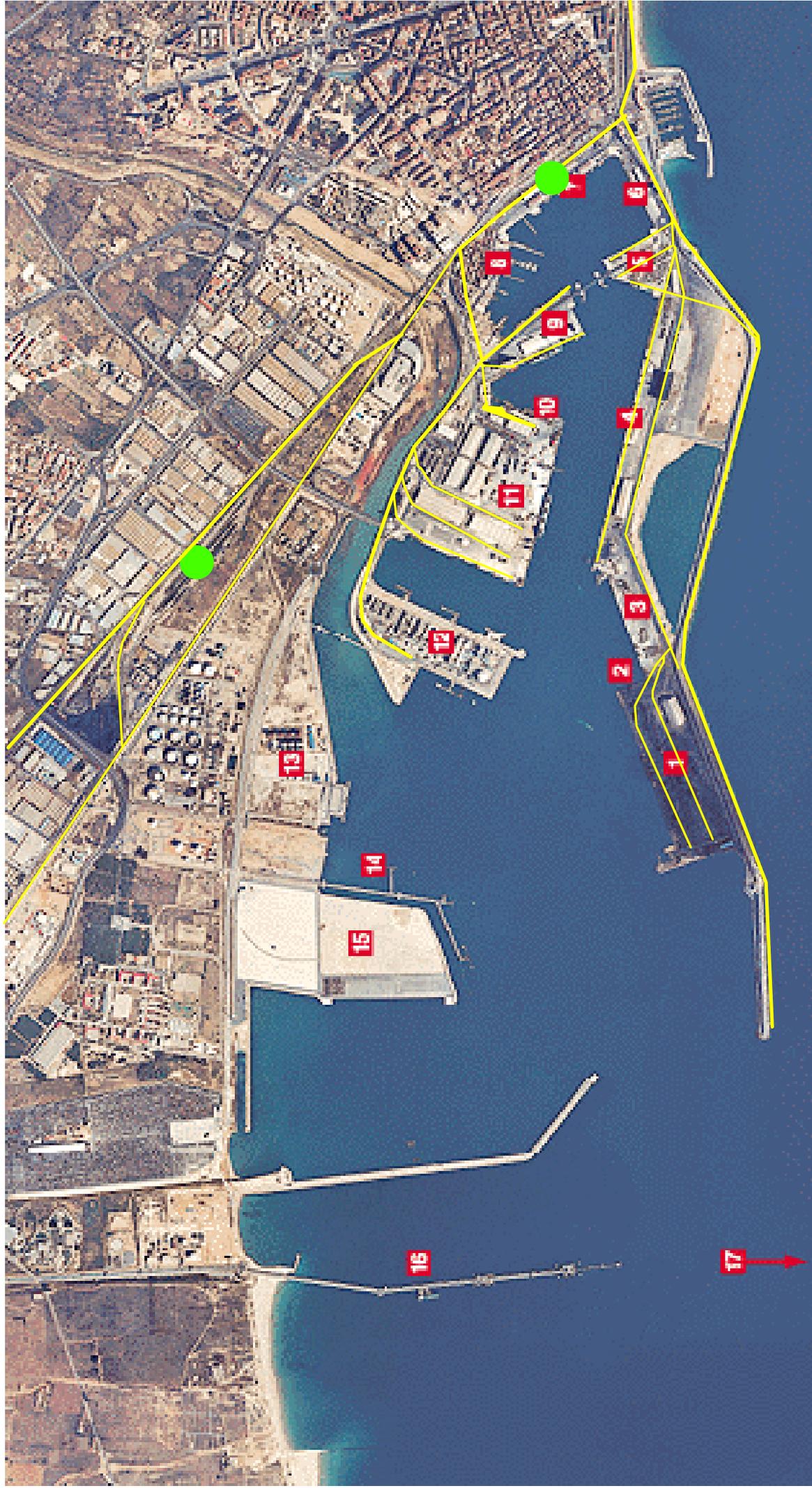
## Comunicaciones exteriores

Las líneas ferroviarias que comunican Santander con el resto de España son las siguientes:  
El ferrocarril de RENFE, de Madrid a Santander por Valladolid y Palencia y el de FEVE de vía métrica, de Santander a Bilbao y de Santander a Oviedo y Gijón.  
El acceso al Puerto se realiza únicamente por el Complejo Portuario de Raos





Existe una Conexión ferroviaria entre los muelles y la zona industrial con la Red General de España y Europa (Renfe-La Salud)



- 1 Muelle de Cataluña graneles solidos
- 2 Muelle de Alcúdia Graneles solidos
- 3 Muelle de Navarra mercancia general y graneles solidos
- 4 Muelle de Aragón mercancia general y graneles sólidos
- 5 Muelle de Lleida mercancia general
- 6 Muelle de levante mercancia general
- 7 Muelle de costa uso recreativo y comercial
- 8 Muelle de pescadores pesca
- 9 Muelle de Reus mercancia general
- 10 Muelle de Rioja Fluidos y mercancia general
- 11 Muelle de Castilla graneles sólidos y mercancia en general

- 12 Muelle de inflamables liquidos
- 13 Explanada de hidrocarburos liquidos
- 14 Pantalan de Asesa fluido por instalacion
- 15 Muelle de Andalucia mercancia en general 3x2 rampas de descarga de ferrocarril
- 16 Pantalan de reposol liquidos por instalacion
- 17 Monoboya

— Línea de ferrocarril



● Estación de ferrocarril

# Valencia

Prácticamente a lo largo de la carretera interior del Puerto, que constituye el eje principal del tráfico de vehículos rodados, existe una doble línea férrea, que al igual que ocurre con la carretera, tiene ramificaciones a los diferentes muelles.

Según las necesidades, las vías férreas discurren unas veces sobre balasto, y otras embebidas en hormigón, en función de que sean o no pisables por vehículos.

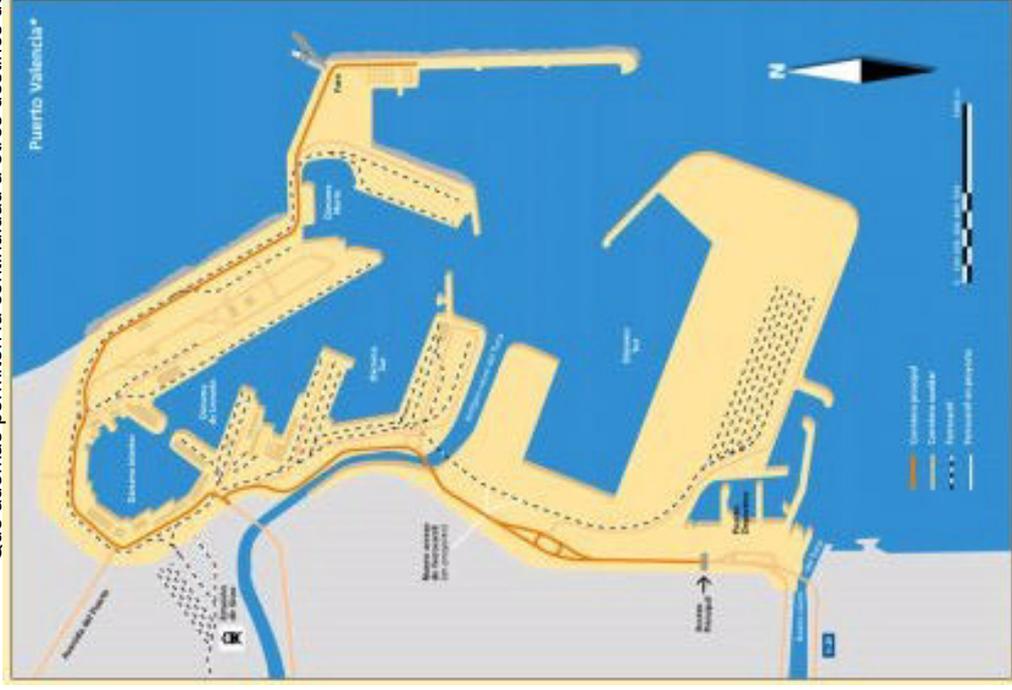
Un esquema de la estructura de la red, puede observarse en el plano adjunto correspondiente.

La conexión ferroviaria desde Valencia asegura el acceso a cualquier área productiva de la Península Ibérica y de Europa.

Las posibilidades de conexión ferroviaria del puerto de Valencia con el exterior se concretan en las siguientes líneas:

- a) Valencia-Barcelona-Port-Bou
- b) Valencia-Zaragoza-Pais Vasco
- c) Valencia-Cuenca-Madrid
- d) Valencia-Albacete-Madrid
- e) Valencia-La Encina-Alicante

Que además permiten la continuidad a otros destinos desde Alcazar de San Juan (Andalucía), Alicante (Murcia), Madrid (Norte y Noroeste, Extremadura).



Zona de Actividades Logísticas

- 1 Dique este
- 2 Faro de Valencia
- 3 Dique norte
- 4 Zona del muelle de Levante
5. Playa de la Malvarrosa
6. Acceso (Av. Puerto)
7. Estación de ferrocarril del Grao
8. Puente Astilleros
- 9 Dique sur
10. Acceso sur
11. Club Náutico
12. Prácticos
13. Estación Fitopatológica
14. SEVASA
15. Remolcadores
16. Administración de Aduanas
17. Sanidad Exterior
18. Autoridad Portuaria (oficina principal)
19. Capitanía Marítima

20. Comandancia de Marina
21. Soivre (Parc de Bomberos)
22. Edificio Guardia Civil del Mar
23. Infoport y Valencia Plataforma intermodal
24. Hidrocarburos y Productos Químicos
25. Terminal Pública de Contenedores
26. Terminal Polivalente
27. Depósito Franco
28. Estación marítima de Pasajeros
29. Almacén Frigorífico
30. Astilleros
31. Instalaciones de Cemento
32. Silos de Granel
33. Terminales de cereales
34. Pantalan de producción petrolifera

- A. Norte (Xita)
- B. TPC Espigón del Norte
- C. TPC Prolongación Levante
- D. Levante
- E. TR Levante
- F. Muelle Dársenas Interior
- G. TP Exterior
- H. Pontiente
- I. E Turia Norte
- J. E Turia Testero
- K. E Turia Sur
- L. Turia
- M. Sur
- N. Pantalan
- O. TPC (Muelle Principe de Asturias)
- P. Resto del Puerto
- R. Muelle dique norte
- S. Muelle dique este
- T. Muelle de costa



NOMBRES	EMPLEOS
En dársenas comerciales	
Norte (Xita)	Graneles sólidos, Troncos
Muelle Dique Norte	Diversos
Esigón Norte	Mercancia General, Ro/Ro, Graneles Sólidos, Contenedores
Prol. Muelle de Levante y Levante-1	Mercancia General, Ro/Ro, Graneles Sólidos, Contenedores
Levante-2	Ro/Ro, Contenedores
Levante-3 Polivalente	Mercancia General, Ro/Ro, Graneles Sólidos, Contenedores
Transversal de Levante Exterior	Ro/Ro
Transversal de Levante Interior	Ro/Ro
Aduana 1	Embarcaciones menores
Aduana 2	Diversos
Grao	Ro/Ro
Estación 1	Ro/Ro, Pasajeros
Estación 2	Ro/Ro, Pasajeros
Estación 3	Ro/Ro, Pasajeros
Nazaret	Ro/Ro
Transversal Pontiente Interior	Ro/Ro
Transversal Pontiente Exterior	Mercancia General, Ro/Ro
Pontiente Tramo 1º	Mercancia General, Ro/Ro
Pontiente Tramo 2º	Mercancia General
Esigón del Turia, paramento Norte, tramo 1	Graneles líquidos por instalación especial
Esigón del Turia, paramento Norte, tramo 2	Graneles sólidos, Mercancia General
Esigón del Turia Testero	Graneles sólidos por instalación especial
paramento Sur, tramo 1	Productos petrolíferos por instalación especial, Mercancia General, Ro/Ro
Esigón del Turia paramento Sur, tramo 2	Productos petrolíferos por instalación especial, Mercancia General
Turia	Graneles sólidos y líquidos instalación especial, Mercancia General, Ro/Ro
Sur	Graneles sólidos, Troncos
T.P.C.(Muelle Principe Felipe	Contenedores
Muelle Costa	Ro/Ro
Pantalan Sur	Productos petrolíferos
Gandia, Norte	Diversos
Gandia, Moto-veleros	Ataque flota pesquera
Gandia, Frutero	Mercancia general
Gandia, Sur	Mercancia general
Gandia, Serpis	Mercancia general
Gandia, Sur prolongación	Mercancia general
Sagunto, Norte	Graneles sólidos, Mercancia general
Sagunto, Centro	Mercancia general, Ro/Ro
Sagunto, Sur	Graneles sólidos y líquidos instalación especial, Mercancia general.
Sagunto, Pantalan	Graneles sólidos por instalación especial

# Plano general e infraestructura

## COMUNICACIONES INTERIORES

En la actualidad hay aproximadamente 15 Km. de vías férreas interiores de ancho RENFE (1,668 m) en el puerto de Vigo. Estas vías enlazan la Estación de Mercancías de RENFE, situada en el espacio inmediatamente contiguo al Muelle del Arsenal, con una parte de los muelles del Puerto. De Este a Oeste los muelles que están conectados por ferrocarril son los siguientes: Muelles de Guixar, del Arsenal, Transversal, Comercio, Trasatlánticos y Dársena 4 del Puerto Pesquero. No están conectados por ferrocarril el resto de muelles y dársenas del puerto, ya que el tendido de vías se interrumpe a la altura de la intersección de la Avda. De Orillamar con la Calle Coruña.

Ancho de vía: 1,668 m.

Longitud: 15.000 metros.

## COMUNICACIONES EXTERIORES

Los enlaces ferroviarios del puerto con la Red Nacional de Ferrocarriles Españoles se realizan por el ramal directo Chapela-Puerto. El hinterland del puerto está recorrido por dos líneas férreas:

Vigo-Ourense-Monforte-Ponferrada-León.

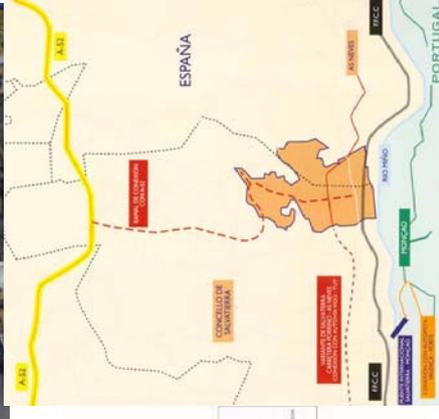
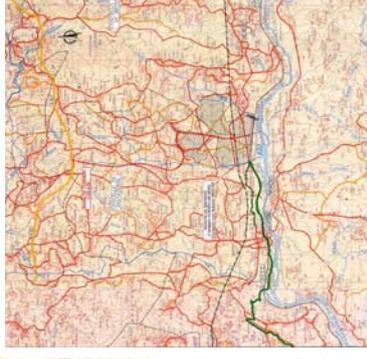
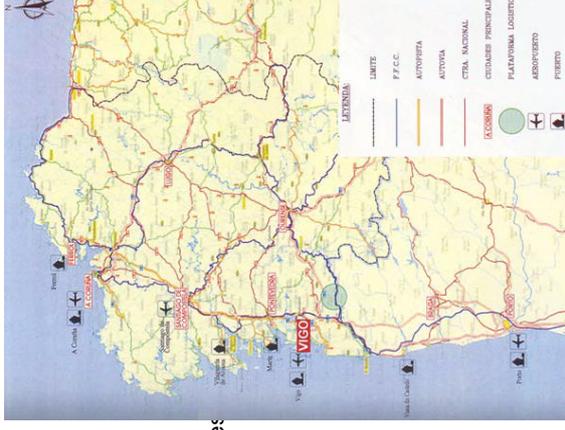
Vigo-Ourense-Puebla de Sanabria-Zamora.

Las características de la vía férrea son:

Ancho de vía: 1,668 metros.

Número de vías: 1.

Electrificación: tramo Monforte-Ponferrada-León.





En el mes de julio de 1997 entró en servicio el ramal ferroviario del puerto de Vilagarcía.

Esta importante dotación se había quedado obsoleta en los años 70, habiéndose llegado a s total abandono. Esto no era aceptable en un puerto de Interés General, que debe ofrecer est servicio a su clientela potencial.

Por este motivo una de los objetivos fundamentales de la Autoridad Portuaria era recuperar e servicio ferroviario del puerto.

Las primeras operaciones se realizaron al centro de la península, transportando pasta de papel.

Se piensa que será utilizado para las mercancías con destino en el centro de la Península: maderas, pasta de papel, garbanzos, pescado, y también para las del interior de Galicia, como los fertilizantes y piensos, en cuanto se refiera a tráfico para nuestro país. Y, a su vez como punto de importación y exportación a otros países, actividades éstas que ya se vienen realizando en este puerto.

#### OBRAS REALIZADAS

Para su mejor ejecución, las obras se realizaron en cuatro tramos o fases:

- 1) Pavimentación del muelle del Ramal y construcción de vías de ferrocarril.

Longitud: 1.022,75 ml. de vía ó 2.045 ml. de carril.  
Presupuesto: 99.880.000 ptas.

- 2) Cruce de la carretera C-550

Longitud: 216 ml. de carril ó 108 ml. de vía.  
Presupuesto: 7.781.072 ptas.

- 3) Construcción del ramal ferroviario (tramo estación a cruce C-550)

Longitud: 450 ml. de vía.  
Presupuesto: 13.600.000 ptas.

- 4) Encauzamiento del "Rego de Guillán"

Longitud: 270 ml. de tubería, para saneamiento de regato.  
Presupuesto: 7.070.000 ptas.

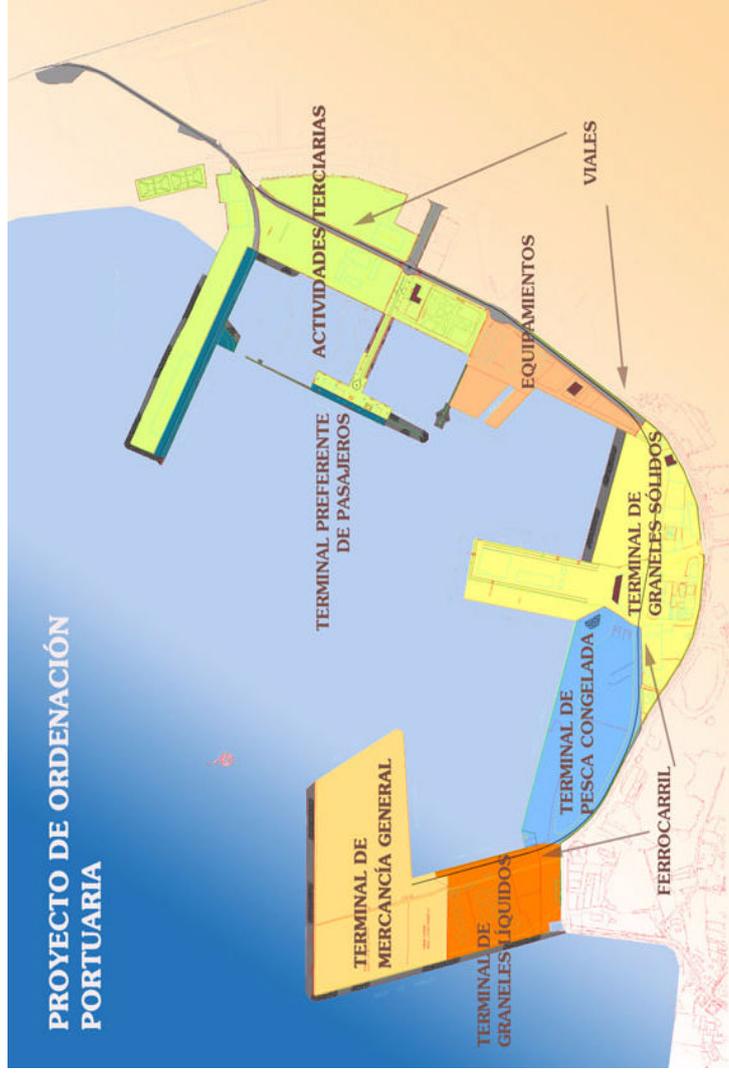
La inversión total alcanzó 128.331.072 ptas. a cargo de la Autoridad Portuaria, a la que hay que añadir la colaboración de RENFE mediante la aportación de material de vías, carriles, traviesas, etc., además de la ayuda técnica.

Actualmente la Autoridad Portuaria redacta los estudios previos de impacto ambiental y viabilidad económica y técnica de la prolongación del servicio ferroviario hasta el muelle Comercial y muelle del Ferrazo, para así dotar a todas las instalaciones del puerto de dicho servicio, que se considera prioritario para el futuro.



# Plan director

## PROYECTO DE ORDENACIÓN PORTUARIA



El Plan Estratégico considera que con las ampliaciones programadas en el Plan Director, el Puerto de Vilagarcía estará en condiciones de responder adecuadamente a las previsiones existentes de incrementos de tráfico. La nueva política de la U.E. señala al transporte marítimo como esencial y prioritario entre las opciones existentes, de manera que su utilización va a seguir incrementándose en los próximos años.

El Plan Director del Puerto de Vilagarcía quiere abordar los tres problemas que resultan más prioritarios, de acuerdo con los análisis realizados.

La falta de calado: los buques de gran tamaño y tonelaje van a contar en los muelles con la profundidad y la longitud que requieren para sus atraques.

La manipulación conjunta en un mismo muelle con distintos tráfico heterogéneos: la mercancía general, los graneles sólidos y los graneles líquidos van a disponer de emplazamientos adecuados y diferenciados.

La carencia de superficie disponible tanto para el depósito cubierto como descubierto de mercancías: los buques van a contar con superficies capaces de recibir y almacenar las mercancías que transportan.

Después de estudiar en profundidad las alternativas existentes para tratar de solventar todos esos problemas, el Plan Director ha seleccionado la opción que considera más adecuada. La alternativa elegida ofrece una mayor eficacia, mayor racionalidad y al mismo tiempo, garantiza el máximo respeto al medio ambiente y al entorno ciudadano.

El Plan Director del Puerto de Vilagarcía contempla una modificación geométrica del plano portuario hacia el interior, con diversas actuaciones dentro de las aguas abrigadas de sus instalaciones actuales.

Con la ejecución de estas nuevas infraestructuras, el Puerto de Vilagarcía obtendrá unos muelles más adecuados y diferenciados para acoger por separado los graneles sólidos y líquidos, así como la mercancía general.

Las obras contempladas en esta primera fase, por orden de realización, son las siguientes:

- 1ª Explanada de servicio al Muelle Comercial, que permite la obtención de 24.270 m<sup>2</sup> de superficie y tiene un presupuesto de 1,32 Millones de euros.
  - 2ª Muelles de Ferrazo, que permite la obtención de una línea de atraque de 500 m. de longitud y 12 m. de calado con una superficie de 63.375 m<sup>2</sup>, con un presupuesto de 13,22 Millones de euros.
  - 3ª Ampliación del Muelle Comercial Oeste, que permite la obtención de una línea de atraque de 250 m. de longitud, con un calado de 12 m. y una superficie de 12.353 m<sup>2</sup>, con un presupuesto de 3,61 Millones de euros.
  - 4ª Enlace ferroviario con servicio a todos los muelles.
- Esta nueva geometría del Puerto de Vilagarcía permite una reordenación completa y racional de sus distintos tráfico.

La Terminal de Graneles Líquidos se sitúa en el actual Muelle de Ferrazo, con un muelle de 11 m. de calado y 250 m. de longitud, dotado de una rampa Ro-Ro en su extremo Sur.

La Terminal de Graneles Sólidos se ubica en el Muelle Comercial, con la profundidad conveniente en su cara Oeste.

La Terminal Polivalente de Mercancía General se sitúa en el nuevo espigón, con 12 m. de profundidad, 500 m. de longitud de atraque y 83.000 m<sup>2</sup> de superficie apta para todos los tráfico, incluidos los contenedores.

La Terminal de Productos Congelados y perecederos se ubica en el Muelle de Comboa, con 400 m. de longitud y entronca con su industria frigorífica.

## PROYECTO DE PLAN DE USOS

