



Universidad
Politécnica
de Cartagena

FERROCARRILES

Curso 2016/2017

3º Grado Ingeniería Civil

Profesora: Pilar Jiménez Gómez

E-mail: pilar.jimenez@upct.es



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Índice

**Bloque 1.
Sección transversal ferroviaria**

**Bloque 2.
Geometría de la vía. Trazado**

**Bloque 3
Comportamiento mecánico de la vía**

**Bloque 4.
Calidad y mantenimiento**

**Bloque 5.
Instalaciones**



Universidad
Politécnica
de Cartagena

BLOQUE 1. SECCIÓN TRANSVERSAL FERROVIARIA

Índice

1. Introducción

2. El material móvil

3. La vía ferroviaria

3.1 El carril

3.2 La continuidad de la vía

3.3 La traviesa

3.4 Las sujeciones

3.5 El balasto. Capas de asiento



Índice

1. Introducción

2. El material móvil

3. La vía ferroviaria

3. 6. La vía en placa

4. Los aparatos de vía

5. Interacción rueda - carril



Universidad
Politécnica
de Cartagena

1

Introducción



1. Introducción

- La infraestructura
- La superestructura
- El material móvil
- La electrificación
- El sistema de control de tráfico y señalización



*Fuente: flickr Alta Velocidad Española (AVE)
Foto nº 250 del grupo de serie 103. José María Navarro
Sánchez. <https://www.flickr.com/groups/ave/>*



1. Introducción

- **La infraestructura**
 - Obras de tierra
 - Desmontes
 - Terraplenes
 - Obras de fábrica
 - Túneles
 - Viaductos



*Fuente: flickr Alta Velocidad Española (AVE)
Foto nº 250 del grupo de serie 103. José María Navarro
Sánchez. <https://www.flickr.com/groups/ave/>*

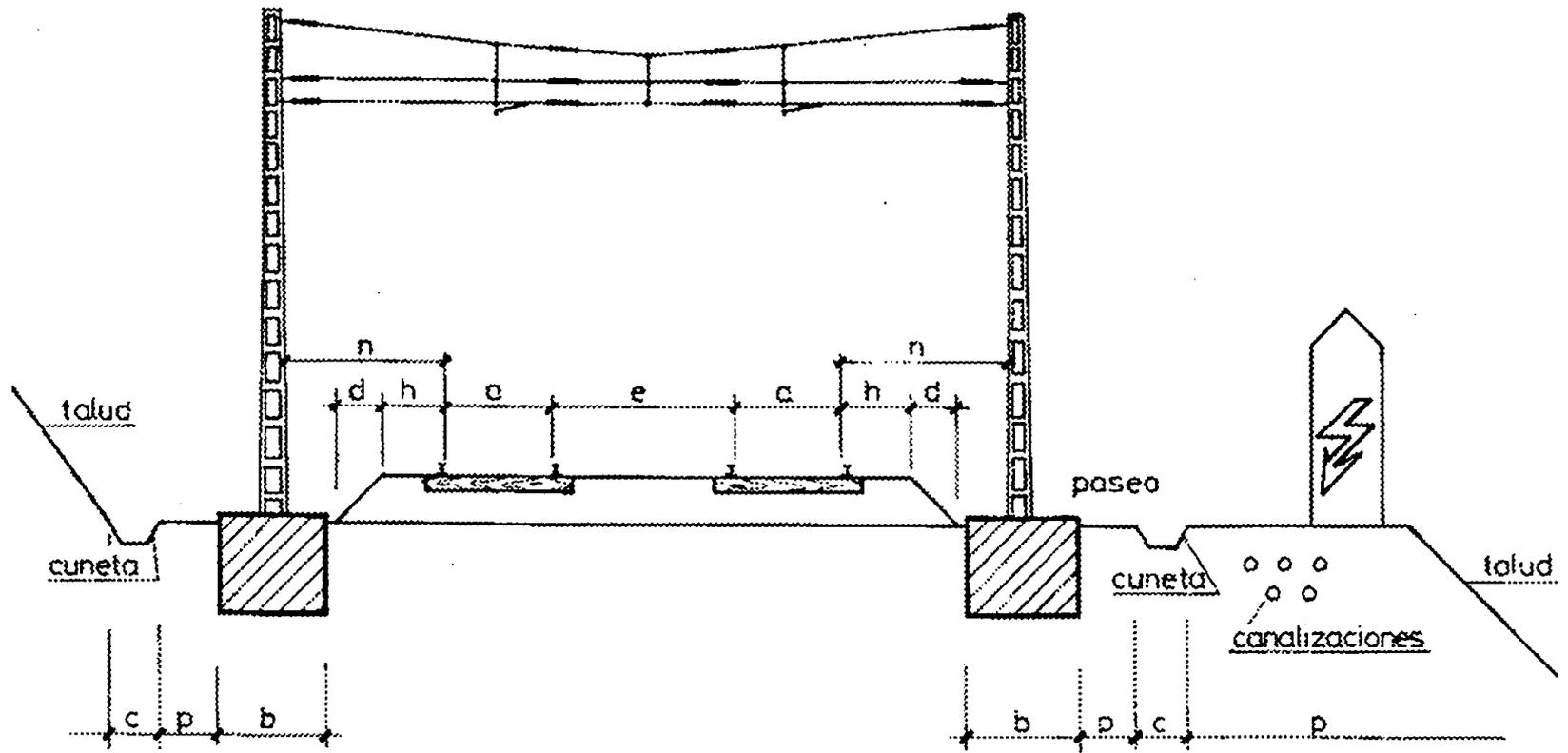


1. Introducción

- La infraestructura
 - La explanación

“Zona del terreno natural o preparado, destinada a contener la totalidad de sus instalaciones (vías, tendidos eléctricos, edificios, etc)”





a: ancho de vía en Renfe 1.668 mm.

b: cimentación de la electrificación (de 1 a 2 m).

c: ancho de la cuneta (de 0,5 a 1 m).

d: derrame de la banqueta (oscila de 0,5 a 1 m, según altura de la banqueta).

e: entrevía (de 2,1 a 3 m, según las necesidades).

h: hombro de la banqueta (de 0,8 a 1 m, según las necesidades de estabilidad).

n: gálibo de electrificación (distancia entre la cara activa del carril y los postes: 2,1 m, mínimo).

p: paseos (pueden ser uno o dos de 0,7 a 1 m de ancho).

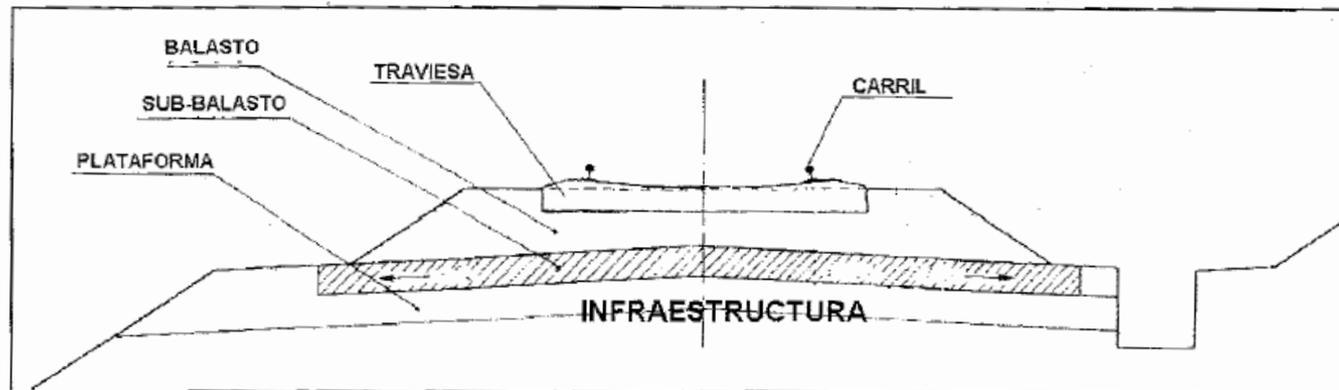


1. Introducción

- La infraestructura
- La superestructura
 - Carril
 - Traviesas
 - Sujeciones
 - Balasto
 - Subbalasto



Fuente: flickr Alta Velocidad Española (AVE)
Foto nº 250 del grupo de serie 103. José María Navarro
Sánchez. <https://www.flickr.com/groups/ave/>



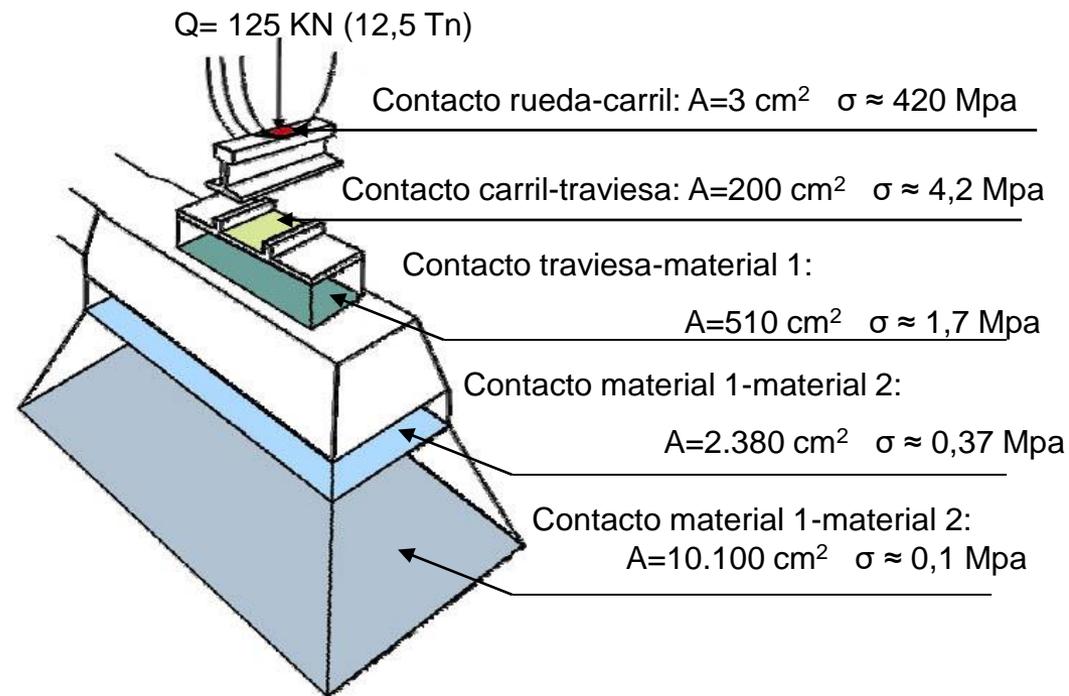
Fuente: Ingeniería de Ferrocarriles. Francisco Javier Calvo Poyo, José Lorente Gutiérrez,
Rafael Jurado Piña, Juan de Oña López. Editorial Técnica Avicam. Granada. 2015.



1. Introducción

- La infraestructura
- La superestructura
 - Carril
 - Traviesas
 - Sujeciones
 - Balasto
 - Subbalasto

ORDENES DE MAGNITUD
Transmisión de cargas



Fuente: Infraestructuras ferroviarias. Andrés López Pita. UPC.2006



1. Introducción

- La infraestructura
- La superestructura
- El material móvil
 - Material motor
 - Locomotoras
 - Automotores
 - Remolcado
 - Coches
 - Vagones



Fuente:
<https://historiadeluismi.files.wordpress.com/2012/05/documentos-010.jpg>



Fuente:
<http://www.vivireltren.es/2013/04/primer-intercity-gijon-sanz-crespo-madrid-chamartin-en-doble-composicion/vagones-alvia/>



Fuente:
<https://www.trenvista.net/tag/renfe-mercancias/>



1. Introducción

- La infraestructura
- La superestructura
- El material móvil
- La electrificación



*Fuente: flickr Alta Velocidad Española (AVE)
Foto nº 250 del grupo de serie 103. José María Navarro
Sánchez. <https://www.flickr.com/groups/ave/>*



1. Introducción

- La infraestructura
- La superestructura
- El material móvil
- La electrificación
- El sistema de control de tráfico y señalización



Fuente: <http://viaferreaunexpo.blogspot.com.es/>



1. Introducción

Unidades de medida de tráfico ferroviario

- **TBC (tonelada bruta completa)**. Toneladas que pesa el tren completo (material motor y remolcado).
- **TBR (tonelada bruta remolcada)**. Peso en toneladas del material remolcado (coches o vagones, incluida la carga) que arrastra la locomotora.
- **TKBC (tonelada kilómetro bruta completa)**. Se obtiene multiplicando el peso total del tren por la distancia que recorre.
- **TKBR (tonelada kilómetro bruta remolcada)**. Es el producto de toneladas remolcadas (TBR) por el número de kilómetros recorridos.



1. Introducción

Unidades de medida de tráfico ferroviario

- **PKO (plaza kilómetro ofrecida)**. Es la unidad de medida de la oferta en el transporte de viajeros. Equivale al desplazamiento de una plaza ofrecida en un coche o automotor a lo largo de un kilómetro.
- **VK (viajeros kilómetro)**. Es el producto del número de viajeros que lleva un tren por los kilómetros recorridos.
- **TKN (tonelada kilómetro neta)**. Es el producto de las toneladas netas que transporta un tren por el número de kilómetros recorridos.
- **UK (unidades de tráfico transportadas)**. Es la suma de los VK y TKN.

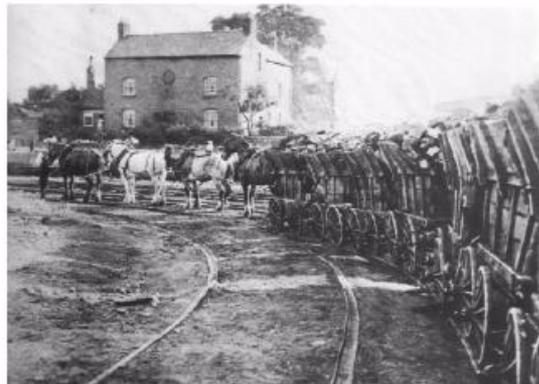


1. Breve historia del ferrocarril

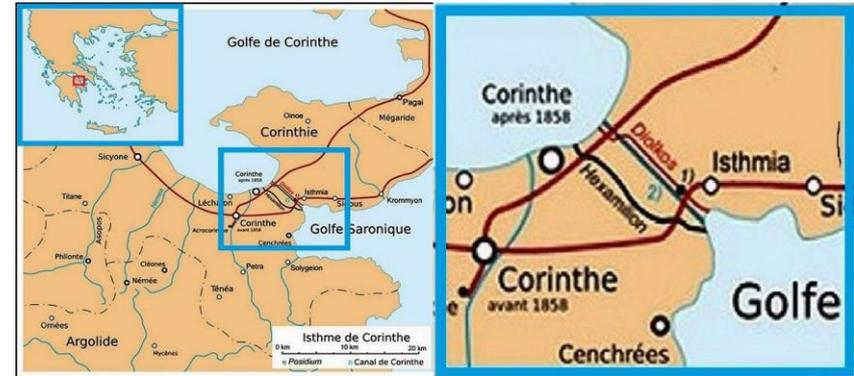
- Romanos (s. VII a.C.)



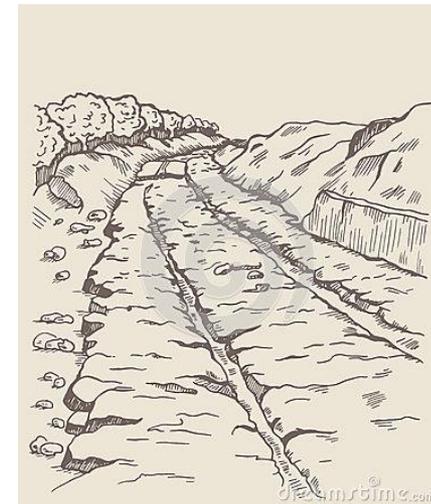
- Siglo XVII
 - Railes de madera (UK)
WAGONWAYS
- Siglo XVIII
 - Railes de hierro (UK)



Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/51/Wagonway.jpg/220px-Wagonway.jpg>



Fuente: <http://via-carrascosa.blogspot.com.es/2014/02/historia-del-ferrocarril-antecedentes.html>

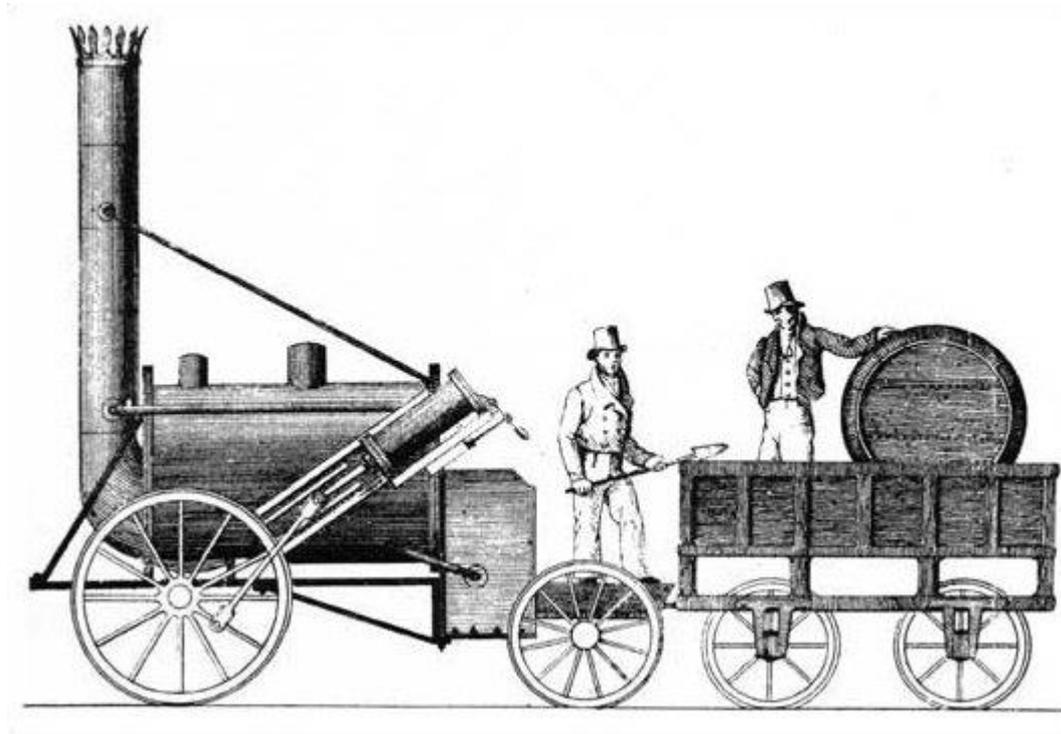


Fuente: <https://es.dreamstime.com/stock-de-ilustracin-ferrocarriles-del-griego-clsico-image74587680>



1. Breve historia del ferrocarril

- Siglo XIX
 - 1803 – Locomotora Trevithick (Reino Unido)
 - 1829 – Stephenson: “La Rocket”



Fuente:

https://en.wikipedia.org/wiki/Stephenson's_Rocket#/media/File:Stephenson%27s_Rocket_drawing.jpg



1. Breve historia del ferrocarril

- Siglo XIX
 - 1803 – Locomotora Trevithick (Reino Unido)
 - 1829 – Stephenson: “La Rocket”
 - 1830 – Línea larga distancia Manchester-Liverpool

ÉXITO FERROCARRIL → EXPANSIÓN MUNDIAL



1. Breve historia del ferrocarril en España

- 1837 – Primer ferrocarril español se construye en CUBA, 28 kms, que unen La Habana con Bejucal.
- 1848 – Primer ferrocarril en la península:
Barcelona – Mataró
- 1851 – Madrid - Aranjuez
- 1856 – Creación compañías ferroviarias, a destacar:
 - ✓ M.Z.A. (Madrid – Zaragoza – Alicante)
 - ✓ Compañía de los Caminos de Hierro del Norte
- 1887 - Compañía de ferrocarriles andaluces



1. Breve historia del ferrocarril en España

- Finales siglo XIX → Expansión de la red ferroviaria



Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/La_red_de_ferrocarriles.svg/350px-La_red_de_ferrocarriles.svg.png



1. Breve historia del ferrocarril en España

- Primera mitad siglo XX:
 - Red finales siglo XIX: 13,000 kms (90% de la red existente en 1940).
 - Avances técnicos (sistemas de bloqueo, doble vía y primer ferrocarril eléctrico en 1926)
 - “Problema ferroviario”
 - ✓ Instalaciones y material móvil obsoletos → costes de explotación elevados
 - ✓ Tarifas
- RENFE (1941)
Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles
 - ✓ Recuperación de la red (12,401 kms)
 - ✓ Nuevo material móvil (tractor y remolcado)
 - ✓ Unificación de señalización y reglamentos de circulación



1. Breve historia del ferrocarril en España

- Años 50:
 - ✚ Mejoras tecnológicas: trenes Talgo, BLS, electrificaciones...
 - Auge del transporte por carretera

- Años 60 – 70:
 - Plan Decenal de Modernización
 - Renovación de vías, material móvil, mejoras en seguridad y comunicaciones
 - Velocidad comercial: 140 km/h
 - Fin tracción a vapor (1975)
 - Se implanta el sistema ASFA
 - Primer Contrato Programa entre el Estado y RENFE (1979)

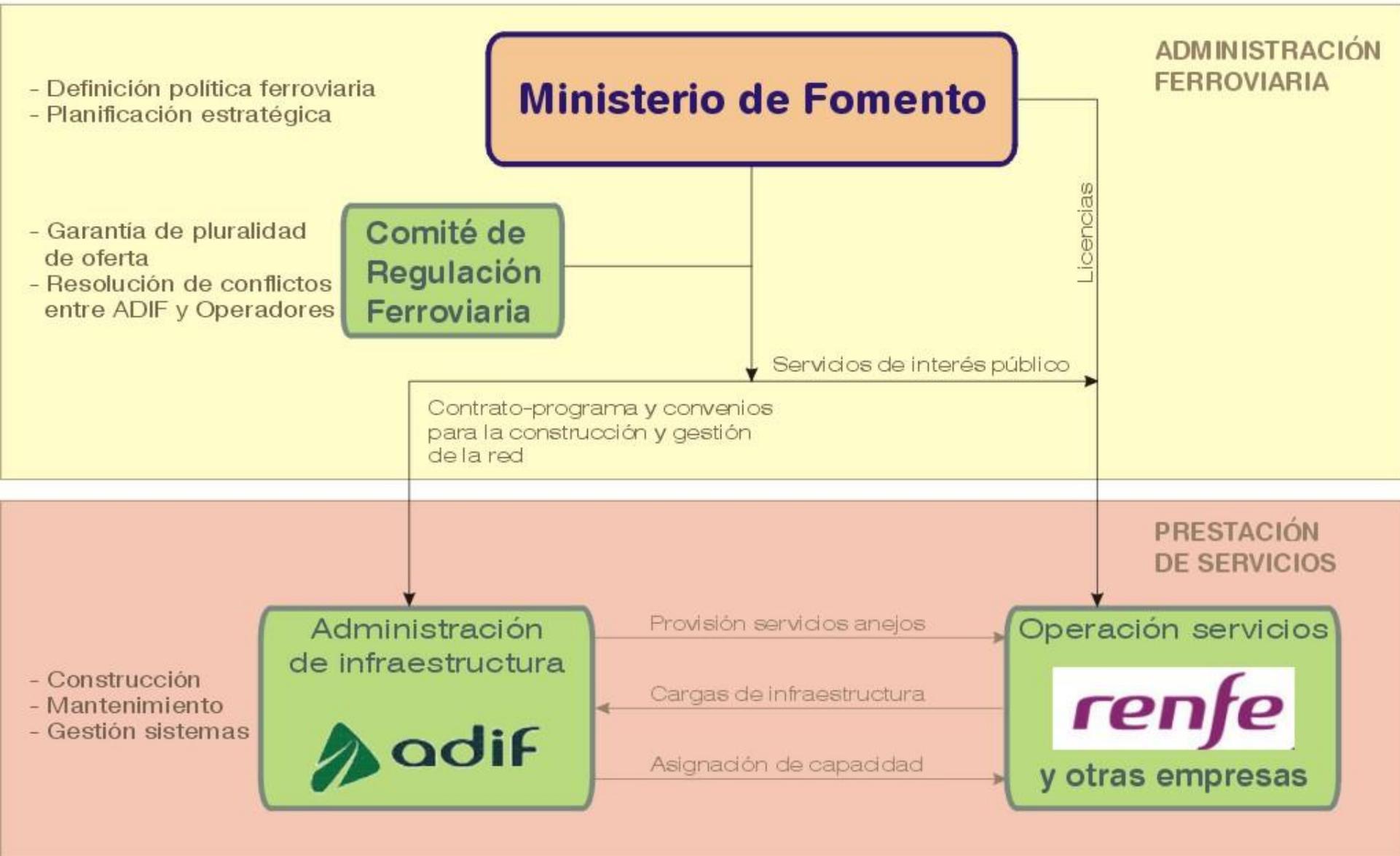
- Años 80:
 - Plan de Transporte Ferroviario (PTF – 1987)
 - Auge tráfico de trenes cercanías



1. Breve historia del ferrocarril en España

- Años 90:
 - Transporte viajeros: Alta Velocidad (AVE)
 - Transporte mercancías: Intermodalidad
 - Especialización y gestión comercial de RENFE: Unidades de Negocio y GIF (Gestor de Infraestructuras Ferroviarias)
- Últimos años:
 - 2005: Liberalización del sector ferroviario
 - Renfe Operadora
 - Adif
 - 2012: RD-Ley 22/2012
 - Reestructuración de la entidad pública Renfe Operadora (Viajeros, Mercancías y Logística, Fabricación y Mantenimiento, Gestión de activos - Material ferroviario)
 - Supresión de FEVE
 - Inicio de la liberalización de los servicios de viajeros: 31 de julio de 2013
 - Traspaso de activos (tramos AV) a Adif

PRINCIPALES AGENTES DEL SECTOR FERROVIARIO



Fuente: Ministerio de Fomento_áreas de actividad_ ferrocarriles:

http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/FERROCARRILES/Estructura_ferr/



1. El ferrocarril español en el siglo XXI

SERVICIOS DE TRANSPORTE FERROVIARIO

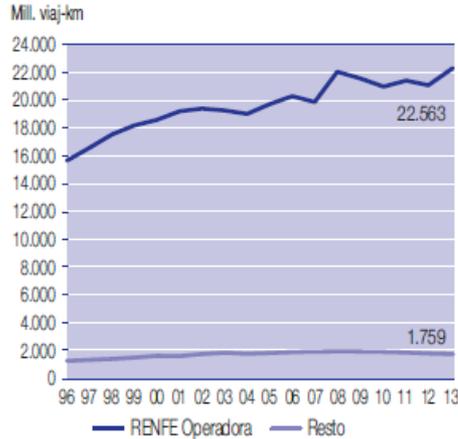
Servicio de viajeros

- **Cercanías:** actúan en el área metropolitana de las grandes ciudades. Se caracterizan por el elevado número de paradas y elevada frecuencia.
- **Media Distancia** (entre 50 y 100 km) de carácter regional que unen ciudades importantes con su ámbito de influencia. Circulan a mayor velocidad que los trenes de cercanías y realizan menor número de paradas.
- **Larga Distancia:** unen las principales ciudades del país, trayectos superiores a 100 km. Elevada velocidad comercial y confort a los viajeros.
- **Alta Velocidad:** Servicios diurnos de largo recorrido con elevada velocidad comercial, pocas o ninguna parada intermedia y gran confort y calidad de los servicios ofrecidos al viajero.

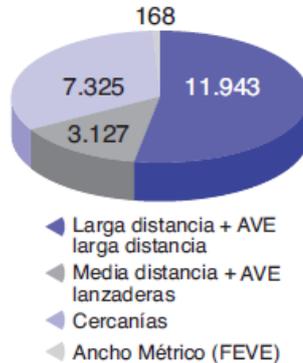


1. El ferrocarril español en el siglo XXI

Viajeros-kilómetro transportados



Distribución tráfico de viajeros RENFE Operadora (millones viajeros-km)



TE FERROVIARIO

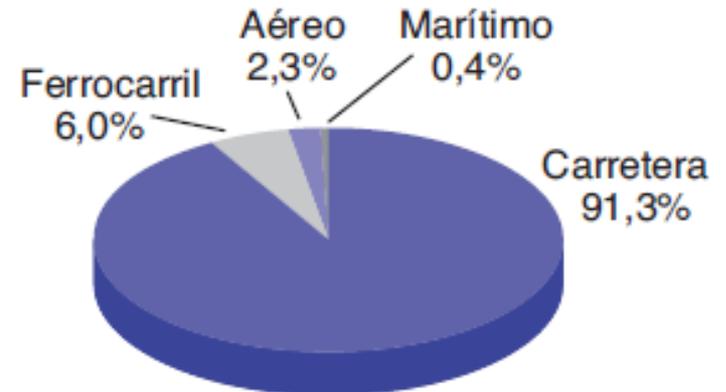
politana de las grandes ciudades. ro de paradas y elevada

de carácter regional que unen de influencia. Circulan a mayor

paradas.

- **Larga Distancia:** unen las principales superiores a 100 km. Elevada velocidad viajeros.
- **Alta Velocidad:** Servicios diurnos de velocidad comercial, pocas o ninguna y calidad de los servicios ofrecidos a

Distribución del tráfico interior de viajeros (viajeros-kilómetro)





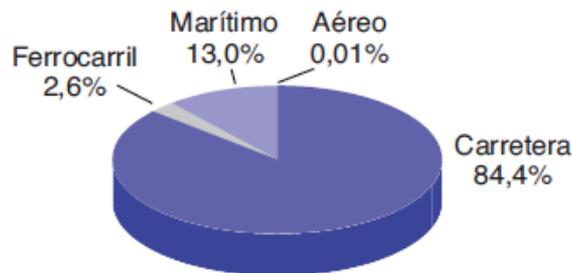
1. El ferrocarril español en el siglo XXI

SERVICIOS DE TRANSPORTE FERROVIARIO

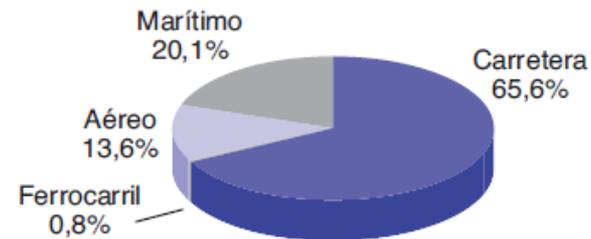
Servicio de mercancías

- **Vagón completo:** Se denominan trenes de mercancías puros. Esto quiere decir que transportan un solo tipo de mercancía y pertenece a un único cliente.
- **Transporte combinado:** Trenes que transportan principalmente contenedores sobre vagones porta-contenedores. Suelen ser trenes multicliente.

Distribución del tráfico interior de mercancías
(toneladas-kilómetro)



Distribución del consumo de energía por modos



MAPA 2

PRINCIPALES ESTACIONES DE TRANSPORTE DE VIAJEROS

31 diciembre 2015

-  ESTACIONES CATEGORÍA 1
-  ESTACIONES DE VIAJEROS
-  NÚCLEOS DE CERCANÍAS
-  LÍNEAS TITULARIDAD ADIF ALTA VELOCIDAD
-  LÍNEAS CONVENCIONALES (1.668 mm)
-  LÍNEAS ALTA VELOCIDAD (1.668 mm)
-  TERCER CARRIL (1.435 mm y 1.668 mm)
-  LÍNEAS ANCHO MÉTRICO
-  LÍNEAS ALTA VELOCIDAD (1.435 mm)



Fuente: Declaración sobre la red. ADIF. 2016



1. El ferrocarril español en el siglo XXI

TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURAS

Transporte e infraestructuras ferroviarias

Parque de material motor y remolcado

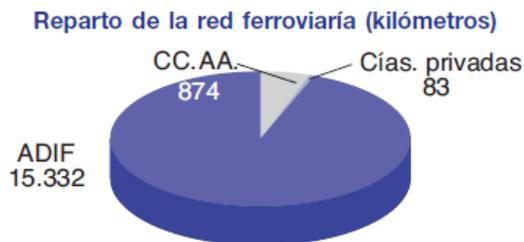
Concepto	2008	2009	2010	2011	2012	2013	13/12
Renfe Operadora (1)							
Locomotoras	537	495	524	512	439	476	8,4%
Automotores	1.013	1.074	1.079	1.138	1.142	1.245	9,0%
Coches-viajeros (2)	1.179	1.253	1.250	1.215	809	746	-7,8%
Vagones	13.718	13.218	12.996	12.344	12.760	13.520	6,0%
Ancho Métrico (FEVE) (5)							
Locomotoras	56	56	56	53	55	52	-5,5%
Automotores	93	89	100	105	109	107	-1,8%
Coches-viajeros (3)	64	64	61	61	61	68	11,5%
Vagones (4)	1.040	1.040	1.158	1.156	1.146	1.006	-12,2%
CC.AA.							
Locomotoras	17	18	24	25	27	25	-7,4%
Automotores	352	349	350	374	408	444	8,8%
Coches-viajeros (3)	709	185	185	200	423	467	10,4%
Vagones (4)	260	247	247	247	259	239	-7,7%

- (1) Comprende las unidades disponibles aunque estén fuera de servicio.
 (2) Comprende coches ordinarios, automotores y remolques. No comprende parque interior ni particulares.
 (3) Incluidos los remolques de automotor. A partir de 2009 la C.A. de Valencia incluye los coches de viajeros en unidades de tren eléctricas (trenes indivisibles).
 (4) Incluye furgones. Tren Limón-expres (Alicante) producto comercial fuera de servicio.
 (5) Hasta 2012 FEVE. En 2013 Ancho Métrico.

Longitud de las redes ferroviarias (kilómetros)

Concepto	2008	2009	2010	2011	2012	2013	13/12
ADIF (2)							
de vía doble electrificada	4.514	4.506	5.001	5.168	5.185	5.516	6,4%
de vía doble sin electrificar	91	112	113	53	48	48	0,0%
de vía única electrificada	3.577	3.583	3.582	3.569	3.554	3.772	6,1%
de vía única sin electrificar	5.170	5.153	5.157	5.155	5.143	5.996	16,6%
Total	13.352	13.354	13.853	13.945	13.930	15.332	10,1%
FEVE							
de vía doble electrificada	75	75	83	83	83	—	—
de vía doble sin electrificar	0	0	0	0	0	—	—
de vía única electrificada	242	244	238	256	256	—	—
de vía única sin electrificar	877	875	873	853	853	—	—
Total	1.194	1.194	1.194	1.192	1.192	—	—
C.C.A.A.							
de vía doble electrificada	246	280	278	286	338	354	4,7%
de vía doble sin electrificar	29	34	34	34	0	0	—
de vía única electrificada	370	325	327	329	322	299	-7,1%
de vía única sin electrificar	286	230	230	230	224	221	-1,3%
Total	929	869	869	879	884	874	-1,1%
Total km. de longitud de la red (1)	15.475	15.417	15.916	16.016	16.006	16.206	1,2%

- (1) No incluye compañías privadas (83 km. de longitud).
 (2) A partir de 2013 incluye Ancho Métrico (FEVE).





1. El ferrocarril español en el siglo XXI

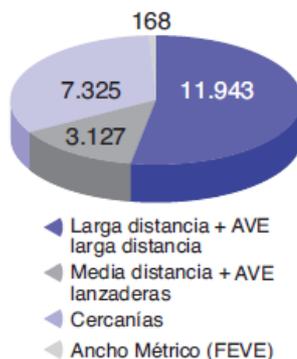
Transporte e infraestructuras ferroviarias

TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURAS

Viajeros-kilómetro transportados



Distribución tráfico de viajeros RENFE Operadora (millones viajeros-km)



Toneladas-kilómetro transportadas



Distribución tráfico de mercancías RENFE Operadora (millones toneladas-km)



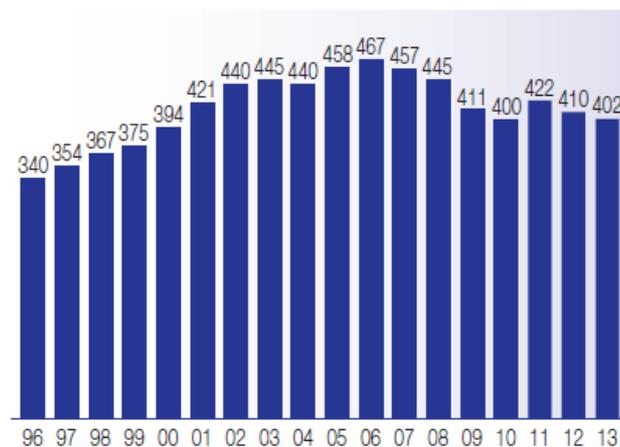
Tráfico por ferrocarril

Concepto	2008	2009	2010	2011	2012	2013	13/12
Renfe Operadora (2)							
Viajeros-km (millones)	22.074	21.700	20.978	21.398	21.144	22.563	6,7%
Toneladas-km (millones) (1)	9.737	6.973	7.417	7.564	7.049	7.347	4,2%
FEVE							
Viajeros-km (millones)	208	196	188	183	175	—	—
Toneladas-km (millones)	429	339	377	384	374	—	—
CC. AA.							
Viajeros-km (millones)	1.670	1.677	1.728	1.707	1.668	1.736	4,1%
Toneladas-km (millones)	58	41	55	61	54	47	-13,0%
Compañías privadas							
Viajeros-km (millones)	16	24	23	25	29	23	-20,7%
Toneladas-km (millones)	55	38	23	8	7	1	-85,7%
Total viajeros-kilómetro	23.968	23.597	22.917	23.313	23.016	24.322	5,7%
Total toneladas-kilómetro	10.279	7.391	7.872	8.017	7.484	7.395	-1,2%

(1) Comprende el tráfico comercial y el tráfico de servicio.

(2) A partir de 2013 los datos de Ancho Métrico (FEVE) se incluyen en Renfe Operadora.

Viajeros transportados en cercanías (millones)





1. El ferrocarril español en el siglo XXI

TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURAS

Transporte e infraestructuras ferroviarias

Inversiones realizadas en transporte e infraestructuras ferroviarias (millones euros) (1)

Concepto	2008	2009	2010	2011	2012	2013	13/12
D.G. FERROCARRILES	1.704,89	1.949,22	1.659,72	1.034,40	876,70	110,30	-87,4%
Infraestructuras	5.123,05	5.680,04	5.327,99	5.036,52	3.702,04	1.886,93	-49,0%
Otras	258,46	80,42	61,62	42,00	156,88	80,76	-48,5%
Administrador infraestr. ferroviarias (ADIF) (2)	5.381,51	5.760,46	5.389,61	5.078,52	3.858,92	1.967,69	-49,0%
Sociedad Estatal de Infraestructuras de transporte (SEITT)	—	—	—	1.360,71	339,11	285,90	-15,7%
Material móvil	1.105,35	1.071,58	692,62	300,81	101,78	74,62	-26,7%
Otras	127,69	69,20	85,14	43,75	52,24	64,08	22,7%
Total RENFE operadora (2)	1.233,04	1.140,78	777,76	344,56	154,01	138,70	-9,9%
Material motor	38,15	38,39	23,83	54,44	18,93	32,18	70,0%
Instalaciones fijas	8,89	4,49	11,57	12,80	11,75	11,55	-1,7%
Otras	35,98	15,46	12,71	6,11	4,31	6,27	45,5%
Total G. Cataluña	83,02	58,34	48,11	73,35	34,99	50,00	42,9%
Material motor	21,93	31,09	20,41	72,20	52,26	46,58	-10,9%
Instalaciones fijas	0,20	0,10	0,02	5,80	0,57	0,70	22,8%
Otras	5,75	3,62	7,69	4,33	3,59	1,64	-54,3%
Total G. Vasco	27,88	34,81	28,12	82,33	56,42	48,92	-13,3%
Material motor	95,68	74,84	97,65	113,85	13,60	4,35	-68,0%
Instalaciones fijas	19,41	20,51	19,93	16,75	4,30	6,66	54,9%
Otras	33,30	22,95	9,02	1,72	3,58	0,00	-100,0%
Total G. Valenciana	148,39	118,30	126,60	132,32	21,48	11,01	-48,7%
Material motor	5,62	13,76	19,09	30,76	23,74	2,53	-89,3%
Instalaciones fijas	35,87	24,24	43,86	41,01	11,67	4,50	-61,4%
Otras	9,15	0,79	6,78	2,55	0,00	0,00	—
Total G. Islas Baleares	50,64	38,79	69,73	74,32	35,41	7,03	-80,1%
Total general	8.731,07	9.215,26	8.209,56	8.233,56	5.436,13	2.619,55	-51,8%

(1) No incluye las inversiones realizadas por las Direcciones Generales de las correspondientes CC. AA., ni las de las Compañías privadas.

(2) En 2013 incluye Ancho Métrico (FEVE).

Distribución de las inversiones ferroviarias (millones de euros)

