



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**



Proyecto Fin de Carrera

Estudio crítico sobre las líneas de alta velocidad en
España.

Autor:

Isaac Enrique Palacio Gavín

Director:

Luis Lezáun Marínez de Ubago

Especialidad:

Ingeniería Técnica Industrial Mecánica

Año:

Septiembre 2014

Me gustaría dar las gracias a todas las personas que me han apoyado en mayor o menor medida durante este tiempo, y que han “sufrido” mis monólogos acerca de mi proyecto, sin ellas todo esto no habría sido posible.

Especialmente quiero dar las gracias a Luis Lezaún, que me ha ayudado en todo lo que he necesitado y más, a mis padres, por su paciencia, a mi hermana, a Paco por su apoyo y sobre todo a Laura por aguantarme cuando las cosas no salían.

ÍNDICE

Objetivo y alcance del proyecto.	6
1. Antecedentes de la primera Línea de Alta Velocidad (LAV) en España.....	7
1.1. Grandes proyectos del PTF.	14
1.1.1. NUEVO ACCESO A ANDALUCÍA: VARIANTE BRAZATORTAS-ALCOLEA.	14
1.1.2. NUEVO ACCESO AL NORTE-NOROESTE DE ESPAÑA (LA VARIANTE DE GUADARRAMA). .	17
1.1.3. RESOLUCIÓN DEL ESTRANGULAMIENTO DEL PUERTO DE ORDUÑA (“Y” VASCA).	19
2. Línea Madrid-Sevilla	21
2.1. Introducción	21
2.2. Situación de la línea en 1986.	21
2.3. Construcción de la línea.	22
2.3.1. Variante de Brazatortas.	22
2.3.2. Obras importantes.	23
2.4. El ancho de vía.....	24
2.5. Descripción del trazado.....	25
2.6. Material móvil	28
2.7. Horarios y Servicios.....	32
3. Línea Madrid-Barcelona.....	35
3.1. Introducción	35
3.2. Situación de la línea a principios de los noventa.	37
3.3. Construcción de la línea	39
3.3.1. El enlace con Francia	41
3.3.2. Obras importantes.	43
3.4. Descripción del trazado.....	44
3.5. Material móvil.	50
3.6. Horarios y servicios.	52
4. Línea Madrid-Valladolid.	55
4.1. Introducción.	55
4.2. Situación antes de 2000.	55
4.3. Construcción de la línea.	57
4.3.1. Obras importantes.	59
4.4. Descripción del trazado.....	62
4.5. Material móvil.	66
4.6. Horarios y servicios.	67

5. Línea Madrid-Valencia.....	69
5.1. Introducción.....	69
5.2. Situación antes de la llegada de la Alta Velocidad	69
5.3. Construcción de la línea.....	71
5.3.1. Obras importantes.....	74
5.4. Descripción del trazado.....	75
5.5. Material móvil.....	79
5.6. Horarios y servicios.....	80
6. “Y” Vasca.....	84
7. Prolongaciones.....	88
7.1. Madrid-Toledo.....	88
7.1.1. Introducción.....	88
7.1.2. Construcción de la línea.....	88
7.1.3. Características del trazado.....	89
7.1.4. Material móvil.....	90
7.1.5. Horarios y servicios.....	90
7.2. Madrid-Huesca.....	90
7.2.1. Introducción.....	90
7.2.2. Construcción de la línea.....	91
7.2.3. Características del trazado.....	91
7.2.4. Material móvil.....	93
7.2.5. Horarios y servicios.....	93
7.3. Madrid-Málaga.....	93
7.3.1. Introducción.....	93
7.3.2. Construcción de la línea.....	94
7.3.3. Características del trazado.....	95
7.3.4. Material móvil.....	96
7.3.5. Horarios y servicios.....	96
7.4. Madrid-Alicante.....	96
7.4.1. Introducción.....	96
7.4.2. Construcción de la línea.....	96
7.4.3. Características del trazado.....	98
7.4.4. Material rodante.....	99
7.4.5. Horarios y servicios.....	99
7.5. Madrid-Galicia.....	99
7.5.1. Introducción.....	99
7.5.2. Construcción de la línea.....	99
7.5.3. Material rodante.....	102
7.5.4. Horarios y servicios.....	102
ANEXO I: SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	104
ERTMS.....	104

ASFA.....	106
LZB	108
ANEXO II: TRENES DE ALTA VELOCIDAD.	109
Serie 100, 101, 100R y 100F.	109
Serie 102 y 112.	111
Serie 103.	113
Serie 104 y 114.	115
Serie 120 y 121.	117
Serie 130.	119
Serie 730.	121
Locomotora S-252.....	123
ANEXO III: RECORDS ESPAÑOLES DE VELOCIDAD.....	125
CONCLUSIONES.	126
BIBLIOGRAFÍA.	132

Objetivo y alcance del proyecto.

Han pasado ya más de 20 años desde que empezó su andadura la primera línea de alta velocidad en España.

A esa línea le han seguido otras como la de Madrid-Barcelona, por citar la de mayor tráfico, Madrid-Valladolid, Madrid-Valencia, además de una serie de prolongaciones desde los recorridos principales de alta velocidad así como las que llegan a Toledo o Huesca, por poner un par de ejemplos.

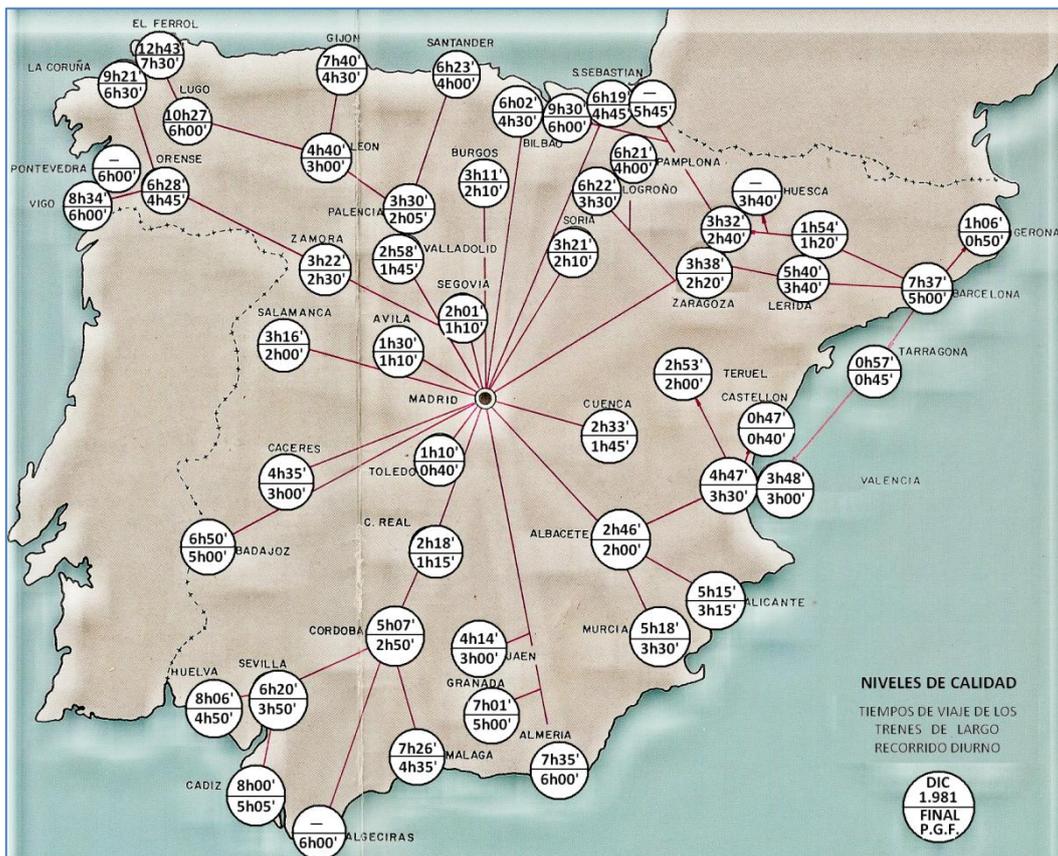
Actualmente España, con 2.515 kilómetros construidos, es el 2º país del mundo, después de China, en kilómetros de líneas de alta velocidad.

Es tiempo ya de hacer un balance crítico de la situación actual de esta red de altas prestaciones comparándola con lo que se proyectó inicialmente y explicando el por qué de las discrepancias existentes.

1. Antecedentes de la primera Línea de Alta Velocidad (LAV) en España.

Podemos decir, sin temor a equivocarnos, que el punto de partida a partir del cual se cimenta la primera Línea de Alta Velocidad en España es el PTF (Plan de Transporte Ferroviario que se puso en marcha en los 80 del siglo pasado). Quizá no de forma directa, pues en este plan no estaba recogida la creación de ninguna LAV pero sí que sería este impulso por la renovación de la red la que posteriormente daría pie a la creación de la primera LAV.

A su vez este PTF (1987) modificaba el denominado Plan General de Ferrocarriles (PGF) de 1981. La explicación de este cambio tan rápido hay que encontrarla en el cambio de gobierno que hubo en España en octubre de 1982. Según el PGF, cuyo desarrollo temporal era de 12 años, los tiempos de viaje finales iban a ser los indicados en la figura 1.



El Plan incluía los nuevos accesos a Andalucía y al norte-noroeste de España, la adecuación del triángulo Madrid-Barcelona-Valencia-Madrid a velocidades máximas de 200 km/h así como el desdoblamiento de los tramos de vía única en el mismo triángulo, la variante Bilbao-Vitoria y el desdoblamiento de vía en diversos tramos de la red que se aprovecharían para elevar las velocidades tipo a 160 ó 200 km/h. Podemos verlo más detalladamente en las fig.2 y fig.3.

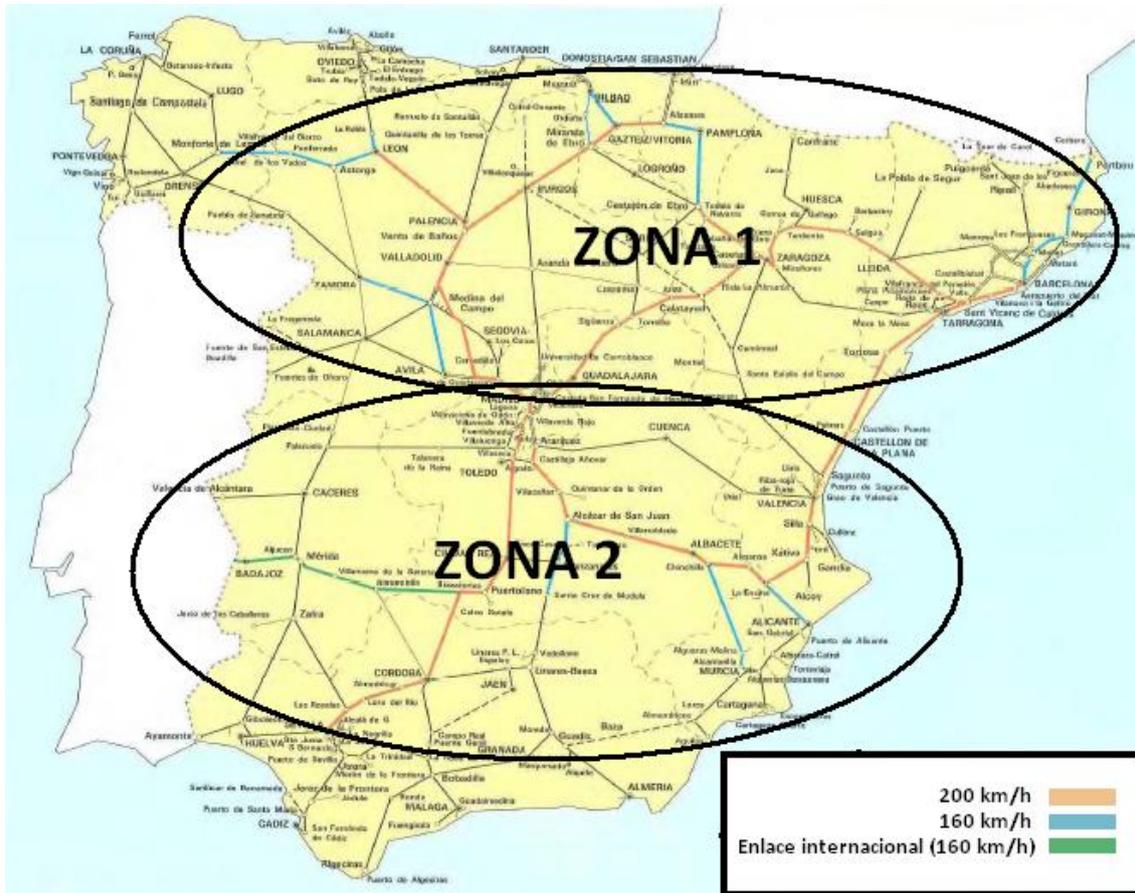


Fig.2. Velocidades tipo (Fuente, PTF).



Fig.2.1. Velocidades tipo: Zona 1.



Fig.2.2. Velocidades tipo: Zona 2.

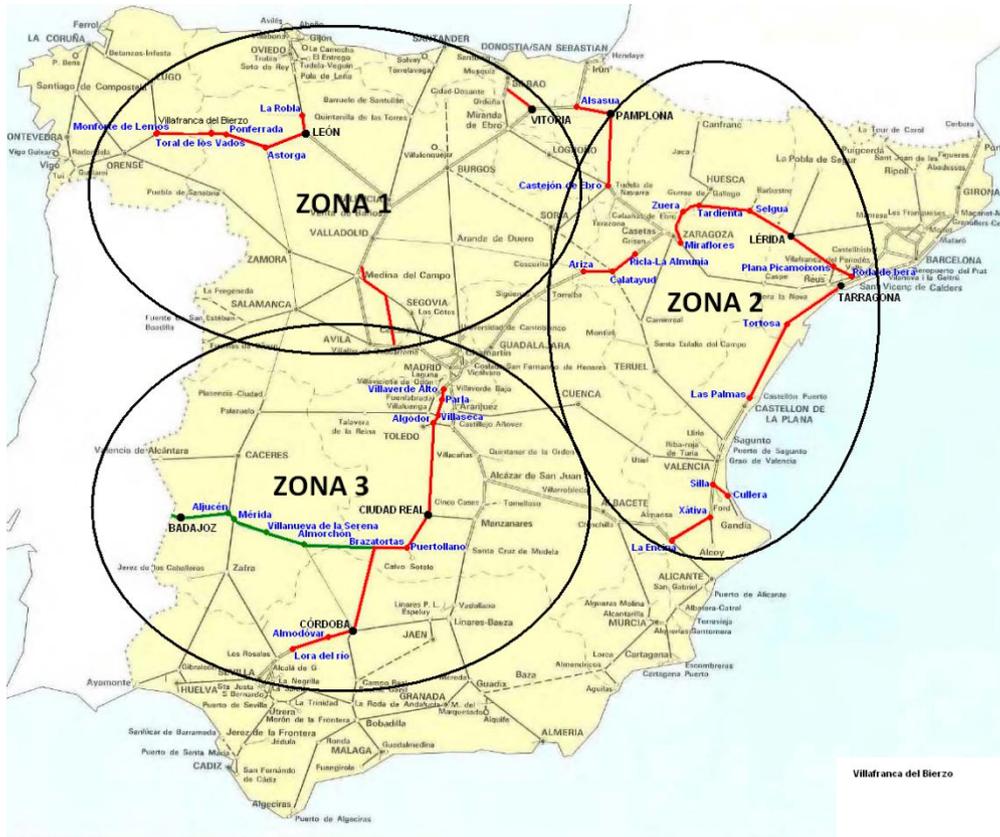


Fig.3. Mapa variantes y dobles vías (Fuente, PTF).



Fig.3.1. Mapa variantes y dobles vías: Zona 1.



Fig.3.2. Mapa de variantes y vías dobles: Zona 2.



Fig.3.3. Mapa de variantes y vías dobles: Zona 3.

Las variantes de Brazatortas-Alcolea y de Guadarrama, incluidas dentro del acceso a Andalucía y del acceso al norte-noroeste de España respectivamente, fueron diseñadas para velocidades de 200 km/h e incluso de 250 km/h en los tramos que lo permitieran sus características.

De esta manera se configuraba un eje norte-sur de elevadas características de diseño (200 km/h) del que se beneficiarían la mayor parte de las relaciones ferroviarias de Madrid con todo el norte y sur de la Península, y también las relaciones transversales.

También se contemplaba el enlace internacional con Portugal a través de la línea Madrid-Ciudad Real-Badajoz, con velocidades no inferiores a 160 km/h y aprovechando por lo tanto el nuevo trazado de Madrid-Ciudad Real-Brazatortas. Esta actuación debería de coordinarse con Portugal en el marco general de la mejora de las comunicaciones peninsulares. La inversión precisa para este enlace no fue cuantificada en el PTF ya que al ser un enlace internacional requeriría una financiación específica.

A lo largo de 1986 hubo un aumento muy significativo de las velocidades medias de los ferrocarriles españoles.

Podemos resaltar que en la línea Madrid-Zaragoza se bajó por 1ª vez de las 3 horas y con ello ganaba al tiempo que costaba hacer el mismo trayecto por carretera, alrededor de las 3 horas 25 minutos. Al elevar la velocidad máxima a 160 km/h se logró que la velocidad media fuese de 111 km/h.

Curiosamente en esas fechas es en el trayecto Palencia-León (Talgo pendular Madrid-Gijón) donde se obtiene la mayor velocidad media entre paradas. Aunque el trayecto está limitado a

140 km/h recorre los 123 kilómetros que separan ambas ciudades en una hora y un minuto, lo que supone un promedio de casi 121 km/h.

Como es obvio, con el aumento de las velocidades máximas en las líneas los tiempos de viaje tenderían a reducirse.

Con las mejoras de las líneas españolas programadas por el PTF estaba claro que el aumento de la velocidad media sería progresivo así como la reducción de los tiempos de viaje.

En el siguiente cuadro veremos esas relaciones aumento de velocidad/disminución de tiempo de viaje.

CUADRO 1 CARACTERÍSTICAS SERVICIOS DIURNOS						
RELACION	Situación actual		Propuesta		Ahorro de tiempo	Δ (%) velocidad
	T.	V.	T.	V.		
Madrid-Valladolid	2 h. 42 m.	93	1 h. 08 m.	177	1 h. 34 m.	90,3
Madrid-Palencia	3 h. 14 m.	92	1 h. 33 m.	161	1 h. 41 m.	75,0
Madrid-Santander	6 h. 09 m.	84	4 h. 02 m.	117	2 h. 07 m.	39,3
Madrid-León	4 h. 16 m.	99	2 h. 15 m.	166	2 h. 01 m.	67,7
Madrid-Gijón	7 h. 08 m.	83	4 h. 51 m.	112	2 h. 27 m.	34,9
Madrid-Burgos	2 h. 41 m.	122 (*)	1 h. 55 m.	168	46 m.	64,7
Madrid-Vitoria	4 h. 29 m.	89 (*)	2 h. 58 m.	150	1 h. 31 m.	68,5
Madrid-Bilbao	5 h. 46 m.	81 (*)	3 h. 41 m.	140	2 h. 05 m.	72,8
Madrid-Irún	6 h. 34 m.	82 (*)	4 h. 44 m.	125	1 h. 50 m.	52,4
Madrid-Zaragoza	3 h. 06 m.	109	2 h. 34 m.	127	32 m.	16,5
Zaragoza-Lérida	1 h. 46 m.	109	1 h. 19 m.	147	27 m.	34,9
Zaragoza-Barcelona	3 h. 37 m.	98	2 h. 53 m.	124	44 m.	26,5
Barcelona-Valencia	3 h. 50 m.	86	2 h. 35 m.	127	1 h. 15 m.	47,7
Madrid-Albacete	2 h. 27 m.	113	1 h. 49 m.	154	38 m.	36,3
Madrid-Valencia	4 h. 29 m.	109	3 h. 16 m.	149	1 h. 13 m.	36,7
Madrid-Alicante	4 h. 13 m.	108	3 h. 06 m.	146	1 h. 07 m.	35,2
Madrid-Murcia	4 h. 45 m.	97	3 h. 28 m.	133	1 h. 17 m.	37,1
Madrid-Ciudad Real	2 h. 15 m.	78	1 h. 00 m.	176	1 h. 15 m.	125,6
Madrid-Córdoba	4 h. 42 m.	94	2 h. 00 m.	177	2 h. 42 m.	88,3
Madrid-Sevilla	5 h. 57 m.	96	2 h. 48 m.	173	3 h. 09 m.	80,2
Madrid-Málaga	7 h. 16 m.	87	4 h. 13 m.	130	3 h. 03 m.	49,4
Madrid-Vigo	8 h. 19 m.	82	5 h. 59 m.	111	2 h. 20 m.	35,4
Madrid-Coruña	8 h. 55 m.	84	6 h. 44 m.	109	2 h. 11 m.	29,8

(*) Vía Aranda.

Fig.4. Relación t/v de 1986 con t/v del PTF (Fuente, Vía Libre).

De manera más gráfica puede apreciarse el acortamiento en los tiempos de viaje con el diagrama de la siguiente figura.

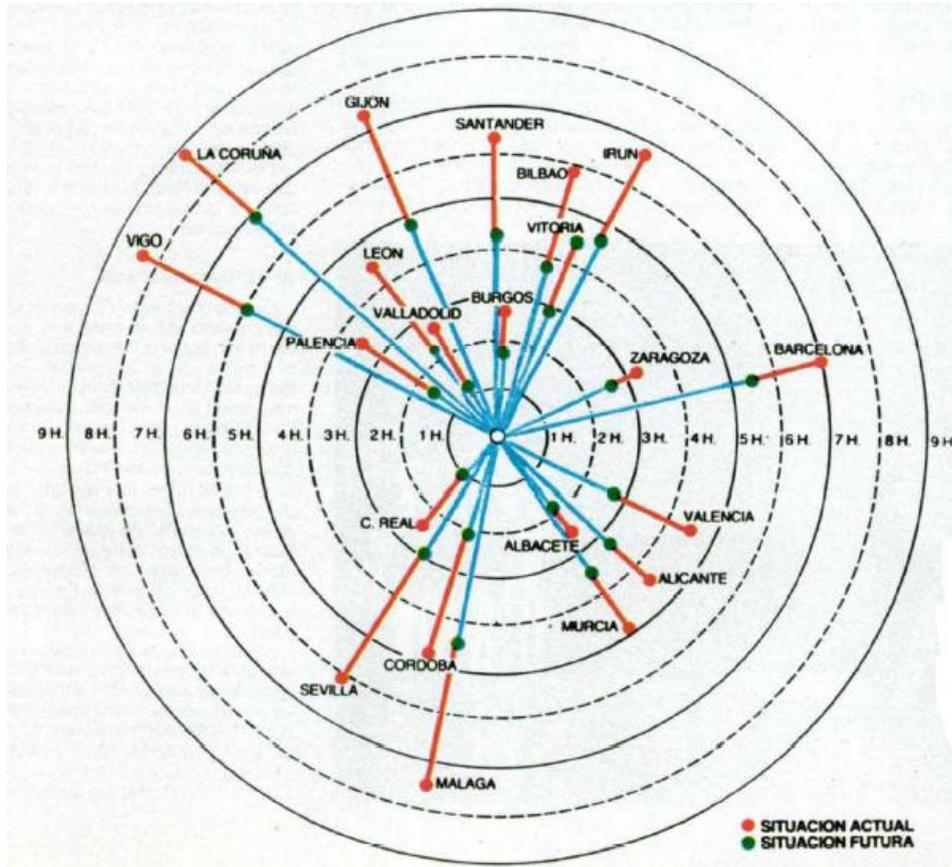


Fig.5. Reducción de tiempos (Fuente, Vía Libre).

De lo expuesto en las figuras 4 y 5 se desprende que la mejora era bastante importante pues los ahorros en tiempo eran muy significativos. Debido a esta mejora en el servicio el PTF contemplaba un aumento de la demanda tanto en viajeros como en mercancías. Estos estudios de demandas estaban realizados con el año horizonte (2000) que se suponía el año en el cual se acabarían de realizar los proyectos indicados en el PTF.

Se incluye también el correspondiente aumento de tráfico esperado para el año 2000 tras la ejecución del Plan.

	Año horizonte
* Incremento tráfico de viajeros de largo recorrido	74 %
* Incremento tráfico de cercanías.....	40 %
* Incremento tráfico de mercancías.....	60 %
Cuota de participación estimada.....	28,9 %
* Incremento tráfico total	60,4 %
Inversiones institucionales (media anual). (M. ptas.)	46.213
Inversiones institucionales amortizables (media anual).	34.068
** Inversiones de empresa (media anual). (M. ptas.).....	93.289

* Referido a 1985.
 ** No incluye intereses intercalares.
 Datos económicos en pesetas de 1986.

Fig.6. Previsiones de tráfico e inversiones hasta año 2000 (Fuente, Vía Libre).

1.1. Grandes proyectos del PTF.

Como ya hemos visto el PTF incluía 5 grandes proyectos:

- Nuevo acceso a Andalucía (Variante Brazatortas-Alcolea).
- Nuevo acceso al norte-noroeste de España (Variante de Guadarrama).
- Adecuación del triángulo Madrid-Barcelona-Valencia-Madrid.
- Resolución del estrangulamiento de Orduña (Variante Vitoria-Bilbao).
- Enlace internacional con Portugal a través de Madrid-Ciudad Real-Badajoz.

A continuación se hace un resumen acerca de los más destacados

1.1.1. NUEVO ACCESO A ANDALUCÍA: VARIANTE BRAZATORTAS-ALCOLEA.

En octubre de 1986 el entonces vicepresidente del Gobierno, Alfonso Guerra, puso especial énfasis en puntualizar que era la obra ferroviaria de mayor envergadura realizada en España en el siglo XX, y que pondría a los trenes españoles en las puertas del siglo XXI.

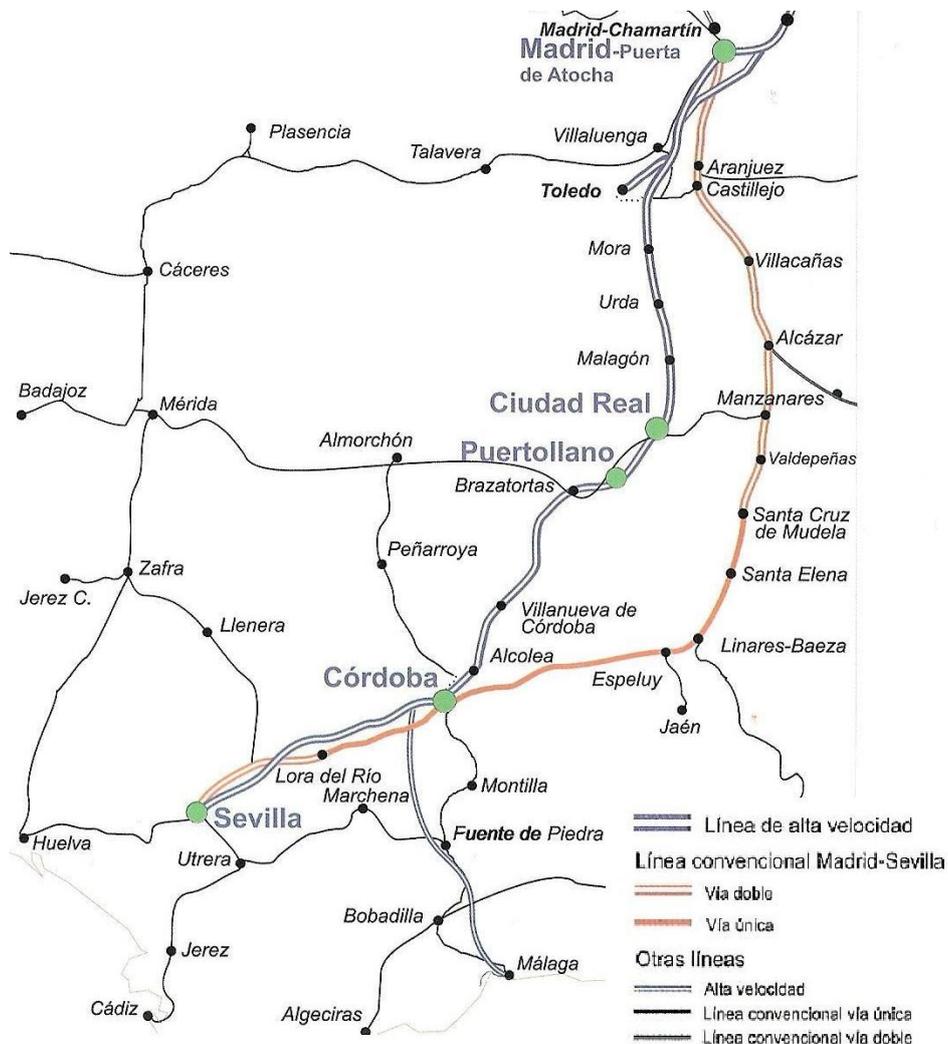


Fig.7. Trazado en planta comparativo entre línea nueva y vieja. (Fuente, Monografías Vía Libre).

Esta variante, dentro de la línea Madrid-Sevilla, era la obra estrella del PTF, la que pondría fin al estrangulamiento histórico de Despeñaperros. Con ella se iniciaba el Plan de Transporte Ferroviario.

En junio de 1986 se puso en marcha un programa de mejora de velocidades de los trenes con elevación máxima a 160 km/h después de 22 años de estancamiento en 140 km/h; y en octubre de ese mismo año se produce el anuncio por parte del entonces vicepresidente del Gobierno de que se iba a construir un “Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía” (NAFA).

Como ya hemos comentado anteriormente este anuncio (dentro del PTF) y el proceso que abre son los que marcan el punto de inflexión en la historia del ferrocarril español.

Esta línea sería la que al fin y a la postre se convertiría en la primera LAV construida en España aunque no la primera proyectada, pues mientras se estaba planificando la variante de Despeñaperros para Andalucía con la única finalidad de descongestionar el tráfico en ese paso de montaña, a la par se estaba proyectando la línea de alta velocidad de Barcelona.

Para comprender cuáles fueron las razones de esta decisión y de que se escogiese la línea de Sevilla anteponiéndola a la de Madrid-Barcelona, hay que tener en cuenta cual era la situación de las líneas ferroviarias que unían entonces Madrid con Andalucía. Esta situación se describirá con más detalle al tratar en particular la línea Madrid-Sevilla.

El carácter radial y troncal de la red española se concentraba muy especialmente en la línea de Andalucía que en sus diversos tramos soportaba más de la mitad del tráfico español de viajeros de largo recorrido. De los 571 km de la línea convencional Madrid-Sevilla, 276 km eran de vía única (48,5% de la línea). Por Despeñaperros el grado de saturación era prácticamente total y los trenes de mercancías habían de esperar a veces muchas horas en Vadollano a que los trenes de viajeros les dejasen libre algo de capacidad. Escasamente quedaba tiempo para realizar el mantenimiento que pretendía evitar las interceptaciones de vía. Así pues puede imaginarse el caos que suponía la vía cortada en Despeñaperros.

Pese a los esfuerzos realizados en el verano de 1986, no permitían competir, y por ello se estaba acometiendo el plan integral de mejora de la línea Madrid-Sevilla con actuaciones que, más que mejorar, sólo servían para evitar el deterioro.

El NAFA perseguía un aumento de la capacidad, más que la reducción de tiempos de viaje. Hay dos aspectos relevantes en la decisión: la elección del nuevo trazado y la velocidad de diseño.

Se escoge un nuevo trazado más directo y se renuncia al desdoblamiento de la vía en Despeñaperros que aunque resolvería el problema de capacidad sería una obra costosísima y seguiría sin resolver el grave problema de tiempos de viaje.

Este trazado directo aprovecharía entre Madrid y Puertollano el trazado de la línea de Madrid a Badajoz, construyéndose un tramo nuevo de Brazatortas a Alcolea de Córdoba.

Al igual que en el resto de las líneas del país, el PTF marcaba un aumento de la velocidad máxima de las líneas de 160 o 200 km/h. En este caso al ser una construcción nueva podía llegar hasta los 250 km/h. Hay que tener en cuenta que la línea fue proyectada en ancho

ibérico pero en diciembre de 1988 meses después del comienzo de las obras en la variante se aprobó que la línea fuese de ancho estándar, también denominado UIC de 1435 mm, con tensión de 25000 voltios y corriente alterna. Los nuevos parámetros de diseño dieron un cambio sustancial en las velocidades. Fue entonces cuando se tomó la decisión de que la línea Madrid-Sevilla habría que construirse como línea de alta velocidad.

Debe tenerse en cuenta la influencia en esta decisión que tuvo el éxito de la línea de París a Lyon, inaugurada parcialmente en 1981, a 260 km/h, lo que motivó la decisión de que la línea nueva fuera apta para 250 km/h, superando así la velocidad prevista inicialmente por Renfe para el acceso por Brazatortas, que era de 160 km/h.

En la figura 7 se presenta el trazado de la nueva línea y se compara con la que ya existía más a la derecha. Esta nueva línea seguiría la traza de la que unía Madrid con Ciudad Real, debido a ello se levantó la vieja línea y sobre ella se tendieron los nuevos raíles. En este primer tramo manchego fue donde se insertó La Sagra, base de mantenimiento de los trenes de la línea. Este nuevo itinerario permitiría además de poder circular a más velocidad acortar 92 km la distancia con Andalucía.

Como hemos visto, en líneas generales, lo que se pretendía con el PTF era aumentar la velocidad de las líneas y mejorar las infraestructuras, en ningún momento se habla de la creación de una LAV en la línea de Madrid-Sevilla aunque hechos posteriores y cambios importantes en el proyecto inicial harían que fuese considerada una LAV.

Lo vemos claramente en este extracto sacado directamente del PTF:

“El nuevo acceso a Andalucía (variante Brazatortas-Alcolea), es una obra necesaria para solucionar el cuello de botella más importante de la red actual. Simultáneamente permite una radical modernización del servicio a Andalucía, al diseñarse con una velocidad máxima de 250 km/h y acortar las distancias kilométricas (92 km), lo que en definitiva supone una importante reducción del tiempo de viaje (3 horas) y una ruptura del concepto tradicional el servicio ferroviario.”

El tiempo estimado para unir Madrid con Sevilla sería de unas 3 horas, lo que reduciría a la mitad el tiempo empleado hasta 1986.

Cabe destacar que por esas fechas (1986) no estaba terminada la autovía de Madrid a Córdoba y Sevilla, lo cual significaba una gran baza para la línea de ferrocarril frente a la opción de la carretera que por aquel entonces no bajaba de las 5 horas (Córdoba) y 7 horas (Sevilla) de duración del viaje. A continuación se muestra el cuadro comparativo entre carretera y ferrocarril:

DISTANCIAS/TIEMPOS DE VIAJE Y VELOCIDADES MEDIAS		
	ACTUAL	FUTURA
MADRID-CORDOBA		
Carretera	400 km. 5 h. 12' 77 km/h.	390 km. 3 h. 54' 100 km/h.
Ferrocarril	442 km. 4 h. 43' 94 km/h.	350 km. 2 h. 4' 169 km/h.
MADRID-SEVILLA		
Carretera	540 km. 7 h. 18' 74 km/h.	527 km. 5 h. 16' 100 km/h.
Ferrocarril	574 km. 6 h. 1' 95 km/h.	482 km. 3 h. 161 km/h.

Fig.8. Estudio comparativo distancias/tiempos de viaje y velocidades media. (Fuente, Vía Libre).

1.1.2. NUEVO ACCESO AL NORTE-NOROESTE DE ESPAÑA (LA VARIANTE DE GUADARRAMA).



Fig.9. Cinco corredores planteados para la Variante NORTE (Fuente, Vía Libre).

A comienzos del siglo XX el tramo asignado como acceso para todo el Noroeste y Norte de España era la línea de Madrid a Valladolid. De Madrid había que pasar por Valladolid para ir por ferrocarril a cualquier lugar del arco comprendido desde Vigo hasta Pamplona.

Para llegar hasta Valladolid era preciso salvar la sierra del Guadarrama, a unos 60 km de Madrid y con altitudes de más de 1000 m.

Al finalizar el siglo XIX la Compañía del Norte había incluido en su red dos pasos: por Ávila, cruzando la divisoria en La Cañada (altura máxima de 1359 m, rampa de 17 milésimas y túnel más largo de 900 m) y por Segovia, cruzando la divisoria de la Tablada de esta cordillera (altura máxima 1295 m, rampa de 19 milésimas y túnel más largo de 2380 m). Estos cumplían las condiciones con las que se diseñaba la red en aquél período: rampas relativamente suaves, túneles no muy largos y buscando el que las líneas pasaran por el mayor número de ciudades capaces de generar tráfico. Ambas líneas confluían en Medina del Campo antes de seguir a Valladolid esto suponía un incremento del recorrido ya que hasta la capital castellana tenían respectivamente 249 y 197 km. Más tarde se construiría para el acceso al Norte de España un tercer paso ferroviario de la sierra del Guadarrama, diseñado en los años 20 pero que no entraría en servicio hasta 1968. Este paso correspondería al ferrocarril directo de Madrid a Burgos.

A la vista de estos antecedentes, la salida directa desde Madrid al Norte y Noroeste ha sido un empeño desde casi el siglo XIX aunque no sería hasta el año 2000 cuando se optase por un nuevo trazado.

El PTF recogía la idea del nuevo acceso. A comienzos de 1987 se planteaba una cuádruple vía Madrid-Las Zorreras y dos proyectos de conexión, que saliendo en ambos casos de este último lugar, en una opción se iba hasta Sanchidrián, conectando con la vía entre Ávila y Medina, y en la otra se llegaba a la línea Segovia-Medina, algo más allá de Nava de la Asunción.

Sin embargo cuando se aprobó el PTF se encargó el proyecto para una velocidad de 250 km/h, se pensó que iniciar la variante de Las Zorreras no sería correcto ya que venía impuesto por la falta de recursos de inversión, que ya no era preciso mantener, debido a la inyección de 2,1 billones para la realización de las obras de PTF. Así pues, tomaría cuerpo la idea de una nueva vía para canalizar el tráfico de largo recorrido. Como resultado de este nuevo enfoque surgieron tres corredores más: Navacerrada, Rascafría y Peñota. (Fig.9.)

CINCO OPCIONES PARA LA VARIANTE NORTE				
CORREDORES	DESARROLLO		INVERSION (INCLUYE ENLACE MEDINA)	TIEMPO VIAJE ESTIMADO
	Madrid-Valladolid	Madrid-Medina		
GUADARRAMA (Avila).....	198	160	86.824	1 h. 8 min.
GUADARRAMA (Segovia)..	183	166	81.615	1 h. 3 min.
NAVACERRADA.....	174	176	71.295	1 h. 0 min.
RASCAFRIA.....	185	187	74.118	1 h. 3 min.
LA PEÑOTA.....	195	197	70.236	1 h. 7 min.

Fig.10. Características de los corredores (Fuente, Vía Libre).

La idea inicial para la elección del corredor, debido a lo complejo de la elección, era realizar un análisis sistemático, diseñándose un proceso de desarrollo y evaluación de proyectos. Después

de homogeneizar y actualizar la información correspondiente a cada uno de los cinco posibles corredores, se concibió un sistema consistente en ir aumentando sucesivamente el detalle de los estudios, eliminando en cada paso las opciones menos favorables.

A principios del año 2000 aún se discutía entre estas opciones, pero finalmente se decidió construir un trazado nuevo, de 179 km de longitud, con un larguísimo túnel de base bitubo, de 29 km de longitud, la obra culmen de la ingeniería subterránea española.



Fig.11. Túneles de Guadarrama (Fuente, Vía Libre).

1.1.3. RESOLUCIÓN DEL ESTRANGULAMIENTO DEL PUERTO DE ORDUÑA (“Y” VASCA).

El PTF decía lo siguiente:

“El estrangulamiento que supone el actual puerto de Orduña, de muy difícil solución mediante actuaciones sobre el trazado actual que, dada la topografía del terreno hace inviable su desdoblamiento, se resuelve mediante una variante (Bilbao-Vitoria) que se diseña con velocidades de 160 km/h, habida cuenta de las dificultades del área por la que discurre. La variante, que presenta una baja tasa de rentabilidad interna (3-5%), supone un acortamiento de 67 km sobre la distancia actual (137 km) y tiene una incidencia muy localizada territorialmente, ya que afecta principalmente a Bilbao y muy especialmente en su relación con Vitoria.”

Por otra parte, la nueva variante hace que la circulación de los trenes desde Zaragoza al País Vasco se haga también por Castejón-Pamplona-Alsasua, lo que requiere desdoblamiento.”

El PTF aportaba alternativas diferenciadas y no cerradas, por un lado, el cierre del eje Norte-Sur en su conexión internacional por Irún y, por otro, la solución a las graves deficiencias de intercomunicación en este modo de transporte entre las tres capitales vascas.

Hemos visto lo que planteaba el PTF, sin embargo el Gobierno Vasco proponía una solución muy imaginativa, la “Y Vasca”, que tiende a unificar los dos proyectos contenidos en el PTF en una sola actuación. En la figura 12 podemos ver la comparativa entre la línea de entonces, la propuesta del PTF y la propuesta del Gobierno Vasco.

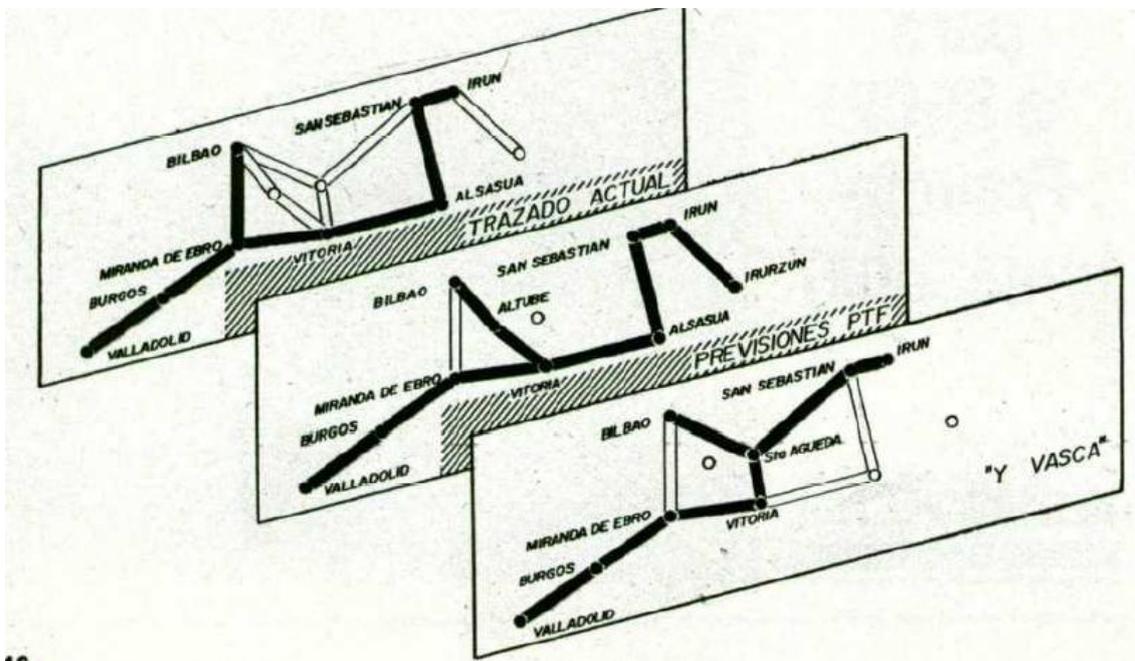


Fig.12. Comparativa de proyectos para la resolución del estrangulamiento de Orduña (Fuente, Vía Libre).

Al igual que otros proyectos del PTF, finalmente no se llevó a cabo en el plazo horizonte, año 2000, que el propio plan marcaba. Actualmente la Y Vasca se encuentra en construcción. Esta es parte de la línea de alta velocidad Vitoria-Bilbao-San Sebastián-Frontera Francesa. Con una longitud de casi 180 km, tiene casi todos los tramos adjudicados, de modo que el 80% de los mismos están en obras o finalizados.

No obstante, algunos de los tramos más complejos, como el nudo de Bergara, están aún por adjudicar, así como los accesos a las capitales vascas y el punto de conexión con Francia.

2. Línea Madrid-Sevilla

2.1. Introducción

En 1986 el ferrocarril español se encontraba en sus horas más bajas. Lastrado por una concepción anticuada del mismo. Se acababan de cerrar casi 1000 km de líneas, dejando sin tren a una parte importante del territorio español, para intentar detener el crecimiento del déficit de Renfe. Sin embargo éste siguió aumentando.

Para aumentar la competitividad del ferrocarril era necesario equiparar al resto de medios de transporte, esta sería la manera de cambiar el proceso de caída libre que venía desarrollando el ferrocarril en las últimas décadas.

En octubre de 1986, en Sevilla, se produce el anuncio por el entonces vicepresidente del Gobierno español de que se iba a construir un “Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía” (NAFA). Este estaba dentro del Plan de Transporte Ferroviario, el PTF, que pretendía resucitar el ferrocarril español. Este sería pues el punto de inflexión en la historia del ferrocarril español.

2.2. Situación de la línea en 1986.

La línea Madrid a Sevilla servía además para unir la capital de España con Almería y Granada (separándose de la línea principal en Linares Baeza), con Jaén (ramal desde Espeluy), con Málaga (desde Córdoba), Cádiz y Huelva (ambas desde Sevilla). Este carácter arborescente hacía que por los diversos tramos de la línea de Madrid a Sevilla pasaban en 1986 por sentido 4 trenes Talgo, 9 expresos y ómnibus y 2 rápidos a los que habría que añadir no menos de 6 trenes transversales y numerosos regionales. Entre Madrid y Sevilla (571 km, 31% más que en línea recta), una buena parte del recorrido (276 km, 48,5 %) es de vía única, ya que solo los tramos de Madrid a Manzanares y de Lora del Río a Sevilla estaban dotados de vía doble. Por Despeñaperros el grado de saturación era prácticamente total y los trenes de mercancías, como ya se ha indicado en la introducción, habían de esperar a veces muchas horas en Vadollano a que los trenes de viajeros les dejasen libre algo de capacidad. Durante años, a media tarde, se cruzaban entre Almuradiel y Linares seis Talgos, tres en cada sentido separados media hora entre sí. De madrugada, los expresos necesitaban también horas para cruzarse y por las mañanas apenas quedaba tiempo para realizar el mantenimiento que pretendía evitar las interceptaciones de vía. Puede imaginarse fácilmente que la vía cortada en Despeñaperros (algo que ocurría con cierta frecuencia) suponía un problema grave y retrasos de muchas horas a los trenes, que habían de desviarse por Puertollano y de Almorchón a Córdoba o por Cáceres y de Mérida a Los Rosales.

Los tiempos de viaje, pese a los esfuerzos realizados en el verano de 1986 (aumento de las velocidades medias), no permitían competir con la carretera, y por todo ello se estaba acometiendo un plan integral de mejora de la línea de Madrid a Sevilla con actuaciones que más que mejorar, solo servían para evitar el deterioro de la línea.

Por esto el 11 de octubre de 1986 se anunció la construcción de la nueva línea, en la que se perseguía un aumento de la capacidad, más que la reducción de los tiempos de viaje.

2.3. Construcción de la línea.

2.3.1. Variante de Brazatortas.

La Variante de Brazatortas a Alcolea de Córdoba fue la opción adoptada para salvar el cuello de botella de Despeñaperros. Este era un trazado más directo y con esta decisión se dejaba de lado la posibilidad de realizar el desdoblamiento de la vía en Despeñaperros, posibilidad que había sido estudiada en años anteriores pese a ser una obra costosísima y que no resolvería el grave problema de tiempos de viaje. Esta sería la obra estrella de la línea Madrid-Sevilla.



Fig.13 .Línea Madrid Sevilla contemplada en las actuaciones del PTF (Fuente, PTF)

Esta variante sería acometida en un plazo de 4 años y sería diseñada para una velocidad de 250 km/h.

A finales de 1987 comenzaron las obras entre Brazatortas y Córdoba. La variante que uniría Alcolea en la provincia de Córdoba, con Brazatortas en el Sur de Ciudad Real, atravesaría las comarcas del valle de la Alcadia, Sierra Morena y los Pedroches, cubriendo un total de algo

más de 104 km y con un presupuesto (en un principio) de más de 36.000 millones de las antiguas pesetas. El plazo máximo de ejecución de las obras sería de 42 meses, y finalizaría en diciembre de 1990.

Fueron necesarios 14 viaductos, para superar el accidentado perfil geográfico, con más de 4,5 km de longitud en su conjunto, superando el viaducto más largo los 530 m. Se construyeron 14 túneles con más de 15 km de longitud, siendo el túnel más largo de 2,5 km, y se necesitó la realización de 50 pasos superiores e inferiores.

El proyecto inicial de la Variante constaba de 4 tramos, el primero de ellos, entre Alcolea y Adamuz, de 16,5 km y un presupuesto que superaba los 5.000 millones de pesetas, siendo el plazo de ejecución de 34 meses, en los que habrían de abordarse como obras principales: un túnel de 1,875 km, un viaducto de 420 m, 11 pasos a distinto nivel y la estación de Adamuz.

El segundo tramo, entre Adamuz y Villanueva, tenía un presupuesto que se acercaba a los 14.000 millones de pesetas y una longitud de 28,3 km. Su plazo de ejecución era de 42 meses y sus obras más importantes era: 8 túneles con una longitud total de 6,495 km, 7 viaductos con una longitud total de 2,355 km, 6 pasos a distinto nivel y el apeadero de Arrollo de El Valle.

El tercer tramo se extendería entre Villanueva y Conquista. Su longitud sería de 22,3 km y su presupuesto algo más de 5.413 millones de pesetas. Tenía un plazo de ejecución de 42 meses, y como ejecuciones más destacables tenía: un túnel de 750 m, 3 viaductos con un total de 292 m, 15 pasos superiores e inferiores y las estaciones de Villanueva de Córdoba y Conquista.

El último tramo entre Conquista y Brazatortas tenía un recorrido de 37,2 km con un presupuesto cercano a los 12.000 millones de pesetas. El proyecto incluía como obras más importantes: 4 túneles y 3 viaductos, cuyas longitudes totales, respectivamente, eran 5.830 m y 1.410 m. Se construirían también 17 pasos a distinto nivel y la estación de la Venta de la Inés.

Una vez realizadas todas las obras se procedería a realizar la instalación de la electrificación, la señalización y la realización de pruebas. Todo debería estar listo para antes de 1992.

2.3.2. Obras importantes.

Se citan a continuación, indicando situación y longitud, las obras de fábrica más importantes de la línea.

Túnel	Longitud (m)	Km	Viaducto	Longitud (m)	Km
Perales	402	11,0	Autovía M-30	80	2,0
Veredas	1.308	231,7	Santa Catalina	518	5,2
Venta de Inés	1.681	246,6	Manzanares	66	10,5
El Horcajo	1.203	249,6	Tajo	704	63,4
La Garganta	1.546	252,7	Guadiana	296	162,0
Los Caños	614	277,4	Ciudad Real	929	172,1
El Valle	303	294,2	Jabalón	77	182,2
Piedras Blancas	1.645	295,9	Puertollano	140	209,3
Piedras de la Sal	2.569	299,4	Ribera	346	251,5
Churretes Altos	541	303,5	Garganta	266	255,3
Churretes Bajos	600	305,2	Río Guadalmez	798	263,7
El Escribano	272	306,3	Venta de los Lobos	80	286,3

Alto del Acebuchoso	481	309,4	Matapuercas II	80	287,8
Piedras del Aire	337	310,0	Matapuercas I	27	288,2
El Cortijo	340	312,1	El Valle	510	297,2
Loma del Partidor	1.871	320,1	Martindientes	330	297,7
Castillo Almodovar	317	366,4	Cortaceros II	51	302,3
			Cortaceros I	240	302,5
			Churreteles	420	304,4
			Vinuelas	195	307,0
			Boyeros	510	307,5
			Parrilla	285	310,5
			Concejo	285	313,7
			Guadalmellato	330	328,4
			Almodovar	95	366,3
			Guadiato	110	369,2
			Bembezar	53	383,4
			Guadalvacar	55	410,1
			El Churri	80	415,3
			Guadalquivir	250	423,1
			Corbones	64	427,5
			Tamarguillo	86	466,2

Fig. 14. Viaductos y túneles de la línea (Fuente, Vía Libre).

2.4. El ancho de vía

En 1986, cuando se decide construir la línea, se piensa que funcionará en ancho de vía ibérico y a 15 kV y 50 Hz, por lo que solo se considera necesario construir la línea nueva desde Getafe hasta Córdoba, empleándose la vía existente desde Madrid a Getafe-Alicante y desde Córdoba a Sevilla (tramos en los que se preveían mejoras puntuales).

Así pues el primer diseño reciclaba el trazado del ferrocarril Madrid-Ciudad Real-Puertollano desde Parla. El 11 de enero de 1988 se cerraba al tráfico la línea Madrid-Ciudad Real para realizar las obras del nuevo trazado a gran velocidad de Madrid a Brazatortas, que utilizaría en parte el trazado de la primera. Los trenes destino a Puertollano, Ciudad Real y Badajoz utilizarían mientras durasen las obras la línea de Andalucía hasta Manzanares, desviándose en esta localidad por la línea de Manzanares a Ciudad Real. Este trazado de la línea entre Madrid y Brazatortas se dividió en 5 tramos: Brazatortas-Ciudad Real, Ciudad Real-El Emperador, El Emperador-Mascaraque, Mascaraque-Villaseca y Villaseca-Getafe.

El 9 de diciembre de 1988 se produjo un cambio importante en la concepción de la línea. El consejo de ministros aprobó la adopción del ancho europeo de vía para la línea Madrid-Sevilla por Brazatortas.

Esta decisión forzaba a crear una línea completamente diferente a los estándares normalizados de Renfe, por lo cual era preciso construir tramos nuevos desde Parla hacia Madrid y desde Alcolea hasta Sevilla. Los nuevos parámetros de diseño configuraron otro cambio sustancial en las velocidades. Así, de los 160 o 200 km/h se pasaría a los 270 km/h de los tramos manchegos y 220 km/h en los más escarpados de Sierra Morena.

Probablemente en esta decisión está el germen de la consideración de la alta velocidad española como algo radicalmente diferente: líneas exclusivas para viajeros en alta velocidad, sistema de gestión diferente e incluso separación física. Sin embargo, en el momento del diseño de la línea, e incluso durante la redacción de los proyectos, la idea no era esa, sino que podía deducirse que se concebía la línea como una más, aunque electrificada a 25 kV.

Pese a los cambios en el diseño los trabajos de construcción de la línea se desarrollaron muy rápidamente, hasta el punto de que en septiembre de 1991 ya circuló un Talgo Pendular remolcado por la diesel 353.002 desde Madrid Atocha hasta la entrada de Sevilla, poniéndose en servicio comercial la línea Madrid a Sevilla y el ramal de 7,5 km desde Majarabique a la Expo el 21 de abril de 1992.

2.5. Descripción del trazado

La línea toma su kilómetro 0 en el final de vía de la estación terminal de Madrid-Puerta de Atocha, situada a una altitud de 617,7 metros. Desde allí, un haz de cuatro vías compartidas con la línea Madrid-Barcelona (LAV 2) , conducen el trazado hacia el exterior de la ciudad, cruzando sobre la autopista urbana M-30 encajonado entre dos líneas de ancho convencional y de uso casi exclusivo para Cercanías: Madrid-Barcelona por Entrevías, al norte, y las conexiones a Parla y Aranjuez, al sur.

Tras virar hacia el sur, la línea deja a su izquierda la zona de talleres de Cerro Negro y el acceso a la cercana estación de Santa Catalina, y abandona el término municipal de la capital poco después de pasar sobre su segundo anillo de circunvalación. En este punto, ambas plataformas discurren prácticamente paralelas, pero de forma independiente entre sí, hasta que en el kilómetro 7 ambas divergen definitivamente.

Desde allí, y tras rebasar en el kilómetro 13,4 la conexión con el baipás de Perales del Río, la línea a Sevilla comienza un recorrido sobre la meseta que se caracteriza por una sucesión constante de largas rectas y curvas suaves que, en la mayor parte de las ocasiones, cuentan con un radio que no baja de los 4.000 metros. En cuanto a la pendiente, el trazado entre Madrid y Ciudad Real presenta una ondulación constante pero relativamente poco significativa, con numerosas rampas en torno a las 12 milésimas por metro.

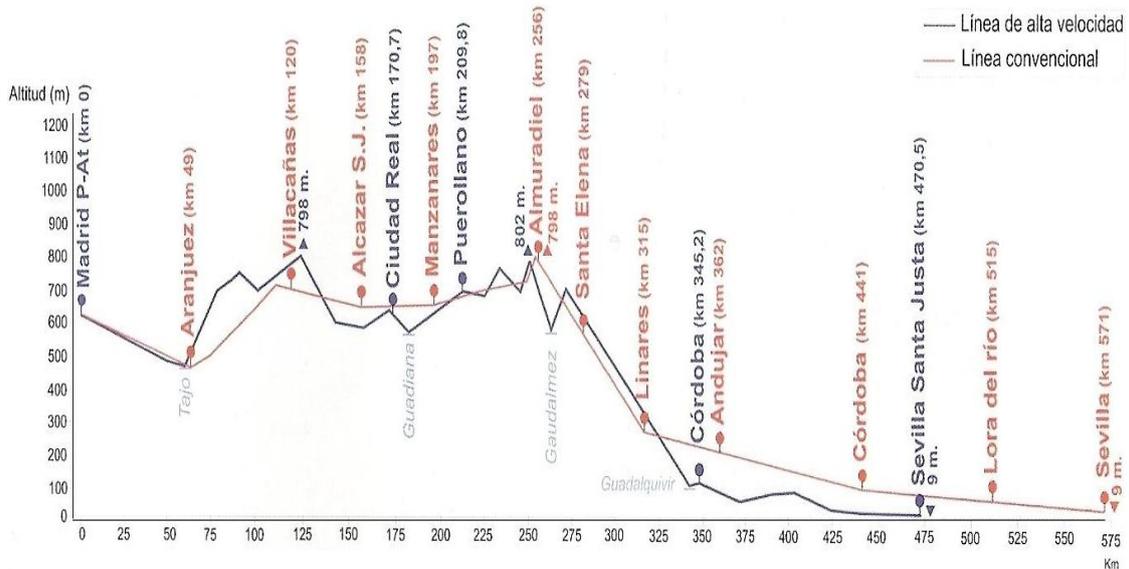


Fig.15. Perfil de la línea convencional y de alta velocidad Madrid-Sevilla (Fuente, Monografías Vía Libre).

Tras cruzar el río Manzanares y ascender suavemente hacia Paral, la línea desciende primero hacia la ribera del río Tajo, y remonta en torno a los 465 metros de altitud, tras superar las instalaciones de mantenimiento de material rodante de La Sagra, situadas en el kilómetro 53,7, y la bifurcación de la línea de alta velocidad hacia Toledo. Una rampa superior a las 12 milésimas por metro devuelve a la línea a la cota de los 700 metros tras superar la localidad de Ablantes (kilómetro 73), con la que coquetea hasta pasar la zona de Los Yébenes, donde un nuevo ascenso lleva a la plataforma a rozar los 800 metros de altitud en el kilómetro 125,8, entre Urda y El Emperador. En toda esta zona sigue aproximadamente (con rectificación importante de curvas) el trazado de la antigua línea de Madrid a Badajoz por Ciudad Real, como ya se ha dicho, levantada en 1988, y cuyos restos se pueden apreciar a ambos lados del trazado.

Superado ese punto, a la línea sólo le queda entonces iniciar un suave y titubeante descenso que la lleva hasta la cota en torno a los 600 metros en el cruce sobre el río Guadiana, y remontar después hasta 620 metros de la estación de Ciudad Real (km 171).

Al rebasar la ciudad manchega, el corredor de alta velocidad recibe por el este a la línea convencional Ciudad Real-Badajoz, con la que comparte en paralelo la mayor parte del trazado (por el este primero hasta Valdarachas, y desde allí por el oeste) hasta Puertollano. Para llegar hasta ese complicado paso de línea desciende primero hasta el cauce del río Jabalón, y emprende de nuevo el ascenso con numerosas rectas y curvas amplias, cuyo radio no baja de los 4.000 metros hasta que el corredor enfila prácticamente la estación de Puertollano, situada en el kilómetro 209,4, y a una cota de 689,3 metros de altitud.

El paso por esta localidad es sin duda el punto más complicado de la línea, ya que la alineación con el corredor de alta velocidad sigue aquí fielmente el trazado de la línea antigua, y atraviesa sin variantes el estrecho paso de la sierra en la que está encajonada la ciudad. En menos de 6 kilómetros se concentran así dos curvas de 2.300 metros de radio, situadas al comienzo y al final de la sección, y entre ellas se suceden otras cuatro de radios muy reducidos: 800, 335, 400 y 520 metros, respectivamente y en sentido sur. Este particular zigzagueo obliga a reducir

la velocidad a menos de 80 km/h al entrar y salir de la localidad, e incluso a 70 km/h al paso por la estación.

Superado Puertollano, la línea encara el tramo que requirió los mayores esfuerzos en el momento de su construcción: la llamada variante de Brazatortas. Para llegar hasta el Puesto de Banalización de esta localidad, el trazado en planta de la plataforma sigue primero la alineación de la línea a Badajoz, que discurre paralela y al sur, y ambas remontan juntas el valle del río Ojailén. Pasado Brazatortas se separan, y la plataforma del conocido como Nuevo Acceso Ferroviario a Andalucía retoma dirección sur y comienza con un primer túnel junto a Veredas, el duro cruce de Sierra Morena: la línea llegará a pasar a apenas 15 kilómetros en línea recta del punto más alto de la cordillera: el pico Bañuela, con 1.323 metros de altitud.

Los siguientes kilómetros se caracterizan por una planta de curvas sucesivas con radios de 3.500 metros primero y 3.200 metros después, y por un último ascenso hasta superar la cota de los 805 metros, la segunda mayor de todo el corredor, tras el túnel de Ventas de Inés, de 1.680 metros de longitud, que perfora la sierra del Rey. El cruce de esta escarpada zona se completa con un prolongado descenso en pendiente de 12,1 milímetros por metro, y otros dos túneles: El Horcajo y La Garganta, de 1.204 y 1.545 metros de longitud respectivamente.

Tras remontar suavemente al pasar la localidad de Conquista, la línea comienza un descenso ininterrumpido y muy prolongado a lomos de la Sierra Morena: 55 kilómetros de bajada ininterrumpida y una pendiente máxima de 13,1 milímetros por metro para salvar un desnivel de cerca de 700 metros de altitud.

Atravesando la comarca de Los Pedroches primero y la del Alto Guadalquivir después, la planta general de este tramo hasta Adamuz es la de una línea con un amplio zigzag que en el detalle, y a causa de lo ondulado del terreno, se traduce en más de dos decenas de curvas conectadas entre sí por un escaso número de breves rectas. En ese esquema los radios de 3.200 metros que son norma entre Conquista y Villanueva de Córdoba se reducen a 2.300 metros desde allí hasta Adamuz. El perfil de la línea en su entrada a la ciudad de Córdoba no presenta más detalles de relevancia que una leve vaguada tras pasar Alcolea, justo cuando la línea comienza a viajar junto al río Guadalquivir y al corredor convencional Madrid-Sevilla por Despeñaperros, aunque no ocurre lo mismo con su planta: un serpenteo constante con curvas de 1.250 metros de radio primero, y menos de 600 después termina por alinear la plataforma con la estación de Córdoba Central, situada a 105,9 metros de altitud sobre el nivel del mar y a 343,7 kilómetros de Puerta de Atocha.

Tras abandonar la estación, la línea de Sierra Morena se convierte en otra prácticamente distinta, predominan las largas rectas, y en donde las curvas son cortas y su radio tan amplio, que apenas sí resultan perceptibles.

En este punto del trazado la vía única de la línea convencional sigue fielmente paralelo el de la de alta velocidad, al norte primero y al sur después, tras un salto de carnero situado poco antes de la localidad de Villarrubia. En el kilómetro 356, cuando la cota de la plataforma baja ya de los 100 metros de altitud, el corredor es abrazado por la bifurcación de la línea de alta velocidad Córdoba-Málaga, que tres kilómetros más adelante la abandona mediante sendas

pérgolas (una para la doble vía de la línea de alta velocidad a Sevilla, y una más para la convencional).

En planta la línea realiza después un serpenteo hacia el este, siguiendo el curso del Guadalquivir por su margen derecha, y llegando prácticamente a rozarlo en Almodóvar del Río, con varias curvas cuyos radios oscilan en torno a los 3.000 metros de radio. Al pasar Posadas, las curvas prácticamente desaparecen, para volver a aparecer poco después con 4.000 metros de radio en el paso de Lora del Río, para apuntar la línea hacia su único paso sobre el Guadalquivir mediante un puente de 8 vanos y 500 metros de longitud.

Tras cruzar de margen, la cota de la plataforma ya ha bajado de los 50 metros de altitud, y su paso hacia Sevilla se realiza en tres grandes rectas unidas por suaves curvas de transición en dirección este/sureste, para, en San José de la Rinconada, enfilarse la aproximación final a Sevilla tras dejar al oeste la zona de depósito y talleres para material rodante de la estación de Santa Justa, situada en el kilómetro 469,7 de la línea, y a una altitud de 9 metros sobre el nivel del mar.

2.6. Material móvil

El 24 de febrero de 1987, Julián García Valverde, el entonces presidente de RENFE, presentó el pliego de condiciones para el denominado “contrato del siglo”. Salían a concurso un total de 24 Trenes de Alta Velocidad, con capacidad para alcanzar velocidades de 250 km/h, y 75 Locomotoras Universales de Gran Potencia aptas para conseguir registros comerciales de 200 km/h.

Los pliegos de condiciones eran distintos para optar a la construcción de los Trenes de Alta Velocidad o a las Locomotoras Universales de Gran Potencia. Las especificaciones no fueron planteadas de manera restrictiva, sino que se dio libertad de iniciativa a los ofertantes. Por el contrario la parte contratante exigía una exposición detallada de las prestaciones de material que se ofertaba, de las condiciones de mantenimiento y una documentación técnica muy exhaustiva. Entre las especificaciones destacaba la construcción del bogie a ancho de vía nacional y catenaria bitensión, para adaptarse a la explotación en tráfico mixto por líneas convencionales y de alta velocidad.

Las distintas empresas tenían de plazo hasta el 14 de junio de ese mismo año para presentar sus proyectos. En un principio se barajaban la posibilidad de que hubiese cinco ofertas: Alstom (Francia), Patentes Talgo (España), Mitsubishi (Japón), Siemens (Alemania) y Ansaldo (Italia). Finalmente se presentarían proyectos de las empresas:

- Eurotren Monoviga S.A.** fue la propuesta sorpresa (junto con Skoda Export), aunque fuera de concurso, ya que su tren no estaba funcionando en un servicio público como RENFE exigía en las especificaciones del concurso.

- Skoda Export.** Propuesta checoslovaca.

-Ansaldo. La propuesta italiana presentaba el ETR-450 sin basculación. Para ser adaptada a la bitensión utilizarían como solución un remolque transformador. La locomotora de Gran Potencia estaría basada en la E402 que ya funcionaba en los ferrocarriles italianos.

-Siemens. La oferta germana proponía un tren de alto nivel con escasísimas modificaciones técnicas respecto de lo que sería el ICE alemán de serie, pero con importantes cambios en la decoración y los servicios al viajero. La locomotora estaría basada en la E 120

-Mitsubishi. El proyecto nipón ofertaba un TAV idéntico al tren Shinkansen de la serie 100, salvo en los bogies, adaptado al ancho de vía nacional.

-Alstom. La oferta francesa proponía un TAV sacado del TGV Atlántico y locomotoras que recordaba por su decoración exterior a la del 444-500.

La gran sorpresa fue la ausencia de Talgo, pues no acudió al concurso. Esta ausencia fue calificada desde diferentes ámbitos ferroviarios del país como una “autoexclusión difícil de comprender”. Así pues se configuraba un concurso sin tecnología española.

La solución de quién se quedaría con los contratos de los trenes de alta velocidad y quién con las locomotoras de gran potencia se retrasó hasta el 16 de marzo de 1989, debido a que se aplazó la decisión del concurso para alta velocidad. En un principio la decisión debía ser tomada en octubre de 1987. Los encargados de realizar los 24 trenes de alta velocidad serían Alstom junto a las empresas del INI-MTM y Ateinsa. En el contrato se determinaba que finalmente, los TAVs, serían bitensión (25 kV – 3 kV), lo que suponía un incremento de unos 1000 millones de pesetas sobre los 51.400 presupuestados, y estarían preparados para la tritensión (1,5 kV) cuando saliesen a Francia.

Por otra parte, el contrato para fabricar 75 locomotoras E120 se lo llevó finalmente el Consorcio Alemán liderado por Siemens, e integrado por ABB, CAF, Krauss Maffei y Meinfesa. Estas locomotoras serían polivalentes para el tráfico de viajeros y mercancías, y tendrían ancho internacional.

El 4 de abril de 1991 sería presentada en sociedad la primera motriz de AVE en la factoría GEC-Alstom de Belfort. Era la primera del pedido.

Tras los períodos de pruebas pertinentes, la línea Madrid-Sevilla fue inaugurada el 14 de abril de 1992.



Fig.16. AVE serie 100 (Fuente, Vía Libre).

En la inauguración de la línea Madrid-Sevilla el material específico para la misma eran los Ave de la serie 100 fabricados por Alstom, el constructor de referencia de los TGV franceses. Disponían de 331 plazas y tres clases: club, preferente y turista. Esta serie circuló hasta mediados del año 2006, fecha en la que fueron sometidos a una profunda reforma. Siguieron prestando servicio, esta vez ya denominados como serie 100-R.



Fig.17. Locomotora S-252 (Fuente, Vía Libre).

A lo largo de estos 22 años los AVE serie 100 no han sido los únicos en aprovechar la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla. A continuación pasamos a revisar todos aquellos trenes que han utilizado la línea ordenados de manera cronológica, adjuntando ficha técnica resumida:

Serie 100:

Fueron los primeros del parque español de alta velocidad. Comenzaron a circular en abril de 1992. Se fueron incorporando a la línea Madrid Sevilla 16 de ellos hasta 1993. La previsión inicial era de 24 AVES pero debido al cambio de ancho la entrega de los 8 restantes fue aplazada. En 1996 debido al aumento de la demanda se solicitaron los 8 restantes de los cuales solo dos irían a parar a la línea (los otros 6 realizarían los servicios de la línea Barcelona-Valencia-Alicante con el nombre de Serie 101 o EUROMED, siendo estos AVES de la serie 100 adaptados a circular en ancho ibérico). A mediados de 2006 y coincidiendo con su vida media útil se decidió hacerles una modernización técnica y estética. Así pues los serie 100 pasaron a llamarse tras la reforma serie 100-R. A estos se les sumarían los 6 EUROMED que desde 2008 se fueron adaptando a ancho internacional.

Locomotora eléctrica 252:

Iniciaron sus servicios comerciales el 31 de mayo de 1992 remolcando los trenes Talgo 200 de Madrid a Málaga. También se encargaban de realizar la exploración de la línea delante del primer tren comercial para comprobar el estado de la vía e instalaciones.

Serie 104:

En mayo de 2001 Renfe adjudicaba a Alstom-CAF la construcción de veinte trenes de alta velocidad cuya explotación, en un principio, se llevaría conjuntamente por las unidades de negocio de Alta Velocidad y Regionales en líneas de ancho 1.435 mm. Finalmente, fue Alta Velocidad quien se hizo cargo de la explotación. En febrero de 2004 se adjudicaron otros treinta S 104, de los cuales solo se harían trece y se denominarían S 114.

Estos trenes fueron los primeros del mundo diseñados específicamente para prestar servicios en distancias medias a alta velocidad. El 29 de diciembre de 2004 se ponía en servicio en la línea Madrid-Ciudad Real-Puertollano y a lo largo del 2005 se añadirían los servicios Madrid-Toledo y Córdoba-Sevilla. Estos servicios realizados por la S 104 se denominarían AVANT.

Serie 102 y Serie 112:

En marzo de 2001, se adjudicó a un consorcio formado por Talgo y Bombardier la construcción de dieciséis trenes de alta velocidad, a los que se añadirían, en noviembre de 2005, treinta unidades más en las que se modificó la distribución de los espacios interiores y pasaron a llamarse serie 112.

El primer servicio sobre la línea Madrid-Sevilla realizado por la serie 102 fue el recorrido Madrid-Antequera desde el 17 de diciembre de 2006 hasta el 24 de diciembre de 2007. Le siguió el recorrido Madrid-Málaga que inicio su servicio el 24 de diciembre de 2007, además de los servicios Barcelona-Sevilla y Barcelona-Málaga ambos iniciados a partir del 15 de septiembre de 2008.

En cuanto al primer servicio realizado por la serie 112 utilizando la línea Madrid-Sevilla fue en mayo de 2010 entre Sevilla Santa Justa y Barcelona Sants, cubriendo la demanda especial generada por la celebración de la Copa del Rey de fútbol en Barcelona. Desde 2010 también cubrirían algunos servicios directos entre Barcelona y Andalucía.

Serie 103:

En enero de 2007 fue presentado el primer tren de alta velocidad de la serie 103, el primero del parque español con tracción distribuida, lo que permitía la utilización completa de su interior para los viajeros.

Entraría en servicio el 22 de junio de 2007 entre Madrid y Sevilla. A partir de diciembre de ese mismo año también atendían algún servicio entre Madrid y Málaga. Otra fecha importante fue el 20 de febrero de 2008 pues los serie 103 pasaron a atender los servicios Barcelona-Sevilla y Barcelona-Málaga hasta que se inauguró el baipás de Madrid en 2009. Actualmente la serie 103 está en servicio en las relaciones Madrid-Málaga y Madrid-Sevilla.

Serie 121

La serie 121 proviene de la serie 120 y realiza desde el mes de junio de 2009 el servicio Jaén-Córdoba-Sevilla-Cádiz utilizando parte de la línea Madrid-Sevilla.

A continuación se muestra un cuadro resumen de todos aquellos TAVs que han utilizado la línea Madrid-Sevilla parcial o completamente.

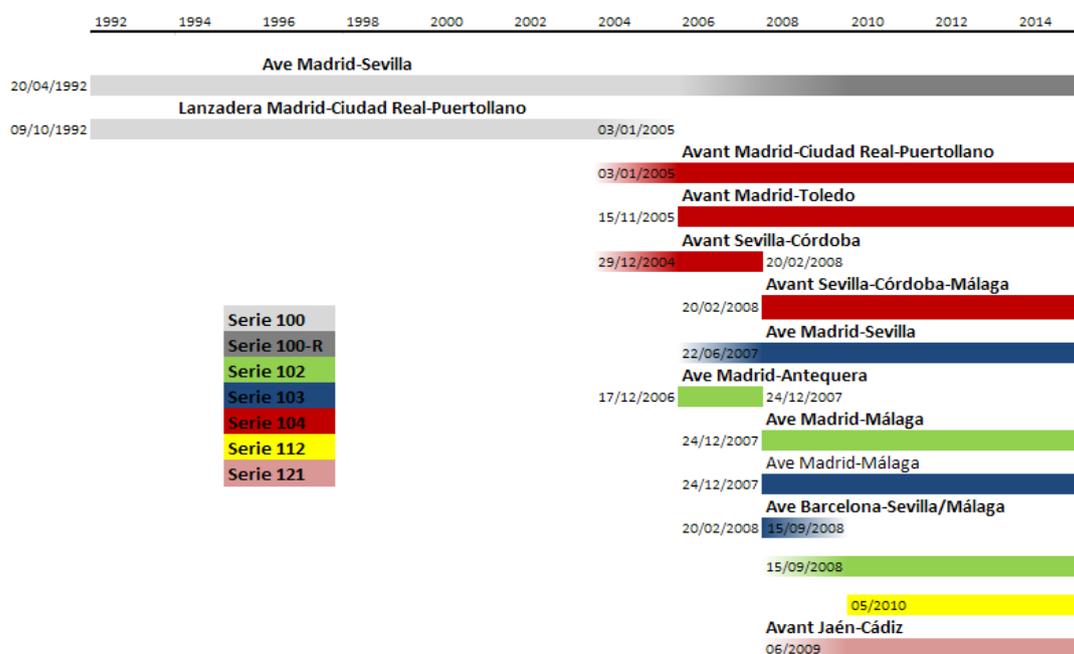


Fig.18. Trenes de Alta Velocidad y Servicios realizados sobre la línea Madrid-Sevilla (Fuente, elaboración propia).

2.7. Horarios y Servicios.

A continuación se va a explicar brevemente la evolución a lo largo de estos 22 años tanto en lo que se refiere a servicios, viajeros transportados y tiempos de viaje de la línea.

El 21 abril de 1992 se inauguraba la línea. Ésta inició su andadura con 6 servicios AVE en cada sentido, así como dos servicios Talgo y otro servicio que llegaba desde París. La velocidad máxima que se permitía desarrollar a los trenes era de 250 km/h, haciendo que, por ejemplo, el AVE que salía de Madrid a las 13:00 con destino Sevilla, sin escalas intermedias, realizaba el trayecto en 2 horas 45 minutos. En sentido opuesto, haría ese mismo tiempo el AVE que salía de Sevilla a las 14:00. El servicio AVE que más tiempo necesitaba para realizar el trayecto era el que realizaba tres paradas intermedias: Ciudad Real, Puertollano y Córdoba; utilizando 2 horas y 55 minutos. Por otro lado, los Talgo realizaban el recorrido en 3 horas y 30 minutos, ya que su velocidad máxima estaba limitada a 200 km/h.

A partir del 18 de octubre de 1992 se aumentó hasta 10 el número de circulaciones AVE en ambos sentidos. Excepcionalmente, en el caso de Madrid, había posibilidad de coger un

servicio AVE los viernes a las 18:00 y también otro a las 20:00, este también estaba disponible los domingos. Observando los horarios oficiales se ve una clara reducción de los mismos, ya que poco a poco se han ido subiendo las velocidades en ciertos puntos del trayecto. Así pues, vemos como por ejemplo los AVE que salen tanto de Madrid como de Sevilla a las 14:00 con una única parada intermedia, ya realizan el trayecto en 2 horas 30 minutos. Vemos pues como se ha reducido 15 minutos el tiempo de viaje. Pasa lo mismo en las circulaciones que tienen más paradas intermedias como por ejemplo, con tres paradas intermedias realizaban ya el trayecto en 2 horas 45 minutos, una reducción de 10 minutos en referencia a la puesta en marcha. Pasa lo mismo con los Talgo, que pasan de las 3 horas 30 minutos a las 3 horas 20 minutos.

Estas frecuencias y tiempos de viaje se mantendrían hasta el 22 de mayo de 1993.

A continuación se muestra un gráfico en el cual se puede ver la evolución del transporte de pasajeros en el primer año de funcionamiento.

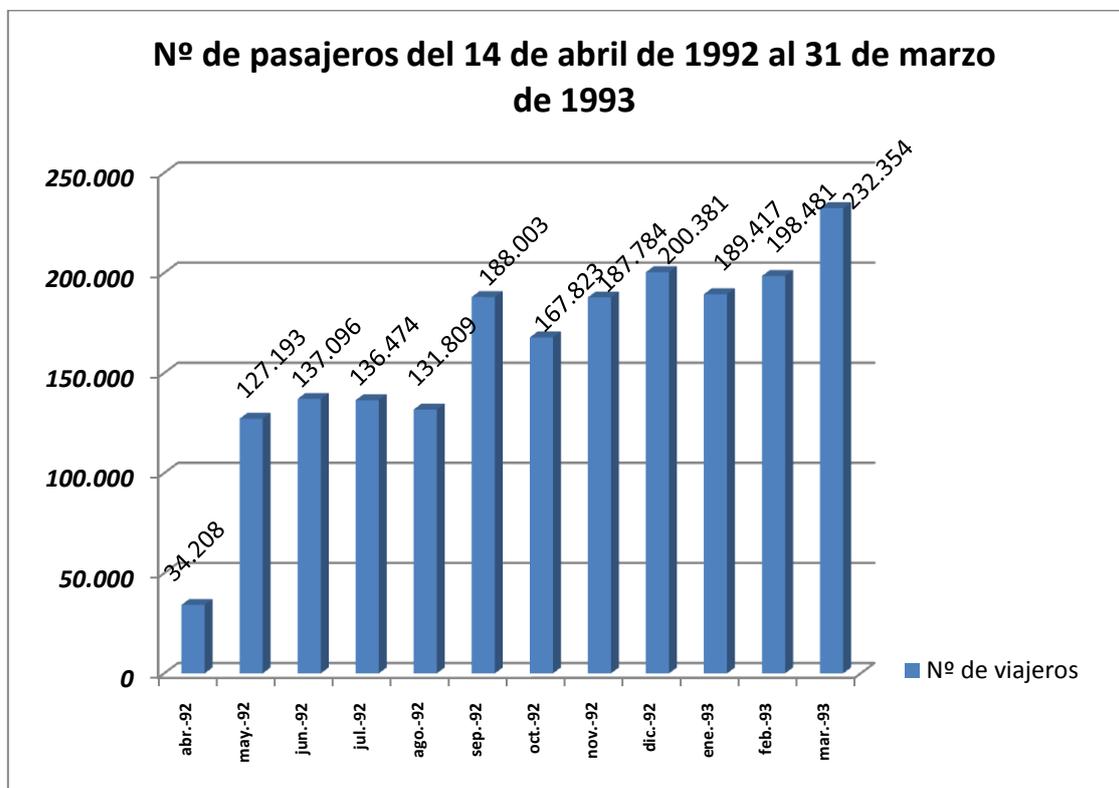


Fig.19. Gráfica nº de pasajeros del primer año del AVE (Fuente, ABC).

Como dato curioso podemos mencionar la leve caída que se ve en octubre de 1992 y el repunte de pasajeros al mes siguiente, manteniendo un uso más o menos en aumento. Esto es debido a que el 12 de octubre de 1992 finalizaba la Expo de Sevilla. Debido a esto RENFE iniciaría una nueva política de precios para mantener el interés por el uso de la línea.

Este primer año de funcionamiento del AVE se cerraría con 1.931.023 viajeros y un incremento de la imagen de este servicio de cara a los españoles.

En mayo de 1994 seguían bajando los tiempos de viaje, lo que significaba que la velocidad media seguía aumentando. El aumento de la demanda hizo que fuesen necesarias más circulaciones, hasta 13. Algunas de ellas excepcionales, viernes y domingos, por picos de demanda. La circulación más rápida entre Madrid y Sevilla era ya de 2 horas y 25 minutos y la más lenta, de servicio Ave, era de 2 horas y 40 minutos.

Vemos como Talgo 200, remolcados por locomotoras 252, también reducían sus tiempos de viaje. Hacían en 2 horas y 6 minutos el trayecto Madrid-Córdoba, reduciendo de esta manera 27 minutos el tiempo inicial de mayo de 1992.

También debemos de destacar la puesta en funcionamiento del servicio de lanzadera hasta Puertollano, que en apenas 1 hora y 10 minutos la separaba de la capital.

En septiembre de 1994 se incluiría una frecuencia más para dejarlas en 14 por sentido, y se produciría la reducción máxima de tiempo de la línea. Eran ya 2 horas y 15 minutos lo que necesitaba un viajero para llegar desde la capital de España hasta Sevilla o viceversa, siempre y cuando cogiese el AVE directo de las 8:00. Al igual que la circulación más lenta mantenía las 2 horas 40 minutos.

Los Talgo 200 también redujeron en 4 minutos su tiempo en la circulación directa entre Madrid y Córdoba.

El incremento de la demanda del servicio hizo que sucesivamente se fuese incrementando la oferta de circulaciones subiendo hasta 15 por sentido en marzo de 1996 y a 18 en septiembre de 2000. En enero de 2005 aumentarían hasta 20, circulando los sábados 30 trenes por sentido y los domingos 32.

Pese a los años se mantenía como tiempo de viaje mínimo las 2 horas 15 minutos del AVE directo Madrid-Sevilla, incluso este tiempo mínimo se incrementó a las 2 horas y 20 minutos que actualmente utiliza para realizar ese trayecto. Esto puede ser debido al estricto compromiso de puntualidad. Desde 1992 Renfe estableció para el Ave Madrid-Sevilla un compromiso de puntualidad excepcional: si el tren llegaba a destino con un retraso superior a cinco minutos, se devolvía el cien por cien del importe del billete. Esta relación es la única que mantiene ese compromiso concreto de puntualidad que no es aplicable a la relación Barcelona-Sevilla. En el resto de trenes Ave, si el retraso es superior a quince minutos, la indemnización se fija en 50 por ciento del precio del billete y si supera los 30 minutos, Renfe abonará la totalidad del importe.

3. Línea Madrid-Barcelona.

3.1. Introducción

La idea de unir las dos ciudades españolas con más población del país se venía estudiando desde hacía muchos años y poco a poco se veía como una necesidad cada vez mayor. La idea, como concepción, parte de la misma época que partió la línea Madrid-Sevilla. A la par que se empezó a hablar de la Madrid-Sevilla en alta velocidad ya se llevaba varios años estudiando la idea de unir Madrid con Barcelona mediante la alta velocidad.

Ya hemos hablado en la introducción del estado del sistema ferroviario en España en los 80 y del impulso del PTF. En él se recogía una serie de proyectos de mejora en las líneas españolas sin pensar todavía en la alta velocidad. En lo que concierne a la línea Madrid-Barcelona, se puede ver en la figura 3.2, sacada del PTF, los dos tramos de vía doble (Calatayud-Ricla y Zaragoza-San Vicente de Calders) que se planteaban para mejorar la saturación de la línea convencional debido a que esos tramos eran de vía única. Estas mejoras estarían dentro del proyecto de adecuación del triángulo Madrid-Barcelona-Valencia-Madrid para velocidades de 200 km/h.

A continuación pasamos a mostrar las distintas alternativas que se planteaban en 1989 para realizar la línea de alta velocidad por tramos.

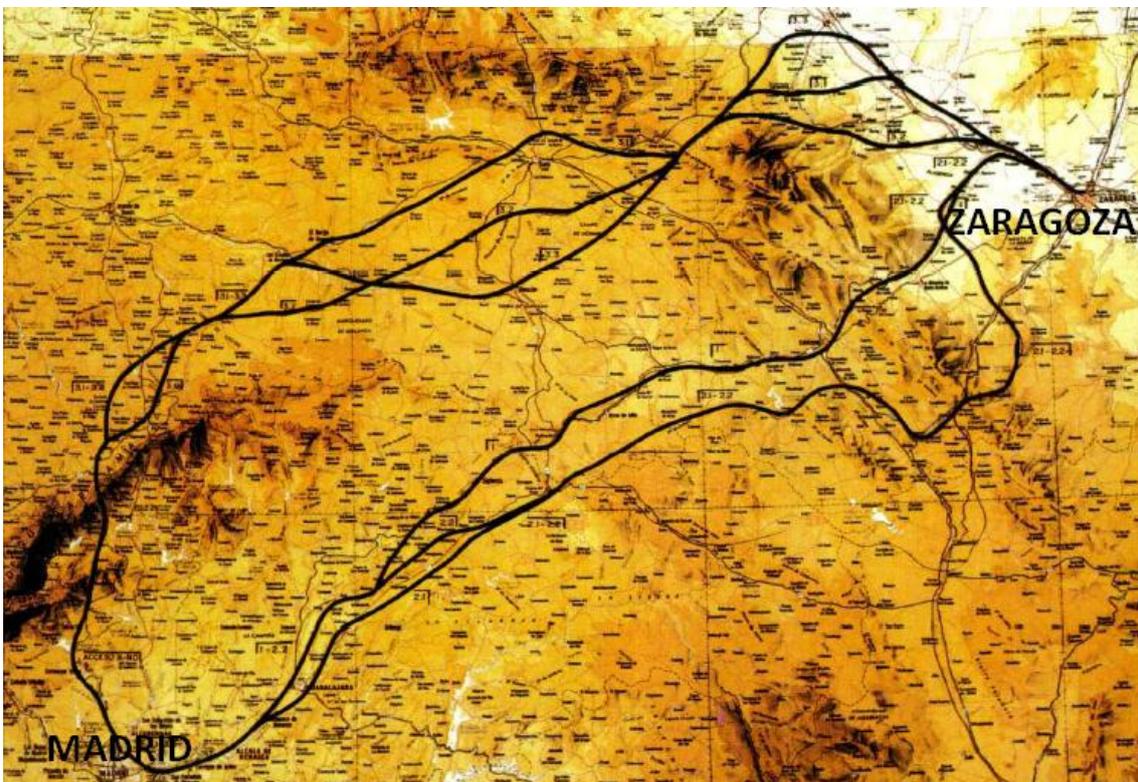


Fig.20. Propuestas tramo Madrid-Zaragoza (Fuente, Vía Libre).

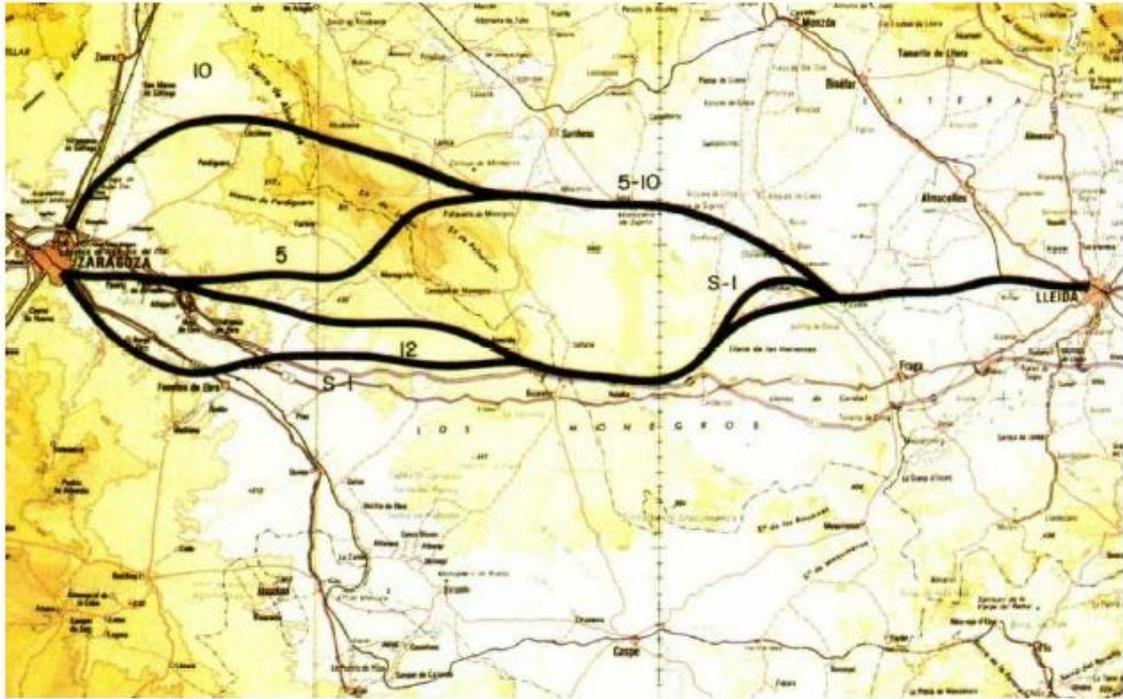


Fig.21. Propuestas tramo Zaragoza-Lérida (Fuente, Vía Libre).

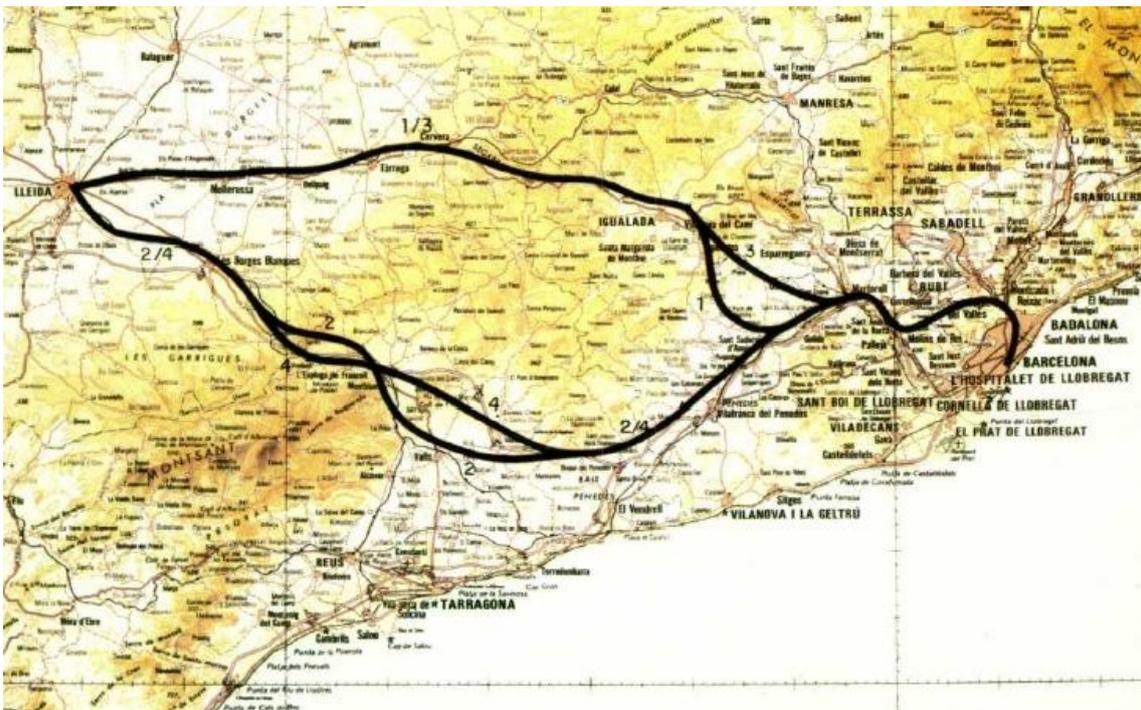


Fig.22. Propuestas tramo Lérida-Barcelona (Fuente, Vía Libre).

Pensemos que pese a estos estudios y alternativas, no fue hasta 1996 cuando empezaron las obras en el tramo Zaragoza a Lérida, desde Osera. El motivo de esta dilación en la ejecución de las obras no fue otra que la crisis económica que soportó el país en la primera mitad de la década de los 90 acompañada también del escepticismo que hubo en los primeros años de explotación de la línea Madrid-Sevilla respecto al resultado técnico y a la evolución de la

demanda. Una vez que se comprobó que la línea Madrid-Sevilla respondía positivamente se podía vaticinar que la línea Madrid-Barcelona tendría igual o más éxito desde todos los puntos de vista. Uno de ellos era el gran tráfico aéreo que había entre ambas ciudades, que por entonces, el “puente aéreo” de Madrid a Barcelona era el de mayor tráfico del mundo. Esto significaba que si se hacían las cosas bien, el éxito estaría asegurado.

3.2. Situación de la línea a principios de los noventa.

Antes de comenzar a hablar de las primeras licitaciones de obras para la nueva línea de alta velocidad, tenemos que dar un pequeño enfoque de cómo estaba la línea convencional Madrid-Barcelona entre los ochenta y principios de los noventa, de esta manera se verá cuan necesario era el proyecto de la línea Madrid-Barcelona-frontera francesa para el desarrollo del ferrocarril español.

Como ya hemos hablado en el capítulo uno y también en la introducción de éste, para darle una visión de fondo tenemos que darnos cuenta de la mala situación que soportaba el ferrocarril español, producto de ello la línea convencional de Madrid a Barcelona no era una excepción. Desde 1980 de Madrid a Barcelona ya se podía llegar con tracción eléctrica aunque el gran problema eran tramos de vía única, que eran los más en la línea. La doble vía se había quedado en Baidés, antes de la Guerra Civil, y en los ochenta solo se logró llegar hasta Calatayud. Los tramos de Calatayud a Ricla y desde Zaragoza hasta Manresa por el norte o hasta San Vicente de Calders por el sur seguían siendo de vía única. Las rutas de Caspe y Lérida ofrecían itinerarios alternativos, pero seguían sin ser suficiente para ofrecer servicios rápidos y frecuentes. Tampoco ayudaba nada el hecho de que en esta línea coexistían trenes de viajeros de diversos tipos y de mercancías además de una falta de equipamiento.

Por todo esto, el servicio de viajeros de Madrid a Barcelona era de baja frecuencia. Estaba formado por dos Talgos diurnos, un “rápido” y hasta tres trenes nocturnos (Talgo camas Madrid a Barcelona, Costa Brava y Estrella Ciudad Condal).

Los tiempos de viaje seguían sin ayudar. Los trenes más rápidos estaban en las 7 horas y desde 1986 se había bajado a las 6 horas y 35 minutos, los cuales ya no se conseguirían reducir en la línea clásica nunca más.

Estaba claro que se debían de aumentar las prestaciones de la línea para evitar el deterioro de la cuota de mercado del ferrocarril frente a los pujantes servicios aéreos. Así pues, se empezó a hablar de manera seria sobre la construcción de variantes (recogidas en el PTF) al menos en los tramos de vía única de Calatayud a Ricla y de Zaragoza a Lérida, siendo estos tramos aptos para 200 km/h.

Pese a todo, las primeras licitaciones de obra se darían en 1993, y no se empezaría a construir la nueva línea hasta 1996. Únicamente estaban previstos los dos tramos que hemos comentado anteriormente, y se pensaba que cuando se concluyeran se pondrían en servicio en ancho ibérico con traviesas polivalentes para poder transformarla en el futuro al ancho

estándar. Así pues, al igual que la de línea de Sevilla, la de Barcelona nació como variante para 200 km/h en los tramos de vía única para aumentar la capacidad de conexión, y sólo en menor medida para reducir los tiempos de viaje.

A principios de los noventa las obras eran directamente acometidas por el Ministerio de Obras Públicas y estaban sujetas a las normas de la contabilidad pública. Éstas repercuten en el déficit, cada ejercicio, todos los pagos realizados en el mismo para la construcción de infraestructuras. Este detalle contable era un problema ya que en esos momentos era imprescindible reducir el déficit y la deuda pública para poder acceder a la moneda única.

Por esto, todo hacía imaginar que los plazos de la construcción de estas dos variantes serían largos.

En este momento, 1997, es donde aparece el Gestor de Infraestructuras Ferroviarias (GIF), creado mediante la Ley de acompañamiento de los presupuestos para 1997, como un organismo público dependiente del Ministerio de Fomento, con el objetivo de construir y explotar las líneas ferroviarias de alta velocidad y otras que le encomendase el gobierno. Comenzó su andadura el 1 de enero de 1998.

Las posibles fuentes de financiación del GIF eran amplísimas:

- Aportaciones del estado.
- Fondos comunitarios (Fundamentalmente los fondos de cohesión).
- Ingresos propios que genere su actividad.
- Subvenciones u otras aportaciones recogidas en los Presupuestos o procedentes de otras Administraciones.
- Recursos financieros procedentes de operaciones de endeudamiento.
- Cualquier otro recurso financiero que pudiera integrar en su patrimonio.

Entre los ingresos del GIF figuraban los derivados de su actividad, que correspondían al pago de los operadores sobre la red por el uso de las infraestructuras.

Desde su creación, el GIF se encargaría de coordinar la construcción de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-frontera francesa.

El GIF estaba sujeto a la (entonces) nueva Ley de Contratos del Estado para la construcción de las infraestructuras, pero disponía de una mayor flexibilidad en la contratación de equipamiento, señalización, electrificación, mantenimiento, gestión de los sistemas de regulación y seguridad, que podía contratar bajo el ordenamiento jurídico privado.

Este régimen jurídico-económico permitió, junto con la nueva organización del GIF (muy orientada hacia la eficiencia en el proyecto y obra nueva), dar un impulso muy rápido a la construcción de la línea de Barcelona.

Cabe mencionar que el GIF desde el principio mantuvo una postura muy innovadora, en cuanto al diseño de las líneas, aprovechando la experiencia de la línea de Sevilla, pero introduciendo a la vez todas las mejoras e innovaciones que la tecnología disponible permitía, y buscando a la vez una participación de empresas españolas en la construcción de las líneas y de sus instalaciones.

3.3. Construcción de la línea

La construcción de la línea Madrid-Zaragoza-Barcelona, no fue flor de un día. Han sido muchos los años, desde su idea primigenia: unir las dos grandes ciudades del país así como la conexión con Francia en su prolongación hasta Figueres; hasta su finalización. Como hemos explicado anteriormente, la idea inicial parte incluso de antes de la revitalización que proponía el PTF. La necesidad de unir ambas ciudades mediante un ferrocarril con un buen servicio, algo que en los 80 era difícil de imaginar debido a la gran inversión que suponía la indispensable mejora de las infraestructuras de la línea, fue un proceso lento en sus inicios debido a la crisis que soportaba el país a principios de los 90 y después de haber invertido prácticamente todo el presupuesto del PTF en la construcción de la línea de alta velocidad de Madrid-Sevilla.

Esto suponía que el bolsillo del país estaba prácticamente vacío y las propuestas finalmente aprobadas –la creación de un par de tramos de vías dobles para descongestionar la entonces línea convencional – se preveían lentas en su construcción. Finalmente, y casi como segundo impulso en 10 años, la creación del GIF, precursor del actual Adif, que contaba con una mayor versatilidad para conseguir financiación para las obras permitieron poner en marcha y desencallar el segundo gran proyecto de alta velocidad que, en cualquier caso, fue mucho más dilatado que su precedente sevillano.

En junio de 1998, la previsión del GIF era que el tramo Madrid-Lérida estuviese terminado para entrar en servicio comercial a lo largo de 2002 y que en 2004 entrase en servicio hasta Barcelona. Se suponía que la alta velocidad cubriría la distancia en 2 horas y 30 minutos del centro de Madrid al centro de Barcelona, con una oferta competitiva. Los tramos hasta la frontera francesa se harían esperar más.

Éste era el estado de las obras por tramos en 1998:

TRAMO	ESTADO
Madrid-Grajanejos	Proyecto en redacción
Grajanejos-Calatayud	Pendiente de licitación
Calatayud-Ricla	En construcción
Ricla-Zaragoza	Proyecto en redacción
Zaragoza-Lérida	En construcción
Lérida-Martorell	Pendiente de redacción del proyecto
Martorell-Barcelona	Estudio informativo en redacción
Barcelona-frontera	Estudio informativo en redacción



Fig.23. Tramos de la línea Madrid-Barcelona. (Fuente, Vía Libre).

En septiembre del mismo año, 1998, ya se encontraban en construcción casi 300 kilómetros de la línea entre Madrid y Lérida, ya que se iniciaba la construcción del tramo desde Grajanejos hasta Calatayud de 125 kilómetros de longitud. Poco después, en octubre, se hacía oficial que la línea Madrid-Barcelona se integraría en la red transeuropea mediante el sistema ERTMS, el cual eliminaría las fronteras ferroviarias. Esta línea recibiría una de las mayores inversiones en infraestructuras realizada hasta ese momento en España. Este hecho radicaba en las elevadas exigencias que contemplaban su diseño y trazado, acondicionado para circular a velocidad comercial sostenida de 350 km/h. Para conseguir estas velocidades era necesario ciertas exigencias como: radios mínimos de curva que superaran los 7.000 metros o pendientes máximas admitidas de 25 milésimas. Estas exigencias sumadas al sistema ERTMS –en sus distintos niveles- harían que los trenes alcanzasen velocidades comerciales superiores a los 330 km/h. Esto suponía que España sería pionera en la construcción de este tipo de líneas a tal velocidad.

Así se encontraban las obras de la línea a principios de 1999:



Fig.24. Estado de las obras en 1999 (Fuente, Vía Libre).

A lo largo de 2002 se realizaron las pruebas pertinentes de la línea, tanto de las instalaciones como del material rodante, en los 100 kilómetros acondicionados entre el Puente del Ebro, cercano a Zaragoza, y Lérida.

El 11 de octubre de 2003 se inauguraría el tramo Madrid-Lérida. La velocidad de la línea estaba limitada a 200 km/h, debido al sistema ASFA que funcionaría hasta la implantación del sistema ERTMS que provocaría un aumento significativo de la velocidad máxima. Así pues en mayo de 2005 entraba en servicio el sistema ERTMS de nivel 1, permitiendo una velocidad máxima de 250 km/h. Ésta iría aumentando paulatinamente hasta los 300 km/h el 7 de mayo de 2007.

El siguiente tramo que se inauguró fue, en marzo de 2006, el baipás sur de Lérida, el cual permitiría el paso directo de los trenes sin parada y, a diferencia del baipás que se hizo en Zaragoza, se hizo exclusivamente para alta velocidad. En diciembre de ese mismo año la línea avanzó hasta Camp de Tarragona. Ambas inauguraciones implicaron la puesta en servicio de cinco cambiadores de ancho: Plasencia de Jalón, Zaragoza, Lérida, Puigverd y Roda, estos tres últimos serían desmantelados después de la puesta en marcha de los tramos subsiguientes.

La previsión de llegada de la línea a Barcelona se fue retrasando. En un principio estaba programada para finales de 2004, luego se habló de 2007 pero no sería inaugurada hasta febrero de 2008. Esta fase de entrada a Barcelona sería una de las más complejas de la línea, ya que de los 88 kilómetros de los que constaba este último tramo, el 22,5% de ellos eran bajo tierra y el 11% eran sobre puentes y viaductos. Finalmente hay que destacar la complicada entrada a Barcelona. La decisión de que el corredor de alta velocidad entrase por el sudeste de la ciudad implicaba que había que encontrar un hueco en un corredor estrecho, saturado por tráfico ferroviario convencional, y que afectaba directamente a la entrada y salida de tráficos de mercancías a la gran zona portuaria e industrial barcelonesa. Por lo tanto, esta última obra requería un gran esfuerzo de reordenación de los tráficos mientras durasen las obras. Para ello, desde diciembre de 2005 se dejaron sin servicio dos de las cuatro vías de entrada a Sants desde el barrio de Bellvitge, las del lado mar.

3.3.1. El enlace con Francia

Durante el capítulo estamos hablando de la línea Madrid-Barcelona, pero hay que tener en cuenta que pese a que la idea inicial fuese la de unir ambas ciudades no se tenía que perder un fin mayor. Este era enlazar con Francia. Ya desde el PTF, la idea se contempla como el objetivo de la línea. La comunicación con Europa mediante una línea de alta velocidad, en este caso, la línea Madrid-Barcelona-frontera francesa.

La idea de la conexión con Francia se empieza a gestar por los años sesenta del siglo XX, concretamente las Cámaras de Comercio catalanas realizaron estudios en los cuales remarcaban la necesidad de conectar Barcelona, los puertos catalanes y otros centros productores de Cataluña con la red francesa mediante una línea ferroviaria de ancho estándar que permitiese el tráfico de mercancías. No sería hasta 1985 cuando la Generalitat realizó un "Estudio de factibilidad" para analizar todas las alternativas posibles y seleccionar la más

adecuada, llegando a la conclusión de que la mejor solución era la construcción de una nueva línea de alta velocidad de tráfico mixto entre Barcelona, Figueras y Perpignan. Sin embargo, hubo una etapa larga de negociaciones hasta que esta línea fue incluida en la planificación estatal de líneas de alta velocidad.

En 1998, ya decidido que su construcción se realizaría en ancho estándar, se constituiría una Agrupación Europea de interés económico (AEIE) entre Renfe y SNCF, la cual durante varios años se encargó de realizar estudios técnicos, económicos y de demanda que permitieron definir el tramo binacional Figueras-Perpignan, incluyendo el largo túnel de Le Perthus, que se construiría como una línea independiente, conectada por el sur con la línea Madrid-Figueras y por el Norte con la estación francesa de Perpignan.

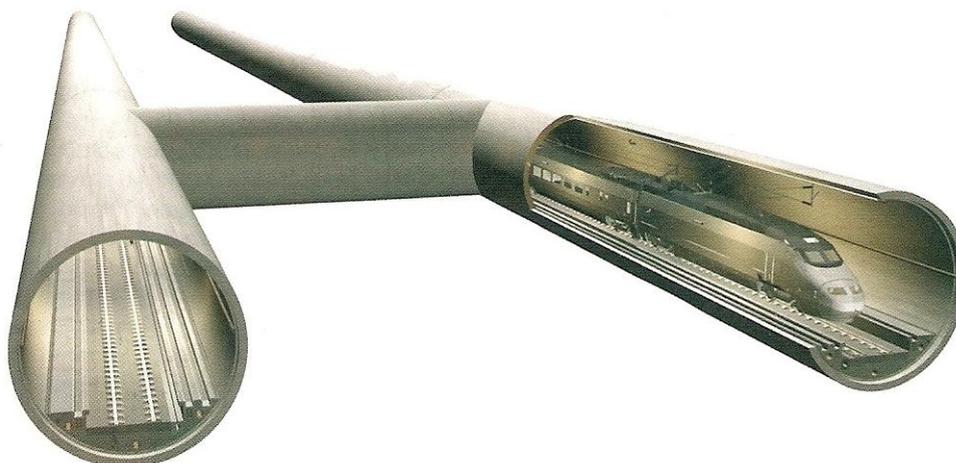


Fig.25. Detalle del túnel de Le Perthus. (Fuente, Vía Libre).

El tramo binacional comenzaría su construcción en febrero de 2004 adjudicado al consorcio hispano-francés de TP Ferro, formado por Eiffage y Dragados, y terminó el 17 de febrero de 2009 pero debido a la falta de conexiones con el resto de la red no entraría en servicio comercial hasta el 19 de diciembre de 2010.

Las obras entre Barcelona y Figueras terminaron el 9 de enero de 2013 pero la línea no entraría en servicio comercial hasta el 15 diciembre de 2013, debido a la necesidad de realizar un complejo proceso de ensayos y homologaciones de infraestructura y material rodante. Es curioso ver en la prensa nacional artículos a principios de los noventa hablando acerca de que el enlace estaría en servicio en 2002, nada más lejos de la realidad.

Los encargados de realizar el servicio serían los TGV Dúplex Dasye, dotados de nivel 1 ERTMS, les permite circular por la línea de alta velocidad. La circulación de estos trenes es transitoria hasta que se complete la recepción de diez ramas de 3ª generación a lo largo de 2014, los serie 100F, siendo estos ramas de la serie 101 y de la serie 100 reformados y convertidos a bitensión 1,5kV - 25kV y añadiendo sistemas de seguridad y señalización franceses TVM y KVB.

Hay que destacar el carácter de tráfico mixto que tiene esta línea, en lo que se refiere a lo constructivo, estamos hablando de pendientes máximas de 18 milésimas para que el tráfico de mercancías no tenga problemas de circulación.

3.3.2. Obras importantes.

Se citan a continuación, indicando situación y longitud, las obras de fábrica más importantes de la línea.

Túnel	Longitud (m)	Km inicial	Viaducto	Longitud (m)	Km inicial
MADRID-ZARAGOZA			MADRID-ZARAGOZA		
Cañada Real Galiana	321	21,2	Santa Catalina	520	4,9
Rivas	639	22,6	Colada de Santísima	539	18,5
Mejorada	796	29,4	Río Jarama	2.216	23,6
San Fernando	492	34,2	Torres de la Alameda	441	38,1
Anchuelo	867	47,0	Arroyo de Anchuelo	749	46,2
Santorcaz	1.206	48,0	Arroyo de Valderacha	553	49,5
Los Santos de la Humosa	77	53,7	Barranco del Tejar	255	120,9
Sagides	1.809	159,9	Arroyo de Pradillos	254	139,5
Alhama de Aragón	631	198,4	Río Benamira	223	148,6
Bubierca	2.433	200,7	Río Blanco	557	156,5
Las Dehesillas	860	203,4	El Chaparral	212	162,2
Castejón	390	204,7	Arroyo de Sagides	514	162,5
Ateca	466	206,5	Arroyo de la Lesilla	253	163,5
La Almunia	1.014	207,3	Arroyo de Valzarzo	308	164,9
Marivella	623	225,7	Arroyo de Chaorna	452	167,8
Paracuellos	4.783	227,3	Arroyo de los Pilonos	213	168,8
Saviñan	554	235,6	Barranco Haza del Conejo	350	176,3
Purroy	847	237,5	Barranco de Covalana	490	183,5
Las Minas	340	239,0	Barranco de San Lorenzo	343	191,2
Villanueva	1.043	239,7	Barranco de Fuentelices	920	199,2
Torrecilla	917	245,7	El Chorro	268	203,2
Los Cortados	359	247,6	Río Piedra	485	206,0
Las Calesas	126	250,1	Río Jalón	2.266	209,0
Estación de Zaragoza	140	306,1	Barranco de Val	399	232,1
Tenor Fleta	4.356	307,5	Villanueva de Jalón	249	239,4
Las Hechiceras	2.929	403,6	Río Aranda	296	245,4
Acceso a Lérida	1.638	439,9	Plasencia de Jalón	1.283	276,6
LÉRIDA-BARCELONA			ZARAGOZA-LÉRIDA		
Tarrés	853	479,9	Río Huerva	1.123	303,6
Camp Magre	984	499,0	Val de Vares	219	321,6
Lilla	2.065	501,0	Río Ginel	1.226	329,3
La Riba	2.121	503,9	Río Ebro	557	327,3
Tapiolés	1.071	521,5	Aguilar de Ebro	349	338,3
Serra Larga(Vía derecha)	1.802	538,6	Val de Castejón	446	381,7

Serra Larga(Vía izquierda)	1794	538,6	Val de Cabrera	375	383,9
Quatre Bosques(Vía derecha)	392	540,8	Val de Ladrones	410	387,7
Quatre Bosques(Vía izquierda)	392	540,8	Val del Lugar	273	404,7
El Vendrell	615	543,3	Cinca	841	406,9
San Isidro	576	577,5	Clamor	447	415,1
San Esteve	878	585,0	Vall del Gallo	356	423,1
Llobregat	394	589,6	LÉRIDA-BARCELONA		
Costa Blanca	545	590,6	Zurita	2.476	440,6
Prat	4.135	609,8	Riera la Femosa	388	446,0
Sans	2.070	616,5	Riera la Femosa II	512	450,3
TOTAL	49.222		Vinaixa	1.044	477,8
			Río Anguera	651	495,2
			Llanura inundación río Anguera	951	496,7
			Barranco Pont de Candi	413	500,3
			Río Francolí	664	503,2
			Santa Oliva	1.063	544,2
			FC Tarragona-Barcelona	605	554,8
			Avemó III	810	575,5
			Anoia	342	577,0
			Llobregat	202	589,5
			TOTAL	32.351	

Fig.26. Viaductos y túneles de la línea (Fuente, Vía Libre).

3.4. Descripción del trazado.

Este corredor ferroviario de alta velocidad toma como punto de partida la estación terminal de Madrid-Puerta de Atocha, situada a una cota de 617,7 metros de altitud sobre el nivel del mar, y conecta con la estación de Barcelona-Sants, prácticamente a nivel del mar, tras recorrer 621 kilómetros sobre la Submeseta Sur primero, el Sistema Ibérico después, para cruzar más tarde la cuenca del río Ebro y llegar a Barcelona serpenteando suavemente sobre la cordillera costera catalana.

En su salida de la capital de España, la línea de alta velocidad se orienta de forma general hacia el sur y el sudeste, compartiendo corredor con la línea Madrid-Sevilla con dos vías casi paralelas durante los primeros tres kilómetros, hasta rebasar la zona de talleres para material rodante de Cerro Negro. En ese punto, y aunque sus trazados discurren aún paralelos, sus plataformas se independizan, teniendo el paso en viaducto sobre la estación de Santa Catalina con un mayor radio la línea de Barcelona, recuperando después el paralelismo hasta que (sin más conexión entre ellas) se separan definitivamente hacia el kilómetro 7.

Tras cruzar sobre la autopista de distribución M-40 y rebasar la Base de Mantenimiento de Madrid-Sur (km 7,9), y mientras la LAV4 Madrid-Sevilla se encamina hacia el sur, la LAV2 Madrid-Barcelona-Frontera Francesa comienza a circunvalar el término municipal de Madrid por su margen oriental y paralela a la carretera M-50, con perfil ascendente y curvas cada vez más suaves. Allí recibe, en el kilómetro 12 (Bifurcación Vallecas), el baipás que permite a los trenes de alta velocidad procedentes de la línea de Sevilla circunvalar Madrid sin entrar en la ciudad, conectando entre sí ambas líneas.

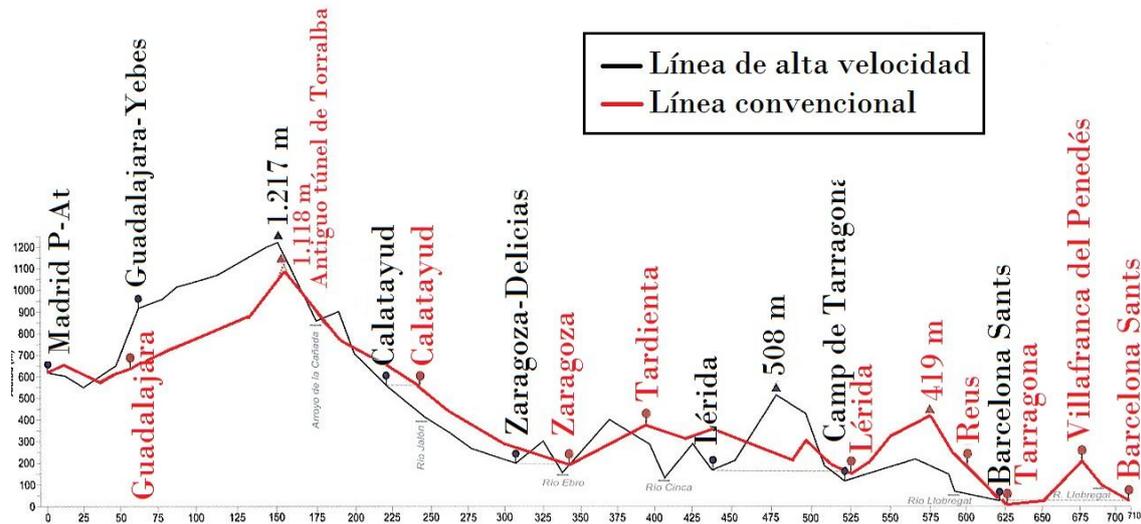


Fig.27. Perfil de línea convencional y de alta velocidad Madrid-Barcelona (Fuente, Monografías Vía Libre).

El paso bajo la Cañada Real Galiana se realiza mediante un túnel de 304 metros de longitud —el primero de la línea— y una curva de 4.000 metros de radio: los trenes no pisarán sobre otra con igual o inferior radio hasta el kilómetro 584 (Martorell, provincia de Barcelona). Después, la línea cruza el valle del Río Jarama en forma de letra U, con pendiente descendente primero y ascendente después de 25 milésimas y mediante un viaducto de 2.236 metros de longitud y planta parcialmente curva que le sirve para bordear la localidad de Mejorada del Campo.

La línea comienza a ascender entonces de manera prácticamente ininterrumpida y rápida por el Valle del Anchuelo, mientras evita la zona densamente poblada del corredor del Henares por el Este, con pendientes que oscilan entre las 5 y las 25 milésimas, hasta alcanza el término municipal de Los Santos de la Humosa, donde la línea se conforma por el momento con superar la cota de los 900 metros de altitud. En ese páramo el trazado se afila hasta el extremo de transcurrir en línea completamente recta durante más de 11.000 metros. En ella, en el kilómetro 64,4 se ubica la nueva estación de Guadalajara-Yebes, a unos 5 kilómetros del centro de la capital alcarreña. En ella, además de cuatro vías pasantes y una de culatón para futuros servicios de cercanías, hay diversas instalaciones (naves y vías) para apoyo al mantenimiento de vehículos auxiliares y estacionamiento de trenes de mantenimiento.

Sin apenas más estructuras que los pasos superiores que dan permeabilidad a la red de caminos vecinales que cruza, la plataforma asciende durante más de setenta kilómetros de forma tranquila por una zona escasamente poblada y con una sucesión de curvas amplias (entre 7.250 y 15.000 metros de radio) y generalmente largas, encadenadas entre sí por rectas de varios kilómetros de longitud. Éstas la llevan a superar primero la cota de los 1.000 metros

en las proximidades de Torija, y la de los 1.100 después en torno a Algora, hasta llegar a Alcolea del Pinar, donde su traza casi roza la de la autopista radial A-2 al penetrar en la sierra Ministra, parte del Sistema Ibérico.

Allí, en plena recta de más de 14 kilómetros, y tras cruzar el Arroyo de Pradillos, la línea comienza su ataque titubeante hacia su cota más alta, ascendiendo primero mediante una pendiente de 24 milésimas y 2,5 kilómetros de longitud, hasta llegar a la subestación de Medinaceli (kilómetro 152,107) que no sólo es el lugar más elevado de la línea Madrid-Barcelona, sino también el de cualquier línea de alta velocidad ferroviaria del mundo: 1.217,567 metros de altitud sobre el nivel del mar.

Pasa a descender luego con pendientes de 25 y 17 milésimas hacia Benamira –donde nace el río Jalón, que la acompañará de forma intermitente durante más de 120 kilómetros-, y subir de nuevo a un ritmo de entre 22 y 16 milésimas.

Desde allí, la línea apenas deja de descender hasta alcanzar la ribera del río Jalón. Y comienza haciéndolo en el municipio de Arcos de Jalón y de forma brusca tras pasar el Río Blanco, con pendientes que en los siguientes 30 kilómetros suelen rozar las 25 milésimas, y curvas que acortan su radio hasta los 7.250 metros. Tras bajar primero a través el túnel de Sagides (1.789m) y luego por algunos viaductos cortos que sirven para cruzar arroyos y barrancos, la línea llega al entorno de Alhama de Aragón, a poco más de 700 metros de altitud.

La línea ignora entonces el serpenteo del río Jalón pese a descender junto a él en dirección, atravesando montes con túneles como el de Bubierca (2.408 m), Las Dehesillas (823 metros) o La Almunia(1.000 m), y cruzando barrancos con viaductos como el de Fuentelices (928 metros de longitud), de manera que mantiene un trazado suave en planta con curvas nunca inferiores a 7.250 metros de radio y que le lleva hasta una cota inferior a los 600 metros tras cruzar la autopista A-2 y la ribera mediante el larguísimo viaducto del Río Jalón (2.256 metros) y perfil descendente.

Es la aproximación a la siguiente estación en la línea, un suave descenso acompañado de una curva de 5.500 metros de radio con la que la línea recupera la orientación noreste para llegar a Calatayud, situada a 529,6 metros de altitud sobre el nivel del mar. En Calatayud, además de la estación, hay una base de mantenimiento de infraestructura y está preparada la bifurcación hacia la proyectada línea de alta velocidad de Calatayud a Soria.

No ha abandonado aún el sistema Ibérico, por lo que en su descenso hasta el Ebro tendrá que seguir siendo guiada por el curso del Jalón aunque encaramada a los montes que bordea, primero mediante ocho túneles en menos de 25 kilómetros, entre los que destaca el de Paracuellos, un tubo para vía doble de 4.763 kilómetros, y el de Villanueva del Jalón, de 1.022 metros.

Así hasta que llega a Plasencia de Jalón, donde la altura de la línea se estabiliza por debajo de los 300 metros de altitud, y donde la línea abandona al fin la cuenca del Jalón y la orientación nordeste para encaminarse al sureste, paralela al río Ebro. En Plasencia (kilómetro 273), se encuentra un apartadero y la bifurcación hacia el cambiador de ancho del mismo nombre, que permite a los trenes de rodadura desplazable continuar viaje hacia Navarra y La Rioja a través

de Castejón de Ebro, previo paso por este cambiador de ancho dual instalado a la salida del corredor de alta velocidad.

Después, el corredor pasa al Sur del aeropuerto y de la plataforma logística de Zaragoza - construida en fechas posteriores a la de la apertura de la línea-, y comienza a circunvalar la capital aragonesa con curvas de 7.250 metros de radio, mientras desde Moncasí un ramal descende al norte hacia la estación de Zaragoza-Delicias, construida junto con la línea de alta velocidad, y situada a una cota de 200 metros sobre el nivel del mar.

Tras cruzar (en vía única) el túnel urbano de Tenor Fleta (4.017 metros), el ramal se reencontrará con la línea principal en el kilómetro 314, en la bifurcación llamada del Canal Imperial de Aragón, después de que el baipás que da servicio a los trenes sin parada en la ciudad haya rebasado ya el Huerva y su ribera mediante un impresionante viaducto de 1.145 metros de longitud.

Antes, en Miraflores, de la línea procedente de Zaragoza se bifurca la de alta velocidad hacia Huesca, y poco después vuelve a ser de vía doble. En este tramo de vía doble antes de la Bifurcación del Canal Imperial, hay una base de mantenimiento de la infraestructura.

Es el momento de retomar el ascenso que permitirá a la línea evitar la saturada ribera del río por una zona completamente despoblada, rebasando bien al sur El Burgo de Ebro y superando de nuevo la cota de los 300 metros, antes de describir una enorme curva de 6.000 metros de radio y unos ocho kilómetros de longitud que rodea Fuentes de Ebro, cruzando sobre el Río Ginel mediante un viaducto de 1.188 metros, y que cambia casi en 90 grados la orientación de la plataforma: de nuevo, se encamina al nordeste.



Fig.28. Prototipo Talgo 350 en pruebas en 2002 (Fuente, Vía Libre).

Y lo hace para descender a la ribera del Ebro con pendientes de entre el 15 y el 21 por mil, hasta llegar a los 160 metros de altitud sobre el nivel del mar, y cruza del río mediante un notable viaducto de 556 metros de longitud en su kilómetro número 337. La línea comienza entonces de nuevo su ascenso por encima de los 200 metros de cota con otra curva de 6.000 metros de radio, que rectifica su trazado ligeramente hacia el este y que la llevará a la zona de Los Monegros.

Allí el trazado se caracteriza por ser prácticamente recto en planta (curvas cortas y con 10.000, 20.000 en incluso 30.000 metros de radio) al discurrir al norte de la carretera AP-2, además de ondulante en alzada, con continuos cambios de rasante y pendientes cortas y fuertes, y una

altitud que oscila entre los 250 y los 400 metros, sin más estructuras que puentes pequeños y escasos.

A partir del kilómetro 382, la situación cambia ligeramente. Tres viaductos prácticamente consecutivos, el de Val de Castejón (450 metros), el de Val de Cabrera (351 metros) y el de Val de Ladrones (418 metros) dan paso a un trazado ligeramente más virado con varias curvas encadenadas de 7.000 metros de radio y un túnel de 2.915 metros de longitud (e Las Hechiceras, al sur de Ballobar) y 20 milésimas de pendiente que lleva a la línea hasta la ribera del Cinca, y un viaducto que cruza el río con sus 870 metros de longitud.

El corredor se sitúa así una vez más por debajo de los 200 metros de altitud, aunque tendrá que rozar de nuevo esa cota al pasar sobre el Canal de Aragón y Cataluña, antes de rebasar la base de mantenimiento de Montagut y antes de iniciar la aproximación hacia Lérida.

El paso por Lérida se resuelve, como en Zaragoza, mediante una variante para la línea principal que comienza tras el cruce bajo la autopista A-2 y circunvala la ciudad por el sur, mientras que el acceso en vía única hasta la estación rebautizada como Lérida-Pirineos y situada a una cota de 151,7 metros, se realiza mediante un túnel urbano de 1.527 metros y compartiendo corredor con la línea convencional Lérida-La Pobla de Segur.

La variante de Lérida, que comienza en el kilómetro 434,6, impone un nuevo cambio de rumbo al y trazado al orientarse hacia el sudeste, y es tan suave como el resto de la línea. Cuenta con tres amplias curvas de 6.000, 6.800 y 7.250 metros de radio, y su única estructura relevante es el viaducto de Zurita, de 2.476 metros de longitud y que sirve para salvar consecutivamente el paso sobre la antigua N-II, el río Segre, la carretera de acceso LL-11, el canal de Urgel y la carretera C-13.

Respecto a su perfil, la traza llega a bajar de los 150 metros de altitud al paso por la ribera del Segre, una cota que no volverá a utilizar hasta unos 75 kilómetros más tarde, poco antes de alcanzar la estación de Camp de Tarragona. Sin perder la alineación sureste, la línea asciende primero de forma tímida por encima de los 200 metros a su paso por Puigverd de Lérida, y comienza a entrecruzar su planta con la del ferrocarril Lérida-Martorell.

Un ascenso prácticamente sostenido durante 25 kilómetros, con pendientes primero suaves en la zona de Les Borges Blanques que la llevan a la cota de los 300 metros, y que luego se endurecen –entre el 10 y el 25 por mil– hasta alcanzar los 500 metros de altitud poco antes de atravesar el túnel de Tarrés (853 metros).

La línea entra así en la cuenca de Barberá en dirección Este y se prepara para cruzar la Cordillera Prelitoral Catalana con un largo y ondulado descenso de 17 kilómetros y traza en dos segmentos (el primero en dirección este, el segundo en dirección sur) unidos por una larga curva de 6.800 metros de radio. Esta alineación es necesaria para seguir el cauce del río Francolí, que ayuda al corredor a cruzar las Montañas de Prades, el último obstáculo para la línea antes de aproximarse al mar Mediterráneo. Este cruce es quizá, junto con la sección Calatayud-Ricla, uno de los relieves más desafiantes a los que se enfrenta la línea entre Madrid y Barcelona.

Tras rebasar la localidad de Montblanc por el este, la plataforma cruza sobre la llanura de inundación del río Anguera mediante un viaducto de 950 metros, cuyo primer tercio se encuentra en pendiente descendente de 13,6 milésimas, mientras que los dos restantes ascienden ya a un ritmo de 25 por mil.

Esa breve subida la llevará a superar de nuevo los 300 metros de altitud y culminará en el túnel del Camp Magré (982 metros), tras lo cual la línea volverá a descender de nuevo con una pendiente que es del 18 por mil en el viaducto sobre el barranco del Pont de Candi (413 metros), del 25 por mil en los túneles consecutivos de Lilla y Puig Cabrer (2.103 metros y 686 metros respectivamente), y del 20 por mil en el puente sobre el río Francolí, para terminar suavizándose en el túnel de Riba (1.971 metros). En total, la plataforma recorre 6.155 metros sobre estructuras en poco más de 7 kilómetros.

El corredor baja así de los 200 metros de altitud y llega a hasta la zona de Camp de Tarragona gracias a un par de grandes curvas de entre 6.000 y 7.250 metros de radio y prácticamente 10 kilómetros de longitud (y entre ellas, una corta recta que servirá para conectar esta línea con el Corredor Mediterráneo en sentido Lérida), que le permiten cambiar, una vez más su orientación: de sur a este-sureste. Gracias a ese viraje, que implica un nuevo paso sobre el Francolí de 664 metros de longitud, la línea llega hasta la estación de Camp de Tarragona, con dos vías de apartado en cada uno de los lados de la doble vía principal. Inmediatamente tras ella está situado el túnel de Tapiolés (1.066 metros), paralelo y casi gemelo al del mismo nombre en vía única de la línea convencional de Madrid a Barcelona, que da paso a una sección que ondula suavemente por debajo de los 100 metros de altitud y que, tras cruzar el río Gaiá y llegar a La Pobla de Montornés, rectifica el trazado hacia el noreste para hacer que vaya paralelo a la línea de costa.

El trazado de la línea comienza aquí a remontar por las colinas de la comarca del Penedés en dirección noreste, después de haberse aproximado a menos de 3,5 kilómetros de la línea de costa en la zona de Roda. Una sucesión de viaductos y túneles cortos y en pendiente ascendente de hasta 17,5 milésimas hacen que la línea supere después la cota de los 130 metros, antes de comenzar de nuevo a descender a través del doble túnel de Serra Llarga (1.775 metros de longitud), hasta rozar con El Vendrell bajo tierra (594 metros) y cruzar sobre la Riera de la Bisbal sobre el viaducto de Santa Oliva, de 1.224 metros de longitud.

Desde la cota de los 65 metros de altitud, la línea comienza a subir de nuevo muy suavemente en planta, mientras que su trazado se aleja de la costa y se cierra con curvas cuyo radio oscila entre los 7.000 y los 5.500 metros. El corredor llega así a Vilafranca del Penedés y cruza la población en trinchera para comenzar allí el descenso definitivo hacia el mar en el kilómetro 568, después de haber alcanzado una cota cercana a los 250 metros de altitud.

Al superar la localidad de Sant Sadurn d'Anoia, por donde el paso se resuelve encajonándola entre la línea convencional y la autopista AP-7, la vía cruza el río Avernó hasta en tres ocasiones, antes de hacer lo mismo con el río Anoia y pasar por el túnel de Sant Isidre. En los dos kilómetros de línea que siguen está la última recta de importancia de la línea: desde allí el trazado accede a la cuenca del Llobregat mediante una sucesión de túneles y viaductos trazados en curva.

La mayor parte de esos giros se realizan hacia el este primero y el sureste después, con curvas que oscilan entre los 4.000 y los 8.500 metros de radio. El paso por Martorell se resuelve mediante un túnel artificial de 1.385 metros de longitud y que tiene una pendiente descendente de 16,7 milésimas que le lleva hasta cruzar el río por primera vez, de un total de cinco.

Evitando el paso natural del Llobregat, ya saturado de infraestructuras, la línea se apoya en la falda de la sierra, y comienza a descender hacia el mar por la cuenca del río. Cruzando los meandros del río tres veces más, la plataforma llega hasta El Prat, en cuyo término municipal el trazado discurre soterrado prácticamente en su totalidad gracias a un túnel de 4.135 metros. En este tramo está la estación de Prat de Llobregat que cuenta con cuatro vías y dos andenes laterales.

Para atravesar por última vez el río, la línea sale de su túnel mediante una fuerte rampa de 30 milésimas, la mayor de toda la línea Madrid-Barcelona. Siguiendo el trazado ya existente, y tras recorrer poco más de dos kilómetros en superficie, la línea se entierra finalmente a la altura de Bellvitge en un complicado túnel de 4.619 metros de longitud, con varias rampas de 25 milésimas y curvas cerradas, con radios que oscilan entre los 400 y los 1.100 metros, y que llevan hasta la estación de Barcelona-Sants, situada a una cota de 0,4 metros bajo el nivel del mar.

3.5. Material móvil.

La nueva línea de alta velocidad, con diseño de trazado para 350 km/h y unas características más exigentes en cuanto a velocidad máxima hacían que los serie 100 quedasen fuera de la ecuación. De esta manera, y ante la necesidad de la compra de nuevo material que cumpliera con las nuevas especificaciones, en el año 2000 Renfe convocó un concurso, en el que no se concretaba una velocidad máxima (entre 300 y 350 km/h) sino un tiempo de viaje de 2 horas y media sin paradas intermedias.

La recepción de ofertas fue en septiembre de 2000 y la adjudicación en marzo de 2001. Fueron adjudicados 16 trenes a Talgo-AdTranz (Bombardier), que constituirían la serie 102, y otros 16 a Siemens, estos serían la serie 103. La firma de ambos contratos fue en julio de 2001 y el plazo de entrega de 24 meses. El primer tren de la serie 102 fue puesto a disposición de Renfe a principios de 2003. En cambio los serie 103 no comenzaron a ser entregados a Renfe hasta 2005, mismo año en el pedido fue ampliado para la construcción de 10 trenes adicionales. Tras un largo período de pruebas estos empezarían a circular en servicio comercial en junio de 2007.

A continuación pasamos a enumerar los trenes de alta velocidad más representativos que han utilizado la línea Madrid-Zaragoza-Barcelona de forma completa o parcial:

Serie 100:

Estos trenes realizaban el trayecto Madrid-Sevilla principalmente pero debido a que los trenes que se suponía que deberían cubrir los servicios de la línea Madrid-Lérida todavía no habían sido homologados, se necesitó utilizar dos de estos. Fueron los encargados de inaugurar la línea el 11 de octubre de 2003. Así pues los serie 100 se encargaron de los servicios de alta velocidad de Madrid a Lérida hasta el 25 de febrero de 2005, momento en el cual entraron en funcionamiento, ya homologados, los serie 102, también llamados "Patos", por su morro característico.

Serie 102:

Los "patos" entraron en servicio comercial en la línea Madrid-Lérida a las 7:00 del sábado del 26 de febrero de 2005 desde la estación Lérida-Pirineos, concretamente la rama 102-006. Éstos pues sustituían a los serie 100 prestados de la línea Madrid-Sevilla. Fueron los primeros en incorporar el sistema ERTMS de nivel 1. A partir del 28 de abril de 2005 también realizarían el servicio Madrid-Huesca.

Con la llegada de los serie 103 hizo que desde el 23 de junio de 2007 estos sustituyeran a los serie 102 en la ruta de Madrid a Camp de Tarragona, primero de forma parcial y desde el 27 de noviembre del mismo año haciendo todos los servicios. Los 102 pasaron a atender las líneas recién abiertas de Madrid a Valladolid y Córdoba a Málaga.

Desde el 10 de enero de 2009 se encarga de realizar los servicios directos Barcelona-Sevilla/Málaga.

Serie 103:

La serie 103 entro en funcionamiento en servicio comercial entre Madrid y Camp de Tarragona el 22 de junio de 2007. Cuando en febrero de 2008 se terminó la línea Madrid-Barcelona, pasaron a atender estos servicios, además de los nuevos servicios de Barcelona a Málaga y a Sevilla hasta que se inauguró el baipás de Madrid que enlaza las líneas de Madrid y Barcelona sin entrar en Madrid Puerta de Atocha.

Actualmente sigue realizando los servicios, Madrid-Barcelona, Barcelona-Sevilla y Barcelona-Málaga.

Serie 120 y 121:

El servicio comercial de los trenes de la serie 120 comenzó entre Madrid y Barcelona el 17 de mayo de 2006, circulando desde Madrid Puerta de Atocha hasta el cambiador de Puigverd de Lérida (446 kilómetros). Fue el primer tren que circuló comercialmente por los baipases de Zaragoza y Lérida. Fueron los encargados de mantener los servicios diurnos entre Madrid y Barcelona hasta la apertura de la línea completa en febrero de 2008. A partir de septiembre y diciembre de ese mismo año, iniciarían los servicios comerciales de Barcelona-Vigo, Barcelona-Logroño-Bilbao y Barcelona-Pamplona-Hendaya, utilizando parte de la línea Madrid-Barcelona.

Actualmente la serie 120 se encarga del servicio Madrid-Guadalajara-Logroño en servicios ALVIA y la serie 121 realiza servicios AVANT en las relaciones Barcelona-Tarragona-Lérida y Zaragoza-Calatayud.

Serie 100F:

En julio de 2011, Renfe Operadora firmó con Alstom el contrato para adaptar diez trenes de la serie 100, a la circulación por líneas de alta velocidad españolas, líneas de alta velocidad francesas y líneas convencionales francesas tanto de 25kV como de 1,5kV, así como el transfronterizo, explotado por la concesionaria TP Ferro.

De estas diez unidades seis eran de la serie 101, las cuales fueron transformadas entre 2008 y 2010 pasando a llamarse serie 100R. Estas seis unidades no llegaron a circular en servicios comerciales nacionales como serie 100R ya que en 2010 se decidió ejecutar varias transformaciones en ellos para su adscripción al servicio internacional entre España y Francia. Así pues a estas seis unidades ex serie 101 (100-19/24), se añadirían cuatro más de la serie 100R (100-15/18).

La transformación de esta nueva subserie, denominada 100F, consistió en ejecutar las reformas necesarias para poder circular en Francia, así como otras de orden comercial.

El 15 de diciembre de 2013 se iniciarían los primeros servicios comerciales del Madrid-Barcelona-Marsella.

3.6. Horarios y servicios.

La línea, aún incompleta en su tramo Lérida-Barcelona, iniciaría su servicio el 24 de febrero de 2003 en dos viajes promocionales para los medios de comunicación. Serían dos AVE de la serie 100 los encargados de abrir el tramo Madrid-Zaragoza-Lérida aunque el camino de vuelta no lo realizarían éstos, sino dos trenes ALTARIA con tracción doble. De esta manera los viajeros pudieron circular por el mismo tramo con distinto material: los AVE serie 100 y los coches Talgo de la serie 7 con locomotoras S-252. Éstos cubrirían los servicios hasta que llegasen los nuevos AVES de la serie 102, trenes que podrían alcanzar los 330 km/h en servicio comercial. Hay que recalcar que éste fue un viaje promocional para dar a conocer la nueva línea. Pese a que el tramo Madrid-Zaragoza-Lérida no fue puesto en servicio comercial hasta el 11 de octubre de 2003 (inaugurado de forma oficial un día antes por los reyes), meses antes ya se sabía la oferta de servicios que tendría. Como detalle anterior a la inauguración de la línea de alta velocidad podemos destacar que los tiempos de viaje Madrid-Zaragoza a fecha de 19 de mayo de 2003 habían bajado la barrera psicológica de las 3 horas. Concretamente el Talgo que salía de Zaragoza Delicias a las 12:10 llegando a Madrid-Chamartín a las 15:01 aunque distaba mucho del tiempo de viaje que se esperaba conseguir con la línea de alta velocidad, ya que para el tramo Madrid-Zaragoza estaba previsto recorrerlo en 1 hora y 15 minutos.

La línea inició su explotación con el sistema ASFA, el cual permitía una velocidad máxima de 200 km/h, pero pronto pasaría a utilizar el sistema de comunicaciones ERTMS, el cual le

permitiría llegar a una velocidad de 300 km/h. De este modo, en la puesta en marcha de la línea no serían 1 hora 15 minutos entre Madrid y Zaragoza sino 1 hora 45 minutos. Hoy en día (2014) se cumple con la previsión de 1 hora 15 minutos como en el caso del servicio Ave que sale de Madrid Puerta de Atocha a las 5:50 llegando a Zaragoza a las 7:05.

En octubre de 2003 se ofertaban 11 servicios por sentido entre Madrid y Zaragoza (4 AVE y 7 ALTARIA) y 10 entre Madrid y Lérida (4 AVE y 6 ALTARIA). También se ofertaban 6 servicios ALTARIA entre Madrid y Barcelona (a partir de Lérida por la línea convencional y sin necesidad de trasbordo).

Como ya hemos dicho anteriormente la línea inicio su servicio con el sistema ASFA, el cual limitaba la velocidad máxima a 200 km/h, aunque se pretendía pasar al sistema ERTMS, una vez se hubiesen hecho las pruebas pertinentes. Fue el 4 de mayo de 2006 cuando se anunciaba la puesta en marcha del sistema de señalización ETCS/ERTMS de nivel 1 el cual aumentaba la velocidad máxima a 250 km/h. Quince días después, el 19 de mayo, trenes de la serie 102 comenzaron a circular a 250 km/h utilizando la nueva señalización.

Este aumento de la velocidad máxima en la línea se veía reflejado directamente en la reducción de los tiempos de viaje. De esta forma, el tiempo de viaje entre Madrid y Zaragoza quedaba en 1 hora y 29 minutos sin paradas.

En octubre de 2006, varios meses después de la implantación y puesta en marcha del sistema ERTMS de nivel 1, la velocidad máxima se pudo elevar hasta 280 km/h. El 7 de mayo de 2007 los AVE de la serie 102 fueron autorizados a circular a 300 km/h en el tramo de Madrid a Camp de Tarragona. Con este aumento de la velocidad máxima de la línea se volvieron a reducir los tiempos de viaje haciendo que el tramo Madrid-Zaragoza redujese su tiempo en 8 minutos, dejándolo en 1 hora y 21 minutos. Esto hacía que este tramo fuese el que mejor velocidad media tenía en España en ese momento, 227,19 km/h frente a los 206,76 km/h de media que tenía antes.

El 20 de febrero de 2008 entraría en servicio la conexión completa entre Madrid y Barcelona, ofreciendo 8 servicios AVE por sentido, uno de ellos directo y obteniendo un tiempo de viaje de 2 horas y 38 minutos. El número de circulaciones totales en la línea era de 17 por sentido que poco a poco irían aumentando.

En julio de 2009 ya se ofertaban hasta 31 circulaciones entre Madrid y Barcelona. Se mantenía el tiempo de viaje mínimo de 2 horas y 38 minutos en las circulaciones que salían de Madrid a las 15:00 a las 17:00 y a las 20:00. Desde Barcelona las circulaciones de las 6:30, 15:30, 16:30 y 18:30 eran las que realizaban ese mismo tiempo mínimo de viaje.

El 18 de octubre de 2011 entraba en funcionamiento en el tramo Madrid-Lérida el segundo nivel del Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario, ERTMS, el cual permitiría superar la velocidad máxima 300 km/h, que era la velocidad máxima que se podía desarrollar. Los encargados serían los AVE de la serie 103. Estos redujeron de las 2 horas y 38 minutos, que era hasta entonces el tiempo mínimo de viaje entre Madrid y Barcelona, a las 2 horas y 30 minutos. Son cuatro servicios directos los que han rebajado su tiempo: los de las 7:00 y 17:00 que salen de Madrid y los de las 6:30 y 17:30 que salen de Barcelona.

En estas fechas, finales de 2011, la relación Madrid-Barcelona estaba atendida por 27 servicios, con una velocidad máxima de 310 km/h permitida en el tramo Guadalajara-Yebes.

Actualmente, 2014, la línea ofrece 28 circulaciones por sentido y mantiene el tiempo mínimo de viaje de 2 horas y 30 minutos en los servicios directos.

En cuanto al tráfico de pasajeros en la línea, según datos registrados por Renfe, hubo un total de 16.923.323 pasajeros de AVE entre 2008 y 2011. A continuación vemos el desglose de estos:

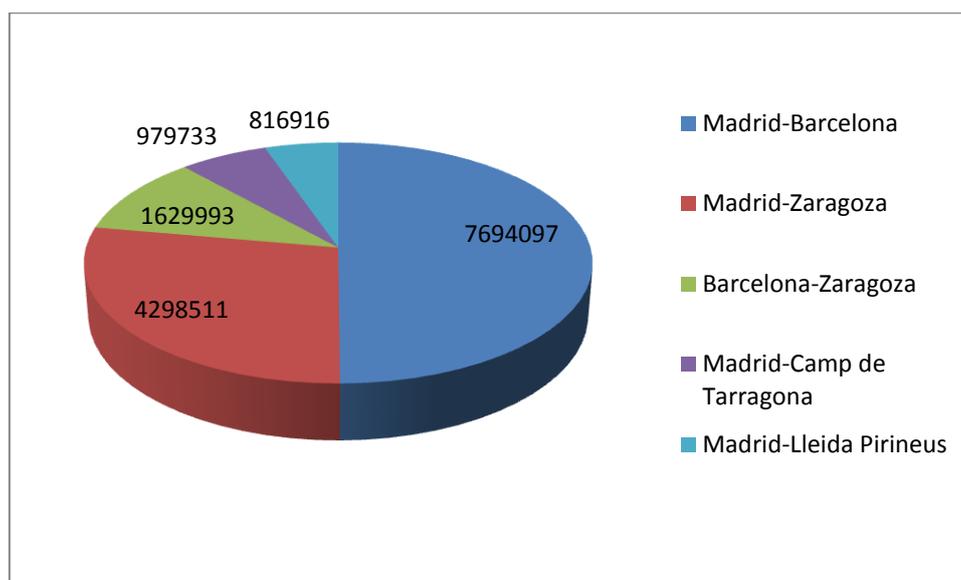


Fig.29. Tráfico de pasajeros entre 2008 y 2011 (Fuente, elaboración propia).

Al igual que en la línea Madrid-Sevilla existe un compromiso de puntualidad por el cual en los trenes AVE si el retraso es superior a quince minutos, la indemnización se fija en el 50 por ciento del precio del billete y si supera los treinta minutos, Renfe abonará la totalidad del importe.

En general, puede suspenderse el compromiso de indemnización por retrasos cuando éstos se produzcan por causas ajenas a la operadora como averías graves en las instalaciones de infraestructura u obras urgentes programadas con un periodo inferior a 60 días.

4. Línea Madrid-Valladolid.

4.1. Introducción.

Históricamente, la salida hacia el norte de la península desde Madrid era la línea que unía Madrid-Ávila-Medina del Campo con Valladolid, ciudad donde se entroncarían las distintas líneas para llegar hasta País Vasco, Galicia, etc. Para poder llegar hasta la ciudad pucelana era necesario atravesar la sierra de Guadarrama con cotas superiores a los 1.000 metros. Éste, sin lugar a dudas, era el gran problema que presentaba la línea. Durante el siglo XIX se presentaron distintas alternativas para llegar hasta Valladolid aunque todas ellas tenían el mismo denominador común: salvar la sierra de Guadarrama. De las tres salidas que existían hacía el norte: Ávila, Segovia y Burgos; la de Ávila era la principal conexión, a pesar de que ésta discurría en dirección Este a Oeste durante muchos kilómetros, algo ilógico y que necesitaba ser subsanado.

Como ya hemos visto en el capítulo primero, el PTF incluía en su texto la realización del nuevo acceso al norte-noroeste de España. Ya por entonces lo llamaba “Variante de Guadarrama”. Sería en ancho ibérico y para una velocidad de 200 km/h llegando a conseguir una, sobre el papel, una ganancia espectacular de tiempos de viaje (más de una hora).

4.2. Situación antes de 2000.

A finales de los ochenta se barajaban cinco opciones para realizar la variante norte. Los podemos ver en la figura 9 del capítulo primero. Estos eran:

-Guadarrama (Ávila): Con una longitud de 198 kilómetros desde Madrid hasta Valladolid saldría de Madrid-Chamartín hacia Colmenar, desde donde se dirigiría paralelamente a la sierra hasta cruzar el Guadarrama por un túnel de base. A partir de la boca Norte de este túnel se dirigiría hacia la línea convencional de Ávila, alcanzándola cerca de Sanchidrián, y desde allí seguiría hasta Valladolid por la línea que por entonces existía. Esta opción implicaba la construcción de:

-Cinco viaductos con una longitud total de 5.250 metros.

-Diez túneles con una longitud total de 29.180 metros.

-Guadarrama (Segovia): constaba de 183 kilómetros hasta Valladolid y era una evolución de la opción Guadarrama (Ávila), ya que hacía el mismo recorrido hasta la boca Norte del túnel de base, solo que desde allí enlazaba con la línea convencional de Segovia a Medina del Campo, discurriendo por el curso del río Moros hasta Santa María la Real de Nieva, coincidiendo con la línea convencional hasta Olmedo, desde donde, por un nuevo trazado, sigue a Matapozuelos y penetraba en Valladolid por la línea Madrid-Hendaya. Esta opción implicaba la construcción de:

-Trece viaductos con una longitud total de 9.720 metros.

-Doce túneles con una longitud total de 21.620 metros.

-La Peñota: salía de Madrid hacia el Norte, como la línea convencional Madrid-Burgos, y pese a que era la opción más larga de todas, entre 190 y 199 kilómetros dependiendo de cuál de sus tres variantes se escogiese, era la que más aceptación tuvo en su momento ya que no era necesario la construcción de tantos viaductos y túneles evitando así problemáticas constructivas. Esta opción implicaba la construcción de:

-Ocho viaductos con una longitud total de 3.650 metros.

-Cuatro túneles con una longitud total de 17.300 metros.

-Rascafría: con una longitud de 185, era una variación de La Peñota que se bifurcaba de ella en Miraflores para entrar en el túnel de La Morcuera, saliendo al valle de Lozoya al Oeste de Rascafría; entrando en el túnel en El Reventón; con boca Norte cerca de La Granja de San Ildefonso, desde donde siguió hasta Segovia y, pasando por Carbonero el Mayore Iscar, alcanza el corredor de La Peñota en Cogeces de Isca, desde donde de nuevo compartían ambas el trazado hasta Valladolid. Esta opción implicaba la construcción de:

-Ocho viaductos con una longitud total de 4.100 metros.

-Cuatro túneles con una longitud total de 20.100 metros.

-Navacerrada: era el corredor más corto, con sólo 174 kilómetros de longitud. Su desventaja era que aunque la longitud total de túneles no era excesiva, se necesitaba uno extremadamente largo, de 17 kilómetros, al que se accedería desde Colmenar, y que tendría la boca Norte junto a Valsaín, desde donde iría al encuentro de la alternativa Rascafría. Esta opción necesitaba:

-Ocho viaductos con una longitud total de 5.400 metros.

-Cuatro túneles con una longitud total de 18.900 metros.

Al igual que muchas otras grandes obras que incluía el PTF, no se acometieron en el momento, debido al cambio de idea en la construcción de la línea Madrid-Sevilla en alta velocidad y ancho UIC. Este hecho hizo que la partida de dinero fuese prácticamente absorbida por las obras de ésta primera LAV y por la adecuación de las obsoletas líneas del ferrocarril español.

No sería hasta el año 2000 cuando se optaría por la construcción de un trazado nuevo.

4.3. Construcción de la línea.

Como ya hemos explicado, pese a que a finales de los ochenta se plantea realizar el acceso al norte, no sería hasta finales de los noventa cuando se tomara la decisión de realizar un trazado nuevo con un gran túnel.

Así pues, en el año 1998, el Gobierno español encargaba al GIF la realización de la conexión del centro de la Península Ibérica con el norte y noroeste a través de la nueva línea de alta velocidad en ancho estándar Madrid-Segovia-Valladolid, la cual era parte del proyecto prioritario europeo “Alta Velocidad del Sur” que pretendía conectar la Península con el resto de Europa por medio del tramo internacional Vitoria-Dax.

Este línea de alta velocidad sería el eje fundamental del llamado “Nuevo Acceso Ferroviario al Norte-Noroeste”, el cual permitiría mejorar las relaciones ferroviarias de Madrid y su zona de influencia con todo el Norte de España, ya que por ella podrían circular los trenes al País Vasco, Cantabria, Asturias, Galicia y Portugal, dando servicio a la mayoría de capitales de Castilla y León. Así pues esta línea de casi 180 kilómetros representaba el primer paso para estructurar el tráfico de altas prestaciones al Norte y Noroeste del país.

El nuevo trazado reducía en 68,5 kilómetros el trazado antiguo, con la ganancia de tiempos que ello conllevaba, permitía reducir ostensiblemente los tiempos de viaje entre el Norte y el centro de la Península.



Fig.30. Estado de la línea en 2003 (Fuente, Vía Libre).

Las obras se irían desarrollando sin grandes problemas, a pesar que dentro de esta línea se encuentra uno de los mayores hitos de la ingeniería española: los túneles de Guadarrama, de casi 29 kilómetros de longitud.

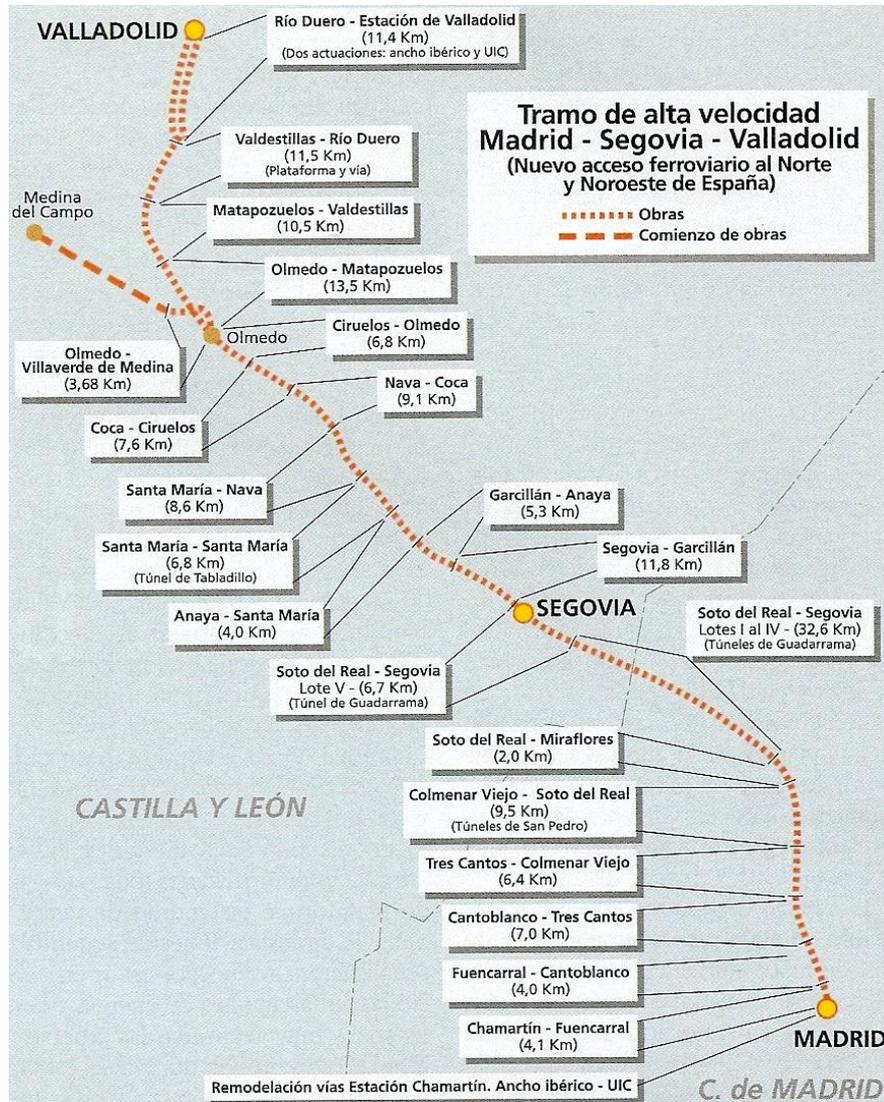


Fig.31. Estado de las obras en octubre de 2007 (Fuente, Vía Libre).

En enero de 2005 se iniciaba otra de las obras importantes de la línea: los túneles de San Pedro de casi nueve kilómetros de longitud. También por esas fechas se empezaban a levantar las primeras pilas del viaducto de "Arroyo del Valle", éste era el más largo de la línea con 1.755 metros y con un espectacular arco central de 132 metros de luz, situado en el tramo Soto del Real-Miraflores. El 5 de mayo de ese mismo año se finalizó la perforación de los túneles de Guadarrama siendo considerado entonces como el quinto túnel ferroviario más largo del mundo. Tras completar la perforación se iniciaría el proceso de montaje de vía en placa en los túneles de manera continuada hasta 2007.

Túnel	Longitud en metros	Año de puesta en servicio	País
Gotardo	57.072	2010	Suiza
Seikan	53.850	1988	Japón
Canal de la Mancha	50.450	1994	Francia y Reino Unido
Lötschberg	34.577	2007	Suiza
Guadarrama	28.377	2007	España
Hakkoda	26.455	2010	Japón
Iwateichinohe	25.810	2002	Japón
Iyama	22.225	2013	Japón
Daishimizu	22.221	1982	Japón
Simplon	19.824	1922	Suiza-Italia

Fig.32. Tabla de los 10 túneles más largos del mundo en 2007 (Fuente, Vía Libre).

El 22 de diciembre de 2007 sería inaugurada la línea completa entre Madrid y Valladolid.

4.3.1. Obras importantes.

Se citan a continuación, indicando situación y longitud, las obras de fábrica más importantes de la línea.

Túnel	Longitud (m)	Km	Viaducto	Longitud (m)	Km
Hortaleza-Pitis	162	2,2	Sin nombre	101	16,4
El Goloso Sur	148	9,8	Sin nombre	62	19,1
El Goloso Norte	376	11,1	El Salobral	753	21,2
FFCC Madrid-Burgos	120	13,6	Arroyo del Valle	1.755	31,8
Del Colegio	540	14,1	Majalahita	660	36,0
Canala de Santillana	90	15,1	Arroyo del Vadío	142	69,5
San Pedro	8.835	22,6	Pocilo	136	70,4
Guadarrama	28.826	37,0	Peregordo	852	73,0
Fuentecilla	1.810	70,7	Río Moros	475	90,1
Tabladillo	2.726	94,4	Arroyo de Balisa	65	103,6
Pinar de Antequera	-	178,9	Río Voltoya	176	118,5
			Río Adaja	167	164,4
			Río Adaja	150	161,8
			Río Cega	280	163,3
			Río Duero	150	167,6

Fig.33. Viaductos y túneles de la línea (Fuente, Vía Libre).

A diferencia de otros capítulos vamos a exponer a continuación dos de los elementos constructivos más destacados de la línea: Los túneles de Guadarrama y el viaducto de Arroyo del Valle.

Túneles de Guadarrama.

Técnicamente considerado como un túnel doble de baja cota se construyó a través de la Sierra de Guadarrama, entre Madrid y Segovia, constituyó por su longitud de 28,4 kilómetros y por su velocidad máxima 350 km/h el hito más destacado de las obras ferroviarias realizadas en España. El trazado se sitúa entre Miraflores de la Sierra y Segovia con radios mínimos en planta de 7.000 metros, y con una pendiente media del 1,5% desde la boca sur hasta alcanzar la cota de 1.200 metros bajo el Valle de Umbría, para descender después con una pendiente media de 0,95 % hasta la boca norte.



Fig.34. Planta y perfil del túnel de Guadarrama (Fuente, Vía Libre).

En 1997 se redactó un primer estudio informativo para establecer una conexión con velocidad nominal de 200 km/h entre Madrid y Valladolid con nueve alternativas de trazado. Las alegaciones que recibió durante su exposición pública, más el estudio de viabilidad de un túnel de baja cota en el eje Miraflores de la Sierra-Segovia, que presentó Renfe, hicieron tomar la decisión de redactar el proyecto que actualmente conocemos. En 1999 se redactó el estudio informativo complementario que condujo a la declaración de impacto ambiental en 2001. Se resaltó la importancia de no afectar a la naturaleza del valle del río Lozoya y a otros entornos naturales de la Sierra de Guadarrama. Las obras comenzaron en 2002 y el calado se efectuó en 2005.

Se fijó el escenario de seguridad, en los túneles de vía única, como la circulación de un tren de 200 ó 400 metros de longitud, estanco, pero con el sistema de hermetizado inútil a la velocidad de 350 km/h, sin que las máximas variaciones de presión en el tiempo de tránsito por el túnel, rebasaran los 10 kPa.

En el caso del túnel de vía doble, se fijó el escenario de seguridad en el cruce de dos trenes de 200 ó 400 metros de longitud, estancos, pero con el sistema de hermetizado inútil a la velocidad de 350 km/h, sin que las máximas variaciones de presión en el tiempo de tránsito por el túnel, rebasaran los 10 kPa.

El túnel se concibió recto en principio pero debido al cambio de trazado en el Valle de la Umbría, por motivos geológicos, presenta una curvatura cóncava hacia el oeste. El recubrimiento máximo es de 992 metros bajo el macizo de Peñalara. La sección libre del túnel es de 52 m², con un diámetro interior del anillo de revestimiento de 8,5 metros. La distancia entre ejes, siguiendo el ejemplo del Túnel del Canal de La Mancha, se situó en 30 metros.

Viaducto Arroyo del Valle.

Esta obra se encuentra en el tramo Soto del Real-Miraflores de la Sierra de la línea que nos ocupa. En 2006, la fecha de su finalización, suponía el viaducto de mayor luz con cimbra autoportante realizado hasta la fecha en España.

En la figura 36 podemos ver el momento en el que se realizaron las pruebas de carga del viaducto. Para ello se utilizaron varios camiones cargados con 1.200 toneladas. De esta manera comprobaron la resistencia de la obra civil, respondiendo a las expectativas recogidas en el proyecto inicial.



Fig.35. Viaducto de Arroyo del Valle (Fuente, Vía Libre).

Este viaducto es nexo de unión entre los túneles de San Pedro y Guadarrama. Su construcción fue singular debido al sistema empleado en la ejecución vertical y posterior descenso de los dos semiarcos que componen el arco ojival central. Para poder cumplir con la declaración de impacto ambiental, ya que atraviesa una zona de gran valor ecológico, se puso en práctica un original sistema que consiste en hacer girar y descender los semiarcos que se unían en la piedra con que se cierra el arco, llamada clave, y encofrada a 50 metros de altura. Ésta

constituye también el punto fijo de la estructura sobre la que posteriormente se asentó la plataforma.



Fig.36. Pruebas de carga en el viaducto de Arroyo del Valle (Fuente, Vía Libre).

Una vez descendido el primero de los semiarcos, estos quedaron suspendidos en su posición final, con una inclinación de $47,3^\circ$ respecto a su posición inicial, hasta el cierre de la clave, realizada posteriormente. En la construcción del tablero se utilizó una autocimbra, armazón que sostiene el propio peso de dicho tablero y empleado para salvar el vano, para 66 metros de luz.

Era la primera vez en España que se empleó una autocimbra para construir un viaducto ferroviario de estas dimensiones y un tablero continuo de casi 1.800 metros de longitud.

También en la construcción del arco central se utilizó un novedoso sistema, que consistió en ejecutar el arco en dos mitades, dos semiarcos contruados verticalmente, que adoptaron su forma curva definitiva según se iban encofrando. Una vez alcanzada la longitud precisa, el arco central rotó y descendió hasta la altura establecida.

4.4. Descripción del trazado.

La línea de alta velocidad de Madrid a Valladolid, de 178,8 kilómetros de longitud, parte desde el haz de vías de ancho estándar de la estación de Madrid-Chamartín, situada a una altitud de 722 metros, y se dirige hacia el Norte, recibiendo en primer lugar desde el Oeste a los trenes procedentes del cambiador de ancho dual instalado en la cabecera norte. Después, se cruza dos veces y a distinto nivel con los dos ramales de la conocida como “bifurcación de Hortaleza” de la red convencional.

Después bordea las instalaciones de depósito y talleres de Fuencarral –donde se ha construido un área específica para mantenimiento de material rodante de alta velocidad, con dos cambiadores de ancho—para abandonar el casco urbano de Madrid al rebasar la M-40.



Fig.37. Línea Madrid-Valladolid (Fuente, Monografías Vía Libre).

La línea comienza un largo ascenso de 51 kilómetros hasta el centro de la sierra del Guadarrama, y evita las afecciones medioambientales al terreno por el que pasa, el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares, adosando su trazado al del corredor convencional Madrid-Aranda de Duero-Burgos. Lo cruzará primero por encima para dejarle paso hacia el Este brevemente –donde da servicio a la Universidad Autónoma de Madrid y abre la bifurcación hacia Alcobendas/San Sebastián de los Reyes–, y lo recibirá una vez más a su costado occidental un poco más adelante.

Tras unos kilómetros en paralelo, el juego de trenzado de ambas líneas vuelve a surgir cuando alcanzan el casco de la localidad de Tres Cantos, en torno a los 740 metros de altitud: esta vez es la de alta velocidad la que cruza bajo su compañera y evita el paso por el casco urbano manteniéndose al oeste de la autovía M-607 mediante una suave curva trazada entre esta localidad y Colmenar Viejo. Allí, y tras cruzar bajo dicha autovía y bajo la línea convencional en un cajón con pérgola, está situado el Puesto de Banalización de Tres Cantos.

Conforme el ascenso hacia la cordillera se vuelve más pronunciado, el trazado en planta de la línea se hace sin embargo más suave, libre ya del corsé que le impone la necesidad de ceñirse al corredor ya existente, y la limitación de velocidad se eleva hasta los 300 km/h. A partir de aquí comienza una sucesión de grandes estructuras iniciadas por el viaducto de El Salobral, de 735 metros de longitud, para dar paso casi de inmediato y una vez superada la cota de los 800 metros al túnel del cerro de San Pedro.

Con 9.150 metros de longitud, es el tercero más largo de España, sólo superado por la variante de Pajares y los túneles de Guadarrama.

El paso bajo el cerro sirve para llevar a la línea por encima de los 900 metros de altura, y para orientarla en la dirección más adecuada para afrontar el túnel de base de Guadarrama, al

noreste. Hasta su boca sur llega la línea tras aprovechar al milímetro el poco espacio disponible: el viaducto de Arroyo del Valle, de 1.755 metros de longitud, permite seguir ganando cota hasta el mismo apartadero de Soto del Real, situado casi en el propio portal del doble túnel, a 998 metros de altitud y separado de él sólo por el viaducto de Majalahita, de 660 metros de longitud.

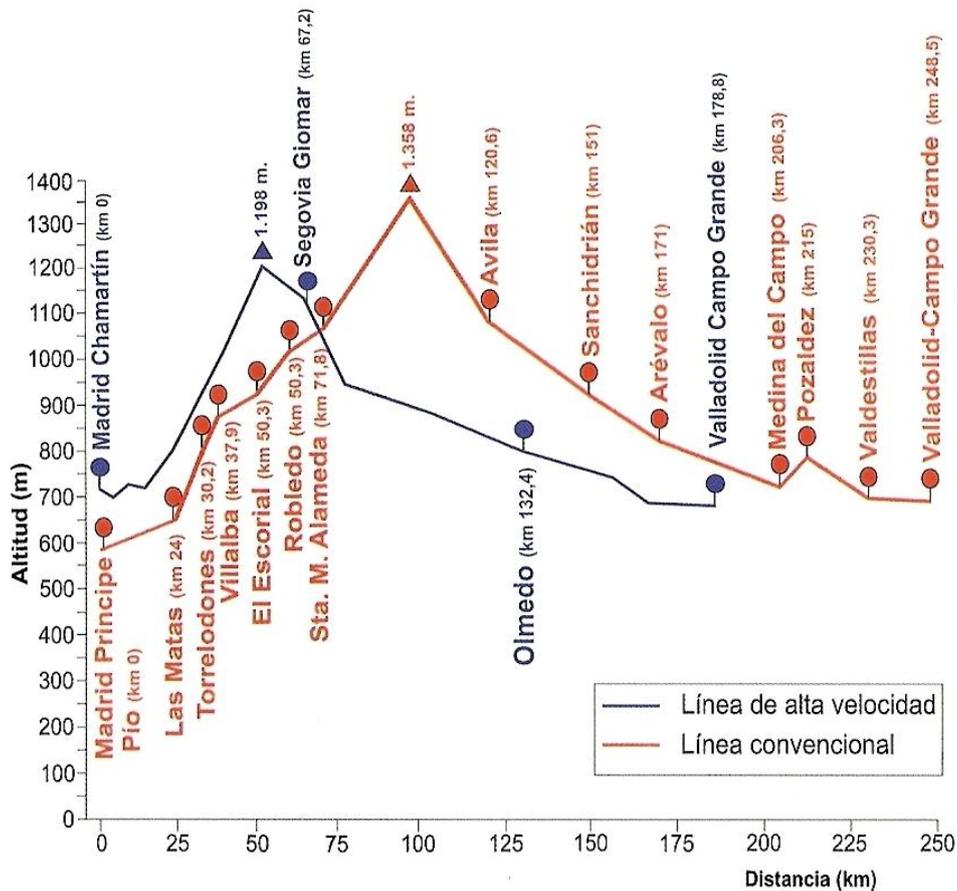


Fig.38. Comparativa línea convencional/alta velocidad de la línea Madrid-Valladolid (Fuente, Monografías Vía Libre).

El paso por la montaña se realiza mediante dos tubos de vía única y 8,5 metros de diámetro, separados entre sí 30 metros y con 28.697 metros de longitud. En planta, la línea bajo el macizo adopta en términos generales la forma de una recta en dirección sureste-noroeste, aunque está formada en realidad por una curva de 2,4 kilómetros y 8.400 metros de radio, seguida por una larga recta de 13,5 kilómetros, y sendas curvas de 15.000 metros de radio cada una de 4,6 y 2,7 kilómetros de longitud unidas por una recta de 1,6 kilómetros, así como una recta final de más de 2 kilómetros de longitud.

Respecto a su pendiente, el túnel parte de la provincia de Madrid, en la vertiente sur de la sierra de Guadarrama, entre las localidades de Miraflores de la Sierra y Soto del Real, y desde allí asciende con una suave pendiente del 15 por mil hasta alcanzar su cota máxima de 1.200 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente a la mitad del túnel y bajo el Valle de Umbría. Desde allí la línea desciende a razón de 9,5 milésimas, para recortar el ritmo de bajada a 2 milésimas en los últimos cinco kilómetros de túnel.

Antes de salir al exterior por el portal norte, los dos tubos que albergan la línea se separan aún más entre sí, hasta situar sus ejes a 40 metros. Gracias a esa enorme distancia de entre-ejes se da cabida a la estación de Segovia (kilómetro 67,62) en un entorno muy complicado que obligó a diseñar una ingeniosa configuración de vías. En ella, es la línea pasante la que abraza a las cuatros vías de estacionamiento (lo habitual suele ser lo contrario), sin variar además su ritmo de descenso hacia la planicie, que desde las bocas del túnel es de 19 milésimas.

Para dar suficiente espacio horizontal a las vías de estacionamiento, los dos desvíos hacia la estación central están montados a apenas 466 metros de la salida del túnel, y desde ellos el par de vías de salida realiza un fuerte descenso a modo de tobogán bajando respecto a las vías pasantes. De esa manera se consigue ganar pronto la cota de la estación, y ganar espacio suficiente para los andenes horizontales, antes de que las vías de salida de Segovia-Guimar hacia Olmedo alcancen a tiempo, y a nivel, a las principales.

Tras el paso por la estación, la línea recupera gradualmente la distancia de entreeje normal – 4,7 metros en vez de 6 metros del proyecto inicial—y comienza con un pronunciado descenso su paso por la cuenca hidrográfica del río Duero con pendientes entre las 20 y las 25 milésimas en el túnel de Fuentecilla y el viaducto de Perogordo de 1.810 y 852 metros de longitud respectivamente, descenso que se convierte en una suave bajada en torno al kilómetro 78 de la línea, al paso por el río Milanillos.

La línea comienza así su paso por la meseta castellana con un trazado prácticamente recto y en dirección noroeste, lo que le obliga a cruzar en perpendicular las cuencas de varios ríos. El perfil del corredor adopta así una forma de suave ondulación que primero ronda los 900 metros de altitud, y tras pasar sobre el río Moros la línea asciende de nuevo sobre el páramo con una pendiente de 20 milésimas. Para aplanar la forma de la onda, la línea no remonta completamente el páramo, sino que lo atraviesa con el túnel de Tabladillo, para volver a descender con fuertes pendiente del 15 y al 20 por mil hasta rebajar la cota de los 800 metros, mientras rodea la localidad de la Nava de la Asunción por el Este y Coca por el Sur, con curvas en torno a los 7.000 metros de radio.

De nuevo sobre el páramo y tras cruzar el río Voltoya, la línea afronta una alineación prácticamente recta tras sendas curvas de 15 kilómetros de radio, y que alberga el apartadero de Olmedo con una altitud de 768 metros. Allí nace la bifurcación de lo que en el futuro sería la LAV Olmedo-Zamora-Ourense, y para cuyo servicio se construyó un salto de carnero desde la vía impar que garantiza la salida de composiciones en sentido Medina del Campo y Galicia, sin cizallar la línea Madrid-Valladolid.

El corredor, que ondula ya en torno a los 730 metros de altitud, pasa el río Adaja y asciende de nuevo sin más estructuras de relevancia que el cruce sobre la línea convencional Madrid-Irún junto a la localidad de Matapozuelos, que realiza mientras describe una gran curva de 7.250 metros de radio con la que cambia su orientación de noroeste a norte/noreste. Poco después, en Valdestillas, y antes de cruzar de nuevo el río Adaja, la línea de alta velocidad conecta con la convencional en sentido Irún a través de un cambiador de ancho dual.

Con un suave zigzag, el corredor encara la aproximación final a Valladolid y, tras cruzar el río Duero mediante un viaducto de 280 metros de longitud, se interna en su término municipal

con un trazado que ya compartirá con el convencional hasta la estación de Campo Grande. Desde la apertura de la línea de alta velocidad, hasta que se alcance la configuración definitiva para la red arterial ferroviaria de Valladolid, ésta entra en la ciudad en configuración de vía única.

Llega así hasta Valladolid-Campo Grande con una altitud de 694 metros, cuyas dos vías principales son de ancho estándar y están conectadas entre sí con bretelles para mejorar la explotación mientras el resto de la playa de vías conserva el ancho ibérico. En el lado Venta de Baños, la estación cuenta además con sendas vías de apartado, y conecta con el cambiador de ancho dual situado en el kilómetro 179,6, auténtico final de esta línea.

4.5. Material móvil.

Serie 102:

A partir del 23 de diciembre de 2007 los trenes de la serie 102 se encargaron de los servicios AVE entre Madrid y Valladolid con trece frecuencias diarias por sentido. Actualmente siguen manteniendo el servicio.

Serie 130:

Al igual que la serie 102, entró en servicio en la línea el 23 de diciembre de 2007 dando servicios ALVIA. La entrada en servicio de este tren en las líneas españolas estaba prevista para noviembre de 2007, sin embargo realizó un servicio excepcional el 31 de octubre de ese mismo año debido al retraso de más de dos horas y media del Talgo que realizaba la ruta Gijón-Alicante.

Finalmente el 6 de noviembre de 2007 comenzó la circulación regular comercial de la serie, bajo la denominación comercial ALVIA, realizando servicios de Madrid a Gijón y Alicante a Gijón.

Volviendo a la línea que nos ocupa este capítulo, sería el 20 de enero de 2008 cuando esta serie comenzaría a realizar de manera provisional, por falta de otro material, los entonces nuevos servicios AVANT que unían Madrid con Segovia. Estos serían reemplazados el 26 de febrero de 2009 en estos servicios AVANT por los trenes de alta velocidad-media distancia serie 121.

Serie 121:

Esta serie viene de la serie 120 y se ocupa de servicios media distancia. Son trenes de ancho variable. Esta serie reemplazó a los serie 130, que realizaban el servicio AVANT entre Madrid y Segovia de manera provisional, el 26 de febrero de 2009. Éstos a su vez fueron sustituidos el 12 de junio de 2011 por la serie 114.

Serie 730:

Desde el 17 de junio de 2012 realiza servicios utilizando parte de la línea Madrid-Valladolid con dirección Galicia. Estos son capaces de circular por vías electrificadas de alta velocidad además de por líneas convencionales sin electrificar. En el momento que la línea de alta velocidad llegue ininterrumpidamente hasta las poblaciones gallegas éstos dejarán de realizar los trayectos Madrid-Galicia.

Serie 114:

El domingo 12 de junio de 2011 inició su servicio al ser asignados a la explotación comercial en servicios AVANT en la línea de alta velocidad Madrid Chamartín-Segovia Guiomar-Valladolid. Con ese estreno se ponía punto y final al largo período de pruebas y homologación, iniciado en octubre de 2008 cuando la primera composición fue presentada en los talleres de La Sagra. Esta serie es una evolución de la serie 104 contando con 236 plazas. Su velocidad máxima es de 250 km/h.

4.6. Horarios y servicios.

La línea Madrid-Valladolid entró en servicio comercial el 23 de diciembre de 2007 con cinco circulaciones por sentido en servicio AVE y otras ocho por sentido en servicio ALVIA. La línea estaba construida para soportar velocidades de hasta 350 km/h, pero para ello se necesita como ya hemos explicado en otros capítulos, de la ayuda de los sistemas de seguridad ERTMS y ASFA. Al inicio esta línea contaba con el sistema ERTMS de nivel 1 y el sistema de respaldo ASFA.

El tiempo de viaje utilizado por los Ave serie 102 entre Madrid y Valladolid era de 56 minutos a una velocidad máxima de circulación de 300 km/h. Desde Madrid el primer AVE salía a las 6:35 de la mañana y el último a las 20:40 de la tarde.

En enero de 2009 se reducirían a tres frecuencias por sentido, realizadas únicamente por un ave de la serie 102.

En lo que se refiere a transporte de viajeros en el siguiente cuadro podemos ver el aumento significativo de pasajeros que utilizaron la línea de alta velocidad entre 2007 y 2011 y la disminución drástica de la cantidad de pasajeros en la línea convencional.

TRAYECTO	2007	2008	2009	2010	2011
Madrid-Valladolid	275.147	887.324	962.910	1.006.923	1.115.227
Ave Larga distancia	-	781.096	531.235	421.049	416.221
Larga distancia	66.891	11.208	4.875	2.499	2.236
Ave media distancia	-	-	364.705	547.471	66.369
Media distancia	208.256	95.020	62.095	35.904	29.401

Fig.39. Transporte de pasajeros entre 2007 y 2011. (Fuente, Vía Libre).

En 2012 el número de frecuencias en servicio Ave había disminuido hasta 2 por sentido manteniendo el tiempo de viaje en 56 minutos. En cambio los servicios ALVIA habían aumentado hasta 11 frecuencias hasta Valladolid con un tiempo mínimo de 1 hora y 1 minuto, a los que se sumaban las 10 frecuencias de servicio AVANT que realizaban el servicio en un tiempo mínimo de 1 hora y 5 minutos.

Un dato importante que implicó la apertura de esta línea fue la reducción de casi una hora en varias conexiones más allá de Valladolid, las podemos ver en el siguiente cuadro:

TRAYECTO	Tiempo antes de la alta velocidad	Tiempo en 2008
Madrid-León	4:00	2:46
Madrid-Oviedo	5:45	4:35
Madrid-Gijón	6:15	5:05
Madrid-Palencia	3:00	1:46
Madrid-Santander	5:30	4:28
Madrid-Burgos	3:25	2:20
Madrid-Bilbao	6:09	4:49
Madrid-Vitoria	4:40	3:46
Madrid-San Sebastián	6:30	5:23

Fig.40. Reducción de tiempos de viaje (Fuente, Vía Libre).

Actualmente, septiembre 2014, la línea dispone de dos servicios AVE por sentido al día, con una duración de 56 minutos en tres de esos cuatro servicios, el cuarto, que sale de Madrid a las 6.40 de la mañana tarda 5 minutos más en llegar a Valladolid.

En cuanto a los servicios AVANT y ALVIA que existen actualmente, la línea dispone de 10 frecuencias por sentido y día de ambos servicios. Los tiempos de viaje en servicio ALVIA van desde 1 hora y 3 minutos correspondiente a las circulaciones que salen de Valladolid a las 21.47 y 22.28, hasta la hora y 49 minutos que emplea servicio que sale desde Madrid a las 17.56. Detalle curioso es que los servicios AVANT que salen de Madrid a las 14.30 y de Valladolid a las 17.25 tienen el mismo tiempo de viaje que el servicio AVE, o lo que es lo mismo 56 minutos. El resto de circulaciones AVANT utilizan un tiempo de 1 hora y 5 minutos.

5. Línea Madrid-Valencia.

5.1. Introducción.

Las rutas de Madrid a Valencia (y a Alicante) han sido históricamente las que más viajeros de larga distancia han movido en España. Éstas han sido dominadas por el automóvil particular ampliamente aunque el tren ha mantenido una cuota aceptable desde la implantación de los servicios rápidos y frecuentes a partir de los años 80 y 90 del siglo pasado.

Hasta 1980 los servicios de Madrid a Valencia se prestaban por la línea de Cuenca, línea que estaba llegando al máximo de lo que podía ofrecer ya que estaba sin electrificar y sus prestaciones y calidad era muy limitada. A partir de junio de 1980, con la electrificación de la línea de Madrid a Valencia por Albacete se introduciría el servicio interciti, con cuatro pares de trenes que recorrerían la línea en cuatro horas y treinta y cinco minutos.

Como ya hemos hablado en distintos capítulos, el PTF ha tenido mucho que ver en la consecución de la línea que estamos tratando. En él no se hablaba como tal de la línea Madrid-Valencia sino del triángulo Madrid-Barcelona-Valencia-Madrid. Era, podemos decirlo así, un plan mayor el que se quería abarcar y que se iría desarrollando a lo largo de los años. El plan consistía en la adecuación del citado triángulo a velocidades de 200 km/h permitiendo así unos servicios de elevada calidad entre las principales ciudades españolas. No sería hasta diciembre de 2010 cuando se inauguraría el segundo de los lados del triángulo: Madrid-Valencia.

En 1986 se decidió elevar la velocidad máxima en las líneas de ferrocarril españolas. Uno de los corredores en los que se preveía la elevación de la velocidad máxima era el Madrid-Albacete-Valencia aunque hasta 31 de mayo de 1987, con la puesta en servicio de los electrotrenes 444-500, no se mejoraría el tiempo de viaje, dejándolo en cuatro horas y quince minutos.

La situación no tuvo cambios relevantes durante varios años, si bien es cierto que algunas frecuencias extendían su servicio hasta localidades cercanas a Valencia. Poco a poco se fueron aumentando las frecuencias y modernizando el material móvil. Los tiempos de viaje también fueron cayendo hasta alcanzar un mínimo de 3 horas y 27 minutos en 1997, gracias a la puesta en funcionamiento de las variantes para 200 km/h de La Encina-Xátiva, Socuéllamos, Villar de Chinchilla, Chinchilla y Alpera. alguna de ellas ya estaba recogida en el PTF como por ejemplo la variante de La Encina-Xátiva, figura 3.2. Estos tiempos de viaje se consiguieron con el material, de procedencia italiana, denominado Alaris.

5.2. Situación antes de la llegada de la Alta Velocidad

A continuación vamos a hablar de las mejoras realizadas en la línea convencional Madrid-Valencia hasta el inicio de las obras de la línea de alta velocidad.

Como ya hemos comentado en la introducción, uno de los objetivos del PTF era revitalizar las líneas que conformaban el triángulo Madrid-Barcelona-Valencia-Madrid para dar un mejor servicio y actualizarlas a la época de cambio que tocaba vivir. Así pues una de las obras más importantes que se acometieron para mejorar ese triángulo y adecuarlo a las características requeridas para el mismo, de 200 a 220 km/h, fue la duplicación de vía entre La Encina y Játiva, de la línea convencional que existía en 1991 desde Madrid a Valencia por Albacete. Se iniciarían las obras en dos tramos el primero, La Encina-Fuente la Higuera y la segunda desde Fuente la Higuera hasta Játiva. Ésta fue una obra de importante necesidad ya que por aquél entonces la saturación de la línea era del orden del 120%. Con la duplicación del primer tramo se conseguía una disminución de tiempo de viaje de unos 14 minutos entre Madrid y Valencia. El segundo tramo sería inaugurado años más tarde.

Esta obra estaría dentro de lo que se conoce como el Corredor Mediterráneo, reconocido por la Comisión Europea e incluido en el diseño de la red ferroviaria transeuropea.

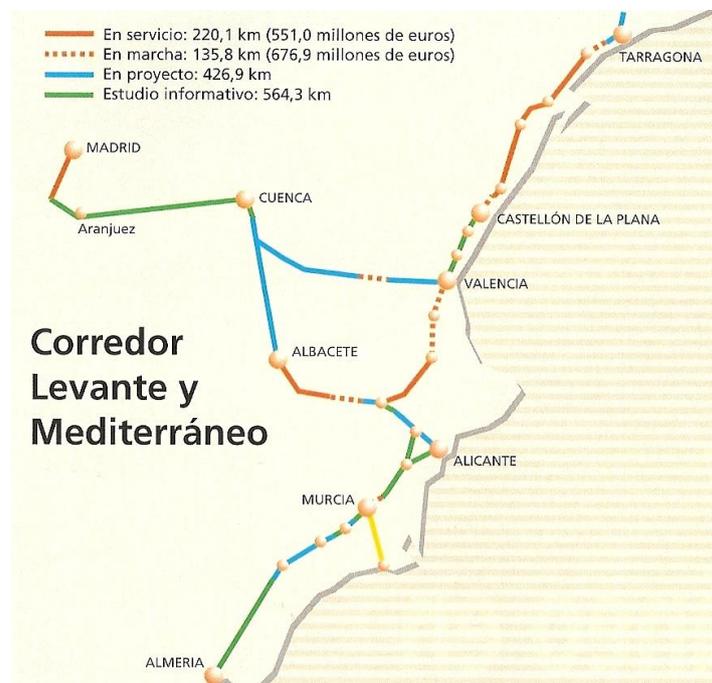


Fig.41. Estado de las obras en el corredor Levante y Mediterráneo en 2004 (Fuente, Vía Libre).

A lo largo de la década de los 90 se siguieron acometiendo obras para la adaptación a 200-220 km/h en el trayecto Madrid-Albacete-Valencia lo que se denomina velocidad alta. En 1999 se seguían inaugurando tramos del eje Madrid-Mediterráneo, entre Madrid y Valencia, como los de Albacete-Villar de Chinchilla y La Encina-Játiva ambos pertenecientes a la línea Madrid-Valencia pero enclavados en distintos corredores, el primero en el corredor Madrid-Mediterráneo y el segundo en el Corredor Mediterráneo. A parte de estos tramos ya en servicio, existían otros en obras como:

- Villar de Chinchilla-Almansa (Variante de Alpera).
- Almansa-La Encina.
- Játiva-Valencia.

Además de estos tramos se seguían haciendo actuaciones puntuales en el resto de la línea Madrid-Albacete-Valencia para terminar de adaptar la línea a las especificaciones requeridas.

Como ya hemos dicho en la introducción, el tráfico de viajeros que soportaba este trayecto era bastante abultado. Éste sería una de las razones primordiales que hicieron que se decidiese a finales de los noventa seguir con la expansión de la red española de alta velocidad con la línea Madrid a Levante.

Uno de los problemas a la hora de elegir el trazado por el que finalmente se asentaría la línea de alta velocidad Madrid-Levante era la cantidad de destinos que debería atender: Valencia-Castellón, Alicante y Murcia-Cartagena. Además de este problema existía la difícil decisión de decidir a su paso por Castilla la Mancha que camino debía seguir, si por Cuenca o por Albacete. La primera elección era mejor para llegar a Valencia y la segunda estaba más orientada para llegar a Alicante. La suerte de inversiones que se habían hecho en la línea Madrid a Valencia por Albacete durante la década de los noventa hacía difícil la decisión. Éste trazado, en comparación con el que pasaba por Cuenca, era el más largo. Todo esto, sumado a los enfrentamientos que hubo entre las comunidades autónomas por las que debía de discurrir la línea hizo que la decisión definitiva sobre el trazado se retrasase.

Finalmente se optó por una línea de alta velocidad completamente nueva y el Consejo de Ministros atribuyó el 17 de septiembre de 1999 al GIF la construcción y administración del denominado finalmente nuevo acceso ferroviario de alta velocidad Madrid – Castilla La Mancha – Comunidad Valenciana – Región de Murcia, dentro del cual se encuentra el tramo que este capítulo nos ocupa: Madrid-Valencia.

5.3. Construcción de la línea.

La construcción de la línea se introdujo dentro del Plan de Infraestructuras 2000-2007. Tras los debidos estudios informativos de los distintos trazados propuestos, el 8 de enero de 2001 fue elegida la denominada “Variante A” del nuevo acceso ferroviario de alta velocidad Madrid – Castilla La Mancha – Comunidad Valenciana – Región de Murcia , elegida en consenso por los presidentes de las Comunidades Autónomas afectadas y el Gobierno de la nación. Dentro de esta reunión, también se llegaría al acuerdo de que no se pondría en servicio ningún tramo de la nueva LAV antes de los que afectarían a la ciudad de Albacete, debido al carácter de nudo ferroviario que tiene esta.

La parte que nos ocupa en este capítulo es la línea Madrid-Valencia con la bifurcación de Albacete. Su construcción se alargó más allá de los seis años y medio, con unos costes estimados de 6.163 millones de euros. Estamos hablando de 391 kilómetros nuevos de alta velocidad en lo que sería la línea directa de Madrid a Valencia, a los que habría que sumar los kilómetros desde la bifurcación hacia Albacete, o lo que es lo mismo 465 kilómetros de trazado en alta velocidad diseñado en ancho internacional y preparada para velocidades máximas de 350 km/h. Podemos destacar como detalle curioso que ésta sería la primera LAV inaugurada con ramales (Albacete). Fue puesta en servicio el 19 de diciembre de 2010.

En noviembre de 2002 se produciría el acto simbólico de la colocación de las primeras traviesas de alta velocidad en Picassent (Valencia), en el que participaron autoridades nacionales y de la Comunidad Valenciana. Esta sería la pieza que marcaría el punto de comienzo de las obras del nuevo acceso.

Como ya hemos comentado, la línea de Madrid-Valencia se encuentra dentro del Corredor Levante o nuevo acceso ferroviario de alta velocidad Madrid – Castilla La Mancha – Comunidad Valenciana – Región de Murcia, las obras que se fueron acometiendo desde antes incluso del acto de la colocación de las primeras traviesas de alta velocidad en Picassent, iban encaminadas a la configuración de todo el entramado del Corredor Levante y Mediterráneo. Para ser concretos en la fecha de la iniciación de las obras específicas de la línea Madrid-Valencia/Albacete tenemos que hablar de marzo de 2004 cuando se colocó la primera piedra en el tramo Siete Aguas-Requena (Valencia). En la figura 41 podemos ver el proceso de las obras a lo largo de ambos corredores en marzo de 2004.

Vemos como los subtramos entre Torrejón de Velasco hasta Cuenca se encontraban todavía en estudios informativos y desde Cuenca hasta Valencia y Albacete se encontraban en proyecto. Así pues de lo que luego sería la línea sólo estaba construido lo que sería la salida inicial en Madrid, tomando hasta Torrejón de Velasco la infraestructura de la línea Madrid-Sevilla. Posteriormente a la inauguración de la línea, este tramo inicial se desdoblaba de la línea Madrid-Sevilla. El único tramo en el que habían empezado las obras era el de Requena-Siete Aguas con una longitud de 6,8 kilómetros.

En Julio de 2005 la situación de las obras estaba de la siguiente manera; dentro de lo que sería el primer tramo, Madrid-Cuenca-Motilla de Palancar-Albacete de 282,4 kilómetros se encontraba en proyecto el tramo Torrejón de Velasco-Fuentes, de 178,5 kilómetros de longitud y en obras desde Fuentes hasta Albacete.

En el tramo de Motilla de Palancar hasta Valencia de 137 kilómetros de longitud encontrábamos la siguiente situación:

TRAMO	LONGITUD	ESTADO
Montilla del Palancar-Iniesta	14,9	Obras
Iniesta-Minglanilla	13,5	Obras
Minglanilla-Embalse de Contreras	7,9	Proyecto
Embalse de Contreras-Villagordo del Cabriel	6,5	Proyecto
Villagordo del Cabriel-Venta del Moro	9,5	Licitado
Venta del Moro-Caudete de las Fuentes	9,3	Obras
Caudete de las Fuentes-San Antonio de Requena	10,0	En licitación
San Antonio de Requena-Requena	17,2	Licitado
Requena-Siete Aguas	6,8	Obras
Siete Aguas-Buñol	11,2	En licitación
Buñol-Cheste	9,7	En licitación
Cheste-Adaya	12,3	Proyecto
Adaya-Picanya	6,4	Proyecto
Picanya-Valencia	1,8	Proyecto

Fig.42. Estado de los tramos en 2005 (Fuente, Vía Libre).

Dentro de estos tramos cabe mencionar con especial interés el tramo Embalse de Contreras-Villargordo del Cabriel, el cual se iniciaron sus obras en febrero de 2006 con un plazo de ejecución de 30 meses. La singularidad de este tramo era debida a su dificultad técnica de construcción ya que en apenas 6,5 kilómetros de longitud se debían acometer nada menos que tres túneles y tres viaductos. En la figura 45 se ve la disposición de los 6 elementos del tramo.

A principios de 2007 se hacían previsión de que la línea de alta velocidad Madrid-Valencia llegaría para 2010. Por estas fechas las obras de la línea seguían avanzando. Se acaba de licitar el tramo entre Villarrubia de Santiago y Ocaña, de modo que sólo quedarían 28 kilómetros para que el proyecto Madrid-Levante se encontrase totalmente en fase de obras. De este modo la línea que inició su construcción el 2 de octubre de 2002 en el tramo de Benifayó-Picassent a principios de 2007 Adif ya había licitado la práctica totalidad de las obras entre Madrid y Valencia a excepción de tres subtramos a la salida de Madrid y de otros tres a la entrada de Valencia. Por otro lado se encontraba en período de redacción el Estudio Informativo del desdoblamiento entre Atocha y Torrejón de Velasco.

Inicialmente, los trenes de alta velocidad hacia Sevilla y Levante circularán utilizando la infraestructura Madrid-Sevilla hasta su separación en la localidad de Torrejón de Velasco. Posteriormente se preveía una plataforma en paralelo a la ya citada pero que en Torrejón de Velasco pueda interconectarse entre sí. De esta manera, los trenes de la línea de Sevilla podrían entrar en Madrid por la de Levante y viceversa.

A finales de 2007 el tramo Madrid-Cuenca-Fuentes se encontraba de la siguiente manera:

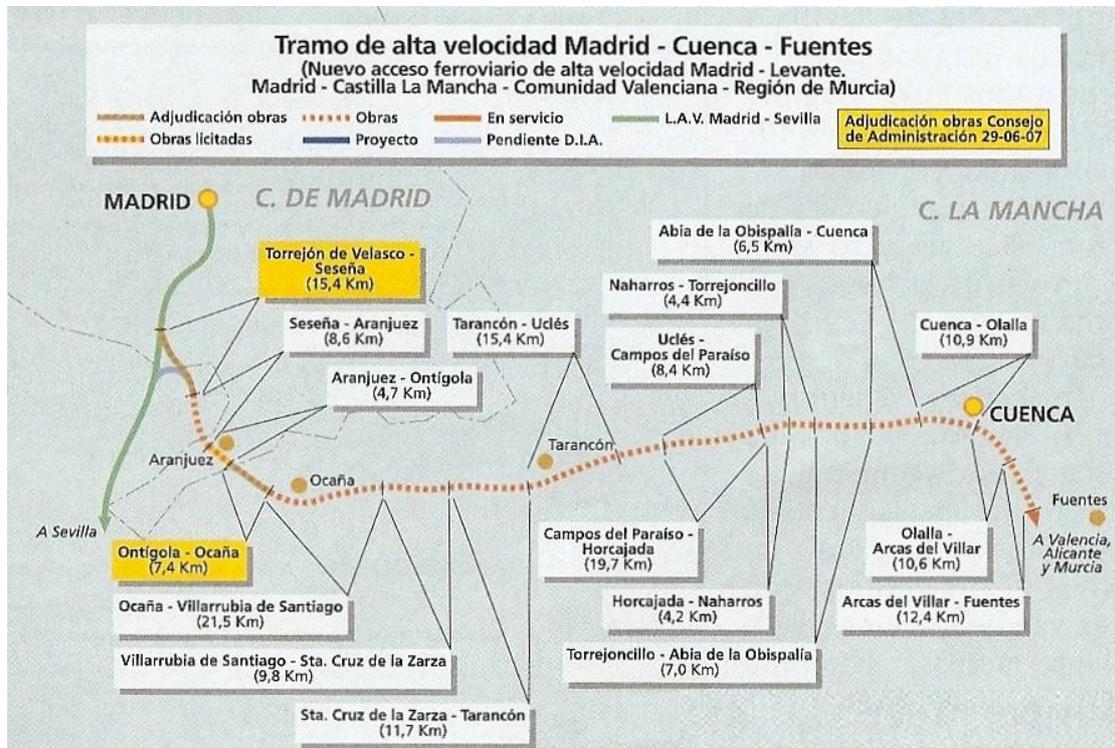


Fig.43. Tramo de alta velocidad Madrid-Cuenca-Fuentes (Fuente, Vía Libre).

A lo largo de 2008 y 2009 se seguirían realizando las obras de la línea de tal forma que para finales de 2009 la línea Madrid-Valencia se encontraba totalmente en obras a excepción de los

tramos Atocha-C/Pedro Bosch, C/Pedro Bosch-Getafe que se encontraban con las obras todavía en licitación y el tramo entre Getafe y Torrejón de Velasco, en el cual las obras estaban todavía en adjudicación. Éstos se encuentran dentro del tramo inicial Madrid Puerta de Atocha-Torrejón de Velasco, tramo que se inauguraría posteriormente a la inauguración oficial del tramo Madrid-Valencia Madrid-Albacete.

5.3.1. Obras importantes.

Si hablamos de obras importantes en la línea, en términos generales podríamos resumirla de la siguiente manera:

	Túneles	Viaductos
Hasta 500 metros	11	65
De 501 a 1000 metros	8	11
De 1001 a 2000 metros	9	3
De más de 2000 metros	7	-
Longitud total en metros	48.218	22.808
Porcentaje de longitud	9,9%	4,8%

Fig.44. Viaductos y túneles de la línea (Fuente, Vía Libre).

Los elementos más singulares de la línea serían:

-**Túnel de El Regajal**, situado en las cercanías de la reserva natural de El Regajal, tiene una longitud de 2.437 metros de planta curva y apto para doble vía, con una sección libre de 85,7 metros cuadrados.

-**Túnel de Horcajada**, situado en el sector central de la depresión intermedia del Tajo, con 3.957 metros es el segundo más largo de la línea. Consta de un único túnel con una sección útil de 85 metros cuadrados.

-**Viaducto sobre el río Cigüela**, construido para salvar la N-400 y el cauce del río Cigüela. Tiene una longitud de 1.569 metros, con tablero de sección en cajón de canto variable de 2,8 a 4,5 metros.

-**Túnel de La Cabrera**, sus 7.252 metros le hacen ser el túnel más largo de la línea. Está compuesto por dos tubos circulares de 8,75 metros de diámetro interior con galerías de conexión entre ambos cada 400 metros. Durante su construcción estableció el récord de perforación mediante tuneladora dejándolo en 92,8 metros y 58 anillos de hormigón colocados.

-**Viaducto de la Rambla del Gallo**, tiene una longitud de 933,4 metros, y pasa sobre la A-3 y la Rambla del Gallo. Está constituido por tres viaductos y dos pérgolas.

-**Túnel artificial de Torrent**, con 2.990 metros de longitud, se trata del túnel artificial más largo de toda la red ferroviaria estatal, con una sección útil de 101 metros cuadrados.

-**Viaducto sobre el río Turia**, con 572 metros de longitud su construcción tuvo una enorme dificultad técnica debido a que se ubica en una zona periurbana que dispone de multitud de infraestructuras viarias y ferroviarias, hidrológicas, agrícolas y de servicios.

-Tramo sobre el embalse de Contreras:

Este tramo atraviesa las Hoces del Cabriel, situado entre los términos municipales de Minglanilla y Villargordo del Cabriel. El tramo tiene radios de curva del orden de 4.000 metros y pendientes en torno a 30 milésimas. Debido a que atraviesa el embalse de Contreras se necesitó de 3 túneles (Hoya de la Roda de 1.997 metros con planta en curva, Rabo de la Sartén, de 392 metros, y Umbría de los Molinos, con 1.502 metros de longitud) y tres viaductos (Cuesta Negra, Embalse de Contreras y el del Istmo, de 220, 587 y 830 metros de longitud respectivamente), dos de los cuales cruzan el embalse.

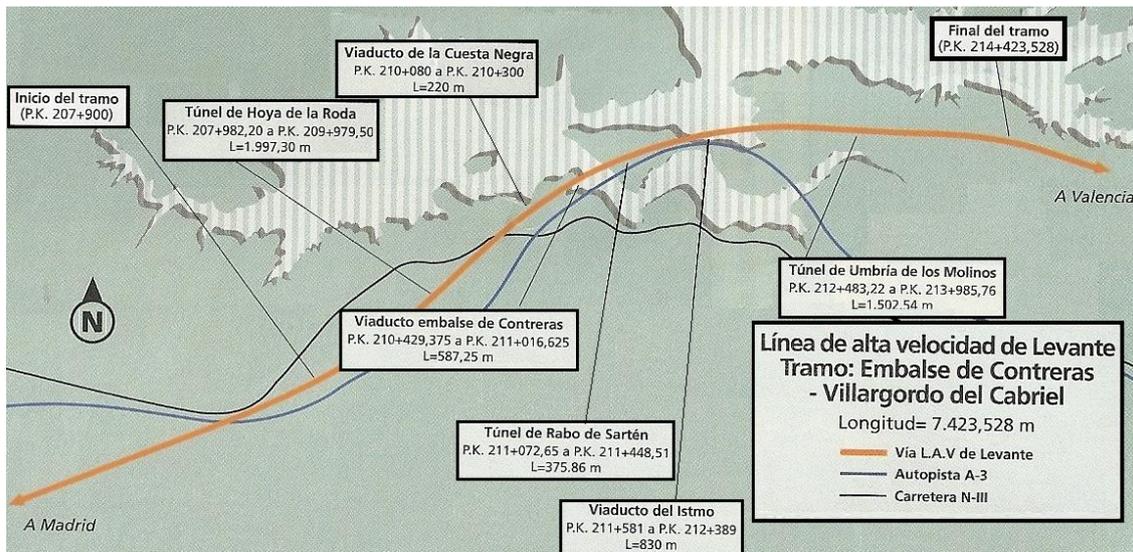


Fig.45. Tramo Embalse de Contreras (Fuente, Vía Libre).

5.4. Descripción del trazado.

El tren parte de la estación de Madrid Puerta de Atocha por las vías de la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla. Como ya hemos explicado a lo largo del capítulo, esta salida fue provisional hasta que se terminó de construir la plataforma en paralelo a la misma que llegaba hasta el punto kilométrico 28 en la bifurcación de Torrejón de Velasco.

La descripción de la primera parte del trazado se hace conforme al momento de la inauguración en 2010.

El tren deja Atocha y la base de mantenimiento de los AVE a la izquierda. La línea va encajonada entre la línea de alta velocidad a Barcelona a la izquierda y la línea de cercanías a la derecha.

Llegando a Villaverde se alcanzan ya los 176 km/h a la par que se van dejando atrás los sucesivos anillos de las circunvalaciones madrileñas, M-30, M-40 y M-45. Pasada ésta última la línea cruza el río Manzanares y nos encontramos con el primero túnel de la línea, el de Perales. A la salida del mismo quedan, tanto a derecha como a izquierda, las vías del baipás de Perales,

que conectan las líneas de alta velocidad de Levante y Andalucía con las de Barcelona, evitando el paso por Atocha de los trenes directos.

La velocidad va aumentando hasta los 228 km/h a su paso por Getafe, quedando a la derecha, en el sentido de la marcha, el Cerro de los Ángeles. Poco después se cruza sobre la A-IV y la línea convencional de Andalucía-Levante, e inmediatamente después bajo la M-50 con una velocidad de 250 km/h se llega a Parla.

El tren continúa su camino sobre las vías del AVE hacia Andalucía hasta llegar a la pérgola de Torrejón de Velasco que permite un cruce de vías sin interrupción, en el argot ferroviario sería "salto de carnero". A 35 kilómetros de la estación el tren ya circula a 270 km/h.

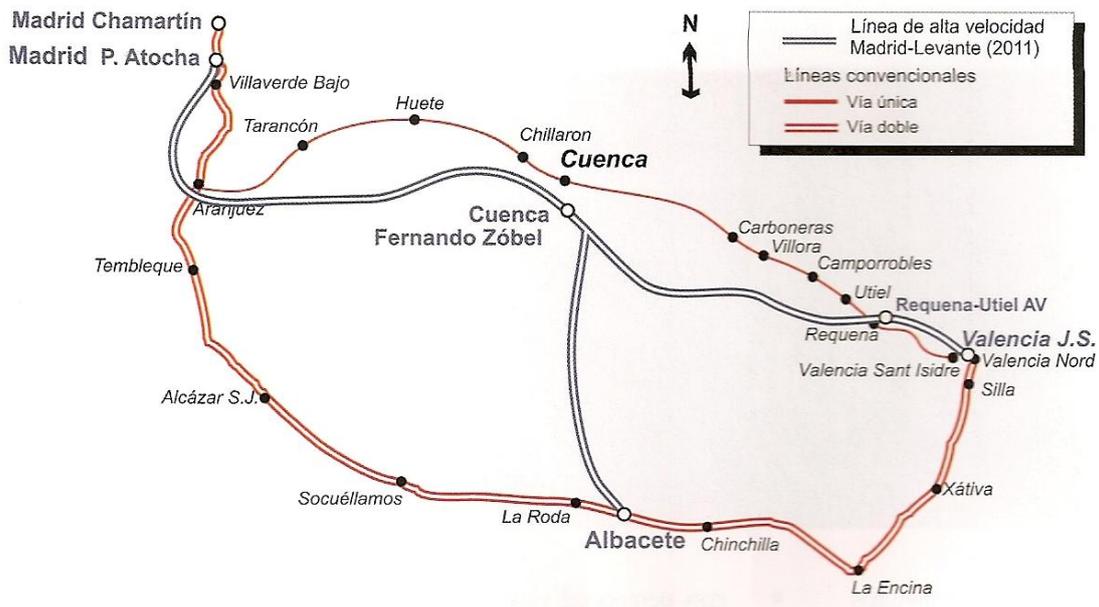


Fig.46. Trazado de la línea Madrid-Valencia (Fuente, Vía Libre).

A partir de aquí nos introducimos en el paisaje manchego encontrándonos con el primero de los múltiples apartaderos (PAET), tras el cual el tren ya alcanza los 285 km/h al paso por la polémica megaurbanización construida por "El Pocero", en el municipio toledano de Seseña.

No es hasta el kilómetro 51,492 cuando el tren alcanza la velocidad comercial máxima de 300 km/h. Al poco el tren vuela sobre el valle del Tajo, cuyo cauce cruza el tren por un viaducto de un kilómetro de longitud. A la izquierda las autovías y autopistas hacia el sur (A-IV y R-4) y bajo los raíles del AVE la línea convencional de Adif de Madrid al sur de España.

A continuación, atravesamos el túnel de El Regajal, en el kilómetro 60,7 de la línea. El túnel discurre entre los términos municipales de Aranjuez (Madrid) y Ontígola (Toledo), y atraviesa un humedal situado en la reserva natural de El Regajal, en Toledo.

Pasado este largo túnel se cruza bajo la R-4 y nos emparejamos a la A-IV. Estamos llegando a un tramo muy llano, la "Mesa de Ocaña", sobre la cual el AVE gira hacia el este buscando el Mediterráneo. A nuestra derecha dejamos el pequeño aeródromo de Ocaña y a la izquierda, tras cruzar sobre la A-IV, la propia Ocaña.

Entre campos de cereal se pasa por el PAET de la localidad toledana de Villarrubia de Santiago en el kilómetro 84,6 y a 24 minutos del inicio del viaje, tras el cual se produce un doble cruce; primero con la línea convencional de Cuenca y Valencia y después sobre la autopista A-40 de Ocaña a La Roda. Éstas nos acompañarán en paralelo y cruzaremos hasta tres veces en el tramo hasta Tarancón, primer municipio conquense de la línea.

El tren se va adentrando en la provincia de Cuenca mientras el paisaje se va volviendo más verde y abrupto. A unos 35 minutos la vía atraviesa una pequeña loma por un túnel, el tercero, y justo a su salida, a la derecha, a unos tres kilómetros de la vía, se distingue claramente el monasterio de Uclés. En el minuto 38 de viaje se pasa por el canal del travase Tajo-Segura.

Tras cruzar el viaducto del Cigüela, en el kilómetro 157, al poco llegamos al segundo túnel más largo de la línea, Horcajada de la Torre, con casi 4.000 metros de longitud en el kilómetro 157,7.

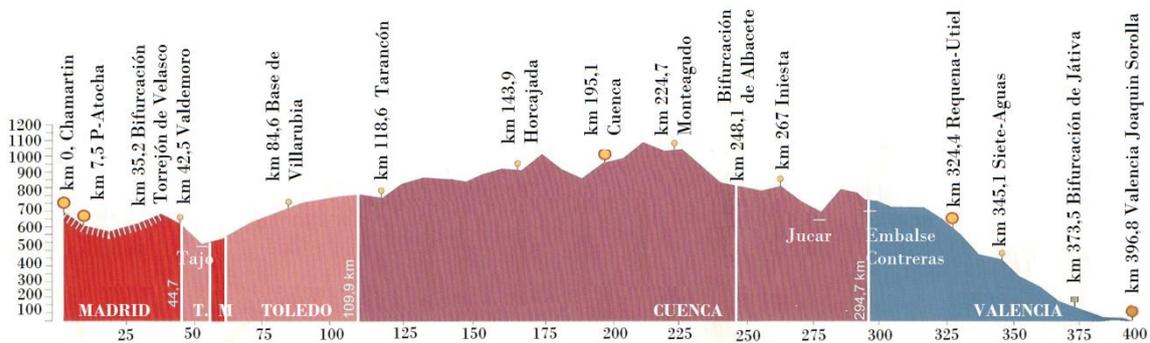


Fig.47. Perfil de línea Madrid-Valencia (Fuente, Vía Libre).

El terreno se va quebrando más y más y en una sucesión de túneles y viaductos nos vamos adentrando en las estribaciones meridionales de la serranía conquense. Llegando al kilómetro 189,4 cruzamos el viaducto del río Júcar para atravesar el túnel del Bosque, con más de 3.100 metros de longitud. Éste nos deja en los cambios de entrada de la estación de Cuenca Fernando Zóbel (km. 195,1) alcanzando los 46 minutos de viaje.

En Cuenca la vía abandona su directriz este y traza un amplio giro hacia el sur. En pocos kilómetros pasamos cerca de la localidad de Fuentes. En el kilómetro 247 llegamos a la primera gran bifurcación de la línea, la llamada “Bifurcación de Albacete”, en el municipio de Montilla del Palancar. Es aquí donde se segregan el ramal directo a Valencia y el que discurre en dirección sur hacia Albacete. En este momento son 57 minutos empleados en el trayecto y el tren circula a 300 km/h como en todo el trayecto conquense. El ramal valenciano recupera su directriz este, que ya no pierde hasta su llegada a Valencia.

En esta curva reencontramos la A-3 que habíamos dejado en Tarancón, la cual seguirá ya la pista del tren hasta su término común en Valencia.

El tren se encuentra ahora en la zona norte de la comarca de La Manchuela conquense, y atraviesa los términos municipales de Iniesta y Minglanilla, alcanzando en esta última el kilómetro 290 del viaje.

Respecto al trayecto que va hacia Albacete, discurre por un paisaje progresivamente más llano hasta encontrar a la entrada de Albacete la línea convencional que llega por nuestra derecha procedente de Alcázar de San Juan.

El viaje hacia Valencia continúa adentrándose en el parque natural de las Hoces del río Cabriel, en el límite entre las provincias de Cuenca y Valencia. La preservación de esta joya de la naturaleza ha llevado a la perforación de tres túneles – Hoya de la Roda, Rabo de la Sartén y Umbría de los Molinos – y a la construcción de tres viaductos – Cuesta Negra, Embalse de las Contreras y del Itsmo – dos de los cuales cruzan el embalse en este punto.

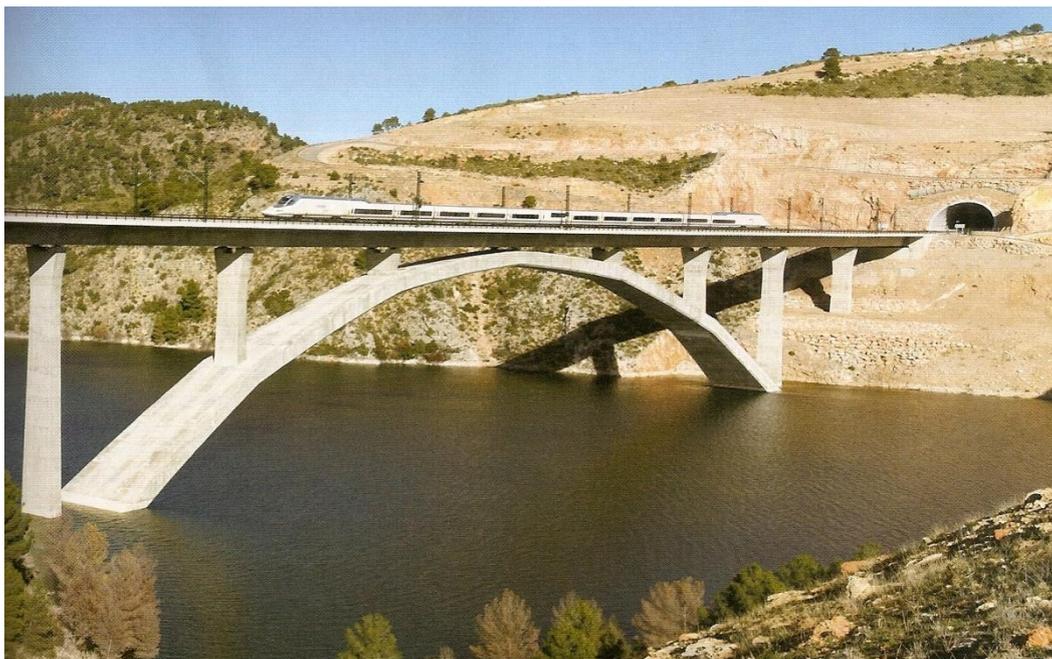


Fig.48. Viaducto de las Contreras (Fuente, Vía Libre).

En el kilómetro 293,3 el tren atraviesa el embalse de las Contreras, situado entre los términos de Minglanilla y Villargordo del Cabriel, en la confluencia de los ríos Guadazaón y Cabriel.

El tren cruza el embalse sobre un espectacular viaducto que se convertiría en uno de los hitos más emblemáticos de la línea. Su arco central de 261 metros de luz, fue récord de Europa para un puente ferroviario de hormigón. A la izquierda se puede ver una de las zonas de evacuación de viajeros para emergencias, dotadas incluso de helipuertos.

En este momento se alcanzan 1 hora y 7 minutos de viaje y la velocidad del tren desciende a 245 km/h para abordar la singular infraestructura, dejando atrás la provincia de Cuenca para entrar en la de Valencia, destino final del viaje.

En cuanto el tren abandona Contreras, el paisaje cambia y se convierte en un gran campo de viñedos, los que darán origen a los vinos con la denominación de origen Utiel-Requena.

En el kilómetro 322 el tren pasa sobre el río Magro y la A-3 a través de un viaducto de 1.160 metros de longitud. Al poco volvemos a encontrarnos con la modesta línea de Cuenca-Utiel. Un poco más adelante, en el kilómetro 327,4, cuando el viaje alcanza la hora y quince minutos,

el tren pasa por la estación de Requena-Utiel. En este tramo fue donde se colocó la primera piedra de la línea en marzo de 2004.

Circulando en paralelo a la vía convencional, el tren inicia su descenso pasando por el apartadero de Siete Aguas en el kilómetro 345, alcanzando la hora y diecinueve minutos de viaje.

La línea continúa con su vertiginoso descenso hasta la denominada Hoya de Buñol, pasando por la Sierra de La Cabrera, que el tren atraviesa por el túnel del mismo nombre. El túnel de La Cabrera es el más largo de toda la línea, con 7.250 metros. La tuneladora con la que se excavó batió el récord mundial de avance diario de perforación.

Superada la Sierra de La Cabrera, la línea se acerca a la última parte del trazado hacia Valencia. La gran cementara de Buñol, a nuestra derecha es la puerta de entrada al llano paisaje de la huerta valenciana, con su evidente protagonista, el naranjo.

En el kilómetro 391 el tren comienza a reducir velocidad y pasa de los 300 km/h a los 245 km/h. A partir de aquí, este descenso de la velocidad será progresivo hasta la entrada a la estación valenciana Joaquín Sorolla.

En el kilómetro 392,7 el tren se encuentra en la bifurcación de Játiva, donde la línea se une con la que se dirige a Albacete y Alicante, y entra en paralelo con la línea de Alicante. El viaje alcanza en este punto la hora y media de duración.

En esta zona destacamos las infraestructuras del túnel artificial de Torrent, de casi 3.000 metros, y el paso sobre la Rambla del Gallo, constituido por una sucesión de viaductos y pérgolas que cruzan otras vías de transporte.

La llegada a Valencia se realiza mediante un viaducto singular sobre el río Turia (km.393), que incluye una vía de ancho mixto para el tráfico de mercancías de Almusafes.

El acceso a Valencia se produce mediante un soterramiento de 4.200 metros, un túnel artificial de tres bocas preparado también para vía convencional y mercancías, y a su salida se pasa por el cambiador de ancho de Valencia (km. 396,7). Cien metros más y entramos en la estación valenciana a una velocidad de 30 km/h dando por finalizado el viaje en una hora y 35 minutos.

5.5. Material móvil.

A continuación vamos a hablar de los trenes de alta velocidad más habituales que suelen utilizar la línea de manera completa o de manera parcial.

Serie 112:

Éstos son trenes de alta velocidad basados en la serie 102, fabricados en consorcio por Talgo y Bombardier, de los que en 2001 Renfe realizó un pedido de 16 unidades.

En 2004 Renfe realizó otro pedido de treinta unidades sobre cuyo contrato, en 2005, se renegociaron algunos detalles como el número de plazas que pasaron a ser 348 distribuidas en tres clases, treinta más que los trenes anteriores, lo que dio origen a la serie 112. Posteriormente se eliminó la Primera Clase quedando sólo Turista y Business y se aumentaron las plazas a 365.

Entró en servicio el 19 de mayo de 2010 con dos servicios especiales de las ramas 112.007 y 112.009 entre Sevilla-Santa Justa y Barcelona-Sants con ocasión de la celebración de la final de la Copa del Rey de fútbol en Barcelona.

El primer servicio regular de esta serie fue el 13 de junio de 2010, el Barcelona-Málaga-Sevilla.

Desde diciembre de 2010 se encargan de realizar todos los servicios AVE en la línea Madrid-Valencia y Madrid-Albacete.

Serie 130:

Los trenes de la serie 130, también conocidos como “Talgo 250” o “Patitos”, se componen de onces coches Talgo de la serie 7 y dos cabezas motrices. Es la serie más numerosa de todo el parque de material rodante con que cuenta Renfe actualmente. Sus 30 unidades (hubieran sido 45 de no haberse desgajado las 15 de la híbrida serie 730) permiten una gran variedad de servicios al ser de ancho variable y bitensión y al montar sistemas de seguridad ASFA Digital, ERTMS y módulo de transmisión específico para LZB.

Están en servicio desde 2007, estos trenes fabricados por Talgo son la pieza central de los servicios ALVIA y se usan en las rutas radiales que conectan Asturias y Cantabria con Madrid, pero también en un largo listado de servicios transversales que aprovechan la cada vez más extendida red de alta velocidad. Es el caso de los servicios que atraviesan Madrid y conectan Gijón con Cádiz, Alicante y Oropesa del Mar, y Santander con Alicante. También se utilizan para prestar el servicio en forma de L que conecta Madrid y Barcelona a través de Valencia y por el Corredor Mediterráneo, además de los servicios transversales con cabecera en Barcelona y destinos en Alicante, Galicia y Gijón.

5.6. Horarios y servicios.

Para poder ver la evolución en la mejora de horarios y servicios de la línea hasta Valencia debemos de observar desde los años ochenta.

En 1980 se inauguró el servicio Intercity con nuevos electrotrenes 444 entre Madrid, Valencia y Castellón (por Albacete). Hasta 1987 hubo cuatro frecuencias ida y vuelta, de las cuales una de ellas llegaba hasta Castellón con un tiempo de viaje aproximado de cuatro horas treinta y cinco minutos hasta Valencia. Al ver el éxito que había tenido el servicio de los 444, se decidió relevarlos por nuevos electrotrenes 444-500, tipo 160, mejorando tiempos de viaje e incrementando las frecuencias. Así pues a principios de los noventa se contaba con 6

frecuencias y un tiempo de viaje de cuatro horas y siete minutos. En 1993 el mejor tiempo entre Madrid y Valencia era de tres horas y cincuenta minutos.

Durante la década de los noventa las frecuencias fueron aumentando, siendo en 1996 ocho las que había. Estaban repartidas de la siguiente manera: tres trenes a Valencia, dos a Gandía, uno a Barcelona, uno a Cerbère y uno a Castellón. A partir de 1997 el tiempo de viaje de los intercity era de tres horas cuarenta y tres minutos.

A partir de 16 de febrero de 1999 entran en funcionamiento los serie 490. Este servicio fue designado con la marca comercial de Alaris e inició con seis trenes diarios en cada sentido con un tiempo de viaje mínimo de 3 horas y 35 minutos. Unos años después los servicios habían aumentado hasta los 10 por sentido y el tiempo mínimo de viaje había sido reducido en 10 minutos. Los tiempos de viaje y frecuencias se mantuvieron hasta diciembre de 2006 pero con la apertura de la variante de Alpera se redujo el tiempo de viaje otros 5 minutos, dejando el trayecto Madrid-Valencia en 3 horas y 20 minutos.

En diciembre de 2007 se implantaron en el corredor los trenes de la serie 120 prestando el mismo servicio Alaris que los serie 490, repartiéndose las frecuencias y manteniendo el mismo tiempo mínimo de viaje. Estos dos trenes compartieron línea hasta septiembre de 2008 cuando los serie 120 fueron reemplazados por los serie 130 que disponían de más plazas. En 2009 los tiempos de viaje aumentaron en una media de 5 minutos debido a las obras de construcción de la línea de alta velocidad.

Con la llegada a Valencia de la línea de alta velocidad los tiempos de viaje se verían reducidos drásticamente.

El primer AVE comercial de alta velocidad en la línea de Levante fue el Ave número 5081, concretamente la rama 112-015, que salió de Valencia Joaquín Sorolla el 19 de diciembre de 2010 a las 8.00 horas, parando en Requena-Utiel y Cuenca Fernando Zobel, llegó a Madrid Puerta de Atocha a las 9.51, con un minuto de retraso, siendo también el primer tren comercial en utilizar la terminal de llegadas de la estación madrileña. La noche del 18 circuló el último Alaris Madrid-Valencia, formado por la rama 490-004.

En la gráfica de la figura 49 vemos de manera simplificada la evolución de las frecuencias y tiempos de viaje entre Madrid y Valencia desde 1980 hasta la inauguración de la línea de alta velocidad a finales de 2010.

Así pues, inaugurada el 19 de diciembre de 2010, la línea de alta velocidad entre Madrid y Valencia contaba con quince servicios AVE diarios en ambos sentidos con un tiempo mínimo de viaje de 1 hora y 35 minutos realizado por los servicios AVE de las 14.10 tanto desde Valencia como desde Madrid. También se inauguraron nuevos servicios AVE como el Toledo-Albacete con tres frecuencias por sentido y con un tiempo de viaje entre ambas ciudades de 2 horas y 5 minutos.

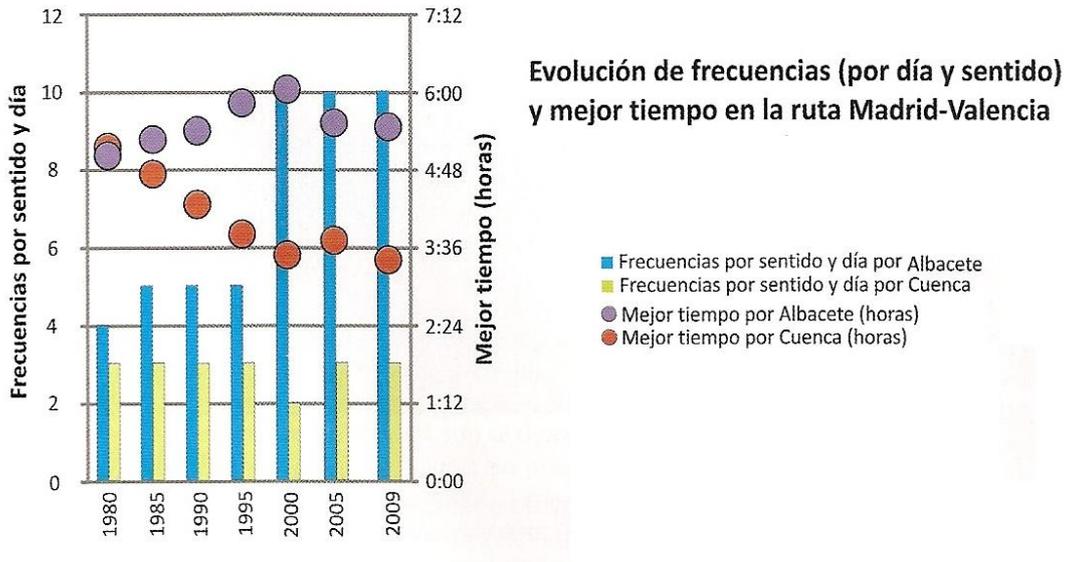


Fig.49. Evolución de frecuencias y tiempos en la ruta Madrid-Valencia (Fuente, Vía Libre).

También se habilitaron 2 servicios ALVIA, realizados por trenes de la serie 130, de Madrid a Castellón utilizando la nueva infraestructura hasta Valencia, y utilizando el intercambiador de ancho construido en esta ciudad continuarían hasta Castellón. Por último destacar las 7 frecuencias por sentido de servicio ALVIA que se pusieron en servicio para conectar Madrid con Alicante, empleando 3 horas en completar el trayecto.

En 2012 las frecuencias AVE entre Madrid y Valencia se habían reducido a 13 por sentido y el tiempo de viaje era de 1 hora y 38 minutos. También se contaba con 3 servicios ALVIA que realizaban el trayecto en 1 hora y 58 minutos. Por otro lado los servicios AVE Madrid-Albacete contaban con 2 frecuencias al día en ambos sentidos con un tiempo de viaje de 1 hora y 30 minutos. En cuanto a servicios ALVIA de esta misma línea se mantenían las 7 frecuencias de 2010 con un tiempo de viaje de 1 hora y 32 minutos.

Actualmente la línea Madrid-Valencia cuenta con 15 frecuencias en servicio AVE con unos tiempos de viaje que varían entre 1 hora y 35 minutos, correspondiente al servicio que sale de Valencia a las 14.10, en el resto de frecuencias los tiempos de viaje van desde 1 hora y 38 minutos hasta un máximo de 1 hora 50 minutos.

La línea también dispone de dos servicios ALVIA por sentido y día con un tiempo mínimo de viaje de 2 horas y un máximo de 2 horas y 11 minutos.

En el siguiente cuadro podemos observar los datos acerca del número de viajeros en la ruta Madrid-Valencia y Madrid-Albacete hasta la llegada de la alta velocidad.

TRAYECTO	1993	1996	1999	2002	2005	2006	2007	2008	2009
M-V(Albacete)	468.052	363.696	522.244	674.318	681.929	722.028	736.256	816.093	755.480
M-V(Cuenca)	-	-	-	-	6.466	15.897	18.142	14.087	8.399
Madrid-Valencia	468.052	363.696	522.244	674.318	688.395	737.925	754.398	830.180	763.879
Madrid-Albacete					258.202	273.044	278.663	290.198	279.939
Madrid-Cuenca					64.091	68.451	72.340	68.728	53.329

Fig.50. Evolución número de pasajeros (Fuente, Vía Libre).

La puesta en marcha de la línea de alta velocidad supuso multiplicar el tráfico ferroviario por 2,49 a pesar de que la aviación mantuvo una oferta significativa en términos de frecuencias. Así pues en el primer año de explotación de la línea de alta velocidad entre Madrid y Valencia, Renfe transporto 1.837.177 viajeros, un 239% más de viajeros que en 2010, colocándola en el tercer lugar detrás de la LAV de Madrid-Barcelona (2.545.821 viajeros) y de la de Madrid-Sevilla (2.136.980 viajeros). Un año antes la línea aun sin alta velocidad se colocaba en sexto lugar, detalle que nos hace ver como de necesaria era la línea de alta velocidad que estaba por llegar.

El impacto que sufrió la aviación en la ruta Madrid-Valencia fue considerable, pues pasó de 1.020.288 viajeros en 2010 a 468.488 viajeros en 2011, un 54% menos. Estos datos indican que el tren pasó de una cuota de mercado del avión y del tren de 42,8% de 2009 a una cuota del 79,7% en 2011. Pese a todo, la aparición del AVE hizo crecer un 29% el mercado conjunto del tren y del avión, que pasó de 1.788.782 viajeros a 2.307.777 viajeros.

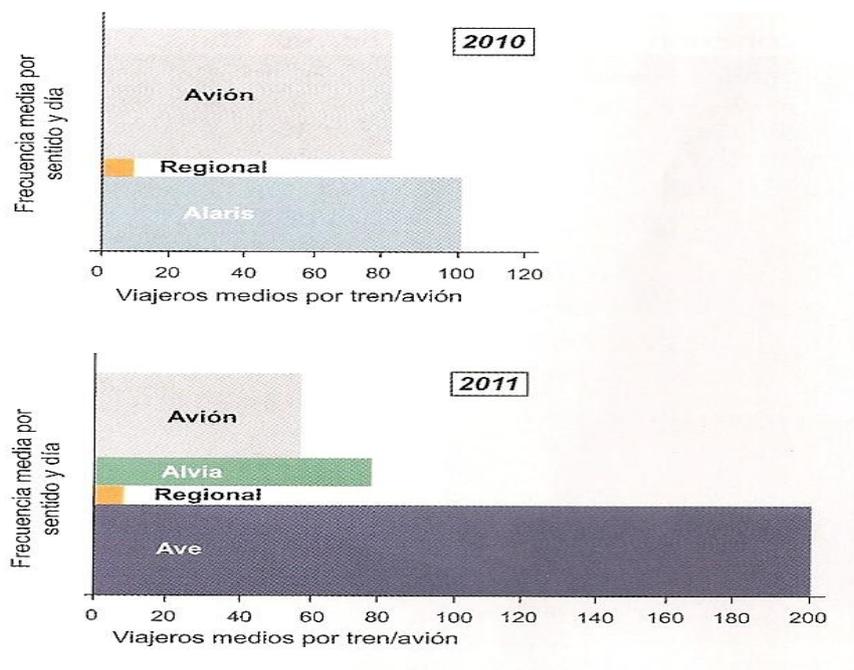


Fig.51. Comparativas entre avión y tren entre 2010 y 2011 (Fuente, Vía Libre).

Actualmente la cuota de mercado en la línea Madrid-Valencia, según el último estudio realizado perteneciente a 2012/2013, dice que existe una variación positiva del 5,48 % siendo 1.846.896 viajeros los que utilizan el tren, mientras que el avión sigue en caída con un 3,6% menos con 251.910 viajeros.

Renfe adoptó un compromiso de puntualidad en los trenes AVE de esta línea, con devoluciones del 50% del importe del billete para retrasos de entre quince y treinta minutos y del 100% para retrasos superiores a treinta minutos. Este compromiso, en el caso de trenes ALVIA, es de la devolución del 25% para retrasos superiores a veinte minutos, del 50% para más de 40 minutos y del 100% para las demoras superiores a una hora.

6. “Y” Vasca.

Nos encontramos ante uno de los proyectos que se pusieron sobre la mesa, allá por los 80, en el, tantas veces mencionado a lo largo de estas páginas, PTF y que a día de hoy todavía se encuentra en proceso de construcción.

Como ya hemos mencionado en la introducción, existían varias propuestas (ver figura 12) de enlace entre las ciudades del País Vasco, en el PTF no se recogía una idea cerrada de cómo debía ser la línea, una línea que debía de resolver de una vez por todas el estrangulamiento que se producía por la difícil orografía del puerto de Orduña. Al igual que en el resto de ideas de renovación de líneas que estaban dentro del PTF, no se hablaba de alta velocidad, sino de una mejora de la calidad de las líneas, adecuando infraestructuras, construyendo variantes, vías dobles, e ir paulatinamente aumentando la velocidad, para lograr un mejor servicio adaptando a las necesidades de un país que se acercaba a la llegada de un nuevo siglo con la necesidad de poner al día su sistema ferroviario anticuado.



Fig.52. Red ferroviaria del País Vasco, 2008 (Fuente, Vía Libre).

Es curioso ver que para poder ir desde Bilbao hasta Vitoria hay que recorrer 104 kilómetros en dirección sur hasta Miranda de Ebro por el puerto de Orduña para luego tomar dirección noreste y recorrer otros 30 kilómetros para llegar hasta Vitoria. El mapa de la figura representa la línea convencional en 2008, no muy diferente a la que había a principios de los 90, y calcada a la que hay ahora mismo.

Fue en 1991 cuando se entregó el primer proyecto, elaborado por Ineco-Sener, en el cual se describía la nueva red con seis elementos: tres ramales de conexión con las capitales vascas y tres bifurcaciones. En total se esperaba gastar 200.000 millones de pesetas en la creación de 165 kilómetros de alta velocidad.

El proyecto establecía radios de curva mínimo de 3.200 metros y pendientes del 15 ‰ (18‰ de manera excepcional). De esta manera la velocidad máxima de explotación sería de 280 km/h para el tráfico de viajeros y entre 225 y 240 km/h para el tráfico mixto.

Un dato curioso del proyecto era que el 55% de los 165 kilómetros serían túneles, de manera que más de la mitad del recorrido sería subterráneo.

Los tiempos de viaje que se preveían eran los siguientes:

Trayecto	Tiempo de viaje (v_{\max} 280 km/h)
Vitoria-Irún	32 min
Vitoria-Bilbao	24 min
Bilbao-Irún	37 min
Madrid-Vitoria-Dax-París	6 h 45 min

Fig.53. Tiempos de viaje esperados, 1991 (Fuente, Vía Libre).

Este proyecto se encontraba entre los llamados ejes de la discordia, junto con el triángulo Madrid-Valencia-Barcelona-Madrid y la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-frontera francesa.

Lo que en un principio se pronosticaba como un gasto de 200.000 millones de pesetas, en 1999 se hablaba que la “Y” exigiría un desembolso de medio billón de pesetas.

Habían pasado casi 10 años desde el comienzo del proyecto y el Gobierno de Vitoria llevaba gastados casi 2.000 millones de pesetas en estudios previos. No sería hasta el 13 de febrero de 2004 cuando el Consejo de Ministros autorizara la licitación de tres contratos de proyecto de los ocho primeros tramos de la línea. Con un presupuesto de algo más de 807 millones de euros (135.000 millones de pesetas) para 46 kilómetros. Finalmente el proyecto constaría de un trazado nuevo de alta velocidad, de aproximadamente 180 kilómetros, Vitoria-Bilbao-San Sebastián, de los cuales 95 corresponden al ramal Vitoria-Bilbao. Éste soportará un tráfico mixto de mercancías y viajeros, para el cual se ha adoptado un radio mínimo de 3.200 metros y pendientes suaves máximas de 15 milésimas por metro, lo que hace que la velocidad de proyecto sea de 250 km/h. En el siguiente cuadro podemos ver las características básicas de la línea:

Tipo de tráfico	Mixto de mercancías y viajeros
Radio mínimo normal en planta	3.200 m
Pendiente máxima	15 ‰
Velocidad de explotación (viajeros)	230 km/h
Velocidad de explotación (mercancías)	90 km/h
Peralte máximo	150 mm
Ancho de vía	1,435 m

Fig.54. Características básicas de la línea (Fuente, Vía Libre).

El 70% del trazado se desarrolla mediante túneles y viaductos. Si nos fijamos en el ramal guipuzcoano, de los 76,98 kilómetros que lo componen, nos encontramos ante 41 túneles (65% del trazado) y 42 viaductos (16% del trazado), esto hace entender lo farragoso del terreno y la complicada construcción de esta necesaria línea.

Año tras año se seguirían adjudicando e iniciando las obras en distintos tramos, incluso ya hay tramos finalizados, como vemos en la figura 55.

Este proyecto, a escala europea, forma parte del Proyecto Prioritario nº3 del Eje Atlántico Ferroviario europeo, dando continuidad en territorio español a la línea Madrid-Valladolid-Vitoria-Frontera Francesa.

El inicio de las obras de la Y Vasca se produjo en octubre de 2006, en el tramo Arrazua/Ubarrundia-Legutiano. Debemos de señalar que las competencias de la construcción de la Y Vasca están repartidas entre Adif y el Gobierno Vasco. La primera se encarga de los 91 kilómetros entre Vitoria y Bilbao, mientras que el Gobierno Vasco se encarga del corredor guipuzcoano entre Vergara-Irún/San Sebastián de 76 kilómetros donde se iniciaron las obras en abril de 2008, concretamente con la construcción del túnel Ordizia-Itsasondo.

En la siguiente figura podemos ver el estado de las obras en 2014:

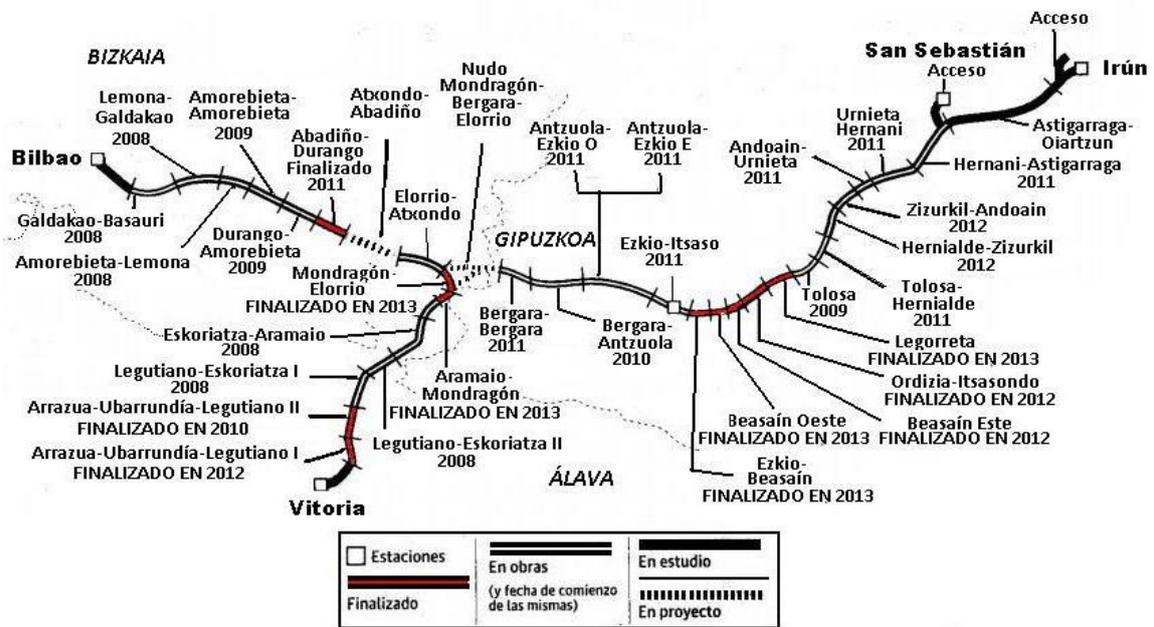


Fig.55. Estado de las obras en 2014 (Fuente, elaboración propia).

A lo largo de 2014 se espera que finalicen los trabajos de construcción de otros seis tramos más (Bergara- Anzuola, Tolosa-Hernialde, Bergara-Bergara, Ezkio-Itsaso, Andoain-Urnieta y Tolosa). Los seis tramos restantes del ramal guipuzcoano se espera que estén finalizados en los últimos meses de 2015 o comienzos de 2016.

En cuanto a la tramo Vitoria-Bilbao, está habiendo problemas debido a que el Nudo de Bergara sigue sin ser licitado (agosto 2014), siendo este un tramo imprescindible para vertebrar el eje Atlántico.

En resumidas cuentas, el ramal guipuzcoano cuenta con casi el 80% de los 77 kilómetros del trazado en ejecución o finalizados, a su vez, el tramo Vitoria-Bilbao tiene casi 65% de su trazado en obras o finalizado.

Los tiempos de viaje que se esperan al finalizar las obras de la línea son los siguientes:

Trayecto	Tiempo de viaje
Vitoria-San Sebastián	34 minutos
Vitoria-Bilbao	27 minutos
San Sebastián-Bilbao	38 minutos
Vitoria-Dax	1 hora 5 minutos
Madrid-Vitoria-Dax-París	5 horas 50 minutos

Fig.56. Estimación de tiempos de viaje (Fuente, Vía Libre).

Para tener una idea más clara de lo que supondrá la apertura de la línea de alta velocidad en el País Vasco es necesario referenciar la previsión de tiempos de viaje con los que a día de hoy tenemos.

Si queremos desplazarnos desde Vitoria a Bilbao en tren, no existe un tren directo, es necesario realizar un enlace en Miranda de Ebro. Si decidiésemos realizar el viaje, la opción más rápida sería tomar el servicio ARCO en Vitoria a las 11.06, el cual llega a Miranda de Ebro a las 11.25 y enlazar con el servicio ALVIA de las 11.35 llegando finalmente a Bilbao a las 13.04, estamos hablando de que en el mejor de los casos el tiempo de viaje sería de 1 hora y 58 minutos. El segundo mejor tiempo de viaje sería de 2 horas y 31 minutos, encadenando dos servicios ALVIA.

Tramo	Frecuencias					T _{min} de viaje	T _{min/max} de espera
	ALVIA	MD	ARCO	R.EXPRES	INTERCITY		
Vitoria-Miranda de Ebro	5	3	1	1	-	19'	10'/+60'
Miranda de Ebro-Bilbao	4	-	1	-	1	89'	

Fig.57. Servicios Vitoria-Bilbao (Fuente, Renfe).

Al igual que el trayecto Vitoria-Bilbao, la ruta San Sebastián-Bilbao necesita de un enlace entre trenes y en el mejor de los casos recorrería la ruta en 3 horas y 34 minutos, tomando el servicio ARCO de las 9.33 y enlazando en Miranda de Ebro con el servicio ALVIA de las 11.35 llegando a Bilbao a las 13.04

Tramo	Frecuencias					T _{min} de viaje	T _{min/max} de espera
	ALVIA	MD	ARCO	R.EXPRES	INTERCITY		
San Sebastián-Miranda de Ebro	2	2	1	-	-	115'	10'/+60'
Miranda de Ebro-Bilbao	4	-	1	-	1	89'	

Fig.58. Servicios San Sebastián-Bilbao (Fuente, Renfe).

A diferencia de los dos anteriores, para llegar de Vitoria a San Sebastián existen distintos servicios de tren para llegar de forma directa. El mejor de ellos es el servicio ALVIA de las 19.48, el cual realiza el trayecto en 1 hora 32 minutos.

7. Prolongaciones.

7.1. Madrid-Toledo.

7.1.1. Introducción.

El problema de la ciudad de Toledo era que estaba apartada de cualquier línea principal, de esta manera, la construcción de la estación en 1919 por MZA, hacía que ésta fuese un “fondo de saco” ya que a ella sólo podía llegarse desde Algodor.

Había tres itinerarios para llegar de Madrid hasta Algodor:

-El más corto, 74,7 kilómetros, empleando la línea de Madrid a Ciudad Real y Badajoz, sin electrificar, la cual sería levantada en 1988 entre Parla y Villaseca para la construcción de la LAV de Madrid a Sevilla. Éste fue el camino utilizado por la mayor parte de trenes entre Madrid y Toledo hasta bien entrado el siglo XX.

-Se empleaba la línea Madrid-Cáceres hasta Villaluenga, desde ahí, utilizando un ramal construido para la fábrica de cementos, continuaba de Villaseca hasta Toledo por el mismo camino que el itinerario anterior. Constaba de 80,1 kilómetros.

-Por último, el itinerario más empleado en los últimos tiempos era el que utilizaba la línea Madrid-Atocha a Alicante hasta Castillejo. Desde ahí cogería el ramal hasta Toledo. Estas líneas fueron electrificadas en los setenta permitiendo establecer un servicio más rápido vía Aranjuez pese a la mayor longitud (90,2 kilómetros).



Fig.59. Línea Madrid-Toledo (Fuente, Monografías Vía Libre).

7.1.2. Construcción de la línea.

Había diferentes motivos por los que se llevó a cabo la construcción de la línea, posiblemente los más destacados fueron:

- Tráfico relativamente importante (alrededor de un millón de viajeros al año).

- Frecuencia de diez servicios al día por sentido con un tiempo de viaje aproximado de una hora.

Estos motivos junto con la proximidad de la línea de AVE Madrid-Sevilla a penas a 21 kilómetros de la ciudad de Toledo, hicieron que en el año 2000 se decidiera construir un ramal desde La Sagra, dentro de la LAV Madrid-Sevilla, hasta Toledo.

En el año 2001 se interrumpió el tráfico de la línea convencional entre Algodor y Toledo, lo cual facilitó la construcción de la línea de La Sagra a Toledo.

El tramo se abrió el 15 de noviembre de 2005 y se trató de un eje en doble vía de 20,5 kilómetros apta para 220 km/h que arranca con un amplio salto de carnero cerca del complejo técnico del AVE de La Sagra. En principio se pensó en hacerlo en vía única pero finalmente el GIF optó por la doble vía ya que si bien es cierto que en los primeros años el tráfico podría asumirse con vía única, esto provocaría unos condicionantes horarios muy severos para la inserción en la malla de la línea Madrid-Sevilla.

Podemos destacar el viaducto sobre el río Tajo y el arroyo Valdecaba como la obra más singular del trazado con sus 1.602 metros de longitud. Atraviesa ambos cauces y en ella destaca su extensión y disposición de su tramo central, sobre el río Tajo, de 198 metros.

7.1.3. Características del trazado.

La línea de alta velocidad La Sagra-Toledo cuenta con doble vía de ancho internacional (1.435 mm) en todo su trazado, con carril tipo UIC 60 (de 60 kg por metro lineal) suministrado en barra larga soldada de 288 metros, y montado sobre traviesa de hormigón monobloque tipo AI-99 asentada sobre balasto en toda su longitud, a excepción de la estación de Toledo, donde la vía se monta en placa.

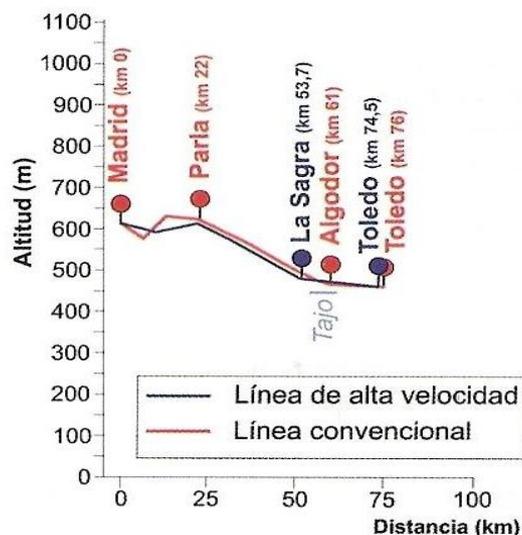


Fig.60. Perfil de la línea Madrid-Toledo. (Fuente, Monografías Vía Libre).

La catenaria de la línea está completamente electrificada en corriente alterna a 25 kV 50 Hz (y no a 2x25 kV como la práctica totalidad de la red a excepción sólo del corredor Madrid-Sevilla,

para garantizar homogeneidad con ésta), y se alimenta en todo el ramal a través de la subestación de Añover, que también se encarga de suministrar al corredor troncal de alta velocidad hacia el sur.

Respecto a la señalización, la línea cuenta con Bloqueo de Control Automático basado en el sistema de señalización y control de trenes ERTMS (niveles 1 y 2), con LZB como sistema adicional y ASFA como sistema de respaldo para la protección puntual de trenes. Todos los enclavamientos, como en el resto de la LAV Madrid-Sevilla, son telemandos desde el puesto de mando de la línea en Madrid Puerta de Atocha.

La señalización luminosa seguía inicialmente el código de colores de la línea Madrid a Sevilla, pero en 2009 fue transformado para ser normal a todas las líneas.

7.1.4. Material móvil.

El material rodante que discurre por esta línea son los trenes de la serie 104 y 114 utilizados propiamente para realizar la ruta Madrid-Toledo desde el 15 de noviembre de 2005. También tenemos que tener en cuenta los trenes ya mencionados en el capítulo 2, los cuales utilizan sólo la línea de Madrid hasta La Sagra.

7.1.5. Horarios y servicios.

Haciendo una comparación simple de calidad de servicios y tiempo de viaje así como en frecuencias al día, por poner un ejemplo, a principios de los noventa la línea entre Madrid y Toledo era transitada 8 servicios Regionales (1994) en ambas direcciones con un tiempo mínimo de viaje de 1 hora y 1 minuto del servicio que salía en fin de semana y con una única parada intermedia en Aranjuez. A partir de 2005 con la apertura del ramal hacia Toledo desde la LAV Madrid-Sevilla los tiempos de viaje se verían reducidos de manera considerable. En 2012 eran 13 las frecuencias AVANT que circulaban por la línea con un tiempo de viaje de 33 minutos.

Actualmente se mantienen las 13 frecuencias de 2012 con el mismo tiempo de viaje y se han incorporado 2 frecuencias más llamadas AV city, que realizan el trayecto en 2 minutos menos. Este nuevo servicio ha sido puesto en marcha a finales del junio de 2014, siendo un 25% más barato que el AVE y circula a 200 km/h.

7.2. Madrid-Huesca.

7.2.1. Introducción.

Al igual que la ciudad de Toledo, Huesca se encuentra fuera de las principales líneas ferroviarias del país. Esto suponía que disponía de pocos servicios, de los cuales ninguno de larga distancia.

Solo en 1980 se implantó un servicio directo diario de forma regular entre Madrid y Huesca con un tren TER que empleaba 5 horas y 15 minutos, servicio que fue prolongado hasta Canfranc dando lugar a lo que más adelante sería el rápido "Río Aragón" de Madrid a Canfranc, luego limitado a Jaca y suprimido en 2003.

En el año 2000 se hizo un intento de mejorar las comunicaciones ferroviarias de Huesca, electrificando el tramo de Tardienta a Huesca de 22 kilómetros.

La decisión de construir la línea de Madrid a Barcelona, aislaba aún más a la ciudad de Huesca, pues se vería abocada a tener solo los servicios convencionales con Zaragoza y Canfranc debido a que la construcción en ancho internacional de la nueva línea absorbería el Zaragoza-Tardienta-Lérida, perdiendo por tanto sus enlaces a Lérida-Barcelona y el directo a Madrid.

Posiblemente esta situación hizo que se tomara la decisión de introducir a Huesca en el mapa de la alta velocidad, construyendo una línea de ancho estándar para 220 km/h.

7.2.2. Construcción de la línea.

Inaugurada en diciembre de 2003, la conexión entre Zaragoza y Huesca en ancho internacional de 79,4 kilómetros en vía única y electrificada a 2x25 kV 50 Hz, no es una LAV al uso ya que la velocidad máxima de diseño es de 200 km/h en el tramo de Zaragoza a Tardienta y queda limitada a 160 km/h hasta Huesca.

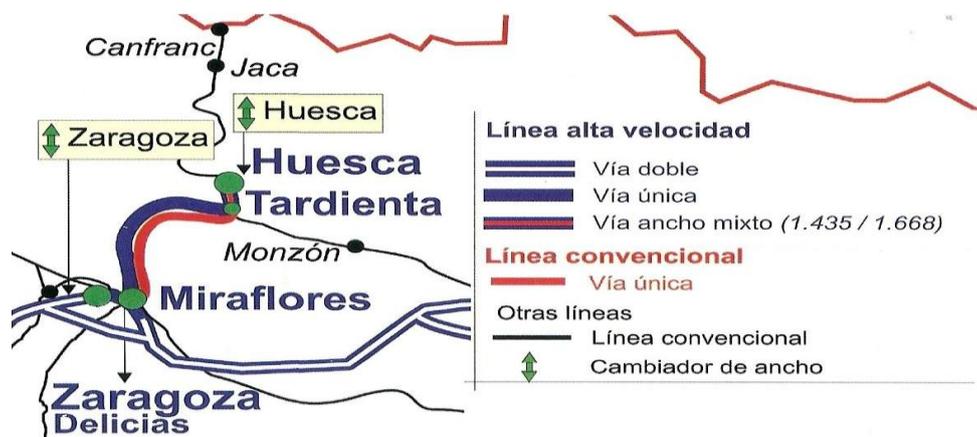


Fig.61. Línea Zaragoza-Huesca (Fuente, monografías Vía Libre).

Las obras de la línea fueron acometidas directamente por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento, a diferencia de la línea Madrid-Barcelona de la que se encargaba el GIF. Las obras resultaron fáciles, gracias a que interferían escasamente con la línea existente y a lo favorable del trazado, de tal forma que se pudieron concluir en apenas tres años desde la decisión de construir la línea hasta su puesta en servicio.

7.2.3. Características del trazado.

La línea de alta velocidad Zaragoza-Huesca tiene una longitud de 79,4 kilómetros de vía única en ancho internacional (1.435 mm) de carril tipo UIC 60 suministrado en barra larga soldada de

288 metros (54 kg/m en el tramo de Tardienta a Huesca) y traviesa de hormigón monobloque sobre balasto, que además es de doble ancho en el tramo Tardienta-Huesca.

Entre Zaragoza y Tardienta, el entreeje de ambas vías —alta velocidad y convencional— se sitúa entre los 4,3 y los 8,5 metros.

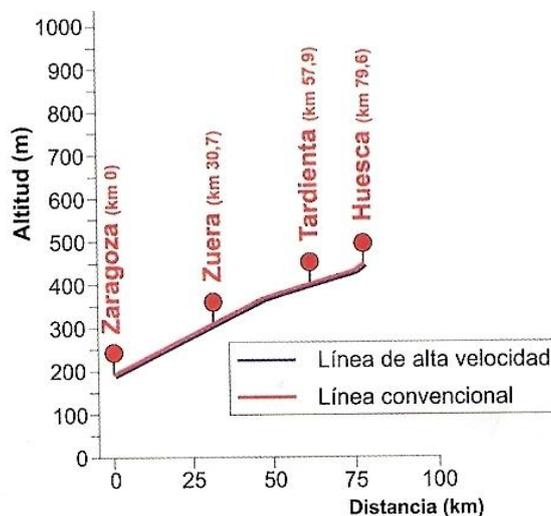


Fig.62. Perfil de la línea Zaragoza-Huesca (Fuente, Monografías Vía Libre)

Su radio mínimo normal es de 2.500 metros, y su rampa característica es de 14 milésimas entre Zaragoza y Tardienta en ambos sentidos, y de 12 milésimas en sentido impar (hacia Huesca) y 9 milésimas en sentido Tardienta (par).

La velocidad máxima de diseño es de 200 km/h entre Zaragoza y Tardienta, y queda limitada a 160 km/h en el tramo restante.

Por lo que respecta a la electrificación, la línea cuenta con catenaria de alta velocidad entre Zaragoza y Tardienta, y compensada convencional entre Tardienta y Huesca, alimentada a 2x25 kV 50 Hz en corriente alterna en todo el recorrido desde la subestación de Almudevar (a 46 km de Zaragoza) con dos grupos de 30 MW alimentada desde la red pública de 200kV y a través a su vez de cuatro centros de autotransformación situados a una distancia media de 15 km entre sí. Hay que destacar además la particularidad de que en el tramo Tardienta-Huesca el suministro puede realizarse también a 3.000 voltios en corriente continua.

Para la alimentación fue necesario construir una subestación eléctrica en el término municipal de Gurrea de Gállego, en el kilómetro 46,6 de la línea, y cuatro centros de autotransformación separados entre sí quince kilómetros.

La línea cuenta en toda su longitud con Bloqueo de Liberación Automática de Vía Única basado en el sistema de señalización y control de trenes ERTMS nivel 1, con ASFA como sistema de respaldo para la protección puntual, y todos sus enclavamientos se gobiernan con control de tráfico centralizado (CTC) desde el puesto de mando de Zaragoza-El Portillo de la red convencional.

7.2.4. Material móvil.

Los Ave de la serie 102 sustituyeron a las composiciones de Talgo de la serie 7 remolcados por locomotoras S-252 que circulaban bajo la denominación de ALTARIA, fueron los encargados de realizar el trayecto Madrid-Huesca desde el 28 de abril de 2005 hasta 2011 que fueron sustituidos por los AVE de la serie 103.

El 28 de abril de 2008 se puso en marcha el servicio AVANT, realizado por los serie 104, entre Zaragoza y Huesca aunque el 14 de octubre de 2009 fue suprimido.

7.2.5. Horarios y servicios.

La línea de alta velocidad Zaragoza-Huesca se inauguró con 3 frecuencias en servicio AVANT en cada sentido con un tiempo mínimo de viaje de 42 minutos. Ante la poca demanda que hubo este servicio fue suprimido el 14 de octubre de 2009.

Actualmente existe una sola frecuencia al día de Zaragoza a Huesca. Realmente es el servicio AVE que sale desde Madrid a las 19.05 pasa por Zaragoza a las 20.34 y llega a Huesca a las 21.18 con un tiempo de viaje de 2 horas y 13 minutos. Desde Huesca la salida hacia Madrid con escala en Zaragoza se realiza a las 8.15 de la mañana para que en 2 horas y 20 minutos llegue a Madrid.

Esta conexión entre Madrid y Huesca ha sumado 633.700 viajeros en los 10 años que lleva en marcha. En 2013 fueron 66.477 los viajeros que se subieron o apearon en la estación oscense. Esta cifra supone un incremento del 14,7% con respecto al dato de 2012, no se había recogido un dato tan bajo desde 2006. La media de usuarios ronda las 70 personas en unos trenes con más de 300 plazas que se completan en Zaragoza.

7.3. Madrid-Málaga.

7.3.1. Introducción.

Antes de la construcción de la línea de alta velocidad de Madrid a Sevilla, el tren más rápido en realizar el trayecto Madrid-Málaga era un Talgo Pendular al que le costaba siete horas llegar a destino. Con la apertura de la LAV Madrid-Sevilla, los tiempos de viaje se vieron reducidos y más con la entrada en servicio, en mayo de 1992, de los T200 remolcados por locomotoras S-252, los cuales realizaban el trayecto en menos de cinco horas. Estos utilizaban la línea de alta velocidad hasta Córdoba (Alcolea) donde cambiaban de ancho y circulaban hasta Málaga por la línea convencional.

Uno de los motivos que llevaría a plantear la construcción de la nueva línea entre Córdoba y Málaga fue el auge que tuvo los nuevos servicios. Hasta la apertura de la LAV Madrid-Sevilla el número de viajeros anuales con destino Málaga era de 300.000 viajeros, esta cifra se venía manteniendo desde hacía ya años. Con la apertura, la cifra se dobló hasta los 600.000 viajeros al año, digamos que la situación se había desbordado y la línea convencional de vía única y ancho ibérico no dejaba otra alternativa que construir un nuevo trazado.

7.3.2. Construcción de la línea.

Para la construcción de línea se analizaron dos tipos de soluciones: la primera era iniciarla en las proximidades de Alcolea, evitando el rodeo que suponía entrar en Córdoba; la segunda situaba el origen de la línea después de Córdoba.



Fig.63. Línea Córdoba-Málaga (Fuente, Monografías Vía Libre).

Al final se optó por el segundo tipo de opción debido a que el recorrido sería mayor, la longitud nueva a construir sería menor y además situaba a Córdoba dentro del recorrido natural de la línea, cosa que la primera opción descartaba.

Así pues la línea arrancarían desde Almodóvar del Río, a 13 kilómetros de la capital.

Las obras se iniciaron en el verano de 2001 y constaron de dos fases:

1ª Fase: Fue puesta en servicio el 17 de diciembre de 2006 y unía Córdoba con la nueva estación de Antequera-Santa Ana. En esta estación se situaría un cambiador de ancho que permitiría realizar la parte final del recorrido hasta Málaga por la línea convencional, mientras se finalizaba la segunda fase de las obras. La única incidencia destacable fue el cambio de ubicación de la estación de Puente Genil. Ésta se dispuso en un tramo de muy fuerte pendiente, lo que obligó a diseñar una doble plataforma: la rampa normal de línea para las vías pasantes y, en plataformas sin pendiente, las de estacionamiento.

2ª Fase: Este segundo tramo, inaugurado el 24 de diciembre de 2007, supuso un reto para la ingeniería. Se debían superar las quebradas de El Chorro, por las cuales discurría la línea convencional. En este tramo se podía encontrar posiblemente la curva de menor radio de toda la red de ancho ibérico.

La manera de evitar las quebradas fue un largo túnel bitubo de 7.300 metros de longitud, el túnel de Abdalajís. Además de este gran túnel hubo más retos ya que más de la tercera parte de este tramo era subterráneo y los viaductos, además de su gran longitud tienen grandes alturas, como el del Arroyo Piedras con 90 metros de altura.

7.3.3. Características del trazado.

La línea nace en el punto kilométrico 358,3 de la línea Madrid-Sevilla, en la llamada bifurcación de Málaga, situada a unos 3 km antes de Almodóvar del Río.

La línea cuenta con 169 kilómetros de longitud, 155 a partir de la bifurcación. Cuenta con doble vía, en ancho internacional, en la totalidad de su recorrido. Creada para soportar circulaciones a 350 km/h y con pendientes máximas de 20 mm/m.

La línea cuenta con dos puestos de banalización en Almodóvar del Río y Álora, además de dos apartaderos en Santella y Los Prados.

Como estaciones de uso comercial están la de Puente Genil-Herrera, Antequera-Santa Ana y la de Málaga.

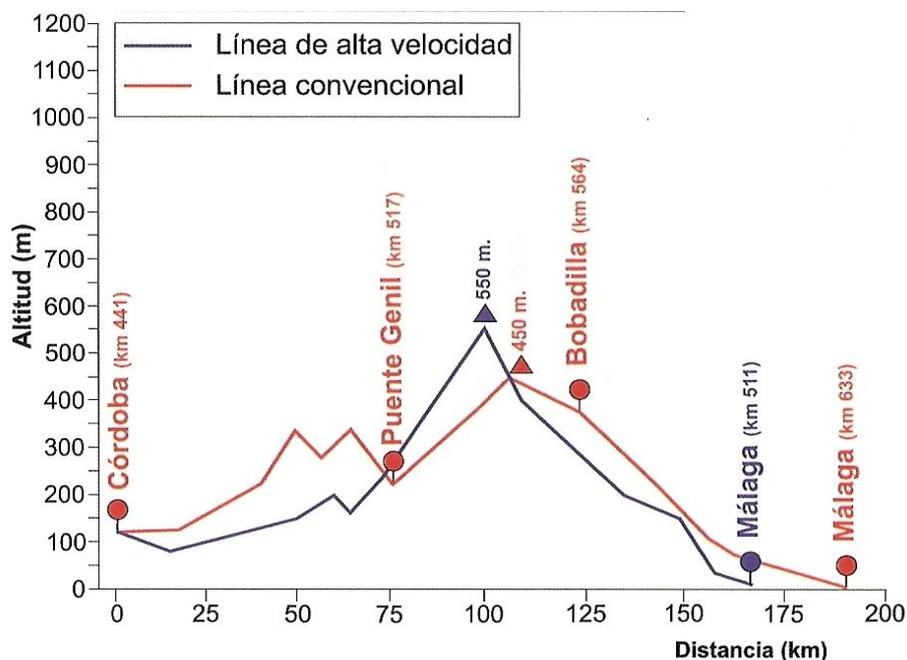


Fig.64. Perfil línea Córdoba-Málaga (Fuente, Monografías Vía Libre).

Cuenta con 10 túneles que suponen casi 25 kilómetros de longitud, de los cuales podemos destacar el túnel bitubo de Abdalajís de 7.300 metros de longitud, además de 19 viaductos, todos ellos sumados hacen más de 11 kilómetros longitud. Podemos destacar el viaducto sobre el Río Genil, de 1.338 metros, siendo este el más largo de la línea, además de los dos viaductos situados sobre los Arroyos Espinazo y Jévar de 870 y 780 metros respectivamente.

La electrificación de la línea es a 25 kV en corriente alterna con el sistema 2x25, contando con subestaciones en Almodóvar, Puente Genil y Cártama.

Equipa el sistema GSM-R como sistema de comunicaciones entre los trenes y los centros de control. En cuanto a sistema de supervisión equipa el sistema ERTMS de nivel 1 y 2, así como el ASFA-200 y el LZB.

7.3.4. Material móvil.

Los encargados de inaugurar la línea fueron los AVE de la serie 102 el 17 de diciembre de 2006 en el servicio Madrid-Antequera, prácticamente un año más tarde se encargaría de la línea completa hasta Málaga, concretamente a partir del 24 de diciembre de 2007. En esa misma fecha entraría también en funcionamiento los AVE de la serie 103 en servicio Madrid-Málaga. La serie 103 mantendría su servicio hasta finales de 2010.

La serie 104 se ocuparía del servicio Sevilla-Córdoba-Málaga, en servicio AVANT desde el 20 de febrero de 2008 hasta la actualidad.

7.3.5. Horarios y servicios.

La línea se inauguró el 24 de diciembre de 2007 con 11 servicios AVE diarios, tres de ellos sin paradas y con tiempos de viaje entre las dos horas y treinta minutos y las dos horas cincuenta y siete minutos. Durante 2008 se ampliarían los servicios AVE con el Málaga-Barcelona y en 2009, con la apertura de la circunvalación de Madrid, empiezan a dar servicios directos. Antes hacían una parada obligada en Madrid. En 2011 eran 2 los servicios AVE a Barcelona y 13 servicios a Madrid, con unos tiempos de viaje entre 2 horas 20 minutos y 2 horas 50 minutos.

Actualmente se cuenta con 13 servicios AVE en ambas direcciones con unos tiempos de viaje que van desde las 2 horas 20 minutos, de los trenes que salen desde Madrid a las 8.25 y 10.35, hasta las 2 horas y 50 minutos. Como vemos, los tiempos de viaje se mantienen desde 2011.

7.4. Madrid-Alicante.

7.4.1. Introducción.

Esta prolongación que parte desde la línea Madrid-Albacete no es más que una consecución de la continuación de las obras dentro del corredor Levante que pretende unir el centro de la península con la costa mediterránea uniéndolo a su vez con el corredor Mediterráneo, creando así una gran red de altas prestaciones que permita una mayor movilidad de pasajeros.

La línea, que comparte historia con la de Valencia por Albacete, compartía problemas con los tiempos de viaje que fueron poco a poco mejorando con la introducción de mejoras en infraestructuras y material rodante. Esta línea se venía mejorando desde la aprobación del PTF con la creación de diversos tramos de doble vía. Mejoró de manera ostensible en 2010, con la inauguración de la línea de alta velocidad a Valencia con la bifurcación de Albacete, haciendo que se redujesen los tiempos de viaje.

7.4.2. Construcción de la línea.

La línea de alta velocidad hasta Alicante fue inaugurada el 18 de junio de 2013, con una longitud de 165 kilómetros, la línea discurre de noroeste a sureste. Éste tramo, ejecutado por Adif, consiste en una plataforma de alta velocidad para doble vía de ancho internacional, con un trazado diseñado para una velocidad máxima de 350 km/h, que cuenta con tres estaciones

de alta velocidad: Albacete Los Llanos, Villena y Alicante. El coste de este tramo fue de 1.920 millones de euros.

La construcción de la nueva línea de alta velocidad entre Albacete y Alicante tuvo en su tramo inicial, hasta las proximidades de Almansa, uno de los sectores con más complejidad de trazados y fases de obras vistos hasta ahora en nuestro país.



Fig.65. Línea Madrid-Alicante (Fuente, Google).

Entre 2003 y 2006 se construyeron diferentes variantes que mejoraban el itinerario de ancho ibérico.

Debido a que esta línea se entronca con el corredor Levante, algunos de los tramos de la misma, ya se venían construyendo a la par que la línea Madrid-Valencia, de este modo por ejemplo el tramo de la Variante de Alpera de 23,3 kilómetros entró en servicio en 2006 en ancho ibérico, posteriormente en 2012 la variante entraría en servicio ya adecuada en ancho UIC.

Sobre estos tramos se encauzó la alta velocidad, siendo necesaria la construcción añadida de varios tramos y la recuperación de las antiguas trazas para que la vía convencional estuviera completamente segregada e independiente.

Entre Almansa y el nudo de la Encina se ejecutó plataforma nueva de alta velocidad.

Tras la variante la línea discurre entre Almansa y La Encina. Conocido como el Nudo de La Encina, constituye el punto de bifurcación de las líneas que conectan entre sí Madrid/Albacete, Valencia y Alicante/Murcia.

El tramo de La Encina a Alicante tiene un total de 72,6 kilómetros, dividido en ocho subtramos y los accesos a Alicante, que a continuación detallamos, junto con el resto de subtramos de la línea, en la siguiente tabla:

Subtramo	Kilómetros
Albacete-Variante de Alpera	41,4
Variante de Alpera	23,3
Almansa-La Encina	25,5
Caudete-Villena	11
Villena-Sax	6,3
Sax-Elda	6,9
Elda-Monóvar	6
Monóvar-Novelda	4,97
Novelda-Monforte del Cid	5,7
Monforte del Cid-La Alcoraya	7,9
La Alcoraya-Alicante	10
Accesos a Alicante	1,02

Fig.66. Subtramos línea Madrid-Alicante (Fuente, Elaboración propia).

El tramo, de nueva construcción, discurre desde la variante de la Encina hasta Monforte del Cid, donde la plataforma se bifurca dirección Alicante, por un lado, y hacia Elche, Orihuela y la Región de Murcia por otro.

En él se han construido 17 viaductos que suman 8,4 km. Destacan el viaducto del Cordel de Sax (1.498 m), el viaducto Salitre-Vinalopó (1.481 m), el viaducto sobre la acequia del Rey (1.394 m) y el viaducto sobre el ferrocarril La Encina – Alicante (1.260 m).

7.4.3. Características del trazado.

Nos encontramos ante un trazado de 165 kilómetros en ancho internacional (1.435 mm, con 4,7 metros de entrevía sobre una plataforma de 14 metros de anchura), diseñado para una velocidad máxima de 350 km/h aunque inició su andadura con una velocidad comercial máxima de 300 km/h. Se emplearon traviesas tipo A1-04 monobloque de hormigón y carril 60-E1 en barras de 270 metros.

Cuenta con tres estaciones de alta velocidad: Albacete Los Llanos, Villena y Alicante.

La vía alberga 27 viaductos de los que podemos destacar sobre la Acequia del Rey y la CV-813 de 1.400 metros y el Cordel de Sax de 1.458 metros, en el tramo Villena-Sax, o el viaducto sobre el barranco de Salinetas y la vía férrea La Encina-Alicante de 1.260 metros en el tramo Monóvar-Novelda. En el trazado existen 4 túneles de los cuales el más largo es el de Las Barrancadas en el tramo Sax-Elda, que cuenta con 2.856 metros de longitud.

El recorrido cuenta con tres puestos de adelantamiento y estacionamiento de trenes (PAET): Chinchilla, Bonete y Monforte; además de tres puestos de banalización en Albacete, Chozas y Caudete. También cuenta con un Centro de Regulación y Control de alta velocidad en Albacete.

La vía está electrificada a 2x25 kV en corriente alterna y cuenta con dos subestaciones eléctricas en Campanario y Sax.

En cuanto a sistemas de protección al tren cuenta con ERTMS de nivel 2 y ASFA digital, así como el GSM-R sistema utilizado en las telecomunicaciones móviles.

7.4.4. Material rodante.

Los trenes que más uso dan a esta línea son los serie 100, serie 112, serie 130 y la serie 730. Los trenes con servicio AVE son los S-100 y S-112 que conectan Alicante con Madrid con paradas en Cuenca, Albacete y Villena. Los servicios ALVIA son realizados por los serie 130, que enlazan conexiones directas y diarias con Gijón y Santander.

En servicios de fin de semana y de fechas punta está reforzado con trenes de la serie 730 con origen en Galicia, utilizados en la línea Madrid-Galicia por su gran versatilidad y adaptabilidad a los diferentes tipos de línea.

7.4.5. Horarios y servicios.

La nueva infraestructura entre Madrid y Alicante fue inaugurada el 18 de junio de 2013 con 9 servicios de alta velocidad diarios por sentido, llegando hasta 13 por sentido en fin de semana y en fechas de punta de movilidad. Los tiempos de viaje se redujeron en 50 minutos dejando la conexión entre la capital del país y Alicante en 2 horas y 20 minutos. También la línea contaba con cuatro servicios ALVIA por sentido y día. La entrada progresiva del servicio ERTMS de nivel 2 haría que la velocidad de servicio fuese incrementando y por consiguiente reduciría el tiempo de viaje hasta las 2 horas y 5 minutos esperado para finales del 2013.

Actualmente la línea mantiene los 9 servicios AVE por sentido y día con un tiempo mínimo de viaje de 2 horas y 5 minutos correspondiente a los servicios AVE que salen de Madrid a las 15.25 y 16.25.

7.5. Madrid-Galicia.

7.5.1. Introducción.

Los trazados ferroviarios gallegos siempre han estado condicionados por un accidentado relieve que ha dificultado las comunicaciones ferroviarias con el centro peninsular. De hecho, la primera línea directa entre Madrid y Galicia, por Zamora y Ourense, no se logró hasta 1958.

La línea de alta velocidad Madrid – Galicia, encuadrada en el Corredor Norte/Noroeste, que actualmente construye el Ministerio de Fomento a través de Adif Alta Velocidad situará a Galicia en el mapa de la alta velocidad española.

Dentro de la línea existen tres tramos de alta velocidad ya en servicio: Olmedo-Medina del Campo, Ourense-Santiago-A Coruña y por último el tramo entre Madrid y Olmedo perteneciente a la LAV que va a Valladolid.

7.5.2. Construcción de la línea.

-Tramo Olmedo-Medina del Campo.

Con una inversión de 31,9 millones de euros, este ramal constituyó el primer tramo de la nueva línea de alta velocidad hacia Galicia.

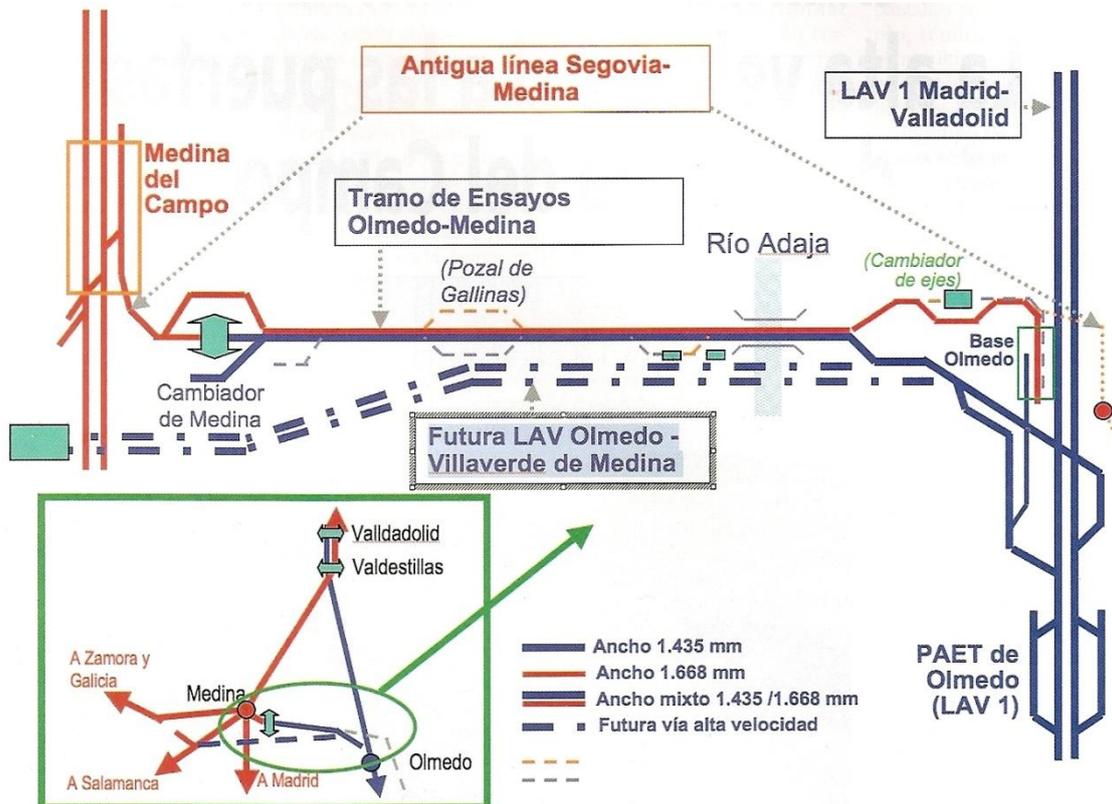


Fig.67. Conjunto de líneas entre Olmedo y Medina (Fuente, Vía Libre).

El proyecto se centró en la construcción de dos ramales de 4,4 kilómetros de longitud con vía de ancho internacional que parten de la LAV Madrid-Valladolid a la altura de Olmedo.

Estas dos nuevas vías de ancho internacional conectaban con el tramo experimental de tres carriles que se construyó entre los años 2000 y 2001 en las proximidades de esta localidad y que tiene una longitud de 15,5 kilómetros.

Las obras incluyeron la instalación de un cambiador de anchos de vía en Medina del Campo. Los trenes circularán por la LAV Madrid-Valladolid hasta Olmedo y desde allí hasta Medina del Campo, desde donde cambiarían de ancho para continuar por las vías convencionales hasta Zamora y Galicia.

Este tramo finalizaba en un cambiador de anchos que se construyó antes de llegar a la estación de Medina del Campo. Desde el cambiador hasta la estación la vía sería de ancho convencional.

Entró en servicio comercial el 20 de abril de 2008, fecha desde la que se pasó a encaminar el Talgo de Madrid a Galicia.

-Tramo Ourense-Santiago-A Coruña.

El 10 de diciembre de 2011 se ponía en servicio la primera LAV en Galicia. Con una inversión de más de 3.300 millones de euros, contaba con 150 kilómetros encargados de vertebrar la comunidad gallega.



Fig.68. Tramo Orense-Santiago-La Coruña (Fuente, *Vía Libre*).

Hay que diferenciar dos tramos: Ourense-Santiago y Santiago-A Coruña.

El tramo Ourense-Santiago consta de 87,1 kilómetros, completamente de nueva construcción frente a los 126 kilómetros de la línea convencional.

Las obras de construcción de plataforma se iniciaron en 2004. El recorrido atraviesa las provincias de Ourense, Pontevedra y A Coruña en dirección noroeste, siguiendo el corredor de la A-53, hasta enlazar con el Eje Atlántico cerca de Santiago de Compostela.

Es la parte más complicada de todo el trayecto. Para salvar la difícil orografía de la zona y reducir el impacto medioambiental fue necesario construir un total de 35 viaductos y 30 túneles, lo que supone más del 57% de la longitud total de todo el tramo.

Todo el trazado se ha diseñado para doble vía electrificada con todos los parámetros de alta velocidad y para poder alcanzar una velocidad máxima de 350 km/h.

Un aspecto muy importante de este tramo es el respeto a las zonas medioambientalmente valiosas que ha atravesado, adoptándose medidas de protección, recuperación y protección al patrimonio que en algunas zonas han llegado a superar el 33% del presupuesto de la obra.

Si bien el proyecto inicial establecía la construcción de la línea en ancho UIC finalmente la línea fue construida en ancho ibérico, equipada con traviesa polivalente, de modo que permitirá el posterior cambio de ancho de manera sencilla, evitando así que el eje Orense-Santiago quedase aislado hasta que no se pusiese en servicio la línea completa de alta velocidad Madrid-Galicia.

La línea incorpora los sistemas de señalización ERTMS, LZB Y ASFA digital, además de los sistemas para las comunicaciones "tren tierra" y GSM-R.

El tramo de Santiago-A Coruña consta de 65,1 kilómetros pertenecientes al Eje Atlántico, que discurre de norte a sur por la fachada atlántica, entre Ferrol y Portugal, a lo largo de 238 kilómetros.

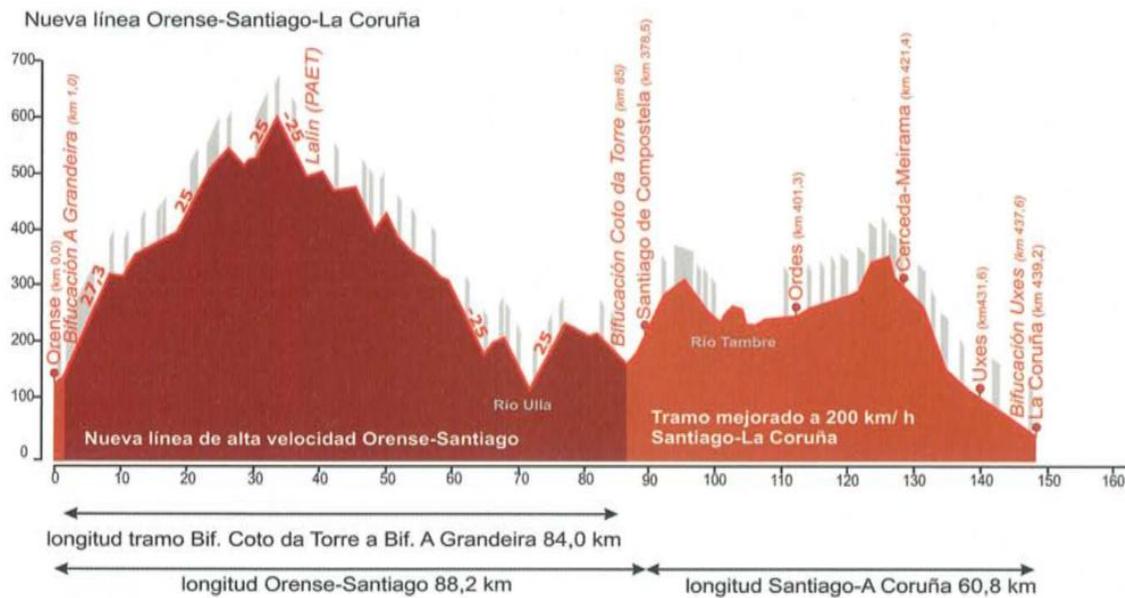


Fig.69. Perfil de la línea Orense-Santiago-La Coruña (Fuente, Vía Libre).

Se mantuvo la traza sobre la línea convencional pero fue sometida a una mejora integral, mediante duplicaciones de vía, variantes de trazado y electrificación del trayecto entre ambas ciudades. La longitud del tramo se ha reducido en casi 13 kilómetros. La velocidad de explotación es de 200 km/h en ancho ibérico. El 37,4% del tramo está constituido por estructuras singulares, en concreto 17 túneles (20,2 km) y 10 viaductos (2,8 km).

7.5.3. Material rodante.

Los trenes de la serie 121 fueron los encargados de realizar los primeros servicios AVANT de alta velocidad entre Orense y La Coruña a partir del 10 de diciembre de 2011. En junio de 2012 entraron en un funcionamiento mediante servicios ALVIA los trenes de la serie 730 permitiendo una ganancia importante en los tiempos de viaje en larga distancia. Éstos realizan trayectos desde Madrid hasta Galicia, incluso desde Alicante o Barcelona hasta Galicia, cruzando de punta a punta el territorio español sin problemas, gracias su gran versatilidad.

7.5.4. Horarios y servicios.

La adecuación del tramo de ensayos entre Olmedo y Medina del Campo para la alta velocidad supuso que los trenes a Galicia ganasen más de media hora sobre su tiempo anterior de viaje. En concreto el Talgo Madrid-Galicia hasta el 10 de enero de 2008 pasaba por Ávila salía de Medina dos horas y cuarto después de haber salido de Madrid, tras dar la vuelta a la locomotora. La puesta en servicio de la LAV entre Madrid y Valladolid hizo reducir en 15 minutos el tiempo de viaje ya que desde dicha fecha el tren circula por la LAV hasta

Valdecastillas, donde cambia el ancho y la posición de la locomotora para retroceder después a Medina y continuar hacia Galicia. Aún así la ganancia de tiempo era muy modesta y obligaba a un recorrido adicional de 40 km.

Con la inauguración en diciembre de 2011, la mejora de tiempos entre las ciudades que componen la línea de alta velocidad gallega fue espectacular, salvo en el recorrido La Coruña-Santiago que únicamente mejoró 7 minutos. Los tramos de Santiago-Ourense y La Coruña-Ourense pasaron de 94 y 135 minutos a 38 y 68 minutos respectivamente. Claramente la mejora entre Santiago y Ourense fue mucho mayor en proporción, ya que este tramo era el construido para alta velocidad propiamente dicha.

La línea se inauguró con 5 servicios AVANT (media distancia) realizados por la serie 121 entre Orense y Santiago. De éstos, dos prolongarían su recorrido hasta La Coruña. También circularía el Talgo diurno Madrid-La Coruña.

Los servicios de Madrid a Santiago pasaron de 7 horas a 6 horas y 7 minutos, y hasta La Coruña pasaron de las 7 horas y 38 minutos a las 6 horas y 40 minutos.

Con la puesta en funcionamiento el 17 de junio de 2012 de los trenes de la serie 730, capaces de circular por vías en ancho ibérico, ancho UIC y electrificadas o sin electrificar, supuso otra reducción de tiempos en la conexión Madrid-Galicia, como se muestra en el siguiente cuadro:

LÍNEA	AHORRO DE TIEMPO	TIEMPO DE VIAJE
Madrid – Orense	32 minutos	4 horas 38 minutos
Madrid – Santiago	31 minutos	5 horas 36 minutos
Madrid – La Coruña	31 minutos	6 horas 9 minutos
Madrid – Vigo	53 minutos	6 horas 22 minutos
Madrid – Pontevedra	61 minutos	6 horas 56 minutos

Fig.70. Tiempos de viaje (Fuente, Vía Libre).

Según Adif, las expectativas de tiempos de viaje, una vez el corredor Madrid-Galicia esté terminado son las siguientes:

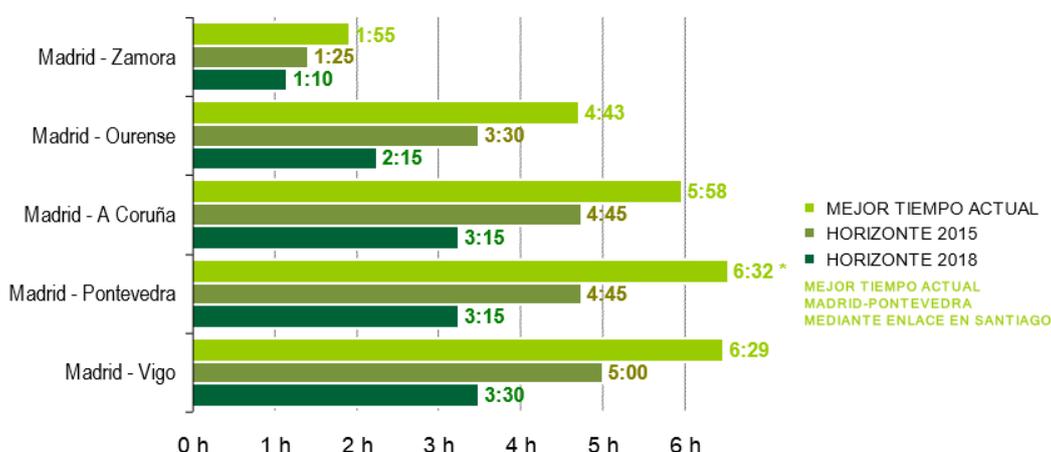


Fig.71. Comparativa de tiempos de viaje. (Fuente, Adif).

ANEXO I: SISTEMAS DE SEGURIDAD.

Actualmente las líneas de alta velocidad en España cuentan con tres sistemas de seguridad principales: ERTMS, ASFA y LZB; en los cuales vamos a profundizar. En la figura podemos ver cómo están repartidos a lo largo de la red española.

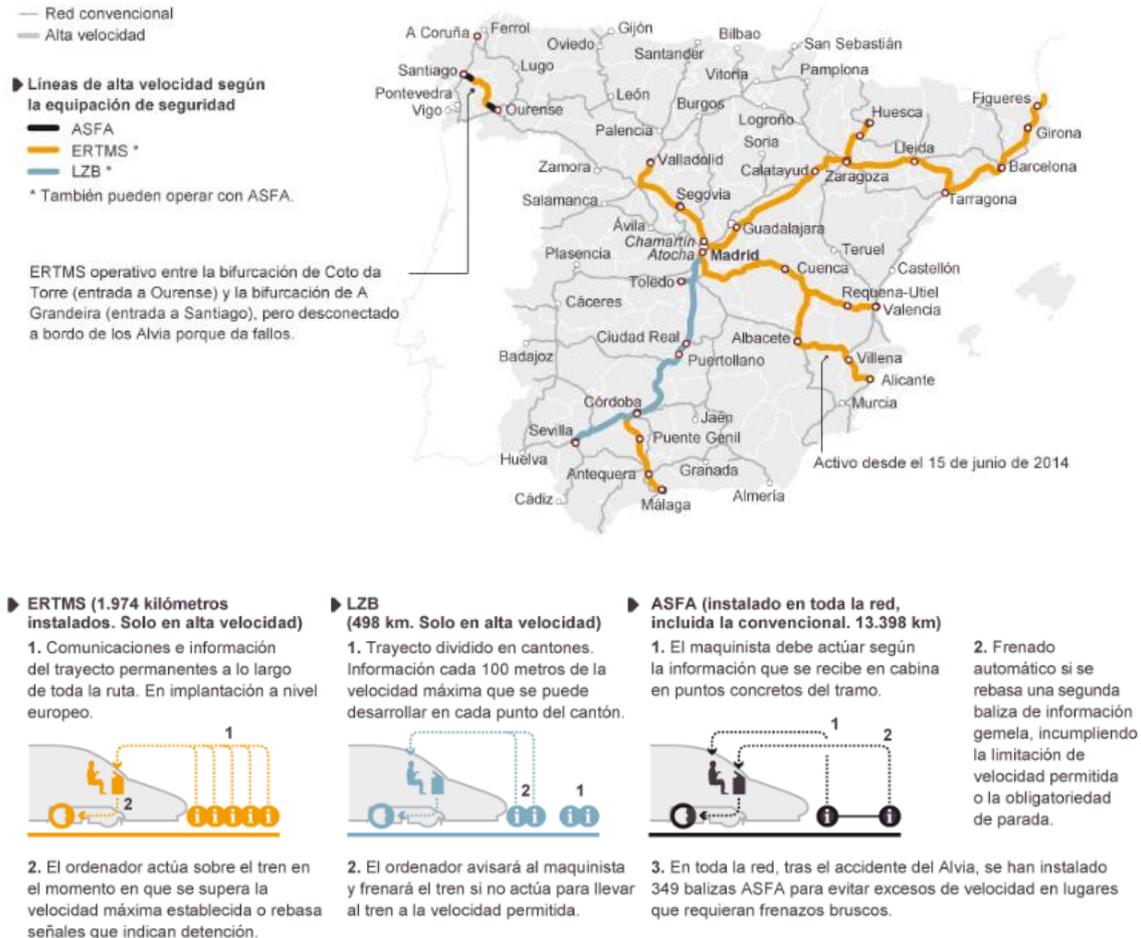


Fig.72. Descripción breve de equipación de seguridad (Fuente, El País).

ERTMS

El sistema europeo de gestión y de la circulación de trenes, ERTMS por sus siglas en inglés (European Rail Traffic Management System) es el resultado de la unión de dos sistemas complejos, el de control ferroviario ETCS (European Train Control System) y el GSM-R, derivación ferroviaria del estándar civil de telecomunicaciones GSM.

El ERTMS, pilar fundamental de la futura interoperabilidad europea, se presenta en tres niveles diferentes según el tipo de equipos de vía que incluye para la transmisión de información y localización del tren.

Los equipos ofrecen información sobre el recorrido –trazado y limitaciones de velocidad, fundamentalmente—el tráfico y las características de los trenes en circulación. Con esta información, el equipo embarcado a bordo, que maneja también las informaciones de posición y prestaciones del tren, elabora un perfil de velocidad al que el tren en circulación debe ajustarse.

La información fluye en los dos sentidos entre el tren y la instalación y, en el caso de que el tren no se ajuste al perfil definido por el sistema, o por emergencias que pudieran surgir como la velocidad inadecuada o rebase de una señal, el propio sistema activa sus mecanismos de seguridad y provoca el frenado y la detención del tren.

Como ya hemos dicho, existen tres niveles:



Fig.73. ERTMS NIVEL 1 (Fuente, Vía Libre).

Nivel 1: En el ERTMS nivel 1, la localización del tren y su identificación se realiza por medio de circuitos de vía y de balizas, eurobalizas, situadas a lo largo del recorrido y asociadas a las señales laterales. Estos equipos transmiten de manera puntual los datos fijos y variables en ambos sentidos y dan al tren su perfil de movimiento.

Las balizas, dimensionadas en número y proximidad en función de las características de la línea, están conectadas a la señalización luminosa lateral que persiste en este nivel de ERTMS. El nivel 1, de fácil implantación y precio ajustado permite equipar las líneas convencionales de cara a la futura interoperabilidad del ferrocarril europeo.



Fig.74. ERTMS NIVEL 2 (Fuente, Vía Libre).

Nivel 2: La transmisión de datos se realiza de forma continua por GSM-R y el equipo de control RBC (Radio Block Centre), efectúa los cálculos y define el perfil de circulación de los trenes cuya presencia y localización se detecta por medio de circuitos de vía, y autoriza sus movimientos en función de los cantones fijos establecido. La señalización lateral desaparece en este nivel.

Este nivel equipará en el futuro la gran red europea de alta velocidad y permitirá aumentar la capacidad de la que dispone las líneas con sistemas convencionales de señalización y gestión del tráfico, hasta en un 15 %.

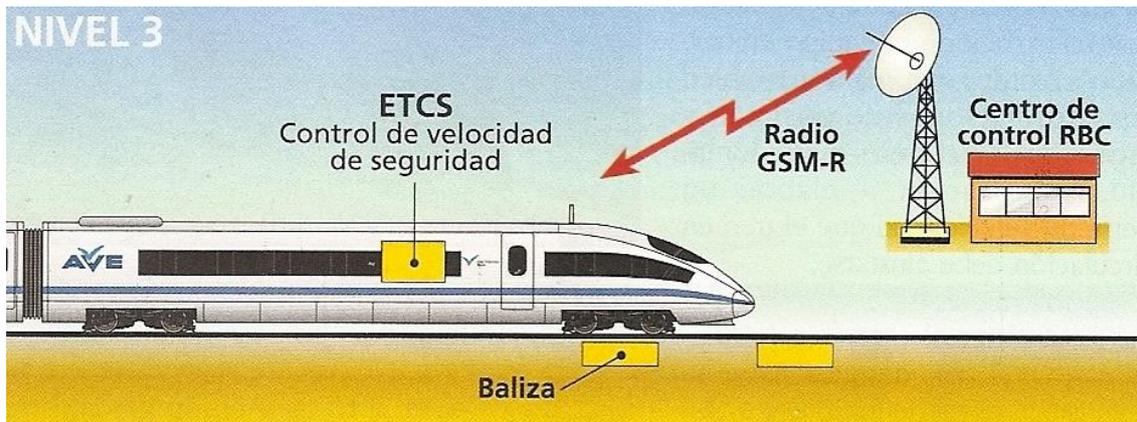


Fig.75. ERTMS NIVEL 3 (Fuente, Vía Libre).

Nivel 3: En este tercer nivel del ERTMS desaparecen los circuitos de vía para la localización del tren, y son los propios trenes los que mediante sistemas de evaluación de las distancias recorridas fijan su posición y envían la información por GSM-R a los RBC que fijan cantones fijos o móviles y determinan y vigilan su ocupación.

Este nivel cuya inversión en instalaciones es menor que en los niveles 1 y 2, podría ser aplicable en líneas de débil tráfico.

ASFA

El Anuncio de Señales y Frenado Automático, por sus siglas ASFA, es un sistema de protección del tren que se emplea desde 1978, como sistema principal en líneas convencionales de Renfe, Feve y FGC, y como respaldo en las líneas de alta velocidad.

El sistema tiene las funciones de repetir en cabina, óptica y acústicamente, las indicaciones de las señales laterales luminosas y de frenar automáticamente el tren en caso de rebase de una señal o en otros supuestos de peligro. La información llega, desde las balizas situadas en la vía, al tren a través de un captador situado en la parte baja de éste.

Hay distintas versiones de este sistema, por ejemplo el sistema ASFA clásico es apto para circular hasta 160 km/h, y para hacer posible que los trenes circulen a 200 km/h, el ASFA 200,

incluye una funcionalidad más, imprescindible para ello. Los trenes con elementos motores de rodadura desplazable están equipados con el ASFA dual que integra el ASFA 200 y el ASFA AVE.

Por último, el ASFA como módulo de transmisión específico (STM) del ETCS (European Train Control System) supervisa la velocidad absoluta del tren.

En 2005 se aprobó un proyecto para el desarrollo e implantación de nuevos equipos ASFA (ASFA DIGITAL) embarcados en las locomotoras y trenes autopropulsados, con mayores funcionalidades, que sustituirían a los equipos en uso embarcados, ya obsoletos, y realizando adaptaciones necesarias en los equipos.

El llamado ASFA DIGITAL contemplaba dos fases. El término "digital" se refiere al procesado de datos y no a la transmisión de datos por las balizas, que no es por mensajes digitalizados (como por ejemplo con EBICAB), sino que sigue siendo sólo un dato por frecuencia.

La primera fase, llamada "ASFA Digital modo básico" empezó a entrar en servicio en setiembre de 2007 y consiste en el cambio de parte de los equipos embarcados con la incorporación de "hardware de tecnología digital" que permite la supervisión de la velocidad del tren tras reconocer una señal (curva de frenado) y ofrece una nueva iconografía en una pantalla que recuerda al maquinista en todo momento la señal que ha reconocido, con lo que se evitan "posibles errores en la interpretación de la indicación de las señales". Esta primera fase no exige que Adif efectúe modificaciones en los equipos de tierra.

En una segunda fase, que requiere cambios en los equipos de tierra por parte de Adif, será posible dar más indicaciones al maquinista en cabina, ya que "ASFA Digital" utilizará en el futuro las nueve frecuencias disponibles, en vez de las cinco que se usan actualmente. Las nuevas frecuencias permitirán indicaciones separadas para "paso a nivel protegido", "anuncio de precaución", "baliza previa de señal de salida en indicación de parada" e "indicación de preanuncio de parada". Según una nota de prensa de enero de 2011, se indicaba que Adif había emprendido la mejora de la infraestructura de vía con el desarrollo de un nuevo sistema con balizas ASFA DIGITAL, que debe ser válido tanto para las líneas convencionales como para las de Alta Velocidad. "La nueva baliza mejorará las prestaciones del sistema, gracias al aumento de las frecuencias de trabajo disponible, lo que redundará en el incremento de información transmitida como las limitaciones temporales de velocidad, fin de paso a nivel o el cambio de ancho."

La nota de prensa que acompaña la entrada en servicio de "ASFA Digital modo básico" en septiembre de 2007, indica que la implantación de ASFA Digital persigue "reducir el riesgo de accidente por fallo humano en un 60%" y que ASFA Digital debe ser la "señalización principal en las líneas convencionales hasta la implantación del sistema ERTMS y la señalización de refuerzo en donde este sistema ya está instalado". La misma nota de prensa indica que la inversión es de 80 millones de euros para 2.650 equipos embarcados de ASFA DIGITAL, lo que equivale a 32.000 €/equipo (€ de diciembre de 2006), una inversión modesta comparada a los 460.000 €/equipo embarcado necesarios para instalar ERTMS en trenes de cercanías (€ de 2006). En otra nota de prensa de enero de 2011, se indicaba que Adif había terminado de instalar ASFA Digital en su parque de 291 trenes y locomotoras por 14.755.197,9 millones de euros (49.680 €/vehículo).

LZB

Este sistema ATC (Control Automático del Tren o Automatic Train Control System) tiene como estados miembros responsables a Austria, Alemania y España.

Consta de una parte en tierra, con adaptación a los sistemas de enclavamiento y transmisiones de datos respectivos, proceso de datos en el centro LZB, transmisión de datos en comunicaciones con otros centros LZB y sistemas de transmisión de datos en comunicaciones con trenes. La transmisión de datos entre tierra y el tren se realiza por medio de un lazo de cable inductivo en tierra y antenas de ferrita a bordo.

El conductor puede introducir características como la longitud del tren, la velocidad máxima, o parámetros de frenado del tren. El conductor recibe indicaciones visuales como modo de operación válido, estado de la transmisión de datos, velocidad máxima permitida/velocidad real en un velocímetro de dos punteros, velocidad objetivo y distancia hasta el objetivo.

Este sistema supervisa la velocidad de línea (velocidad máxima, limitaciones de velocidad, temporales y permanentes), velocidad máxima del tren, punto de detención, dirección de movimiento y perfil de velocidad dinámico.

ANEXO II: TRENES DE ALTA VELOCIDAD.

Serie 100, 101, 100R y 100F.



Fig.76. Serie 100 (Fuente, Google).

Para explotar la nueva línea de alta velocidad de Madrid a Sevilla Renfe necesitaba adquirir nuevo material adecuado para circular a más de 250 km/h y con posibilidad de alcanzar 300 km/h.

Los primeros AVE, llamados serie 100 fueron fabricados por Alstom, estos eran derivados directamente del "TGV Atlántico". En un principio fueron 24 los trenes que se encargaron pero la decisión tomada en 1988 de realizar la línea en ancho UIC hizo que se aplazase el pedido de los últimos 8. Así pues los primeros 16 trenes fueron entregados entre finales de 1991 hasta 1993. Los ocho trenes restantes se construyeron posteriormente. De ellos dos se convertirían en serie 100 y los otros seis, fabricados en ancho ibérico, pasarían a formar la nueva serie 101 creando un nuevo producto de servicios denominado EUROMED que circularía entre Barcelona, Valencia y Alicante.

Entre 2006 y 2009, coincidiendo con la vida media de los trenes, se llevó a cabo una reforma de la serie 100, en aspectos de interiorismo: iluminación, mejora de la insonorización de puertas, moqueta del suelo, tapizado de asiento, tomas de corriente a 220 V, etc. También se les dotó de un nuevo esquema exterior de pintura.

A partir de 2008 se inició la reforma de los serie 101 transformándolos al ancho de vía estándar para circular a 300 km/h. De esta manera los serie 100 y serie 101 pasarían a denominarse técnicamente serie 100R.

En 2011, Renfe Operadora firmó con Alstom el contrato para adaptar diez trenes de la serie 100, a la circulación por líneas de alta velocidad españolas, líneas de alta velocidad francesas y líneas convencionales francesas tanto de 25kV como de 1,5kV, así como el transfronterizo, explotado por la concesionaria TP Ferro.

De estas diez unidades seis eran de la serie 101, las cuales fueron transformadas entre 2008 y 2010 pasando a llamarse serie 100R. Estas seis unidades no llegaron a circular en servicios comerciales nacionales como serie 100R ya que en 2010 se decidió ejecutar varias transformaciones en ellos para su adscripción al servicio internacional entre España y Francia.

Así pues a estas seis unidades ex serie 101 (100-19/24), se añadirían cuatro más de la serie 100R (100-15/18).

Características técnicas serie 100, 101, 100R.

Circulando bajo catenaria de 25 kV, la potencia máxima del tren es de 8.800 kW a 300 km/h. Con alimentación de 3.000 voltios las prestaciones de tracción se reducen siendo entonces la velocidad máxima 220 km/h y la potencia 5.400 kW.

Dispone de tres sistemas de frenado: eléctrico reostático, que actúa exclusivamente sobre los bogies motores, con esfuerzo máximo de 150 kN; neumático sobre discos de freno, que actúa en cada eje portador con cuatro discos de freno; y neumático sobre bloques de freno. Los bogies motores equipan un bloque de freno en cada rueda, con zapatas metálicas sinterizadas.

Son los únicos del parque de trenes de alta velocidad que no disponen de freno eléctrico regenerativo.

Cada cabeza motriz tiene dos pantógrafos, uno de 25 kV y otro de 3.000 V. Si el tren circula bajo catenaria de 25 kV la captación de corriente se realiza con el pantógrafo de la cabeza trasera, alimentándose la delantera a través de una línea de 25 kV instalada sobre el techo del tren. La captación a 3.000 V se efectúa con los dos pantógrafos del tren.

Estos trenes cuentan con 13 bogies, de los cuales 4 son remolques y 9 portadores siendo 17,2 la carga máxima por eje.

Los trenes de la serie 100 están equipados con el sistema de señalización en cabina LZB y como respaldo con el sistema de anuncio de señales y freno automático ASFA 200. Equipados con el sistema de comunicaciones tren-tierra, se les añadió en 2002 el sistema GSM-R.

Originalmente los serie 100 contaban con 329 plazas distribuidas de la siguiente manera: 212 turista, 78 preferente y 30 club, 8 en la sala club y 1 plaza para PMR. Los serie 101 disponían de 321 plazas: 212 turista, 108 preferente y 1 PMR.

Tras la reforma los trenes cuentan con 332 plazas, distribuidas de la siguiente manera: 211 turista, 78 preferente, 43 club, 8 en la sala club y 2 para PMR, además de 22 trasportines en las plataformas.

Serie 102 y 112.



Fig.77. AVE serie 102 (Fuente, Google).

Los trenes de la serie 102 son el resultado de un largo proceso de investigación y desarrollo comenzado por Talgo en 1988, tras decidir no presentarse al primer concurso de material rodante para la línea de Madrid a Sevilla por no disponer en aquel momento del tren adecuado. Comenzó entonces un proceso de 16 años que pasó por la construcción de un grupo de coches para ensayo de rodales, de un tren prototipo y un delicado proceso de puesta a punto y ajuste.

En 1998 Talgo inició la construcción del prototipo de tren de alta velocidad. Talgo sería el propietario del diseño del tren y construiría íntegramente la primera preserie de seis coches en Rivabellosa. Para el desarrollo de las cabezas motrices llegó a un acuerdo con AdTranz que se encargaría del diseño de las cabezas motrices, bogies y sistemas de control y comunicaciones. Por otra parte, Talgo encargó a Krauss-Maffei la caja, los equipos de freno y otros componentes mecánicos.

El 28 de mayo de 2002 el tren, compuesto por una cabeza motriz, seis coches de la serie 7 y decorado en morado y blanco con la inscripción "Talgo 350", llegó a la base de mantenimiento de Montagut, que mediante un convenio realizado con el GIF se había construido como un taller a medida del tren. Lo podemos ver en la figura 28 del capítulo 3.

El primero de la serie 102 fue puesto a disposición de Renfe a principios de 2003. En el año 2000 se hizo el pedido a Talgo-Bombardier de 30 unidades de la serie 112, evolución de la serie 102 e idénticas en todo salvo en el aumento de las plazas y cambio de distribución de las mismas. Los serie 112 serían entregados a partir de 2009.

Características técnicas.

El tren tiene una velocidad máxima de 330 km/h. La potencia continua es de 8.000 kW. El equipo de potencia de los trenes está formado por cuatro grupos de potencia de funcionamiento independiente. Cada grupo está formado por los motores de tracción, trifásicos y asíncronos, el convertidor electrónico que los alimenta y la resistencia de frenado asociada a dicho convertidor.

La tensión de alimentación es de 25 kV a 50 Hz, cada motriz lleva un pantógrafo y ambas motrices están unidas eléctricamente mediante la línea de techo.

La sala de máquinas en las motrices está a una presión superior a la exterior para evitar la entrada de polvo o polvillo de nieve a las máquinas, lo que evita averías y aumenta la fiabilidad y reduce el coste de mantenimiento.

Los trenes disponen de tres sistemas de frenado: eléctrico (mixto, reostático y regenerativo), neumático y de estacionamiento.

El tren puede admitir composiciones diferentes, hasta un máximo de 23 coches, aunque lógicamente, con menos prestaciones de aceleración.

Cada motriz tiene dos bogies, con una masa por eje de 17 t. En total el tren tiene 8 ejes motor y 13 remolques, de modo que el 38 % de los ejes están motorizados.

A igualdad de longitud, los “patos” llevan aproximadamente la mitad de ejes que un tren convencional y por tanto el peso del conjunto de rodaduras, la resistencia a la rodadura y el consumo energético es menor.

Los trenes de la serie 102 y 112 están dotados con el sistema de comunicaciones GSM-R, ASFA 200 AVE, y equipo de señalización de cabina ETCS/ERTMS en sus niveles 1 y 2, así como un interface (STM) con el LZB.

El tren está dotado de un sistema electrónico de control y supervisión de los coches.

Como hemos dicho antes, la diferencia entre la serie 102 y la 112 es el número de plazas y su distribución. De esta manera la serie 102 tiene 318 (218 turista, 84 preferente, 45 club, de las cuales 6 son en sala y 2 para PMR) y la serie 112 tiene 365 (294 turista y 71 club).

Serie 103.



Fig.78. AVE serie 103 (Fuente, Google).

La serie 103 deriva del ICE 3 alemán, presentado en 1998 en la EurailSpeed de Berlín. Cuando fue presentado causó una gran sensación pues se diferenciaba de todos los trenes europeos del momento. El concepto más novedoso que incorporaba era el concepto de “tren de tracción distribuida”.

Renfe realizó un primer pedido de 16 unidades en 2001 que fue ampliado en 2005 con 10 unidades más. Siemens adaptó el ICE 3 alemán a las exigencias del concurso que había sacado Renfe, la velocidad máxima necesaria era de 350 km/h para cumplir la condición que pudiese recorrer Madrid-Barcelona en dos horas y media.

La versión española del ICE 3 alemán fue fabricada por Siemens, por los talleres de Renfe de Valladolid y por CAF. En 2005 se entregó a Renfe la primera serie 103 iniciándose un largo periodo de pruebas que finalizaría con la puesta en servicio comercial de esta serie en junio de 2007.

Características técnicas.

Cada tren de la serie 103 está formado por ocho coches (16 bogies), todos ellos para el servicio de viajeros, de los cuales cuatro son motores y cuatro remolques. Conceptualmente el tren está constituido por dos semitrene cada uno de cuatro coches, que constituyen una “unidad de tracción”. Una unidad de tracción está compuesta por un coche extremo, un coche transformador, un coche convertidor y un coche intermedio.

El tren tiene una velocidad máxima de 350 km/h, una longitud total de 200,32 metros, una masa en vacío de 425 toneladas y un peso máximo en orden de marcha con carga simple es de 485 toneladas. La distancia de frenada de 320 a 0 km/h es de 3.900 metros. Partiendo de parada tarda 50 segundos en llegar a los 100 km/h y 380 segundos en alcanzar 320 km/h.

Los serie 103 cuentan con 16 motores de tracción, asíncronos y trifásicos, ubicados en el bastidor del bogie en paralelo al eje. Cada uno de los cuales tiene una potencia de 550 kW, sumando 8.800 kW de potencia continua. Debido a que estos trenes son de tracción distribuida, los equipos técnicos se distribuyen a lo largo del tren. En el techo de todos los coches se encuentran los equipos de aire acondicionado y en los coches 3 y 6 las resistencias

de freno reostático. Bajo el piso principal de los coches 1, 3, 6 y 7 se ubican el cofre de tracción con refrigeración y el ventilador del motor de tracción. En los coches 2 y 7 el transformador principal con refrigeración y el contenedor del convertidor de servicios auxiliares. En el coche 5 la batería de red eléctrica a bordo con el cargador y dos equipos de producción de aire comprimido y en el coche 4 la batería de red eléctrica a bordo con cargador.

La tensión de alimentación es de 25 kV a 50 Hz. En los coches “transformador” (2 y 7) se encuentran los pantógrafos, unidos eléctricamente mediante la línea de techo.

Estos trenes disponen de freno eléctrico, freno neumático y freno de estacionamiento.

Cada uno de los coches extremos se apoya sobre dos bogies motores y los coches transformadores e intermedios en dos bogies remolque. La carga máxima por eje es de 17 toneladas. Las ruedas son de disco de 920 mm de diámetro. La suspensión primaria es de muelles helicoidales y la secundaria neumática.

En cuanto a sistemas de seguridad, el tren cuenta con el sistema estándar europeo ETCS/ERTMS de niveles 1 y 2 así como el sistema español de respaldo ASFA-AVE y además cuenta con el lector STM del sistema LZB que equipa la línea de Madrid a Sevilla. Para las comunicaciones por radio cuenta con el sistema de comunicaciones también estándar europea GSM-R. También cuentan con un sistema de control, supervisión que realiza las funciones de control, supervisión y diagnóstico del tren y en caso de circular en doble composición las de ambas unidades.

En cuanto a capacidad, gracias a la tracción distribuida, los trenes de la serie 103 aprovechan prácticamente la totalidad de su longitud para la ubicación de plazas sentadas, por lo que el número de plazas asciende a 407.

Serie 104 y 114.



Fig.79. Serie 104 (Fuente, Google).

Destinados a los servicios regionales de alta velocidad, la serie 104 fue construida por el consorcio Alstom-CAF. Al igual que en el resto de adquisiciones de trenes, un concurso en el año 2000, al que también se presentó Siemens, decidió cual sería la empresa encargada de la fabricación de la nueva serie de Renfe. El pedido inicial fue de 20 trenes, (basados en el Pendolino), en 2001. El segundo contrato para la adquisición de nuevos trenes de alta velocidad entre ellos para el servicio de “Lanzaderas”, se hizo en febrero de 2004, y era de 30 unidades adicionales al primer pedido. Sin embargo, el contrato fue renegociado en 2006 reduciéndose a 13 trenes. Estas 13 unidades, con algunas diferencias respecto a la serie 104, pasaron a llamarse serie 114. Exteriormente, la diferencia más relevante es el aspecto, de perfil más afilado.



Fig.80. Serie 114 (Fuente, Google).

Características técnicas.

Los trenes de la serie 104 y 114 en composición son idénticos. Ambos constan de cuatro coches motores, de bogies, no articulados y los coches extremos con cabina de conducción sin puerta de intercurrencia. Se pueden acoplar hasta tres trenes en mando múltiple, aunque con ciertas restricciones. Los dos electrotrenes miden 107 metros y tienen una masa de 221,5 (104) ó 228,8 toneladas (114) y en carga máxima es de 260 (104) ó 254,24 toneladas (114).

Las series 104 y 114 se pueden acoplar entre sí a pesar que el enganche Scharfenberg del 104 es retráctil y el de la serie 114 no. La serie 114 tiene un sistema de seguridad pasiva cuya función principal es absorber la energía que se produciría en caso de una colisión frontal.

Estos electrotrenes tienen una alimentación en corriente continua a 25 kV y 50 Hz. Son de tracción distribuida. Cada tren tiene cuatro unidades de tracción independientes (una por coche). Cada unidad está formada por un convertidor de tracción de 1 MW y dos motores asíncronos de 550 kW. Así pues, cada coche cuenta con dos motores asíncronos, de forma que cada uno de los ocho bogies del tren tiene tracción. Ello le confiere una elevada aceleración. Tienen una aceleración media de 0 a 200 km/h de $0,41 \text{ m/s}^2$. Su potencia continua es de 4.000 kW, su esfuerzo máximo es de 212 kN y su velocidad máxima es de 250 km/h.

Cuentan con freno dinámico eléctrico regenerativo (y reostático) que actúa sobre los ejes motores. El freno de servicio es conjugado neumático/electrodinámico, el de urgencia es neumático puro con canal independiente y el de auxilio con mando neumático conjugado neumático/electrodinámico.

La distancia de parada desde la velocidad máxima (250 km/h) con freno de urgencia en carga máxima es de 2.671 m.

Cada tren tiene ocho bogies motorizados, de tres tipos diferentes: dos delanteros, situados en cada uno de los extremos de la composición, en los coches CMP (coche motor preferente) y CMT (coche motor turista); dos traseros que corresponden al segundo bogie de los coches CMT y CMP y cuatro bogies intermedios, situados en los CMIp (coche intermedio turista con plaza para PMR) y CMI (coche intermedio turista).

Utiliza ruedas monobloque de 890 mm de diámetro. Su suspensión primaria es de muelles helicoidales, y la secundaria de muelles helicoidales (104) o neumática (114). Disponen también de amortiguadores verticales y antilazo y topes que limitan los desplazamientos posibles en el sentido vertical y horizontal.

En cuanto a sistemas de seguridad tiene el ETCS/ERTMS en sus niveles 1 y 2, LZB y ASFA, así como el sistema de comunicación por radio GSM-R. También cuenta con un sistema de mando control y diagnóstico.

La capacidad de ambas series en cuanto a plazas es la misma, 237 plazas. Cambia su distribución, mientras que la serie 104 las distribuye en una PMR, 31 club y el resto turista, la serie 114 solo tiene clase turista y dos plazas para PMR.

Serie 120 y 121.



Fig.81. Serie 120 (Fuente, Google).

Los electrotrenes de la serie 120 fueron los primeros trenes autopropulsados con cambio de ancho que circularon en España. Con ellos se inauguró el servicio ALVIA. El primero de la serie salió de CAF Beasain en julio de 2004 y su puesta en servicio comercial fue en mayo de 2006. La primera unidad de la serie 121, descendiente de la serie 120, no salió hasta el mes de abril de 2008, siendo puesto en servicio el mes de enero de 2009.

Características técnicas.

La composición de la serie 120 es: MCP (coche motor con cabina de clase preferente), MIP (coche motor intermedio preferente), MIT (coche motor intermedio turista), MTC (coche motor con cabina clase turista). En total dispone de 81 plazas en preferente y 156 en clase turista además de una PMR.

La composición de la serie 121 es: MC1, MI1, MI2, MC2. Los MC1 Y MC2 son motores con cabina y los MI1 y MI2 motores intermedios, todos ellos de clase turista (282 plazas).

Tienen una longitud de 107,36 metros (se pueden acoplar hasta 2 trenes de cualquiera de las subseries) y un peso de 247 (serie 120) ó 251 toneladas (serie 121). Son trenes de ancho variable y bitensión con una velocidad máxima de 250 km/h en líneas de ancho UIC electrificadas en corriente alterna a 25 kV y de 220 km/h en líneas de ancho ibérico electrificadas a corriente continua a 3 kV. En cada uno de los coches extremos se ubican dos pantógrafos, uno para corriente alterna y otro para continua.

Cada tren lleva ocho motores eléctricos asíncronos trifásicos, montados dos en cada uno de los coches. La potencia por motor es de 512 kW en la serie 120 y de 575 kW en la serie 121. La potencia continua es de 4.000 kW a 25 kV y de 2.500 kW a 3 kV.

Los trenes disponen de tres sistemas de frenado: eléctrico mixto (reostático y de recuperación), neumático de disco y de estacionamiento. Aplicando el freno de emergencia con el tren cargado en vía recta y horizontal se produciría la detención en 2.700 metros desde 250 km/h.

Cada coche se apoya en dos bogies motores, cada uno de los cuales tiene dos ejes Brava, uno motor y otro portante.

La filosofía de los ejes Brava está basada en un eje fijo, no rotativo, y que actúa exclusivamente como viga de sustentación. Las ruedas están montadas sobre un casquillo con interposición de dos rodamientos, de manera que entre ambos elementos existe la posibilidad de giro relativo respecto a su eje común. A su vez, el casquillo va montado sobre el eje sin posibilidad de giro, pero permitiendo su deslizamiento de manera que se pueda cambiar el ancho de vía.

La suspensión primaria es de resortes helicoidales. La suspensión secundaria es neumática, compuesta por dos resortes neumáticos para la suspensión vertical y transversal, dos amortiguadores verticales, dos antilazo y un transversal.

En cuanto a sistemas de protección del tren, estos disponen de señalización en cabina ETCS/ERTMS en sus niveles 1 y 2 y ASFA 200 como sistema de respaldo. Para las comunicaciones dispone del sistema "tren tierra" convencional analógico, y además del sistema digital interoperable GSM-R.

Serie 130.



Fig.82. Serie 130 (Fuente, Google).

Los trenes de esta serie 130 son el producto de varios pedidos diferentes, el primero de ellos de 2002, de 44 cabezas tractoras para que las composiciones de Talgo 7 con las que ya contaba Renfe dispusieran de tracción propia formando 22 trenes autopropulsados compuestos por dos motrices y nueve coches intermedios.

El resto de pedidos, desde 2003 hasta 2006, permitieron completar un parque total de 45 composiciones, 90 cabezas motrices y 495 coches. De ese parque de trenes, 15 fueron transformados a duales —eléctricos y diesel-eléctricos— para que pudiesen circular por líneas electrificadas a 3 kV en corriente continua, a 25 kV en corriente alterna y en líneas sin electrificar, tanto en ancho ibérico como en ancho internacional, conocidos como serie 730.

Características técnicas.

Los trenes de la serie, también conocidos como “Talgo 250” o “Patitos”, se componen de once coches Talgo de la serie 7 y dos cabezas motrices. Son de ancho variable y bitensión/bicorriente y pueden circular tanto por líneas convencionales como líneas de alta velocidad. Con una longitud de 184 metros y una tara máxima de 343 toneladas, su velocidad máxima en servicio es de 250 km/h en ancho estándar y de 220 km/h en ancho ibérico. Su capacidad es de 299 plazas repartidas en 63 preferente, 236 turista y una PMR.

Cada tren cuenta con cuatro pantógrafos por motriz y uno de ellos para corriente continua y otro para alterna, conectados entre sí por la línea de techo. Cada motriz tiene cuatro motores asíncronos (dos por bogie). La potencia continua y unihoraria circulando con tensión de 25 kV es de 2.400 kW y con tensión de 3 kV a corriente continua es de 2.000 kW.

Cuenta con freno regenerativo y eléctrico, además del freno neumático sobre dos discos por eje equipados con un sistema ABS. Todos los cilindros de freno son de estacionamiento, dotados de muelle acumulador.

La potencia de freno eléctrico es de 2.400 kW a 25 kV y de 2.000 kW a 3 kV. El esfuerzo tractor máximo es de 220 kN, el esfuerzo tractor en régimen continuo es de 160 kN a velocidad máxima 120 km/h en corriente alterna y 80 km/h en corriente continua.

Las cabezas motrices se apoyan sobre bogies de ancho variable. A diferencia del bogie clásico con conjuntos de ejes montados de ancho fijo, en el bogie de ancho variable, se utiliza un bastidor de eje (armadura), que incorpora los dos conjuntos de ruedas con los correspondientes elementos de enclavamiento, que permiten el desplazamiento lateral de los ejes montados durante la operación de cambio de ancho de vía.

La suspensión primaria está formada por muelles helicoidales, bielas de guiado y amortiguadores. La suspensión secundaria se realiza mediante muelles helicoidales, amortiguadores verticales y amortiguadores antilazo horizontales y verticales.

Los coches se apoyan en rodales de ruedas independientes. Atendiendo a su ubicación en los remolques hay dos tipos diferentes, los intermedios que van en la unión entre remolques y los extremos que se alojan en las cajas de ruedas de los correspondientes remolques y que están situados en la zona próxima a los testeros de cabeza y cola.

El tren dispone del sistema de protección del tren y señalización en cabina ETCS/ERTMS en sus niveles 1 y 2. Seis trenes llevan el equipo de Siemens y el resto son de Bombardier. También tiene el interface STM de LZB y de Ebicab, así como ASFA 200. Para las comunicaciones, dispone del sistema "tren tierra" convencional analógico, y además del sistema digital interoperable GSM-R.

Serie 730.



Fig.83. Serie 730 (Fuente, Google).

Los trenes de la serie 730 son producto de la transformación directa de trenes de la serie 130 para que pudiesen circular tanto por vías electrificadas como sin electrificar.

Los trenes de la serie 730 están constituidos por dos cabezas motrices, dos furgones extremos y 9 coches intermedios para viajeros y cafetería, lo que supone una longitud de 186 metros y 354 toneladas (385 t en carga máxima). Las velocidades son de 250 km/h a 25 kV en líneas de ancho UIC; de 220 km/h cuando funciona a 3 kV y cuando lo hace a 25 kV en líneas de ancho ibérico; y 180 km/h en tracción diésel.

Estos trenes tienen dos clases de acomodación para viajeros: turista (216 plazas) y preferente (46 plazas); además de 2 plazas para PMR lo que supone un total de 262 plazas.

Tiene dos modos de funcionamiento:

-Funcionamiento con tracción eléctrica.

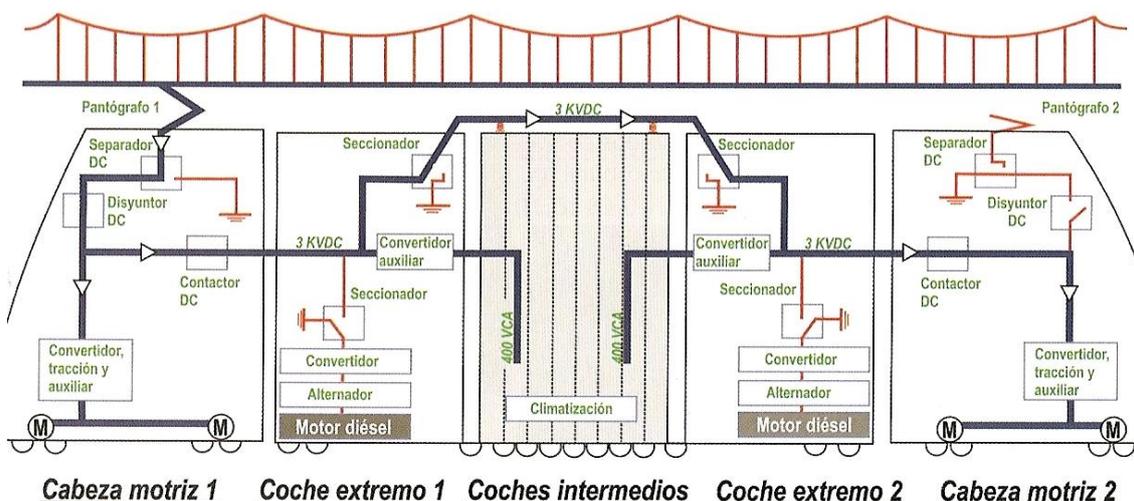


Fig.84. Esquema funcionamiento serie 730 con tracción eléctrica (Fuente, Vía Libre).

En tracción eléctrica, tanto el pantógrafo, el convertidor de tracción, el disyuntor como el separador están instalados en las motrices.

Aunque la composición dispone de dos pantógrafos, cuando el tren circula por una vía electrificada, pone en funcionamiento uno de los pantógrafos, normalmente el de la motriz que va en cola.

La electricidad es captada por el pantógrafo, ésta pasa posteriormente por el separador y el disyuntor. Una vez que sale del disyuntor, se distribuye una parte al convertidor de tracción que posteriormente alimenta a los motores de la motriz de cola, y otra parte se dirige a la motriz de cabeza a través de la línea de techo, pasando posteriormente por el contador y llegando a los motores de tracción de la motriz de cabeza.

-Funcionamiento con tracción diésel.

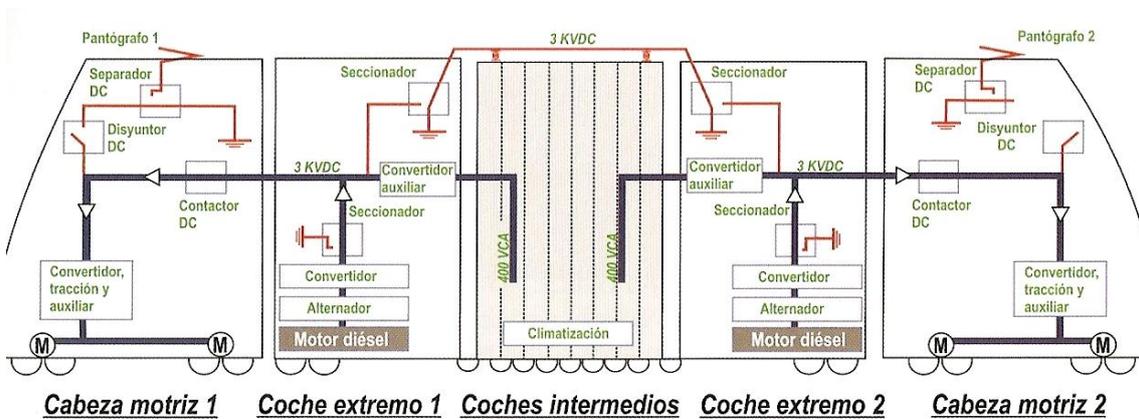


Fig.85. Esquema de funcionamiento Serie 730 con tracción diesel (Fuente, Vía Libre).

En el caso de funcionamiento con tracción diesel, la generación de electricidad se realiza gracias a dos motores diésel que están situados en los furgones extremos. Ambos motores diésel, primero con alternadores y después con los convertidores, generan electricidad a 3 kV en corriente continua que posteriormente a través del convertido llevan esta energía para alimentar los motores de tracción que están en los bogies de las cabezas motrices.

Cada 730 cuenta con cuatro pantógrafos (dos para cada motriz: uno para corriente continua y otro para alterna) conectados entre sí por la línea de techo. Cada motriz tiene cuatro motores asíncronos (dos en cada bogie). La potencia continua circulando con tensión 25 kV es de 4.800 kW, con tensión 3 kV en corriente continua es de 3.600 kW que tras la derivación a los sistemas auxiliares, se obtienen 2.400 kW.

Como sistemas de señalización, el tren dispone del sistema de protección del tren y señalización en cabina ETCS/ERTMS en sus niveles 1 y 2. Los 15 trenes montan Bombardier. También tiene interface STM de LZB y de EBICAB, así como ASFA 200. Para las comunicaciones, dispone del sistema "tren tierra" convencional analógico, y además del sistema digital interoperable GSM-R. Esta serie entró en servicio comercial en 2011.

Locomotora S-252



Fig.86. Locomotora S-252 (Fuente, Google).

Las locomotoras eléctricas de la serie 252 remolcan desde 1992 trenes de viajeros, tanto en líneas convencionales como de alta velocidad. Se trata de locomotoras de gran potencia (5.600 kW) que encuentran su máximo rendimiento en el remolque de trenes de gran velocidad, pudiendo alcanzar los 220 km/h.

La fabricación de esta locomotora fue llevada a cabo por un consorcio de empresas liderado por Siemens y en el que figuraban además Krauss Maffei, Thyssen-Henschel, Macosa y ABB. Fueron 75 locomotoras las que se construyeron a partir de 1988. Las primeras 15 unidades se encargaron en ancho estándar y bicorrientes (3kV c.c. 25 kV c.a.) para la línea Madrid-Sevilla y las 60 restantes en ancho ibérico y 3 kV c.c., si bien en previsión de que fuera preciso cambiar de ancho de algunas de éstas, se mantuvo el equipo bicorriente en 16 locomotoras, mientras que en las 44 restantes se sustituyó el transformador por un bloque de hormigón.

Características técnicas.

Cada locomotora equipa dos pantógrafos, normalmente aptos para 3 kV en las de ancho ibérico y para 25 kV las de ancho estándar. Las 15 primeras locomotoras tenían un pantógrafo parra cada tensión. Todos los pantógrafos de origen eran Siemens, pero las máquinas de ancho ibérico se sustituyeron luego por otros marca Shunk.

En cuanto al equipo de tracción, la máquina tiene dos bogies, cada uno de dos ejes. Cada eje se tracciona individualmente por un motor trifásico asíncrono de 1.400 kW que transmite el esfuerzo a las ruedas por un accionamiento reductor y un árbol huevo. Cada motor puede regularse individualmente para logra el máximo aprovechamiento de la adherencia.

Para lograr la máxima fiabilidad, el equipo eléctrico de potencia está integrado por dos bloques independientes. Cada bloque corresponde a los ejes de un bogie y está formado por un convertido de entrada, circuito intermedio de corriente continua (2.800 V) y dos onduladores (PWR) que alimenta independientemente los dos motores de tracción del bogie.

El freno de servicio principal es el eléctrico y desarrolla una potencia de servicio continuo de 5.600 kW con regeneración de energía. La fuerza máxima de freno es aproximadamente de 170 kN. El freno neumático actúa en dos escalones. Entre 220 y 160 km/h actúa una fuerza de frenado de 45 kN sobre la llanta y por debajo de 160 km/h de 90 kN. Lleva dos bloques de freno por rueda.

Estas máquinas tienen el “blending” (uso conjugado del freno eléctrico y neumático) e incorporaron como novedad la transmisión eléctrica (Ep) de las órdenes al freno neumático del tren.

ANEXO III: RECORDS ESPAÑOLES DE VELOCIDAD.

A continuación enumeramos los récords de velocidad del ferrocarril español desde la llegada de la alta velocidad:

MODELO	RAMA	FECHA	VELOCIDAD
Locomotora S-252		1991	256 km/h
Serie 100	100-002	10-Enero-1992	325 km/h
Serie 100	100-015	Enero-1993	348,2 km/h
Serie 100	100-015	23-Abril-1993	356,8 Km/h
Talgo 350 (Serie 102)		11-October-2002	362 km/h
Talgo 350 (Serie 102)		26-Junio-2004	365 km/h
Serie 103	103-002	2-Julio-2006	390 km/h
Serie 103	103-002	15-Julio-2006	403,7 km/h

CONCLUSIONES.

En el primer capítulo hacíamos referencia clara y determinante al PTF, como proyecto de impulso definitivo para la regeneración de la red ferroviaria española, lastrada por sus anticuadas infraestructuras y materiales.

Si bien, el PTF no hablaba de alta velocidad como tal sino como una regeneración del sistema ferroviario español, no debemos olvidar que en ese proyecto se fijaba un objetivo en el cual el horizonte era el año 2000. A fin de cuentas y a pesar de que el cambio del tipo de ancho en la línea Madrid-Sevilla supuso un retraso en el resto de infraestructuras, pues de los casi 2 billones de pesetas presupuestados gran parte fue a parar a la que sería la primera línea de alta velocidad del país, es importante comprobar si esa meta que en 1986 se tenía ha conseguido materializarse en la realidad de la mejora de los tiempos de viaje. Así pues tomando la referencia de la figura 4 y los tiempos actuales de viaje vemos de manera fácil si las expectativas han sido sobrepasadas, igualadas o por el contrario ni siquiera se acercan a lo que se pensaba.

Trayecto	T. en 1986	T. esperado (PTF)	T. actual (servicio)	Tipo de línea	Tramo compartido A.V. + Convencional	Porcentaje respecto a expectativas
Madrid-Valladolid	2h 42min	1h 8min	56min (AVE)	Alta velocidad		+17,64%
Madrid-Palencia	3h 14min	1h 33min	1h 46min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-7,07%
Madrid-Santander	6h 9min	4h 2min	4h 35min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-13,64%
Madrid-León	4h 16min	2h 15min	2h 51min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-26,67%
Madrid-Gijón	7h 8min	4h 51min	5h 35min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-15,1%
Madrid-Burgos	2h 41min	1h 55min	2h 19min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-20,8%
Madrid-Vitoria	4h 29min	2h 58min	3h 36min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-21,35%
Madrid-Bilbao	5h 46min	3h 41min	4h 57min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-34,39%
Madrid-Irún	6h 34min	4h 44min	5h 10min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-9,15%
Madrid-Zaragoza	3h 6min	2h 34min	1h 15min (AVE)	Alta velocidad		+51,3%
Zaragoza-Lérida	1h 46min	1h 19min	42min (AVE)	Alta velocidad		+46,84%
Zaragoza-Barcelona	3h 37min	2h 52min	1h 28min (AVE)	Alta velocidad		+48,84%
Barcelona-Valencia	3h 50min	2h 35min	2h 48min (EUROMED)	Alta velocidad		-8,38%
Madrid-Albacete	2h 27min	1h 49min	1h 20min (AVE)	Alta velocidad		+26,6%
Madrid-Valencia	4h 29min	3h 16min	1h 38min (AVE)	Alta velocidad		+50%
Madrid-Alicante	4h 13min	3h 6min	2h 5min (AVE)	Alta velocidad		+32,79%
Madrid-Murcia	4h 45min	3h 28min	4h 9min (ALTARIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Albacete	-19,71%
Madrid-Ciudad Real	2h 15min	1h	50min (AVE)	Alta velocidad		+16,67%
Madrid-Córdoba	4h 42min	2h	1h 42min (AVE)	Alta velocidad		+15%
Madrid-Sevilla	5h 57min	2h 48min	2h 20min (AVE)	Alta velocidad		+16,67%

Madrid-Málaga	7h 16min	4h 13min	2h 20min (AVE)	Alta velocidad		+44,66%
Madrid-Vigo	8h 19min	5h 59min	6h 12min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid	-3,62%
Madrid-Coruña	8h 55min	6h 44min	6h 3min (ALVIA)	A.V. + Convencional	Madrid-Valladolid Orense-Santiago	+10,15%

Fig.87. Relación de tiempos de viaje (Fuente, elaboración propia).

Del cuadro se extrae de manera general que los tiempos han mejorado, como es lógico, aunque no todas las líneas han evolucionado de la misma manera.

La sucesión de inauguraciones de líneas de alta velocidad en estos últimos 22 años ha ido guiando el desarrollo ferroviario de alta velocidad pero sigue habiendo tramos de la red que pese a que en 1986 entraban en el PTF como obras indispensables, ya sea la resolución al estrangulamiento del puerto de Orduña, posteriormente conocido como el proyecto de la Y vasca, el cual todavía se encuentra en proceso de construcción, o el acceso norte-noreste (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Castilla-León, La Rioja y Navarra) del cual sólo se han inaugurado dos tramos de alta velocidad, el de Madrid-Valladolid y el tramo Orense-Santiago del corredor a Galicia, siguen sin estar completados. De esta manera, se aprecia en la tabla anterior que todos aquellos trayectos pertenecientes al proyecto del corredor norte-noroeste o en los que entra en juego la Y vasca, son los que menos ganancia de tiempos tienen (con la salvedad del recorrido Madrid-Valladolid), claramente relacionados con la falta de actuaciones terminadas.



Fig.88. Estado de las infraestructuras de alta velocidad 2013 (Fuente, Google).

En lo referente al estado de las líneas de alta velocidad en España, según el informe de la U.I.C. sobre las líneas de alta velocidad en España del 1 de noviembre de 2013, es el que a continuación se muestra:

TRAMOS EN OPERACIÓN	V. máxima (km/h)	Año	Distancia (km)
Madrid-Sevilla	270	1992	471
Madrid-Lérida	300	2003	519
Zaragoza-Huesca	200	2003	79
Madrid(La Sagra)-Toledo	250	2005	21
Córdoba-Antequera	300	2006	100
Lérida-Camp de Tarragona	300	2006	82
Madrid-Segovia-Valladolid	300	2007	184
Antequera-Málaga	300	2007	55
Camp de Tarragona-Barcelona	300	2008	88
Baipás Madrid	200	2009	5
Madrid-Valencia/Albacete	300	2010	432
Figueras-Frontera(Perpignan)	300	2010	20
Orense-Santiago	300	2011	88
Barcelona-Figueras	300	2013	132
Albacete-Alicante	300	2013	239

Total= 2.515

TRAMOS EN CONSTRUCCIÓN	V. máxima (km/h)	Año	Distancia (km)
(Madrid-Valencia/Alicante)-Murcia/Castellón	300		231
Vitoria-Bilbao-San Sebastián	250		175
Variante de Pajares	250		50
Bobadilla-Granada	250		109
La Coruña-Vigo	250		158
Navalmoral-Caceres-Badajoz-Fr. Portugal	300		278
Sevilla-Cadiz	250		152
Hellín-Cieza (Variante de Camarillas)	250		27
Sevilla-Antequera	300		128

Total= 1.308

TRAMOS EN PROYECTO	V. máxima (km/h)	Año	Distancia (km)
Valladolid-Burgos-Vitoria	300		211
Venta de Baños-León-Asturias			238
Madrid-Navalmoral de la Mata	300		191
Almería-Murcia			190
Valencia-Castellón			64
Olmedo-Zamora-Orense	300		323
Palencia-Santander	300		201
Zaragoza-Castejón-Logroño	250		149
Castejón-Pamplona	300		75
Orense-Vigo(vía Cerdedo)	250		60

Total= 1.702

Kilómetros totales en España =	5.525
--------------------------------	-------

Son pues 2.515 kilómetros construidos los que componen la red de alta velocidad española actualmente.

La pionera de las líneas españolas fue la Madrid-Sevilla, inaugurada en 1992. Muy criticada en su momento, pues se creía que la primera debería haber sido la Madrid-Barcelona. En la sociedad de la época se llegó a decir que se elegía la de Sevilla porque el entonces presidente de gobierno, Felipe González, era de allí.

Buscando razones técnicas y no políticas hay que señalar, como ha quedado expuesto en el primer capítulo, que el estrangulamiento ferroviario que existía en el paso de Despeñaperros era tremendo y había que tomar una solución al respecto si no se quería que el ferrocarril desapareciese. Esta pues sería la justificación técnica para que fuese la línea Madrid-Sevilla la elegida en vez de la Madrid-Barcelona.

Por otro lado, hay que destacar de manera positiva la gran rapidez (apenas cuatro años) con la que se acometió la obra de la línea. En la figura 89 puede observarse el tiempo de construcción en comparación con otras líneas europeas de la época.

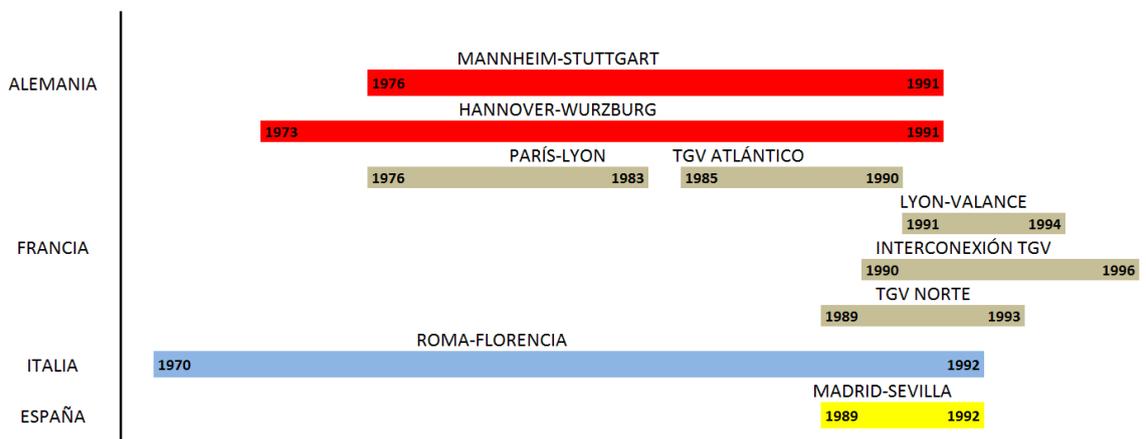


Fig.89. Desarrollo temporal de las líneas de alta velocidad en Europa puestas en servicio comercial hasta 1996 (Fuente, elaboración propia).

Bien es verdad que para que esto fuese posible la mitad de los equipos de obras públicas existentes en España tuvieron que emplearse en este cometido.

También es cierto que posiblemente debido a la premura con la que se construyó esta línea buena parte del trazado a fecha de hoy no se consideraría de alta velocidad pues sólo en unos pocos kilómetros se puede circular a 300 km/h. Como ejemplo se puede citar el paso de la línea por Puetollano. En menos de 6 kilómetros se concentran dos curvas de 2.300 metros de radio, situadas al comienzo y al final de la sección, y entre ellas se suceden otras cuatro de radios muy reducidos: 800, 335, 400 y 520 metros. Esto obliga a reducir la velocidad a menos de 80 km/h al entrar y salir de la localidad, e incluso a 70 km/h al paso por la estación. Estos radios de curva y velocidades tan bajas chocan de frente contra los cánones que rigen la alta velocidad actualmente y son debidos a la mala decisión que se tomó al mantener la traza que seguía la línea convencional en vez de proyectar un nuevo tramo.

Tenemos que tener en cuenta que entonces se consideró que el radio mínimo de curva fuese de 4.000 metros (con excepciones) y que la línea fue concebida para velocidades máximas de 250 km/h aunque poco a poco se fue aumentando la velocidad hasta llegar hasta los 270 km/h (se le permite la circulación a 300 km/h en un tramo de 12 km).

Detalle importante es reseñar que las líneas que la siguieron, gran parte de ellas, han sido diseñadas para 350 km/h y unos radios mínimos de 7.250 metros. Como curiosidad mencionar en la LAV de Madrid a Valladolid, en concreto la mayor parte del trazado Segovia y Matapozuelos (Valladolid) los radios de curva y la anchura de la plataforma fueron diseñados con la vista puesta en una posible explotación futura a una velocidad máxima teórica de hasta 500 km/h. En este tramo se pueden ver radios de curva de más de 15.000 metros.

Con la inauguración de la línea Madrid-Sevilla se introdujo el concepto de compromiso de puntualidad, desde 1992 Renfe estableció que si el tren llegaba a destino con un retraso superior a cinco minutos, se devolvía el cien por cien del importe del billete. Sin embargo este dato positivo para el pasaje que sufriese retrasos hizo que Renfe se replantease los tiempos de viaje, pues ya en septiembre de 1994 el tiempo mínimo era de 2 horas y 15 minutos y se mantuvo durante los noventa y principios de la primera década del siglo XXI pero ya desde hace unos cuantos años Renfe decidió aumentar el tiempo hasta las 2 horas y 20 minutos. El motivo, según mi opinión, sería poder disponer de un colchón de 5 minutos de más y así evitar retrasos superiores a los 5 minutos y la pertinente devolución del importe de los billetes.

Volviendo a lo que pretendía el PTF, hay que hablar de las conexiones con la frontera francesa, dentro de la línea Madrid-Barcelona y con la frontera portuguesa. Ambas se enmarcaban entre las grandes propuestas del PTF, propuestas que se han dilatado en el tiempo hasta nuestros días.

Si hablamos de la conexión con Francia, ya en 1992 se hablaba de que en 2002 sería posible la conexión Barcelona-París en 4 horas y 30 minutos, nada más lejos de la realidad ya que como ya hemos expuesto en el tercer capítulo, no sería hasta diciembre de 2010 cuando se puso en servicio comercial el tramo entre Figueras y Perpignan, y hasta el 15 de diciembre de 2013 cuando se pondría en servicio la conexión completa.

Actualmente el tiempo mínimo en el servicio directo de Barcelona a París es de 6 horas y 25 minutos, casi dos horas más de lo estimado. Si el viaje lo queremos hacer desde Madrid serán 9 horas y 23 minutos lo que nos costará llegar a París.

La conexión con la frontera portuguesa todavía se encuentra en obras, como la mayoría de las propuestas del PTF tardó en hacerse efectiva.

Ya hemos comentado antes que “casi” todas las líneas de alta velocidad construidas después de la de Madrid-Sevilla tenían un diseño de trazado para 350 km/h, y con “casi” me quiero referir a la línea de supuesta alta velocidad entre Zaragoza y Huesca. Según la definición de la UIC, se considera que una línea de alta velocidad (LAV) es una línea ferroviaria construida especialmente para permitir la circulación de trenes de alta velocidad, a velocidades superiores a 250 km/h para líneas de nueva construcción o 200 km/h para líneas reformadas. En tal caso, y dado que ésta fue de nueva construcción, teniendo en cuenta que de sus casi 80

kilómetros 60 pueden hacerse a una velocidad máxima de 200 km/h (Zaragoza-Tardienta) y el resto a un máximo de 160 km/h, podemos decir que es una línea por la que circula material de alta velocidad, pero ni mucho menos es una línea de alta velocidad al uso. Este hecho, añadido al sentimiento generado durante las últimas 3 décadas de la posibilidad de la posible reapertura de la línea de Canfranc-Oloron, genera críticas, como por ejemplo la de Luis Granell, miembro de la Coordinadora por la Reapertura del Ferrocarril Canfranc-Oloron, que aduce que las ganancias de tiempo en comparación con la línea convencional no son tan grandes y sí acaso la conexión de Madrid con Huesca (único servicio de alta velocidad en el tramo Zaragoza-Huesca) no ha lugar para haber construido una línea de alta velocidad por la que circula un solo tren al día.

Otros detalles que llaman la atención en cuestión de velocidades en otras líneas son los problemas en los túneles de nueva construcción. Por poner un ejemplo en los túneles de Abdalajís y Guadarrama (Actualmente en el de Pajares), dentro de los trazados de Córdoba-Málaga y Madrid-Valladolid diseñados para 350 km/h en los cuales la velocidad máxima comercial es de 300 km/h, es chocante ver como al paso por esos túneles, hitos de la construcción ferroviaria española, tienen que rebajar su velocidad de paso hasta los 180 km/h o incluso menos, debido a fallos de diseño concretamente. Como explica Manuel Melis, Catedrático de Ferrocarriles y de Ingeniería del Terreno, la excavación con tuneladora deja siempre un hueco entre el anillo de revestimiento y la roca. Este hueco debe rellenarse siempre de un material absolutamente impermeable, que suele ser mortero de cemento, y de esa forma el túnel queda dentro del terreno como un tubo sin agujeros. Si para ahorrar este dinero no se rellena el hueco con mortero, sino con la propia gravilla de la excavación y sin cemento, se está haciendo un túnel permeable como el tubo con agujeros. Como consecuencia llegan las filtraciones y su solución es hacer un enorme y carísimo anillo interior en el túnel, provocando de forma directa que la velocidad de paso por el túnel tenga que ser reducida al reducirse la sección libre del túnel.

BIBLIOGRAFÍA.

Libros:

- Monografías Vía Libre. Alta velocidad en España, líneas y trenes. (2010)
- Guía horarios Renfe. Vigente a partir de 20-4-1992.
- Guía horarios Renfe. Vigente a partir de 18-10-1992.
- Guía horarios Renfe. Vigente a partir de 29-5-1994.
- Guía horarios Renfe. Vigente a partir de 25-9-1994.
- Lopez Pita, A. (1998). Pendulación, basculación y construcción de infraestructuras ferroviarias. Edita Colegio de Ingenieros de Camino Canales y Puertos de Madrid.
- Nuevo modelo de desarrollo de los corredores de alta velocidad. Adif (2013)
- Plan de transporte ferroviario (1986)

Revistas:

- Vía Libre, números: 288, 295, 296, 300, 324, 325, 327, 328, 329, 331, 332, 333, 343, 344, 345, 349, 353, 371, 378, 400, 405, 408-410, 412-423, 425, 426, 434, 444-452, 455-491, 494-520, 522, 528-587.
- Líneas, números: 23, 25, 56.

Internet:

- www.geotren.es
- www.ferropedia.es
- www.wikipedia.es
- www.google.es/imagenes
- www.adif.es
- www.renfe.es
- www.fcmaf.es
- www.treneando.com
- www.euskalyvasca.com

-www.eleconomista.es

-www.elpais.com

-www.todotren.es

-www.uic.org

-www.heraldo.es

-www.vialibre.es