

TRABAJO FIN DE GRADO

“ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA AMPLIACIÓN DE LA RED DE TRENES DE CERCANÍAS DE ZARAGOZA”

Tutor: Luis Eduardo Lezaún Martínez de Ubago

Alumno: Jesús Calleja Hecho

Curso: 2014-2015

Titulación: Graduado en Ingeniería Mecánica



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



Universidad
de Zaragoza

Índice de contenidos

1- Memoria

2- Anexos

Anexo 1 Datos Demográficos

Anexo 2 Presupuesto

Anexo 3 Noticias edición impresa

Anexo 4 Noticias edición digital

TRABAJO FIN DE GRADO

1- MEMORIA

“ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA AMPLIACIÓN DE LA RED DE
TRENES DE CERCANÍAS DE ZARAGOZA”

Agradecimientos

En primer lugar, quería agradecer en estas breves líneas, la ayuda prestada para el planteamiento y la elaboración del presente proyecto, al Director del mismo el Catedrático D. Luis Lezaun Martínez de Ubago, profesor del área de "Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras" de la Universidad de Zaragoza sin la cual, no hubiera podido realizarlo.

Agradecer también al Ingeniero Industrial D. Jesús Jacobo Villacampa Dourdil, la colaboración y los consejos aportados para clarificar ciertos aspectos técnicos del proyecto, desde su valoración personal como conocedor del sector ferroviario.

ÍNDICE MEMORIA

I- Introducción.....	6
1- Título del proyecto	6
2- Propuesta	6
3- Objetivo	7
4- Ámbito	8
5- Introducción histórica	11
➤ La Expansión Peninsular	12
➤ Zaragoza	14
➤ El transporte de cercanías	15
➤ Cercanías Zaragoza	16
6- Fases en la ejecución del proyecto	20
II- FASE 1 Análisis de las necesidades de movilidad de Zaragoza y alrededores	21
7- Análisis de necesidades.....	21
➤ Valoración del servicio ferroviario	21
➤ Área geográfica del estudio	22
8- Información de las zonas	24
8.1- Zona 1, Norte	24
8.2- Zona 2, Oeste.....	26
8.3- Zona 3, Suroeste.....	29
8.4- Zona 4, Sur	32
8.5- Zona 5, Este (Margen Derecha) y Zona 6 Este (Margen Izquierda).....	35
8.6- Nuevos asentamientos dentro de Zaragoza	39
9- Análisis de Resultados.....	41
➤ Evolución demográfica municipios.....	41
➤ Servicios de transporte actuales.....	43
10- Líneas de trabajo.....	46
III- FASE 2 Diseño de alternativas de distintos trazados.....	47
11- Ramal 1- Zona Norte ciudad, dos versiones	48
12- Ramal 2- Oeste	50

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

13-	Ramal 3- Suroeste, Sur y Este.....	52
14-	Ramal 4- Este	54
15-	Mapa completo.....	55
IV-	FASE 3 Viabilidad técnica. Análisis y diseño de soluciones técnicas.....	56
16-	Definiciones	56
17-	Tramo actual C1 Casetas-Miraflores.....	65
18-	Viabilidad técnica Zona 1, Norte	68
➤	Propuesta A	68
➤	Propuesta B	69
➤	Resumen necesidades técnicas	72
19-	Viabilidad técnica Zona 2, Oeste	73
20-	Viabilidad técnica Zona 4, Este.....	75
21-	Viabilidad técnica Zona 3, Suroeste y ronda Sur.....	77
➤	Suroeste, Plaza	77
➤	Ronda Sur	77
22-	Modificaciones en la vía y en los trenes.....	80
➤	Modificación de los Bogies	80
➤	Alimentación a dos tensiones	83
➤	Ajustes en el pantógrafo.....	85
➤	Vía de tres carriles	90
➤	Desvíos y cambiadores de hilo necesarios para el proyecto.....	97
	Norte, Cogullada	97
	Este, La Cartuja	98
	Oeste, Casetas-Alagón y Alagón-Pedrola	98
	Suroeste, Delicias-Plaza	98
	Suroeste a Este, Plaza-La Cartuja	99
	Tabla resumen:	100
23-	Conclusiones análisis técnico	101
➤	Ampliación de la línea manteniendo el ancho ibérico	101
➤	Ampliación de las líneas instalando tercer carril.....	102

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ Inconvenientes Adicionales en vías con tercer carril	103
V- FASE 4 Viabilidad económica. Presupuesto y rentabilidad.....	104
24- Resumen de adaptaciones técnicas a realizar	104
25- Presupuestos	105
➤ 1ª Opción, presupuesto en ancho Ibérico.....	106
➤ 2ª Opción, presupuesto en ancho internacional	107
➤ 3ª Opción, ancho internacional modalidad SINAV.....	109
26- Rentabilidad	111
➤ Estimación de Rentabilidad	112
➤ Beneficios sociales adicionales.....	114
VI- FASE 5 Resumen y selección de opciones con mejores resultados.....	115
27- Resumen de presupuestos.....	115
28- Selección de opción de mejores resultados	116
➤ Opción seleccionada	117
VII- FASE 6 Conclusiones.....	118
29- Conclusión	118
30- Bibliografía, Fuentes.....	120
31- Anexos.....	122

I- Introducción

1-Título del proyecto

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

2-Propuesta

El presente proyecto surge como una propuesta de proyecto de la mano del director del mismo, el Sr. Luis Lezaún Martínez de Ubago, el cuál como profesor de mecánica y ferrocarriles de la Universidad de Zaragoza, plantea el tema conocedor de las necesidades de la ciudad en materia de transporte de cercanías y, se propone ampliar la línea de cercanías de Zaragoza, para que, con una mínima inversión se pueda dar un servicio de transporte mucho mayor y amortizar más las actuales instalaciones.

La ampliación propuesta, tiene en cuenta, no sólo la unión de los municipios con la ciudad, sino también, los diversos espacios de actividad industrial y, o comercial de Zaragoza, algunos de ellos tan antiguos como es el caso del Polígono Cogullada en el Norte de la ciudad y otros de nueva construcción, pero ya asentados como es el caso de la plataforma logística de Plaza (Inaugurada en 2006) o el Centro de Ocio de Puerto Venecia (año de inicio de actividad 2007) como focos de concentración de miles de personas con necesidades de transporte rutinario o eventual, siendo los centros industriales focos con mayor afluencia en días laborales y los centros comerciales en días festivos.

Se considera que, a pesar de la crisis económica de los últimos años, podría ser este un buen momento para retomar el proyecto de movilidad de la ciudad por los siguientes motivos:

- Porque la economía, muestra indicios de que se está superando la crisis.
- Porque partes implicadas parece que están interesadas en retomarlo (Anexo 4, 2ª noticia)
- Porque la apuesta por medios de transporte más respetuosos medioambientalmente es una premisa hoy día dados los problemas de la contaminación en el planeta presentes y futuros.
- Porque se puede potenciar el crecimiento y se puede mejorar la movilidad de las personas que han poblado zonas que en la última década han sufrido un gran crecimiento demográfico.

Actualmente, la situación está en punto muerto desde prácticamente la apertura de la actual y, única línea de cercanías de Zaragoza y, sería interesante dar este impulso tanto a la propia línea como a las diversas actividades económicas ubicadas en los puntos afectados por dicha ampliación y, por ende, a cualquier usuario que precise el uso del transporte bien como necesidad de transporte en días laborales, por gestiones administrativas o simplemente por ocio.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

3-Objetivo

El objetivo principal del proyecto es el de diseñar una ampliación de la actual Red de Cercanías de Zaragoza que, de forma directa revierta en una mejora de movilidad para las poblaciones cercanas a la urbe, aportando beneficios indirectos como la descongestión del tráfico rodado en la ciudad y la movilidad sostenible debido al uso de un transporte más respetuoso con el medio ambiente que puede desplazar muchas personas en tiempos bajos con garantía de cumplimiento de horarios y una elevada seguridad.

Se pretende también, determinar la inversión de la obra en base a una minimización de costes aprovechando que, la partida de montante económico más elevado en obras de este tipo como es la realización de las infraestructuras de base, ya está ejecutada y, los cambios que se van a proponer irán encaminados al máximo aprovechamiento de las mismas.

Finalmente, se realizará una previsión del posible impacto socio-económico de la obra, mediante el análisis de la rentabilidad tanto en los aspectos económicos como en los de beneficios sociales obtenidos.

Todo lo anterior, queda sintetizado en los objetivos de la propuesta:

“Diseñar la ampliación de la Red de Cercanías actual de Zaragoza, determinando la inversión de la obra y analizando el impacto socio-económico”

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

4-Ámbito

Desde el punto de vista poblacional, Zaragoza, es la quinta ciudad de España y la octava área metropolitana (Fuente Áreas urbanas +50 Ministerio de Fomento y Real Decreto 1007/2014, de 5 de diciembre de las cifras oficiales de población 2014), contando en 2.014, con 666.058 y 774.724 habitantes, respectivamente. A lo largo de los últimos años, la ciudad comenzó a sufrir una transformación en lo referente a pautas de comportamiento, la población, motivada muy en gran parte por las ofertas inmobiliarias del extrarradio de la ciudad, empezó a expandirse saliendo del núcleo de la capital produciéndose crecimientos demográficos importantes en determinados municipios cercanos a la urbe. En este sentido, llama la atención el caso de Cuarte de Huerva que llega a multiplicar casi por tres veces y media la población desde el 2004 hasta hoy. De hecho hoy día y, a pesar de la crisis que ha provocado un descenso poblacional debido a la inmigración por causas de trabajo, si analizamos los datos de población de 10 años a esta parte, se aprecia un notable crecimiento del asentamiento de poblaciones fuera del núcleo urbano.

Eje y municipios	Población 2004	Población 2014	Crecimiento %
NORTE: San Mateo de Gállego, Villanueva de Gállego y Zuera	12.016	15.451	28,59
ESTE (M. Izda): Alfajarín, Nuez de Ebro, Osera de Ebro, Pastriz, Puebla de Alfindén (La), Pina de Ebro y Villafranca de Ebro	10.076	14.078	39,72
ESTE (M. Dcha.): Burgo de Ebro (El), Fuentes de Ebro y Mediana de Aragón	6386	7497	17,40
SUR : Botorrita, Cadrete, Cuarte de Huerva, Jaulín, María de Huerva, Muel y Mozota	8863	22756	156,75
SUROESTE: Épila y Muela (La)	6.947	9.541	37,34
OESTE (Ebro): Alagón, Alcalá de Ebro, Bárboles, Cabañas de Ebro, Figueruelas, Grisén, La Joyosa, Pedrola, Pinseque, Sobradiel, Torres de Berrellén y Utebo	29.872	39.343	31,71
Total municipios	74.160	108.666	46,53
Zaragoza	638.799	666.058	4,27

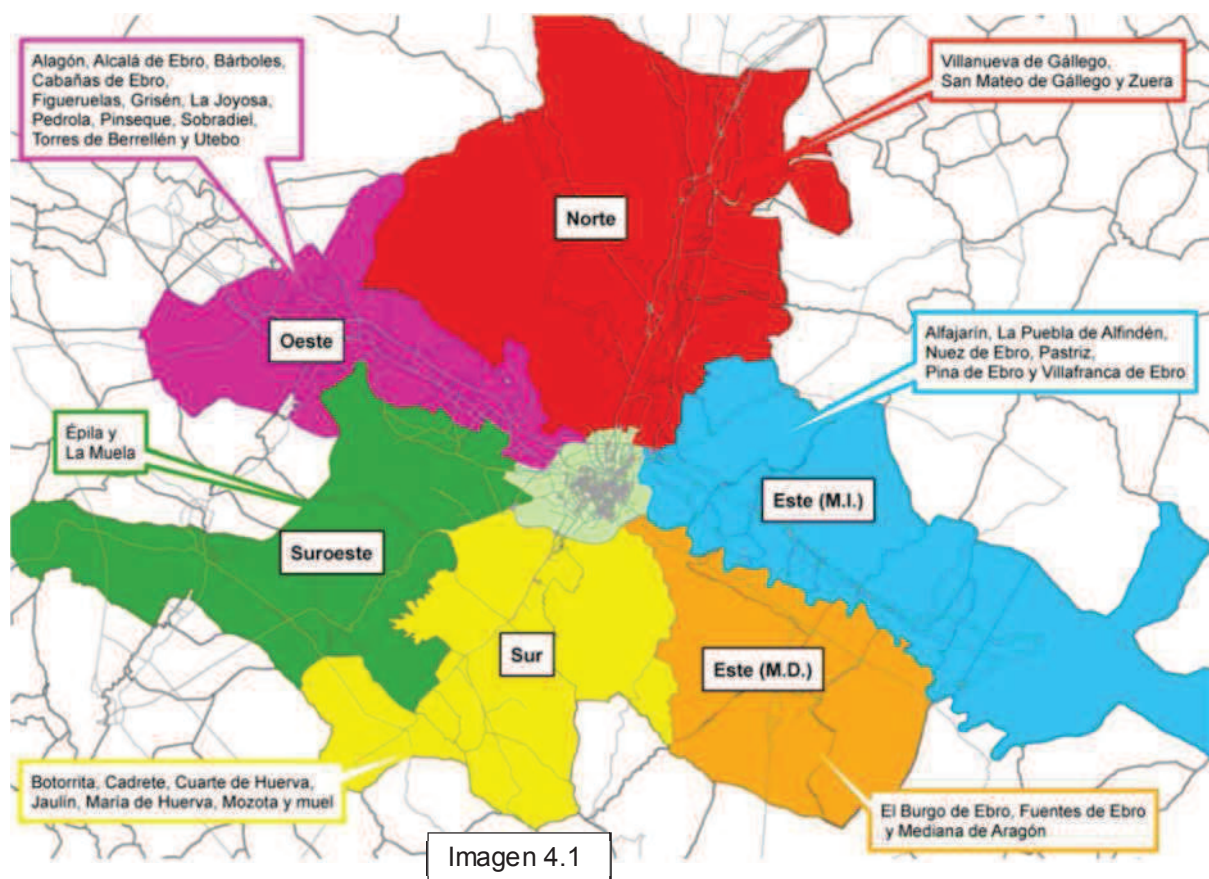
Tabla 4.1. Elaboración propia con Datos del Instituto Nacional de Estadística.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Este incremento de la población, supone un aumento de las ya existentes necesidades de movilidad, en particular y, teniendo en cuenta la interdependencia que existe entre la ciudad y los municipios de alrededor, en aspectos como; gestiones administrativas, desplazamientos por trabajo a polígonos industriales sitios fuera de la urbe o a oficinas del centro de la misma, visitas a centros de salud específicos situados en la ciudad o simplemente los desplazamientos debidos a compras u ocio en general. Todo lo cual, genera un flujo considerable de personas que no pueden desplazarse simplemente andando o utilizando medios de corta distancia como pueden ser bicicletas o autobuses urbanos, o, que dichos medios, no satisfarían sus tiempos disponibles.

Dicho flujo de desplazamientos, se ve reflejado en el tráfico rodado, que, sin llegar a los extremos de ciudades como Madrid o Barcelona, se hace notable un elevado número de usuarios que utilizan su vehículo particular para realizar dichos desplazamientos. Basta con moverse un poco en coche por la ciudad, para descubrir puntos de elevada congestión de tráfico (en determinadas horas punta) como pueden ser, entre otros, la rotonda que da salida hacia La Cartuja por la carretera de Castellón, la autovía de Madrid hasta Plaza o Centrovía (polígono Industrial antes de La Muela), la salida o la entrada por la Autovía de Logroño o la cantidad de tráfico que se mueve a los grandes polígonos Industriales más cercanos como son Cogullada y Malpica.

La imagen 4.1, muestra el plano del área fundamentalmente afectada por dichos desplazamientos, organizado por seis ejes de transporte de acuerdo con los diversos municipios y su orientación geográfica.



Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

A pesar de que, lo deseable podría ser un proyecto de movilidad que recogiera una propuesta de cercanías que cubriera las necesidades de todo el área afectada en los seis ejes mostrados en la figura, dicho proyecto no sería coherente ni con la realidad económica actual ni tampoco se justificaría con la cobertura de necesidades sociales de las áreas beneficiadas.

Teniendo en cuenta todo el análisis de este apartado, el ámbito del proyecto abarcará propuestas para la ampliación y mejora del actual eje de cercanías Oeste-Centro ciudad, recorrido “**Casetas-Utebo-Delicias-Portillo-Goya-Miraflores**”, tratando de optimizar al máximo la utilización de las actuales infraestructuras para que, con una mínima ejecución de obra nueva se consiga llegar a más puntos, dando servicio a municipios y polígonos industriales que aumentarían notablemente el uso del cercanías, lo cual podría revertir en un mayor aprovechamiento del mismo.

5-Introducción histórica

Ya en la antigüedad, los hombres se dieron cuenta de que si los carros se mantenían en las rodadas labradas en los caminos, los trayectos se realizaban de forma más segura, se prolongaba la durabilidad de los elementales sistemas de rodadura de sus carros y, se producían menos accidentes, tanto es así, que determinados caminos empedrados grecorromanos, se han conservado hasta la actualidad con relejes de “ancho de vía” fijo hasta la actualidad.

El ferrocarril tal como hoy se conoce, apareció por vez primera en 1803, cuando el ingeniero inglés Richard Trevithick, realizó una adaptación de la máquina de vapor y, junto con su compatriota Andrew Vivian, patentaron una locomotora a vapor que se desplazaba sobre raíles. Igualmente de la mano de Trevithick, tuvo lugar en 1804 el primer convoy ferroviario que movió un tren de 14 toneladas sobre las vías de una mina en Gales.

La historia del ferrocarril en España, arranca en realidad, fuera de la Península en el año 1837, cuando se inauguró el ferrocarril La Habana-Güines, en la todavía Española Cuba. Años más tarde, en 1848 se puso en funcionamiento la primera línea Española dentro de la Península, que, cubriría un recorrido de 28 kilómetros entre Barcelona y Mataró. En paralelo a la construcción de este primer ferrocarril peninsular, tuvieron lugar otras actuaciones que por unos u otros motivos no vieron la luz hasta años más tarde, como por ejemplo las líneas de Madrid-Aranjuez, Langreo-Gijón, Jerez de la frontera-El Portal, etc...

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **La Expansión Peninsular**

La gran expansión ferroviaria, se produjo en España a mediados del siglo XIX, cuando surge el capitalismo y comienza la industrialización apareciendo las primeras empresas siderúrgicas. Debido a la recepción de noticias en España, de los grandes avances de ciertos países Europeos gracias a los caminos de hierro. Hacia 1856 comienzan a crearse en España las grandes compañías ferroviarias y también da comienzo la construcción de las que serán las grandes líneas ferroviarias de la época, como por ejemplo la construcción del ferrocarril Madrid-Hendaya, que conectará a la capital con Francia, en 1856 también comienza su actividad la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante (MZA), que dirige su expansión ferroviaria desde la capital hacia el Mediterráneo, Zaragoza y Andalucía.

El año 1855, es muy importante para la historia del ferrocarril en la Península Ibérica, ya que, se elabora la Ley General de Caminos de Hierro, en la que queda definitivamente establecido el ancho de vía Ibérico como 6 pies castellanos, equivalentes a 1672 milímetros, unos 24 centímetros más ancho que el resto de vías Europeas (actualmente denominado ancho Internacional). Los motivos de dicha decisión, parece ser que fueron justificados de forma técnica ya que, los ingenieros estimaron que un mayor ancho permitiría locomotoras más anchas con una mayor producción de vapor, lo cual era más conveniente para la orografía de la Península, sin embargo, diversos especialistas a día de hoy, determinan que no era tan necesario aumentar la anchura y que, esta decisión mantuvo aislada la Península Ibérica del resto de Europa durante décadas y perjudicando mucho a la economía Española.

En 1866, las compañías ferroviarias arrastraron a bancos y sociedades de crédito a la primera crisis financiera del capitalismo español, ya que, animadas por las buenas perspectivas del sector, se produjo un crecimiento de carácter especulativo de las acciones de dichas compañías. Sin embargo, al demostrarse en la práctica que el negocio no era tan rentable como se suponía, las acciones se desplomaron. Pasada la crisis, a mediados de los 70 del Siglo XIX, se impulsa nuevamente la expansión ferroviaria y, aparecerán compañías Británicas que invertirán capital en España para la construcción de ferrocarriles y, que mantendrán el control de algunas líneas hasta la década de 1940.

El mapa de la página siguiente (imagen 5.1), muestra la expansión de la red ferroviaria a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX en España, para vías con ancho Ibérico.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.



Imagen 5.1

Está época de esplendor y expansión de finales del Siglo XIX, acabaría en 1899, tras la fusión de importantes compañías Españolas, momento de consolidación del sector, que fue cuando se empezaron a construir las grandes estaciones ferroviarias de España, muchas de las cuales se han mantenido operativas hasta nuestros días: como la Estación de Atocha en Madrid o la Estación del Norte de Valencia.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Zaragoza**

El 16 de Septiembre de 1861, llega el ferrocarril a Zaragoza y, se inauguran los últimos 183,67 kilómetros de la línea Barcelona-Zaragoza (fuente: 150 años sobre raíles, Artículo del Periódico de Aragón de Septiembre del 2011). A partir de ese momento, Aragón, sale del aislamiento ferroviario y comienza a ser el importante nudo de comunicaciones que sigue siendo hoy día. Las primeras líneas unían Zaragoza con ciudades como Madrid, Barcelona y Pamplona, llegando cada línea a su estación y, teniendo que desplazarse los viajeros en diligencia desde unas a otras estaciones, en caso de querer continuar su viaje a otras ciudades, como por ejemplo los viajeros que provenientes de Madrid, se apeaban en Campo Sepulcro (anterior estación a la que aún existe del Portillo) y, debían ir a la Estación del Norte para continuar viaje hasta Barcelona. La aparición de este nuevo medio de transporte, era el principio del fin del transporte con carros tirados por animales y, tuvo diversos opositores al principio de su existencia, siendo bastante conocidos los argumentos de algunos doctores que desaconsejaban el uso del ferrocarril ya que, las elevadas velocidades de 30 kilómetros por hora, podían poner en peligro la integridad física de las personas.

El 16 de mayo de 1863, Aragón queda unido con Madrid. La posición de la capital aragonesa en la geografía española, permitió que desde 1863 se pudiera ir de Madrid a Barcelona, pasando por Zaragoza, en algo más de 24 horas de tren. Este tiempo supuso un acortamiento tremendo con respecto a las 80 horas que eran necesarias en diligencia. El tiempo del trayecto Madrid-Barcelona continuó reduciéndose y, antes de finales de siglo XIX, se llegó a las 16 horas y 41 minutos, tiempo que en la actualidad, baja de las 3 horas gracias a los modernos trenes AVE.

A finales del Siglo XIX, se vivió un auge ferroviario en Zaragoza, llegando a existir hasta diez estaciones de tren; Arrabal, Campo Sepulcro, Cariñena, Utrillas, Delicias, Portillo, Química, Miraflores, la intermodal de Delicias y la de clasificación de La Almozara. La aparición de dichas estaciones unido a la época de la industrialización, trajo consigo diversas mejoras a la ciudad y supuso una expansión demográfica que hizo que Zaragoza pasara de 60.000 a 100.000 habitantes en el 1900. Muchos de los trazados realizados en aquel momento, todavía se conservan y se siguen utilizando, como es el caso del enlace entre la Avenida de Goya y Tenor Fleta.

Hasta la creación de Renfe en 1941, las compañías ferroviarias más importantes en Aragón fueron la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, o Compañía del Norte sin más, que controlaba desde 1878 los recorridos a Barcelona y Pamplona entre otros, y la de Madrid, Zaragoza y Alicante (MZA).

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **El transporte de cercanías**

Las grandes concentraciones urbanas, obligan a trasladarse desde el lugar de residencia hacia el trabajo o centros de estudio a un elevado número de personas, que diariamente recorren distancias entre 10 y 50 kilómetros. Son viajeros que coinciden en sus idas y regresos en una franja horaria determinada (hora punta) y, que precisan de un medio de transporte rápido y de gran capacidad. La imagen cotidiana de atascos interminables de coches en las entradas a la gran ciudad, ha encontrado su solución en la utilización de las trenes de cercanías.

Es a partir de los años setenta del siglo pasado cuando se empieza a pensar en el transporte de cercanías, como algo específico. Se construyen líneas especiales para estos servicios y trenes diseñados para el transporte masivo. En las siguientes décadas, la saturación de las carreteras de acceso a las grandes ciudades, facilitan un crecimiento espectacular del uso de estos trenes.

Al servicio de cercanías se dedican actualmente en España las empresas RENFE, tanto en vía ancha como de un metro (la antigua FEVE) y los ferrocarriles autonómicos de la Generalitat Valenciana, Generalitat de Cataluña y Euskotren.

Más de un millón de personas se trasladan los días laborables en los trenes de cercanías que RENFE pone en servicio en los núcleos de Asturias, Barcelona, Bilbao, Cádiz, Madrid, Málaga, Murcia, Sevilla, San Sebastián, Santander, Valencia y, desde 2008, Zaragoza.

Los servicios de cercanías acercan a los viajeros desde las poblaciones del extrarradio hacia el centro de la ciudad donde, en las estaciones llamadas intercambiadores, los viajeros se distribuyen hacia sus puntos de destino con la utilización del metro, tranvía o autobuses urbanos.

Por regla general, se tiende a que los viajeros puedan utilizar un único abono como billete válido para los diversos medios de transporte, lo que agiliza enormemente el acceso a las estaciones y anima a la utilización de estos medios de transporte colectivo, en detrimento del vehículo privado que provoca grandes colapsos de tráfico. Con este último objetivo, son muchas las estaciones de trenes de cercanías donde se habilitan grandes aparcamientos que invitan a dejar el coche, para entrar en la ciudad utilizando el tren.

Estos servicios de transporte se realizan con modernos trenes, las unidades denominadas CIVIA en el caso de Zaragoza, equipados con megafonía, música ambiental y climatización. Los usuarios viajan sentados, aunque sin reserva de asiento, en un servicio rápido, puntual y confortable. Los trenes de cercanías de España están considerados actualmente como los más modernos de Europa.

La elevada demanda ha hecho que RENFE haya puesto en servicio trenes de dos pisos, que permiten un mayor volumen de viajeros. Esto se hace en las mayores aglomeraciones como son Madrid y Barcelona desde hace más de 15 años.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Con objeto de obtener un máximo rendimiento, los trenes de cercanías disponen de una cabina de mando en cada coche de los extremos, de tal manera que al llegar al final del trayecto el maquinista se traslada a cola, que pasa a ser cabecera, para recorrer la línea en sentido contrario. Se evitan de esta manera las maniobras de cambio de locomotoras que son muy lentas.

➤ **Cercanías Zaragoza**

El Gobierno de Aragón y el Ayuntamiento de Zaragoza, presentan en 2006 la propuesta de red ferroviaria de Cercanías de Zaragoza (Fuente: Plan Intermodal de Transportes 2006 propuesta ferroviaria de Cercanías para Zaragoza. DGA y Ayuntamiento de Zaragoza). El proyecto está enmarcado en el plan de intermodalidad de transportes de movilidad sostenible de Zaragoza y llega a plantear una serie de obras bastante ambiciosas que, pretendían crear una línea principal de cercanías que uniera Pedrola con Cogullada y un ramal que desembocara en Plaza y continuara hasta María de Huerva. Propuestas que como se ha visto posteriormente, quedaron solamente en propuestas sin llegar a ser ejecutadas en su totalidad ni resolver algunos problemas técnicos que limitan la actual línea de cercanías C1 de Zaragoza.

La Imagen 5.2, plasma el resumen total definitivo de las propuestas recogidas en dicho plan del 2006.

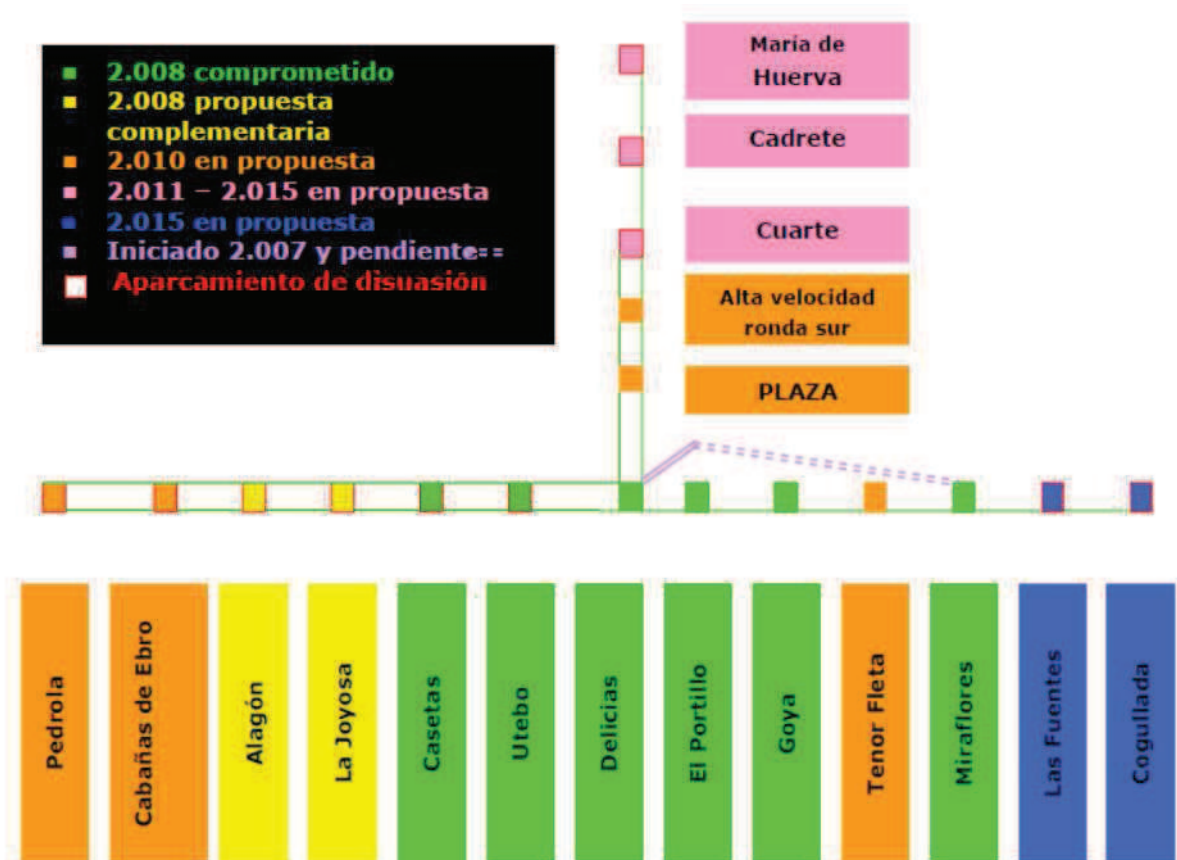


Imagen 5.2

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

De dichas previsiones, sólo se llegó a concretar la línea de cercanías C1, que terminó uniendo Casetas con Miraflores y que se puso en marcha en el 2008 pocos días antes de la inauguración de la Exposición Internacional de dicho año.

Los hechos más relevantes desde Septiembre del 2006 a día de hoy en relación con la línea de cercanías, se pueden resumir en los siguientes:

Septiembre 2006: Presentación de la propuesta de Red Ferroviaria de Cercanías y acuerdo con Fomento para realizar la C1.

11 de Julio del 2008: Inauguración de la línea C1 Casetas-Miraflores

4 de Abril del 2012: Inauguración del apeadero de Goya por el Ministerio de Fomento tras dos meses de espera una vez terminada.

4 de Abril del 2012: 80 trenes regionales actuarán de cercanías en la línea Casetas-Miraflores bajando la frecuencia de los trenes hasta 5 minutos en horas punta.

9 de Julio del 2012: Se dispara el uso de cercanías aumentando un 66% con la apertura de Goya.

8 de Septiembre del 2012: Se impulsa por la DGA el apeadero de cercanías de Plaza.

17 de Diciembre del 2012: La estación de Plaza carece de financiación.

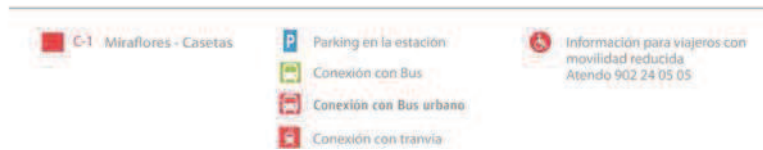
18 de Marzo del 2013: La estación de Plaza triplicaría el uso de cercanías incrementando hasta en 3000 viajeros/día la situación actual.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

La actual línea de cercanías tiene las siguientes características:



Imagen 5.3 Recorrido y estaciones, fuente, web RENFE



Origen : Casetas
Destino : Miraflores
Día de viaje : 29-12-2014

Línea	Hora Salida	Hora Llegada	Tiempo de Viaje
C1	07.03	07.25	0.22
C1	07.30	07.53	0.23
C1	08.01	08.25	0.24
C1	08.35	08.59	0.24
C1	09.12	09.36	0.24
C1	09.45	10.11	0.26
C1	10.10	10.32	0.22
C1	11.12	11.34	0.22
C1	12.08	12.29	0.21
C1	13.10	13.32	0.22
C1	14.07	14.29	0.22
C1	14.28	14.50	0.22
C1	15.10	15.32	0.22
C1	16.01	16.20	0.19
C1	16.12	16.34	0.22
C1	17.19	17.43	0.24
C1	17.47	18.10	0.23
C1	18.15	18.37	0.22
C1	18.40	19.00	0.20
C1	19.09	19.31	0.22
C1	20.22	20.46	0.24
C1	21.12	21.34	0.22
C1	22.17	22.38	0.21

Imagen 5.4 Horarios Casetas-Miraflores en día laborable. Tiempo de viaje entre 19-26 minutos, frecuencia variable desde unos 20 minutos en horas punta hasta 1 hora en horas valle. Fuente Web RENFE

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Origen : Miraflores
Destino : Casetas
Día de viaje : 29-12-2014

Línea	Hora Salida	Hora Llegada	Tiempo de Viaje
C1	06.10	06.36	0.26
C1	06.57	07.21	0.24
C1	07.30	07.52	0.22
C1	07.59	08.27	0.28
C1	08.31	08.52	0.21
C1	08.45	09.09	0.24
C1	09.06	09.28	0.22
C1	09.41	10.02	0.21
C1	10.39	11.01	0.22
C1	11.41	12.01	0.20
C1	12.39	13.01	0.22
C1	12.50	13.09	0.19
C1	13.39	14.01	0.22
C1	14.18	14.45	0.27
C1	14.39	15.01	0.22
C1	15.41	16.05	0.24
C1	16.09	16.31	0.22
C1	16.47	17.09	0.22
C1	17.32	17.52	0.20
C1	17.48	18.10	0.22
C1	18.42	19.04	0.22
C1	19.12	19.34	0.22
C1	19.43	20.05	0.22
C1	20.25	20.45	0.20
C1	21.00	21.19	0.19
C1	22.02	22.24	0.22

Imagen 5.5 Horarios Miraflores-Casetas en día laborable. Tiempos y frecuencias similares al recorrido inverso, a destacar que en este sentido el primer tren sale casi 1 hora antes que en el inverso. Fuente Web RENFE

6-Fases en la ejecución del proyecto

Además de la introducción, el proyecto está estructurado en las siguientes seis fases, que se desarrollarán en los apartados a continuación:

Fase I- Análisis de las necesidades de movilidad de Zaragoza y alrededores

Fase II- Diseño de alternativas de distintos trazados

Fase III- Viabilidad técnica. Análisis y diseño de soluciones técnicas

Fase IV- Viabilidad económica. Presupuesto y rentabilidad

Fase V- Resumen de posibles opciones y selección de aquella o aquellas con mejores resultados.

Fase VI- Conclusiones

II- FASE 1 Análisis de las necesidades de movilidad de Zaragoza y alrededores

7-Análisis de necesidades

➤ Valoración del servicio ferroviario

Las infraestructuras de tipo Ferroviario, requieren, por pequeñas que sean las líneas, grandes inversiones de partida, además, los costes de explotación una vez que las líneas ya están en marcha, tampoco son desdeñables. Por otro lado, si comparamos exclusivamente los costes de inversión y mantenimiento entre las redes de carretera, concretamente una autopista, con los de un ferrocarril, este último queda en desventaja, teniendo en cuenta además, que las carreteras pueden ser utilizadas tanto por servicios públicos como por vehículos privados, rentabilizándose por ambos lados. Igualmente, siempre resulta más barata la adquisición y mantenimiento de un autobús que la de un convoy para transportar pasajeros.

Sin embargo, a la hora de realizar inversiones de este tipo, los responsables de las mismas, deben plantearse muchos otros aspectos. Por un lado, las grandes inversiones de estas obras, obedecen fundamentalmente al arranque de las mismas y, una vez realizadas las vías e instalados los tendidos eléctricos, estos estarán allí siendo rentables y, precisando de un muy bajo coste de mantenimiento residual, para ser utilizados por los servicios planteados inicialmente o por cualquier otro, pudiendo realizarse una explotación más grande de las instalaciones con costes no mucho más elevados. Además, hay ciertas características positivas que puede aportar un servicio de cercanías ferroviario, que otros medios terrestres no son capaces, dada la aleatoriedad del comportamiento del tráfico rodado y lo limitado de capacidad de transporte del mismo, estas son:

- Rapidez.
- Fiabilidad.
- Regularidad.
- Capacidad.

La **rapidez** del transporte, vendrá dada por el hecho de que los trenes actuales de cercanías, pueden alcanzar velocidades de hasta 120 [km/h] (*) y, a pesar de que los ciclos entre estación y estación requieren invertir tiempos de deceleración y aceleración importantes, finalmente pueden mantener una velocidad media de trabajo bastante elevada. Además, el hecho de que entre estaciones no haya tráfico rodado, semáforos ni imprevistos adicionales, hace que la velocidad efectiva sea bastante alta.

La **fiabilidad**, viene dada fundamentalmente por la buena organización del tráfico, que, al obedecer a patrones fijos, donde las líneas son siempre las mismas y no se introducen variables aleatorias de forma continua como el caso del tráfico rodado, se reduce mucho el número de probabilidades de error, siendo estos debidos a causas ajenas a la organización o a averías imprevistas.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

La **regularidad** deriva de la suma de las anteriores rapidez + fiabilidad, van a garantizar que se pueda cumplir con los horarios previstos, lo cual permitirá al usuario organizarse muy bien los viajes.

Finalmente, la **capacidad**, es la característica que inclina la balanza en términos de rentabilidad, ya que, el tren es el medio de transporte más económico en cuanto a la necesidad de suelo que requiere para transportar el mismo volumen de personas o mercancías. En este sentido y, contrariamente a lo que inicialmente pueda parecer, el ferrocarril es el mejor medio para introducirse en zonas muy pobladas y con muy poco espacio, por ejemplo un tren CIVIA como con el que actualmente cuenta la línea C1 de Zaragoza, puede transportar 800 (*) personas en un solo convoy con una longitud de unos 80 metros, mientras que para esa cantidad de personas, precisaríamos de unos 10 autobuses interurbanos (contando pasajeros de pie), lo cual arrojaría una cifra de unos 130 metros de longitud.

Es por todo ello, que se plantea la ejecución de una ampliación de la actual línea, como una inversión de futuro para la ciudad y los municipios de alrededor, creando nuevas alternativas de transporte, llegando a zonas que actualmente tienen servicios bastante limitados y mejorando las opciones de intermodalidad actuales.

(*) Datos de ficha técnica de CAF para tren CIVIA <http://www.caf.es/es/productos-servicios/proyectos/proyecto-detalle.php?p=133>

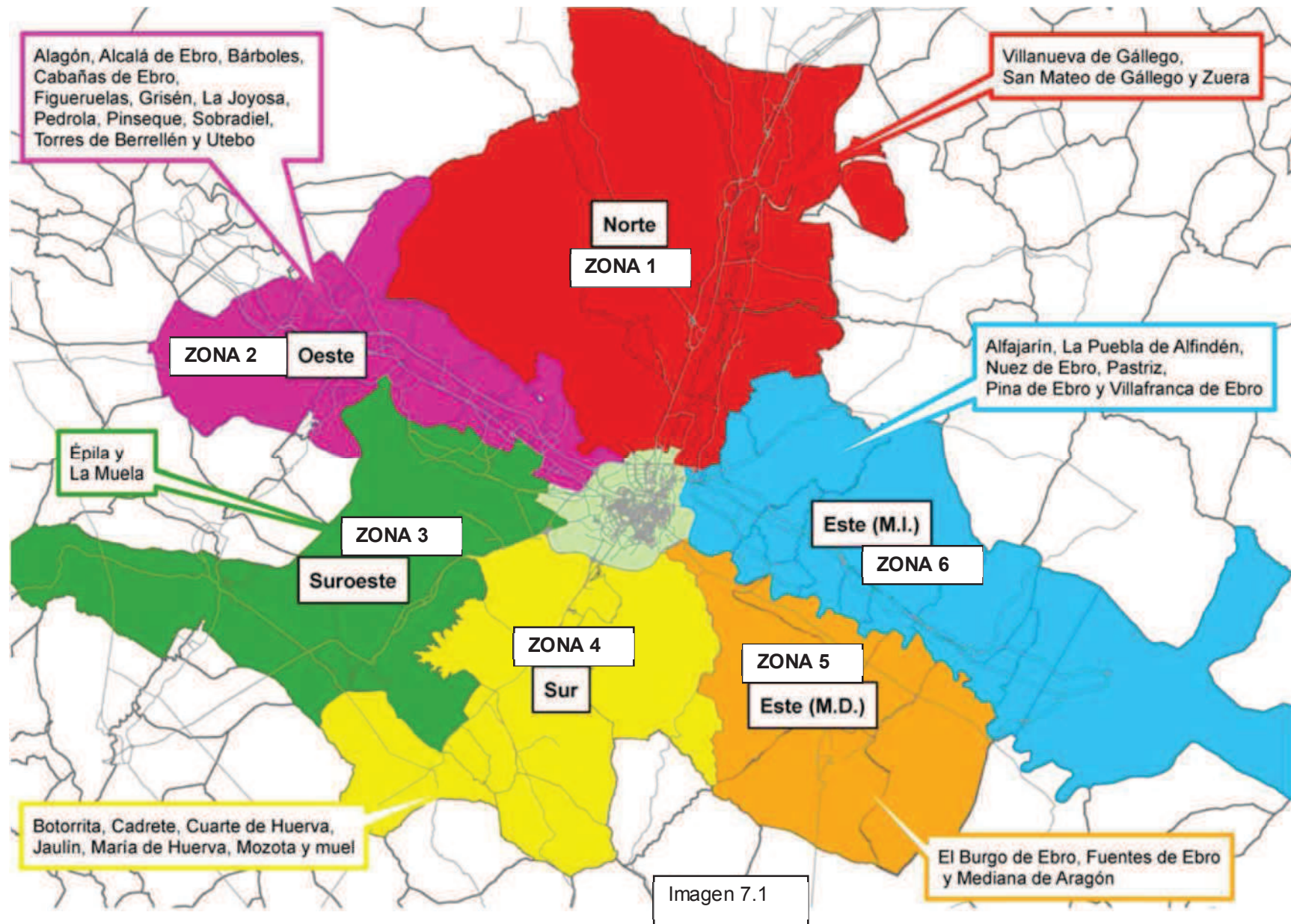
➤ **Área geográfica del estudio**

Tal como se avanzaba en la introducción del proyecto, centraremos el análisis de necesidades en el área metropolitana de Zaragoza, con la premisa de crear las mínimas ampliaciones de línea posibles y, que puedan ser recorridas por el actual C1, sin crear líneas nuevas ni trazados completos nuevos de vía.

Se tendrá en consideración Zaragoza ciudad y los 6 ejes; Norte, Sur, Este margen izquierda, Este margen derecha, Oeste y Suroeste, que concentran los núcleos de población más importantes y los polígonos industriales más cercanos a la urbe y de mayor relevancia.

La imagen 7.1 de la página siguiente se muestra la imagen ampliada de las zonas de estudio del proyecto que guiará el desarrollo de los siguientes apartados.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.



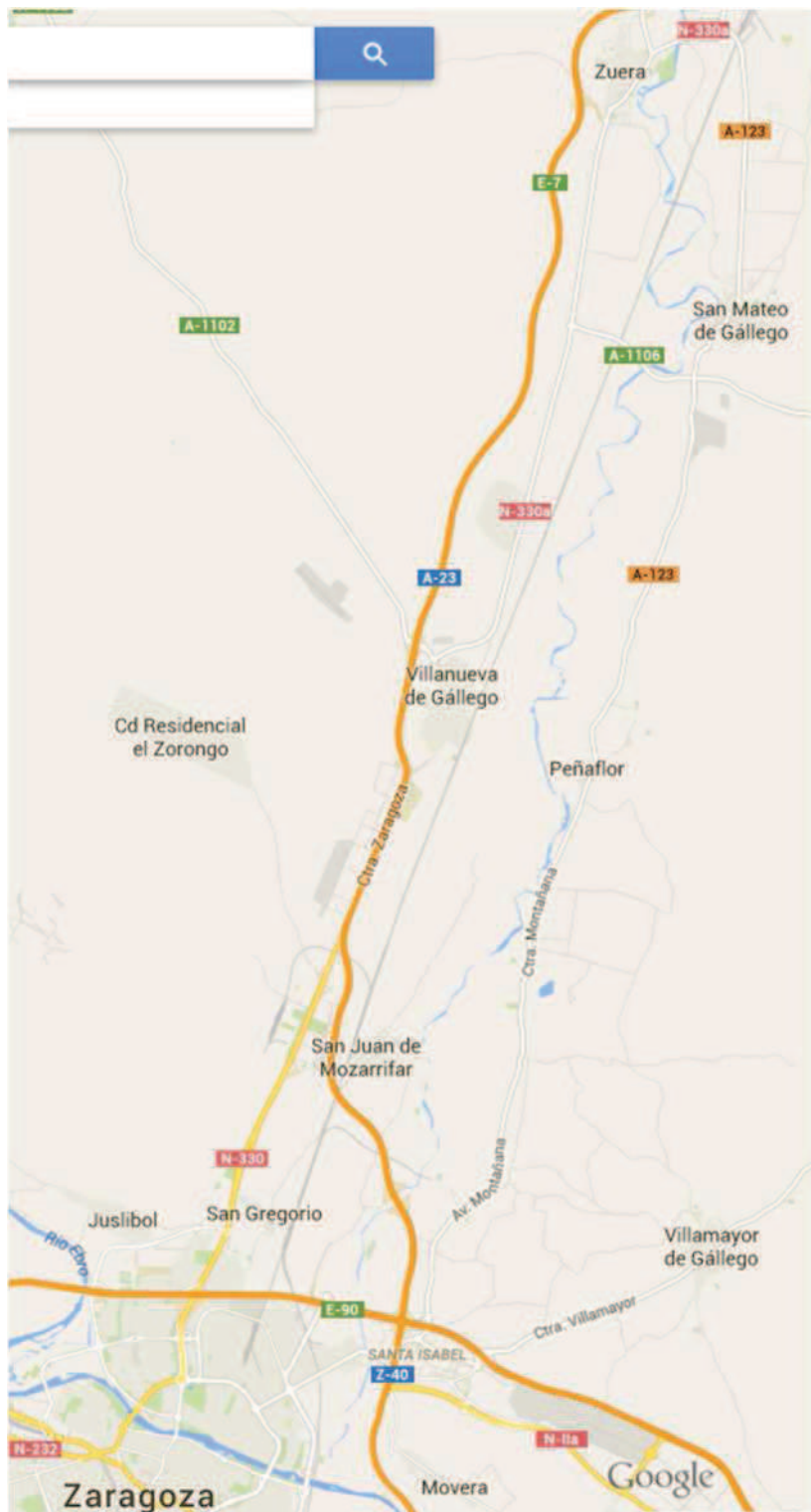
Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

8-Información de las zonas

Los mapas informativos se extraen directamente de impresiones de pantalla de Google Maps.

8.1-Zona 1, Norte

La zona Norte, fuera del núcleo urbano, comprendería los municipios de San Mateo de Gállego, Villanueva de Gállego y Zuera.



Análisis Mapa de la zona (Imagen 8.1)

Distancia de unos 28Km desde el centro de Zaragoza hasta Zuera.

Partiendo desde Zaragoza, el orden de los municipios es;

Villanueva-San Mateo-Zuera

Los municipios están unidos por carretera mediante la Autovía A-23 y, en paralelo a esta, está construida una vía ferroviaria utilizada por diversos regionales con destinos u orígenes de Canfranc, Huesca y Lleida, pero sólo existe una parada en Villanueva de Gállego y, el servicio es extremadamente pobre, sólo 4 trenes de ida y 6 de vuelta al día en día laborable (según horarios RENFE en www.renfe.com)

San Mateo está en la línea pero presenta una desviación de unos 3Km hasta la Autovía y el Ferrocarril. Por tanto debería ser tratado a parte.

La población más importante se encuentra en Zuera.

Imagen 8.1

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

La tabla 8.1 muestra la evolución detallada de la población de dichos municipios en los últimos 10 años.

Eje y municipios	Población 2004		Población 2014		Crecimiento %
NORTE: San Mateo de Gállego, Villanueva de Gállego y Zuera	50235 San Mateo de Gállego	2.381	50235 San Mateo de Gállego	3.093	29,90
	50288 Villanueva de Gállego	3.662	50288 Villanueva de Gállego	4.616	26,05
	50298 Zuera	5.973	50298 Zuera	7.742	29,62
TOTALES		12.016		15.451	28,59

Tabla 8.1

Actualmente, esta zona está atendida por los siguientes servicios de transporte:

- Líneas 110 y 111 del Consorcio de Transportes del Área de Zaragoza (CTAZ)
- Tren regional con límite de parada en Villanueva de Gállego.

En esta zona, se encuentran los siguientes núcleos de actividad Industrial:

- Polígono Industrial San Miguel en Villanueva de Gállego
- Polígono Industrial El Campillo en Zuera

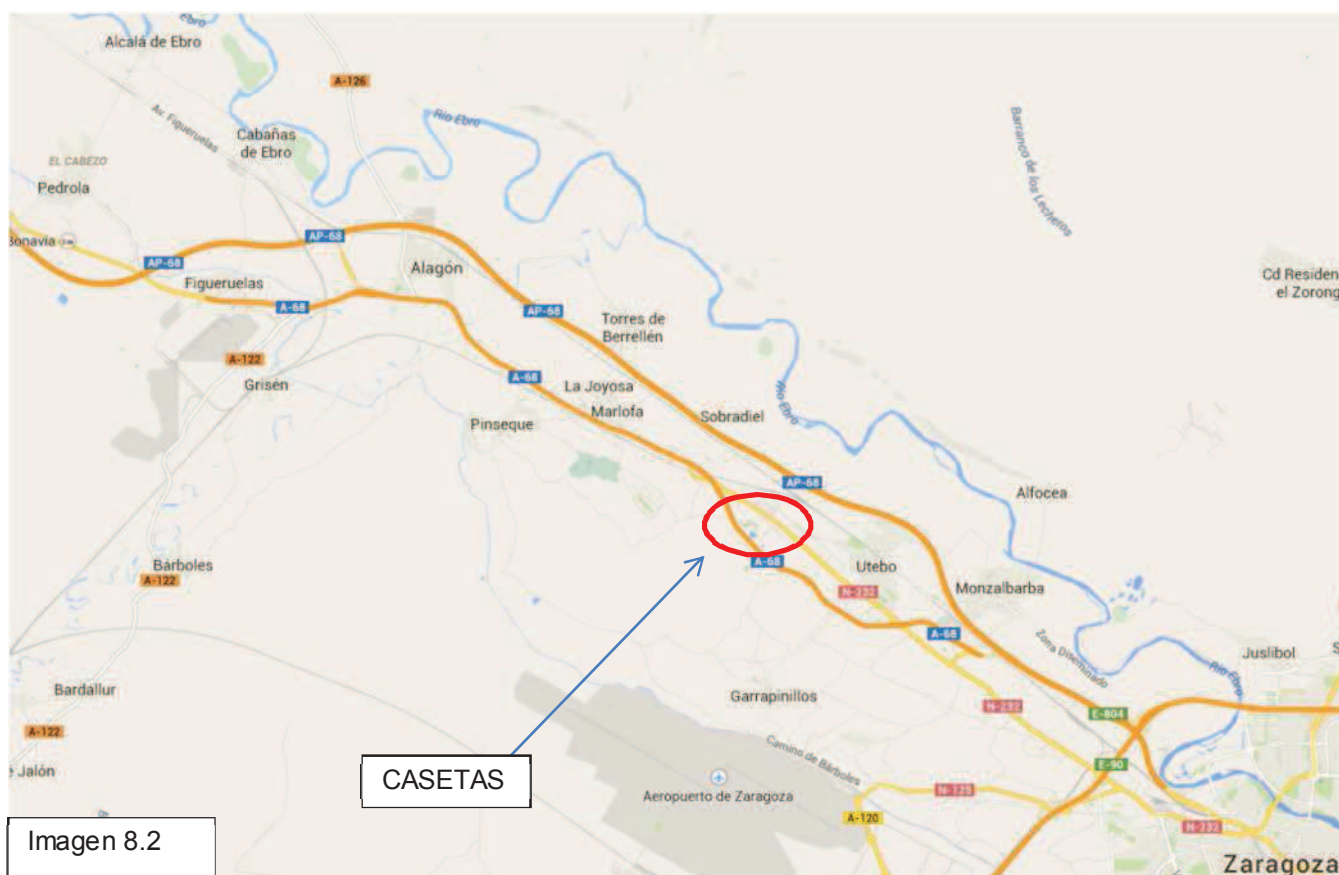
La prolongación de un ramal de cercanías hasta Zuera, podría comportar gastos de inversión en nuevas maquinarias de tren y tal vez la consideración de una nueva línea (una línea cercanías independiente C2) dado que actualmente no hay nada creado y, que los regionales que pasan son tan pocos que su uso como cercanías daría un servicio muy pobre. Todo ello es bastante inviable en términos económicos y no es el objeto del proyecto que va a tratar de minimizar costes y aprovechar la actual C1. Por otro lado, el servicio de autobuses es relativamente aceptable con unas frecuencias de aproximadamente 1 hora a lo largo del día que, en un par de horas punta (8 y 15 horas) se rebajan hasta los 15 minutos en el mejor de los casos, lo cual puede ser suficiente para dicha zona.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

8.2-Zona 2, Oeste

La zona Oeste, fuera del núcleo urbano, se extiende hasta Pedrola, pasando por núcleos de población tan importantes como Utebo y Casetas.

Hay que tener en cuenta el caso particular de Casetas, ya que está considerado como barrio de Zaragoza y, por tanto no contemplado en el recuento de poblaciones de los municipios, pero que, a efectos reales, tiene un peso importante en el trayecto del actual cercanías, ya que, además de ser principio de línea Casetas-Miraflores, está situado entre Utebo y Sobradiel y actualmente cuenta con más de 7000 habitantes (según INE 2013), Además, Casetas cuenta con una importante zona industrial.



Análisis Mapa de la zona (Imagen 8.2)

32Km desde el centro de Zaragoza hasta Pedrola o Alcalá de Ebro, como puntos más distantes.

Desde Zaragoza, el orden de las poblaciones más importantes es; **Utebo-“Casetas”-La Joyosa-Alagón-Pedrola**

Los municipios están unidos por carretera mediante la Autovía A-68 y la autopista AP-68. Además, son atravesados por diversos ferrocarriles regionales que con destino u orígenes como Logroño, Pamplona y Castejón de Ebro, tienen paradas en; Utebo, Casetas, Alagón, Cabañas de Ebro y Pedrola, siendo a efectos reales un servicio de regionales muy pobre con tan sólo 5 trenes de ida y 5 de vuelta al día en día laborable (según RENFE en www.renfe.com). Sin embargo, el actual cercanías C1 llega hasta Casetas, complementando el servicio de regionales hasta dicho punto y dando un servicio aceptable hasta Zaragoza.

Algunas poblaciones están muy distantes de la actual línea de ferrocarril, como es el caso extremo de Bárboles que dista más de 8 kilómetros del punto más cercano a la vía que sería en Alagón, aunque hay que considerar que su población es muy pequeña y no tendría grandes efectos a nivel de uso de un servicio.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Eje y municipios	Población 2004		Población 2014		Crecimiento %
OESTE (Ebro): Alagón, Alcalá de Ebro, Bárboles, Cabañas de Ebro, Figueruelas, Grisén, La Joyosa, Pedrola, Pinseque, Sobradiel, Torres de Berrellén y Utebo	50008 Alagón	6.024	50008 Alagón	7.052	17,07
	50013 Alcalá de Ebro	279	50013 Alcalá de Ebro	281	0,72
	50043 Bárboles	318	50043 Bárboles	317	-0,31
	50064 Cabañas de Ebro	522	50064 Cabañas de Ebro	536	2,68
	50107 Figueruelas	1.111	50107 Figueruelas	1.263	13,68
	50123 Grisén	477	50123 Grisén	636	33,33
	50132 Joyosa, La	609	50132 Joyosa, La	1.007	65,35
	50204 Pedrola	2.906	50204 Pedrola	3.622	24,64
	50209 Pinseque	2.197	50209 Pinseque	3.625	65,00
	50247 Sobradiel	752	50247 Sobradiel	1.083	44,02
	50262 Torres de Berrellén	1.450	50262 Torres de Berrellén	1.492	2,90
	50272 Utebo	13.227	50272 Utebo	18.429	39,33
TOTALES		29.872		39.343	31,71

Tabla 8.2

La tabla 8.2 muestra la evolución detallada de la población de dichos municipios en los últimos 10 años.

Actualmente, esta zona está atendida por los siguientes servicios de transporte:

- Líneas 602, 603 y 610 del Consorcio de Transportes del Área de Zaragoza (CTAZ). Dichas líneas dan un servicio bastante bueno pero llegan como máximo hasta Torres de Berrellén, dejando poblaciones tan importantes como Alagón y Pedrola fuera de su alcance.
- Trenes regionales con paradas en Utebo, Casetas, Alagón, Cabañas de Ebro y Pedrola.

A lo largo de este eje, aparece una sucesión de polígonos industriales que, de forma lineal van surgiendo desde la salida de Zaragoza y que, poco a poco se van distanciando entre sí, hasta llegar a Figueruelas, donde se encontraría la Fábrica de Automóviles Opel. Además, a lo largo del trayecto

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

hay empresas tan importantes como Pikolin, Salgar o Jacob Delafon entre muchas otras y, un sin número de comercios de gran volumen con venta directa al público.

Este gran número de zonas industriales unido a la cifra de 39.343 habitantes que aúna la zona, hacen de este eje Oeste uno de los más importantes del área metropolitana de Zaragoza y, parece conveniente reforzar los servicios públicos más allá de la influencia del cercanías y de las líneas de proximidad de autobús del CTAZ.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

8.3-Zona 3, Suroeste

La zona suroeste, comprende sólo dos municipios, como son Épila y La Muela y, recoge el segundo menor número de habitantes totales de las zonas analizadas. Sin embargo, es una zona que ha crecido mucho en los últimos años, tanto en población, como en zonas industriales y económicas de interés que, suponen una gran cantidad de desplazamientos diarios a considerar.

La tabla 8.3 muestra la evolución de la población en los últimos 10 años.

Eje y municipios	Población 2004		Población 2014		Crecimiento %
SUROESTE: Épila y Muela (La)	50099 Épila	4.089	50099 Épila	4.593	12,33
	50182 Muela, La	2.858	50182 Muela, La	4.948	73,13
TOTALES	6.947		9.541		37,34

Tabla 8.3

Actualmente, esta zona está atendida por los siguientes servicios de transporte:

- Línea 510 y línea Calatayud del CTAZ, sólo hasta La Muela y con una frecuencia mínima de 45 minutos y máxima de hasta 4 horas. (*)
- Autobuses de largas distancias de Agreda que pasan por Épila, con servicios de frecuencia muy variables y tan sólo 5 servicios al día. (*)
- Tres servicios de trenes regionales de ida y vuelta al día. (*)

Los centros de negocio o industriales de la zona serían:

- Polígono logístico e industrial y centro comercial de PLAZA.
- Polígono Industrial Centrovía.
- Polígono Industrial de Épila el Sabinar y el de Épila pueblo.

(*) Ninguno de los servicios de transporte mencionados, tienen parada en Plaza y, sólo la línea 510 para en el polígono industrial Centrovía.

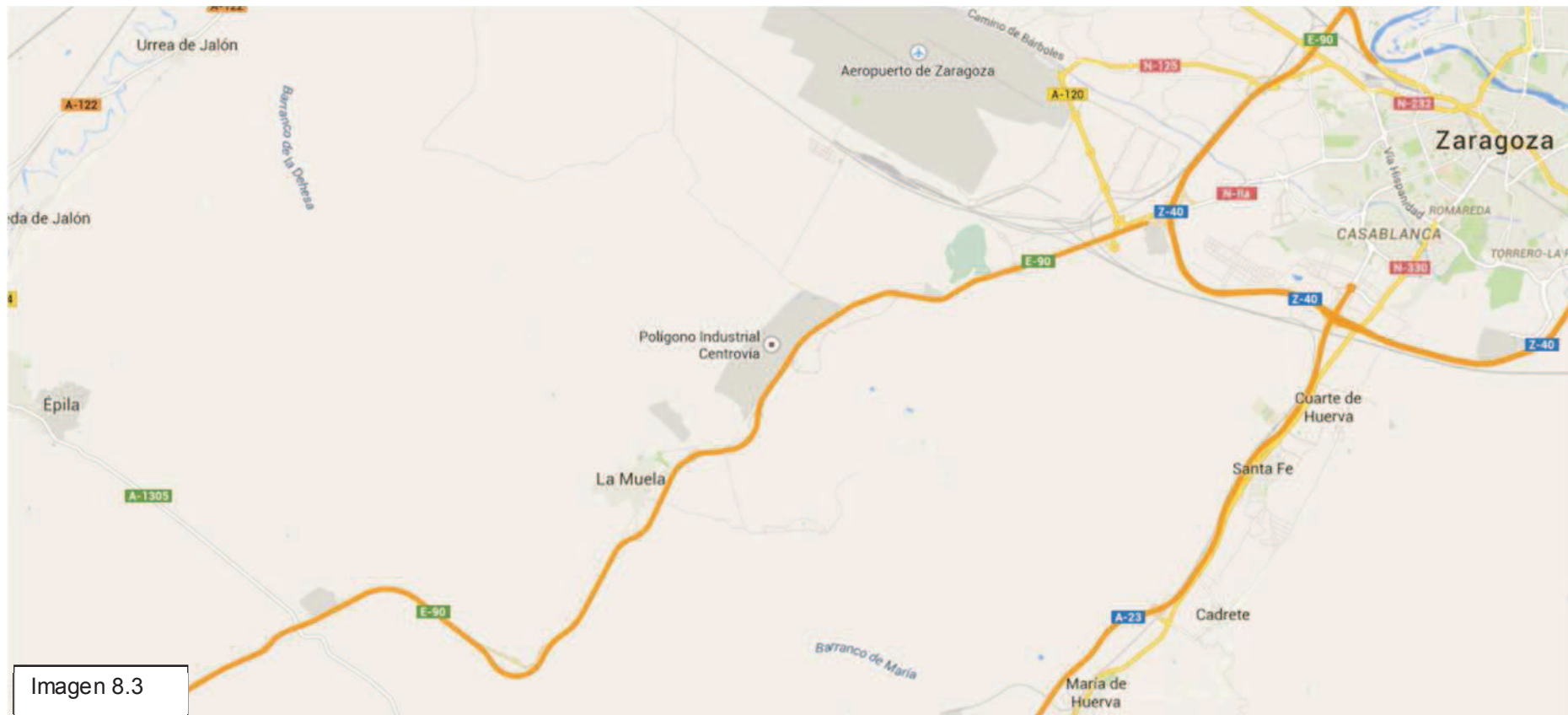


Imagen 8.3

Análisis Mapa de la zona (Imagen 8.3)

Distancia de unos 38Km desde el centro de Zaragoza hasta Épila.

Partiendo desde Zaragoza, el orden de las poblaciones es La Muela-Épila.

Hay conexión por la Autovía A2 hasta La Muela y prácticamente hasta Épila, con un tramo de 7 kilómetros de carretera comarcal.

Tal como se indicado en el resumen anterior, las conexiones por tren son muy deficientes y las conexiones mediante autobús de línea son también bastante malas, además no existen servicios con parada en los polígonos industriales de Plaza ni en los de Épila y las paradas en el polígono Centrovía son muy escasas. Datos de servicios de transporte de pasajeros según RENFE, CTAG y autocares Agreda.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

La información recogida para este eje Suroeste, revela que existe una carencia de servicios de transporte importante, fundamentalmente para la comunicación con Épila. Por otro lado, en este eje se encuentra el centro logístico PLAZA, el cual, cuenta actualmente con alrededor de 150 empresas instaladas, algunas de ellas tan importantes como INDITEX (según listado en página <http://www.plazalogistica.com>) y con más de 12.000 trabajadores entre las empresas situadas en el centro logístico y las de la zona de comercio y ocio y, se prevé que llegue hasta las 30.000 personas (Fuente: Estudio de Movilidad de PLAZA: Intra y Cámara de Comercio de Zaragoza). Al polígono de PLAZA, hay que sumar las más de 70 empresas ubicadas en el polígono Industrial Centrovía situado a tan sólo 10 kilómetros de PLAZA. No hay que olvidar, la proximidad de la Feria de muestras de Zaragoza, la cual, aunque de forma más eventual, también recoge grandes números de visitantes en ocasiones y, que está a 2 escasos kilómetros del centro comercial de PLAZA.

Resolver la falta de servicio hasta Épila mediante una línea de cercanías, resultaría inviable económicamente dada la distancia y lo accidentado de la zona, de hecho como se puede ver en el plano inferior, el AVE y, las rutas ferroviarias, describen una U al atravesar PLAZA, para, transcurriendo paralela al aeropuerto, circular paralela por los pueblos de Bardallur, Urrea de Jalón y Rueda de Jalón hasta atravesar Lumpiaque salvando el puerto de La Muela. Pensar en un apeadero en Lumpiaque para el AVE, sería totalmente inviable dado el bajo número de usuarios que podría resultar de dicha zona, de forma que en este sentido sólo se podría pensar en reforzar el sistema actual de autobuses o tal vez algún servicio más de trenes regionales, pero nada de ello es objeto del presente proyecto.



Imagen 8.4. En blanco el trazado del ferrocarril, esquivando el relieve accidentado.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

8.4-Zona 4, Sur

Comprenden la zona 4 eje sur del área metropolitana, los municipios que van hasta Muel, situados a lo largo del recorrido de la autovía Mudéjar y con una distancia de unos 28 kilómetros hasta Muel que es el municipio más alejado.

Basta con mirar, en la tabla inferior, el porcentaje de crecimiento de la población que conforma esta zona, para ver que es la más alta de todas las que se han producido en el Área Metropolitana en estudio. Se observa que existe un 156% de crecimiento sobre el total de la población, siendo los casos más llamativos los de Cuarte y María de Huerva, los cuales han crecido un 348 y un 152% respectivamente en estos últimos 10 años, siendo los principales responsables del crecimiento total. De hecho, se observa un 12,7% de decrecimiento en el caso de Jaulín que es un pequeño pueblo situado a unos 8 kilómetros de la autovía Mudéjar.

Eje y municipios	Población 2004		Población 2014		Crecimiento %
SUR : Botorrita, Cadrete, Cuarte de Huerva, Jaulín, María de Huerva, Muel y Mozota	50056 Botorrita	471	50056 Botorrita	506	7,43
	50066 Cadrete	2.115	50066 Cadrete	3.538	67,28
	50089 Cuarte de Huerva	2.582	50089 Cuarte de Huerva	11.589	348,84
	50131 Jaulín	307	50131 Jaulín	268	-12,70
	50163 María de Huerva	2.125	50163 María de Huerva	5.359	152,19
	50180 Mozota	121	50180 Mozota	121	0,00
	50181 Muel	1.142	50181 Muel	1.375	20,40
TOTALES		8.863		22.756	156,75

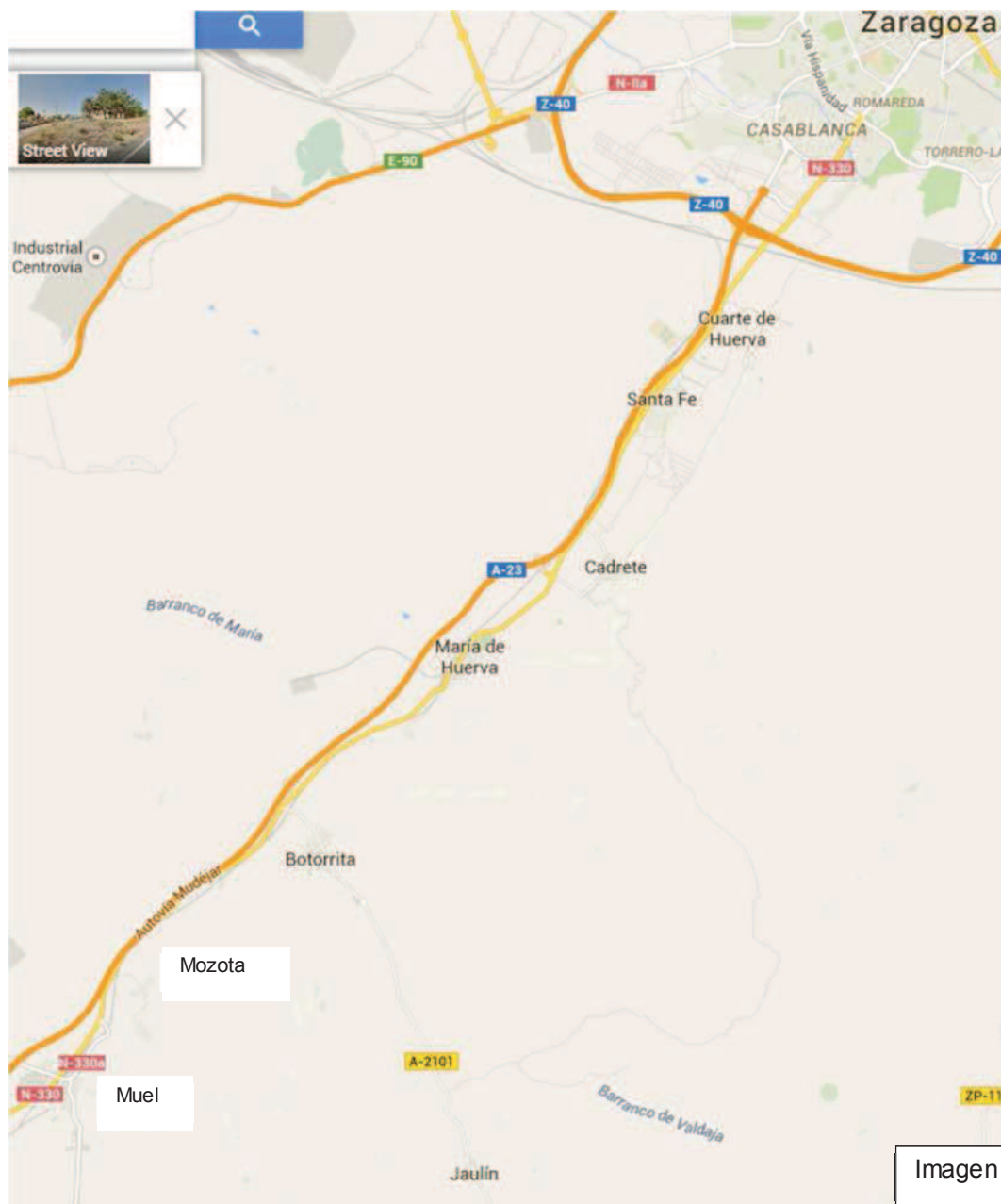
Tabla 8.4

Actualmente, esta zona está atendida por los siguientes servicios de transporte:

- Líneas 410 y 411 del CTAZ con servicios hasta Cuarte y hasta Botorrita respectivamente.
- Diez Líneas de Autobús de larga distancia que pasan por Muel de la compañía Agreda.
- Cuatro servicios de tren de ida a Muel al día, tres de larga distancia que van hasta Valencia y un regional a Teruel y, dos servicios de vuelta.

Los centros de negocio o industriales de la zona serían los polígonos Industriales situados en los principales municipios; Cuarte, María de Huerva y Muel, que recogen una gran cantidad de pequeñas y medianas empresas.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.



Análisis Mapa de la zona (Imagen 8.5)

Distancia de unos 28Km desde el centro de Zaragoza hasta Muel.

Partiendo desde Zaragoza, el orden de las poblaciones es Cuarte-María-Botorrita-Muel.

Conexión por la Autovía Mudéjar A23 a todas estos municipios.

Las líneas del CTAZ ofrecen un servicio bueno a Cuarte de Huerva, con autobuses cada 30 minutos a lo largo de todo el día y, un servicio mejorable hasta Botorrita con frecuencias que oscilan desde un mínimo de 1 hora hasta las casi 4 que van desde el primero al segundo servicio. Muel se queda muy descolgado y tiene servicios mínimos de autobús y trenes regionales.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Del estudio de este eje de municipios, se desprende que tenemos una zona bastante poblada que, ha tenido un crecimiento muy elevado y, que todavía tiene margen para seguir haciéndolo, por otro lado, las zonas industriales que nos encontramos, tienen empresas no muy grandes pero aglutinan un gran número de empresas que ronda las 370 (Tan sólo en Cuarte de Huerva, según Wikipedia http://es.wikipedia.org/wiki/Cuarte_de_Huerva#cite_note-6), que, a pesar de no destacar en grandes empresas, supone un gran número de trabajadores y de desplazamientos diarios, lo cual unido a los más de 20.000 habitantes, hace que deba ser una zona muy a tener en cuenta para un posible ramal nuevo de Cercanías, situando el principal foco en Cuarte de Huerva ya que es una población muy cercana a la urbe y aglutina (entre industria y población) más del 50% de las necesidades.

Por otro lado, llama la atención el caso de Muel, que con más del doble de habitantes que Botorrita y un polígono Industrial no desdeñable, no tiene casi servicios de autobús ni de regionales. Dado que el proyecto trata de minimizar costes y no prolongar el cercanías a zonas cuya rentabilidad sea ruinosa, para solucionar este aspecto se propondría reforzar la flota de autobuses, tal vez haciendo llegar los que terminan en Botorrita, línea 411 del CTAZ.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

8.5-Zona 5, Este (Margen Derecha) y Zona 6 Este (Margen Izquierda)

Margen Derecha

Comprenden la zona 5 los municipios con menor número de habitantes totales de todos los analizados. El punto más alejado del centro de Zaragoza sería Mediana de Aragón, a unos 32 kilómetros, que es el municipio más pequeño de todos e incluso ha perdido habitantes en estos últimos años. Cabe destacar que El Burgo de Ebro, ha sufrido un crecimiento del 32,50%, debido en parte a la gran oferta inmobiliaria que ha tenido lugar los últimos años.

Tabla 8.5 de evolución de la población en los últimos 10 años.

Eje y municipios	Población 2004		Población 2014		Crecimiento %
ESTE (M. Dcha.): Burgo de Ebro (El), Fuentes de Ebro y Mediana de Aragón	50062 Burgo de Ebro, El	1.797	50062 Burgo de Ebro, El	2.381	32,50
	50115 Fuentes de Ebro	4.085	50115 Fuentes de Ebro	4.643	13,66
	50164 Mediana de Aragón	504	50164 Mediana de Aragón	473	-6,15
	TOTALES		TOTALES		17,40

Actualmente, esta zona está atendida por los siguientes servicios de transporte:

- Línea 310 del CTAZ con servicios hasta Pina de Ebro (Zona 6) por esta margen, no llega hasta Mediana de Aragón.
- Siete autobuses diarios de ida y vuelta llegan hasta Mediana de Aragón casas HIFE y MAGALLÓN.
- La conexión por ferrocarril es prácticamente inexistente, con sólo un trayecto al día de ida y uno de vuelta y sólo con parada en Fuentes de Ebro.

Los centros de negocio o industriales son variados pero pequeños (con excepción de SAICA) y diseminados con mucha distancia entre unos y otros, entre otros destacan:

- Papelera de SAICA en el término del Burgo de Ebro.
- Polígono Industrial Royo Cabezón, antes del Burgo de Ebro.
- Polígono Industrial El Espartal I y II, entre el Burgo y Fuentes.
- Polígono Industrial La Corona En Fuentes de Ebro.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Margen Izquierda

En la margen Izquierda, se extiende el eje Hasta Pina de Ebro, que, resulta más cercana a la capital circulando por la margen Derecha que por la Izquierda, con una diferencia de unos 7 kilómetros, distando por la parte más corta cerca de 40 kilómetros. En este caso, se nota un incremento poblacional en todos los municipios afectados y, en concreto hay que destacar el caso de la Puebla de Alfindén, que casi ha duplicado el número de habitantes.

Actualmente, esta zona está atendida por los siguientes servicios de transporte:

- Línea 310 del CTAZ con servicios hasta Pina de Ebro (Zona 6) por la margen derecha.
- Línea 311 del CTAZ con servicio hasta Pina de Ebro y con parada en todos los municipios de este eje (también tiene parada en el polígono Malpica), por la margen izquierda.
- No hay conexión por Ferrocarril en esta margen.

En cuanto a zonas de negocio e industriales:

- Polígono Industrial Malpica-Alfindén, en el término de La Puebla de Alfindén, es el más importante de los que hay en estos municipios.
- Pequeños polígonos en el resto de municipios con empresas pequeñas-medianas.

Tabla 8.6 de evolución de la población en los últimos 10 años.

Eje y municipios	Población 2004		Población 2014		Crecimiento %
ESTE (M. Izda): Alfajarín, Nuez de Ebro, Osera de Ebro, Pastriz, Puebla de Alfindén (La), Pina de Ebro y Villafranca de Ebro	50017 Alfajarín	1.742	50017 Alfajarín	2.250	29,16
	50193 Nuez de Ebro	627	50193 Nuez de Ebro	843	34,45
	50199 Osera de Ebro	379	50199 Osera de Ebro	424	11,87
	50203 Pastriz	1.216	50203 Pastriz	1.310	7,73
	50208 Pina de Ebro	2.352	50208 Pina de Ebro	2.567	9,14
	50219 Puebla de Alfindén, La	3.076	50219 Puebla de Alfindén, La	5.864	90,64
	50285 Villafranca de Ebro	684	50285 Villafranca de Ebro	820	19,88
TOTALES		10.076		14.078	39,72

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Mapa de ambas zonas y el cuadro resumen



Imagen 8.6

Análisis Mapa conjunto de las zonas (Imagen 8.6)

Distancia de unos 40Km desde el centro de Zaragoza hasta Pina de Ebro.

Partiendo desde Zaragoza, el orden de las poblaciones es:

- ➔ Margen Derecha: El Burgo de Ebro-Fuentes-Mediana
- ➔ Margen Izquierda: La Puebla de Alfindén-Alfajarín-Nuez de Ebro-Villafranca-Osera-Pina de Ebro

Conexiones por carretera:

- ➔ Margen Derecha: A68 y N232
- ➔ Margen Izquierda N11 y AP2

La cobertura de líneas de CTAZ de Bus, ofrecen un servicio aceptable con frecuencias mínimas de 30 minutos en determinadas horas punta en la margen izquierda y algo superiores en la margen derecha, probablemente por la influencia del Polígono Malpica que aporta un elevado número de usuarios.

La cobertura de Ferrocarril es muy mala, prácticamente nula en ambas márgenes.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

En resumen, en este eje, que queda dividido en dos por el río Ebro, se aprecia una notable diferencia entre ambas márgenes, con un mayor potencial en todos los municipios de la margen izquierda, tanto en población como en zonas industriales. Sin embargo, hay que destacar que en ambas márgenes de este eje y aunque no forman parte de los municipios sino de la propia ciudad de Zaragoza, se encuentran polígonos industriales tan importantes como el de Malpica (margen izquierda), con más de 300 empresas, la mayoría de tamaño Medio o los polígonos que se suceden a lo largo de la carretera Castellón (A68) por la margen derecha, desde la salida de Zaragoza hasta La Cartuja, desde el polígono Montemolín hasta el polígono Empresarium, pasando por el Polígono San Valero, los cuales, concentran también un importante número de pequeñas y medianas empresas nada desdeñables y que mueven una cantidad diaria de personas elevada.

En lo que a infraestructuras de ferrocarril se refiere, se podría decir que son nulas ya que, la línea con dirección Mora La Nova (Tarragona) que transcurre en paralelo a la A68 y N232 por la margen derecha, tiene únicamente parada en Fuentes de Ebro (con 1 servicio al día). En este sentido, se podría pensar en aprovechar parte de las actuales infraestructuras, para reforzar el servicio con fin en Miraflores y, salir hasta La Cartuja, dando servicio a esta zona tan cercana a la ciudad con una inversión no muy grande.

La margen izquierda, a pesar de concentrar también gran actividad y mayor número de población, requeriría una gran inversión en caso de plantear una ampliación de cercanías, ya que no existen infraestructuras actualmente por ese lado, es decir, no existe ningún trazado actual de vías de ferrocarril por dicha margen, de manera que habría que montar la infraestructura completa, lo cual, rebasa el planteamiento de este proyecto en cuanto a costes y aprovechamiento de infraestructuras.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

8.6-Nuevos asentamientos dentro de Zaragoza

Además de los municipios de fuera del núcleo de la ciudad en los ejes analizados, hay que tener en cuenta que, en los últimos años, han tenido lugar diversas promociones por la zona Sur, que, a pesar de no tener todavía la población totalmente asentada, tienen un gran potencial de futuro a considerar, por lo que deberían ser tenidas en cuenta en cualquier proyecto que se realice. Estas son:

Parque Venecia:

Promoción aprobada en 2005. Contará con 4103 viviendas a su término.

Información de la web: <http://www.residencialparquevenecia.com/>

Valdespartera:

Promoción aprobada en 2004. Contará en total con 9687 viviendas, distribuidas en 3 fases de ejecución:

Fase 1: 5543 viviendas

Fase 2: 230 unifamiliares

Fase 3: 3914 viviendas

Información en la web: <http://www.valdespartera.es/pagEstatica.aspx?id=104>

Arco Sur:

Promoción aprobada en 2008. Con capacidad de hasta 22.600 viviendas (capacidad máxima, por ahora sólo 2000 entregadas).

Información en la web: <http://www.arcosur.net/antecedentes>

Dado que en los últimos años, la crisis general y, en particular la crisis del sector inmobiliario, ha parado algunas de estas promociones, actualmente estos nuevos barrios de Zaragoza, no están con la capacidad máxima agotada, pero, encierran un enorme potencial de concentración de ciudadanos y, por tanto de personas con necesidades de movilidad. De los tres barrios, el que más aislado está sería Arco sur a día de hoy y, a su vez es el que más potencial futuro podría tener si se retomaran los trabajos urbanísticos y se fueran ocupando las viviendas. El mejor situado es Parque Venecia, que, en realidad, por su ubicación tendría más fácil la comunicación directa a la ciudad, pudiendo prescindir de algún servicio de cercanías, salvo que el trayecto en concreto pudiera resultar más corto.

Si se considera la media de personas/hogar española que está situada en 2,53 (Encuesta de hogares del INE, año 2013), haciendo unos cálculos muy groseros, daríamos con las siguientes cifras de previsión de población (población agotada si se habitaran el 100% de las viviendas) de dichas zonas:

Parque Venecia: (4103 viviendas *2,53 personas/vivienda)= 10.380 personas

Valdespartera: (9.687 viviendas *2,53 personas/vivienda)= 24.508 personas

Arco Sur: (22.600 viviendas *2,53 personas/vivienda)= 57.178 personas

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Estas cifras a día de hoy, están muy lejos de la realidad y, no parece muy probable que en pocos años se puedan dar dada la actual situación económica. No obstante, sí que hay zonas que están siendo muy ocupadas y hay indicadores que lo van manifestando, como por ejemplo la web de los vecinos de Valdespartera, que cuenta ya con 17.600 vecinos registrados o, como se recoge en la noticia publicada en Heraldo de Aragón del 15 de Enero del 2015 (Anexo 4), donde resume los datos del padrón municipal (que difieren de los del INE utilizados en este proyecto) y, explica que Zaragoza ha rebasado otra vez los 700.000 habitantes y que el mayor crecimiento se detecta en los barrios del sur, incluyendo Valdespartera, Arco Sur y Parque Venecia.

Todo lo anterior, da una idea bastante real de la actual y de la posiblemente futura gran ocupación de dicha zona y, justifica proyectos de movilidad de elevada inversión como lo es la ampliación del cercanías.

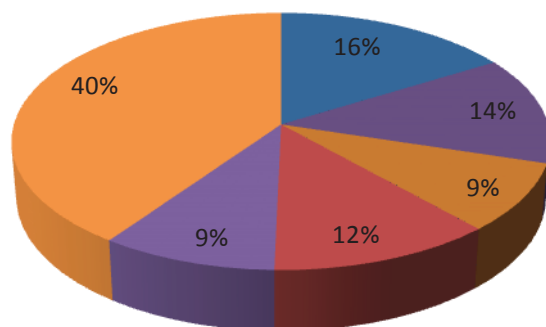
9-Análisis de Resultados

➤ Evolución demográfica municipios

La información demográfica, queda reflejada en los siguientes gráficos de elaboración propia:

Distribución porcentual de la población de los municipios

2004



■ NORTE: San Mateo de Gállego, Villanueva de Gállego y Zuera

■ ESTE (M. Izda): Alfajarín, Nuez de Ebro, Osera de Ebro, Pastriz, Puebla de Alfindén (La), Pina de Ebro y Villafranca de Ebro

■ ESTE (M. Dcha.): Burgo de Ebro (El), Fuentes de Ebro y Mediana de Aragón

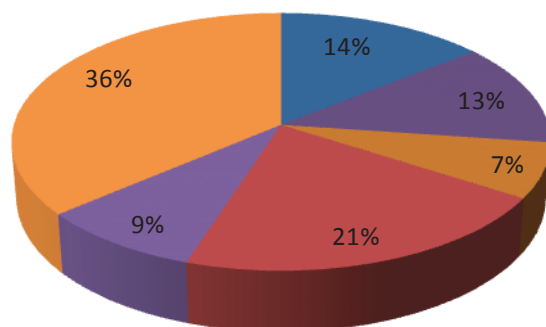
■ SUR : Botorrita, Cadrete, Cuarte de Huerva, Jaulín, María de Huerva, Muel y Mozota

■ SUROESTE: Épila y Muela (La)

Imagen
9.1

Distribución porcentual de la población de los municipios

2014



■ NORTE: San Mateo de Gállego, Villanueva de Gállego y Zuera

■ ESTE (M. Izda): Alfajarín, Nuez de Ebro, Osera de Ebro, Pastriz, Puebla de Alfindén (La), Pina de Ebro y Villafranca de Ebro

■ ESTE (M. Dcha.): Burgo de Ebro (El), Fuentes de Ebro y Mediana de Aragón

■ SUR : Botorrita, Cadrete, Cuarte de Huerva, Jaulín, María de Huerva, Muel y Mozota

■ SUROESTE: Épila y Muela (La)

■ OESTE (Ebro): Alagón, Alcalá de Ebro, Bárboles, Cabañas de Ebro, Figueruelas, Grisén, La Joyosa, Pedrola, Pinseque, Sobradriel, Torres de Berrellén y Utebo

Imagen
9.2

Concentración de la población 2004



Imagen
9.3

Concentración de la población 2014

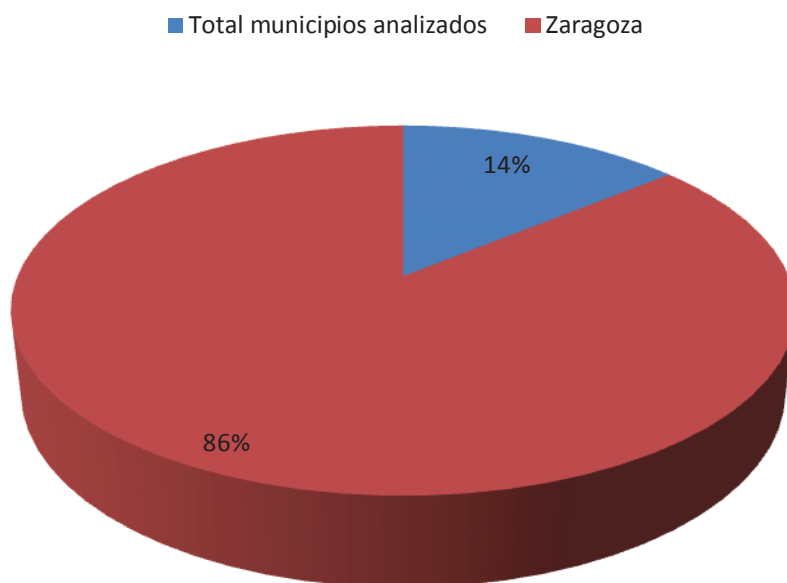


Imagen
9.4

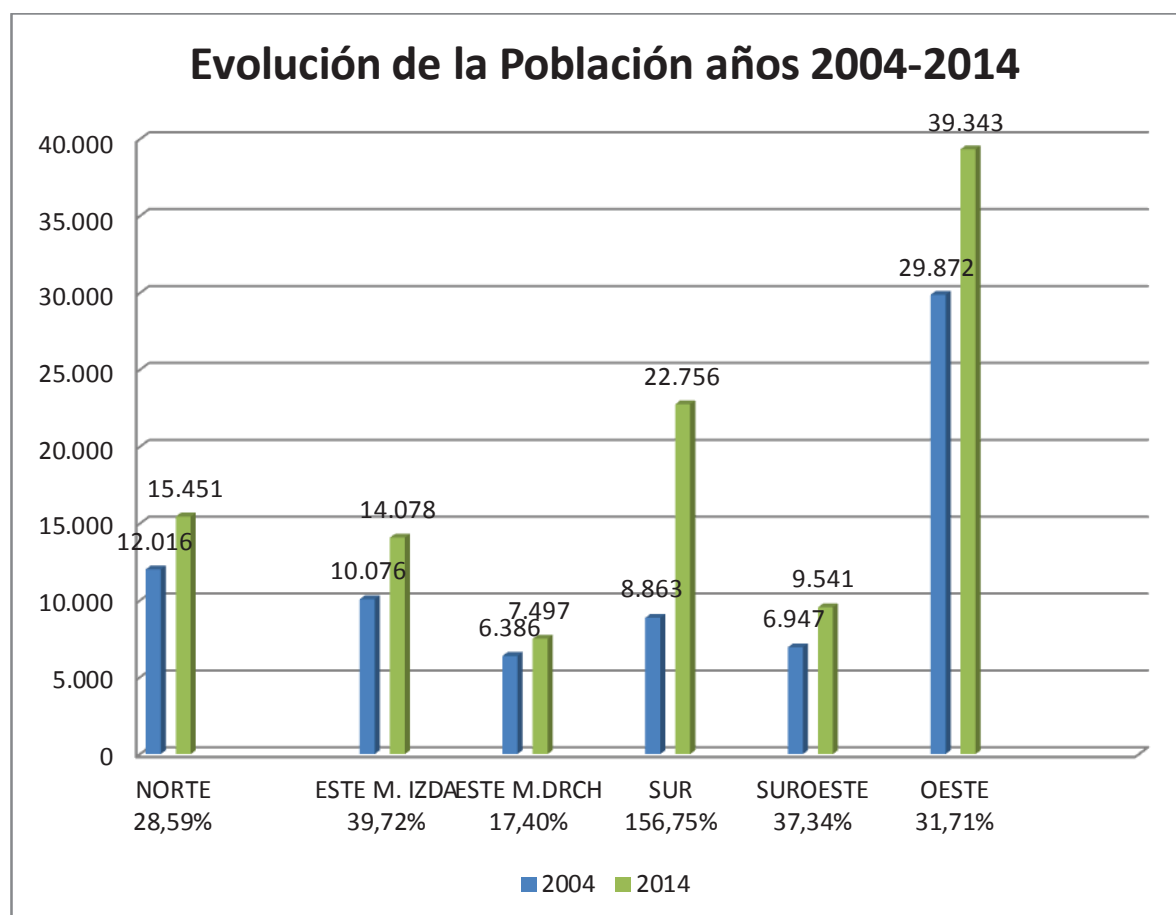


Imagen
9.5

➤ Servicios de transporte actuales

La tabla 9.1 en las siguientes páginas, muestra un resumen de todos los servicios de transporte públicos que transitan por las zonas, indicando el número de servicios al día tanto de autobuses como de trenes. Datos tomados de las páginas web de los proveedores de los servicios; CTAZ, Renfe, Agreda. Los trayectos están considerados como de Ida en el caso de ir al municipio y Vuelta, en el caso de ir a Zaragoza. Se consideran sólo los trayectos de días laborables por ser los que más actividad concentran y por tanto los que mayor número de servicios públicos precisan.

Se presenta la tabla dividida en dos páginas por el tamaño de la misma para mejor visualización.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Zona	Municipio	Autobuses	Nº Serv. Ida/vuelta	Trenes	Nº Serv. Ida/Vuelta
Norte	Villanueva de Gállego	110 y 111	17/19	Regional	4/6
	San Mateo de Gállego	111	5/6	Sin servicio	0
	Zuera	110	12/13	Sin servicio	0
Oeste	Utebo	602 603	10/10 82/82	C1	26/23
	Casetas	603	82/82	C1	26/23
	Sobradriel	610	7/7	Sin servicio	0
	La Joyosa	610	7/7	Sin servicio	0
	Torres de Berrellén	610	7/7	Sin servicio	0
	Pinseque	(*)	3/3	Sin servicio	0
	Alagón	(*)	8/8	Regional	7/7
	Grisén	(*)	3/3	Regional	3/3
	Figueruelas	(*)	5/4	Sin servicio	0
	Cabañas de Ebro	Sin servicio	0	Regional	5/7
	Alcalá de Ebro	(*)	1/1	Regional	5/5
	Pedrola	(*)	5/4		
	Bárboles	(*)	3/2	Sin servicio	0
Suroeste	Muela (La)	510 (*)	5/5 4/4	Sin servicio	0
	Épila	(*)	8/7	Regional	3/3

Tabla 9.1

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Zona	Municipio	Autobuses	Nº Serv. Ida/vuelta	Trenes	Nº Serv. Ida/Vuelta
Sur	Cuarte de Huerva	410 411	30' (**) 9/8	Sin servicio	0
	Cadrete,	411	9/8	Sin servicio	0
	María de Huerva,	411	9/8	Regional	1/1
	Botorrita	411	9/8	Sin servicio	0
	Jaulín	(*)	4/3	Sin servicio	0
	Mozota	(*)	1/0	Sin servicio	0
	Muel	(*)	10/10	Intercity Regional	3/1 1/1
Este M.Drch	Burgo de Ebro (El)	310	11/12	Sin servicio	0
	Fuentes de Ebro	310	5/6	Regional	1/1
	Mediana de Aragón	(*)	7/7	Sin servicio	0
Este M.Izda	Puebla de Alfindén (La)	211	16/15	Sin servicio	0
	Pastriz	(*)	6/6		
	Alfajarín	211	12/10		
	Nuez de Ebro	211	7/6		
	Villafranca de Ebro	211	7/6		
	Osera de Ebro	211	4/3		
	Pina de Ebro	211 310	1/1 4/5		

Tabla 9.1

(*) Autobuses de líneas de largo recorrido de rutas con parada en dichas localidades

(**) Línea expresada en frecuencias de servicio según minutos/servicio durante todo el día.

Respecto de los barrios de Valdespartera, Parque Venecia y Arco Sur, los servicios actuales son de una línea de autobús urbano en cada caso, en los casos de Valdespartera y Arco Sur, son dos líneas (una para cada barrio) con final en la parada del tranvía de Zaragoza, por lo que, cualquier otro tipo de itinerario, requerirá de varios transbordos para poder ejecutarse. En el caso de Parque Venecia, conecta con la clásica línea 23, ahora ampliada por el tercer cinturón, de forma que podría ofrecer más alternativas y, también es un barrio un poco más próximo al centro que los otros.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

10- Líneas de trabajo

Tras el análisis de resultados por Zonas y, considerando que una premisa del proyecto es la minimización de las inversiones a efectuar, se plantean las siguientes propuestas de ampliación de la Red de Cercanías para Zaragoza:

- 1- Realizar un ramal hacia el Norte de la ciudad, hasta el polígono de Cogullada con parada en el barrio de Las Fuentes, aprovechando las actuales infraestructuras viarias.
- 2- Ramal Oeste:
 - a. Prolongación del ramal Oeste hasta Alagón con una pequeña remodelación de la actual estación y, construcción de un aparcamiento disuasorio.
 - b. Estudiar lo que podría suponer continuar la ampliación hacia el Oeste llegando a Pedrola, con parada en Cabañas de Ebro (que tiene estación actualmente), considerando la reparación de la estación de Pedrola y un posible aparcamiento disuasorio en dicha estación.
- 3- Suroeste:
 - a. Realizar un ramal hasta Plaza. En esta estación, sería muy recomendable para ofrecer un mejor servicio y, probablemente ganar en número de usuarios, montar una lanzadera de bus que hiciera una pequeña ruta por el interior de PLAZA, llegara al Aeropuerto, subiera hasta Centrovía y, finalmente, pudiera llegar hasta la feria de muestras en días de eventos.
 - b. Estudiar una prolongación del ramal de Plaza hasta unir con el de La Cartuja Baja, parando en Arcosur, Cuarte de Huerva y Puerto Venecia. Con utilización sólo en determinadas horas punta del día.
- 4- Prolongación del ramal hacia el Este en la Margen Derecha del Ebro, desde Miraflores hasta La Cartuja Baja, con estación y aparcamiento disuasorio en La Cartuja. Analizar la posibilidad de un apeadero entre los polígonos de La Unión y San Valero.

De los análisis efectuados, se han detectado algunos aspectos que, pese a no ser objeto del proyecto y no vayan a ser estudiados en él, cabe mencionar porque tal vez podrían ser resueltos con pequeñas inversiones los más destacados:

- 1- **Zona suroeste:** Convendría reforzar con algún autobús más hasta Épila como servicio público ya que tiene pocos servicios de transporte y tiene una nada despreciable cifra de más de 4.500 habitantes y un polígono industrial con algunas empresas medianas de interés.
- 2- **Zona Sur:** Se propone reforzar la flota de autobuses de la línea 411 del CTAZ, haciendo llegar los que terminan en Botorrita hasta Muel.

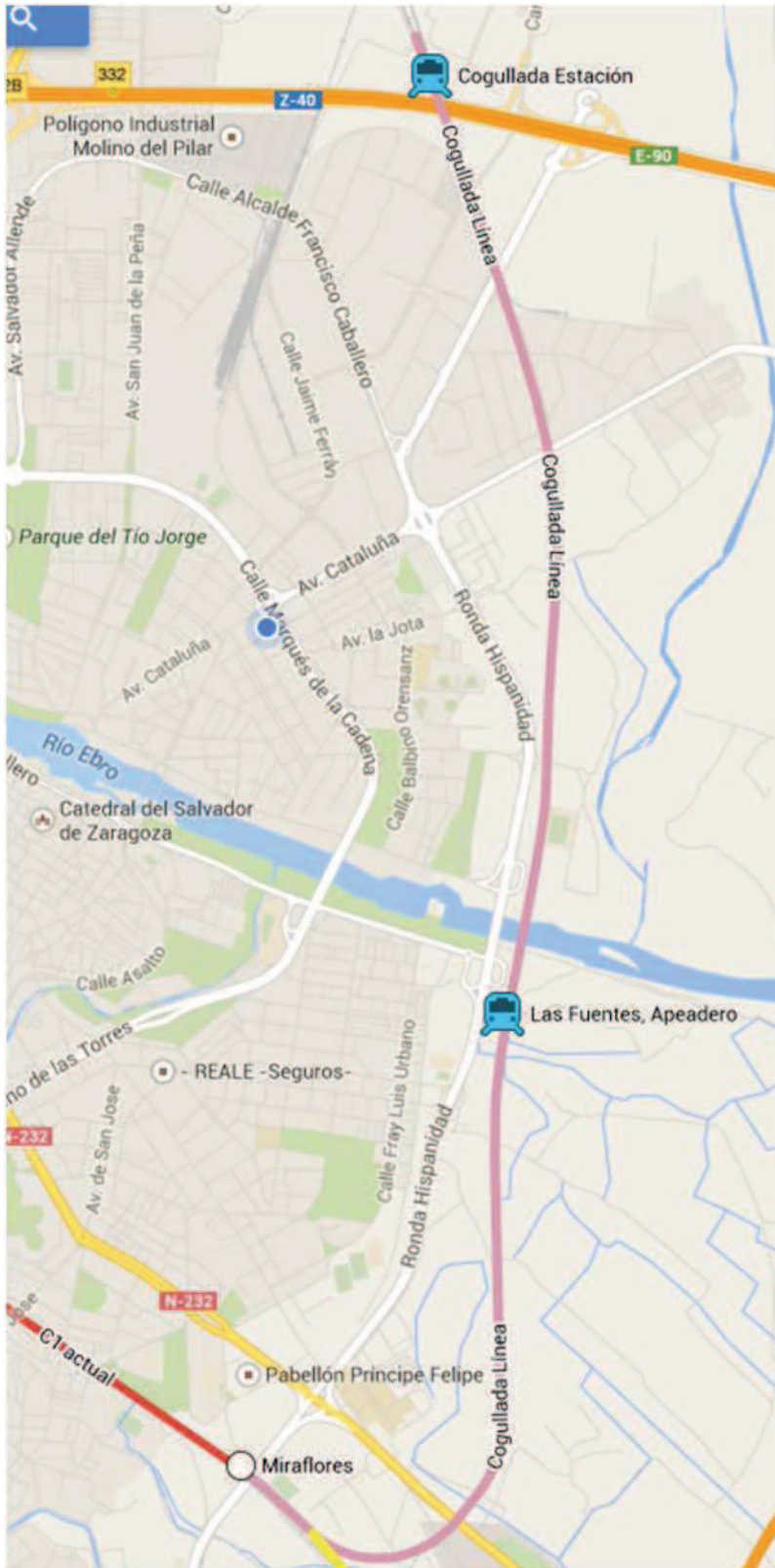
III- FASE 2 Diseño de alternativas de distintos trazados

Se diseñan en esta fase los trazados sin entrar en los aspectos técnicos para ejecutarlos, ya que, serán estudiados en la Fase 3 del proyecto, de forma que se estudiarán los recorridos, kilometraje de los mismos, estaciones y apeaderos necesarios en el trayecto etc...

También se plantearán propuestas de trazados en caso de que se considere que existen varias alternativas para un nuevo ramal o bien, alternativas que pueden ejecutarse en tramos y se presentarán divididas.

Los Mapas son de Elaboración propia utilizando la herramienta de personalización Google Maps.

11- Ramal 1- Zona Norte ciudad, dos versiones



Trazado 1, versión A, Zona Norte
Ciudad, Cogullada (Imagen 11.1)

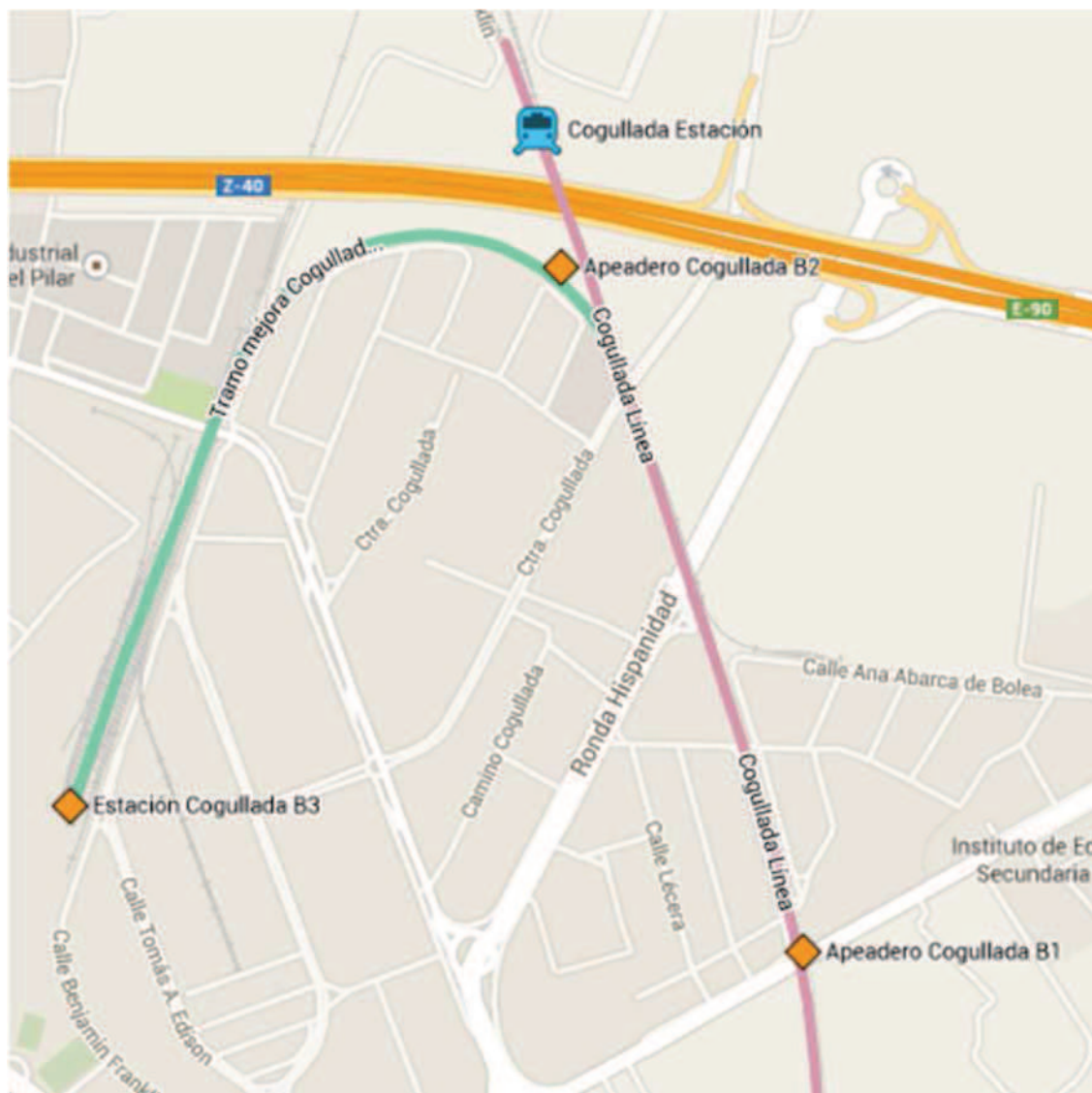
Nueva línea denominada “Cogullada Línea” en color 

Estaciones y apeaderos nuevos con el icono: 

La nueva Estación denominada “Cogullada Estación”, quedaría a 500m de Mercazaragoza (un poco más al Norte, se sale del margen del plano).

El apeadero de Las Fuentes se propone a unos 200m antes del Ebro y muy cerca de la rotonda de Ronda Hispanidad que da acceso a Las fuentes.

El nuevo trazado, partiría de la actual estación Miraflores y tendría cerca de 7km de ida y 7km de vuelta hasta dicha estación.



Trazado 1 versión B, Zona Norte Ciudad Propuesta Mejorada (Imagen 11.2)

Tramo de mejora en color 

Estaciones y apeaderos nuevos con el icono:



- ➔ Se mantendría todo el trazado básico hasta llegar al cruce con Avenida Cataluña.
- ➔ En el cruce con Avd. Cataluña, se pondría un apeadero, denominado Cogullada B1
- ➔ En vez de trazar recto hasta las proximidades de Mercazaragoza, se giraría a la izquierda para internar el cercanías hasta la calle Tomás A. Edison.
- ➔ Se crearía una Estación nueva denominada Cogullada B3 y un apeadero poco antes del giro denominado Cogullada B2
- ➔ La Estación de la propuesta básica denominada Cogullada Estación, quedaría anulada si se opta por esta propuesta.

Esta versión del trazado básico, eliminando el tramo recto anterior que entraba hasta cerca de Mercazaragoza y, contando la nueva zona en verde hasta Cogullada B3, tendría algo más de 8km de ida y 8km de vuelta tomando la referencia de Estación Miraflores actual.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

12- Ramal 2- Oeste



Trazado 2, Zona Oeste Ciudad Prolongación línea actual (Imagen 12.1)

Tramos prolongados colores:



Casetas-Alagón (Denominación Alagón línea)



Alagón-Cabañas-Pedrola (Denominación Pedrola línea)



Estaciones nuevas con el icono:

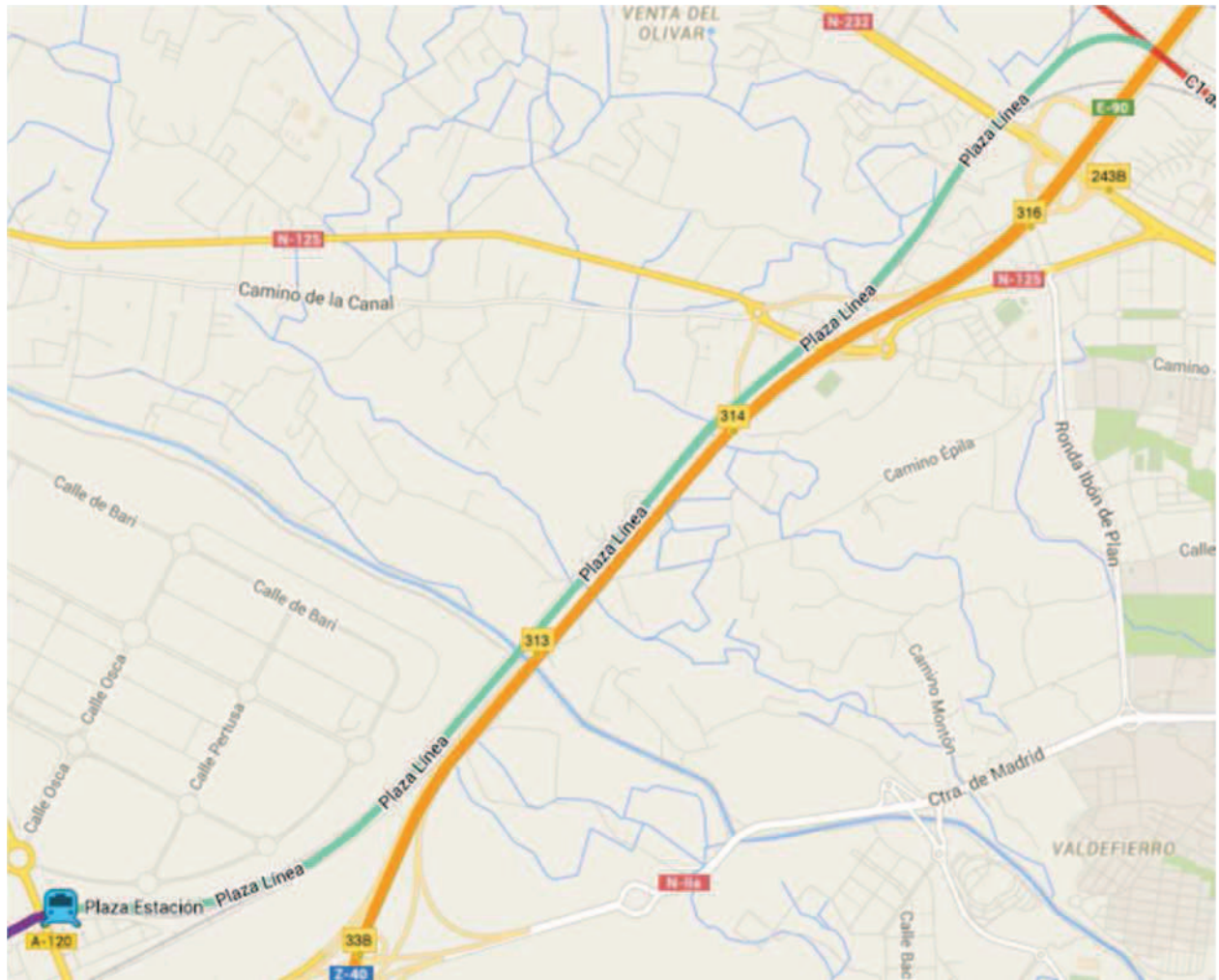
Estaciones existentes icono:



El tramo Casetas-Alagón, tendría una longitud de 9,3km de ida y 9,3km de vuelta.

El tramo Alagón-Cabañas-Pedrola, tendría una longitud de 8,6km de ida y 8,6km de vuelta

13- Ramal 3- Suroeste, Sur y Este



Trazado 3, Zona Suroeste Ciudad Ramal hasta Plaza (Imagen 13.1)

Tramos con circulación de cercanías en color, denominación "Plaza Línea":

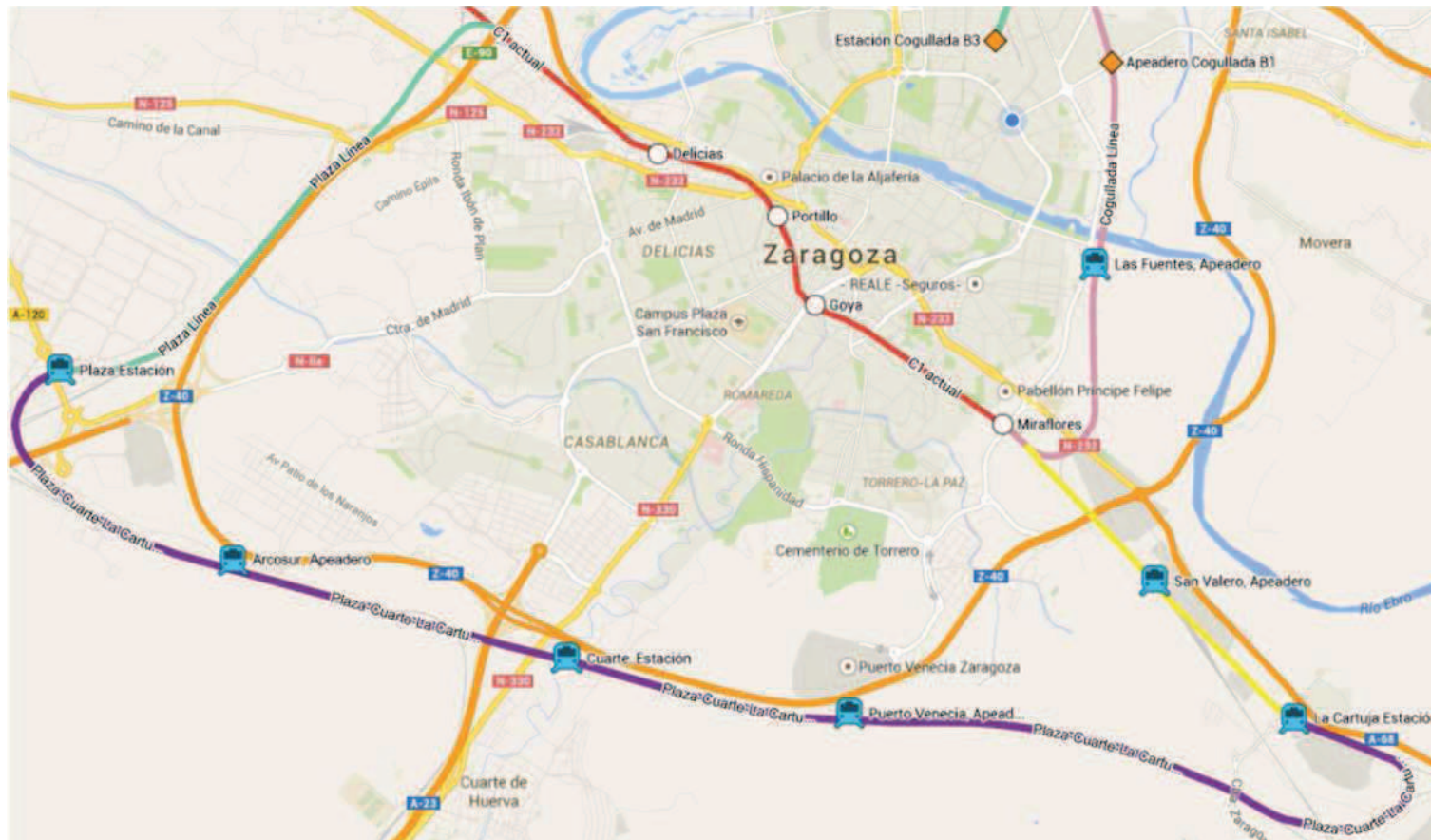


Estación nueva de Plaza con el icono:



El tramo nuevo, tendría una longitud de 6,5km de ida y 6,5km de vuelta

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.



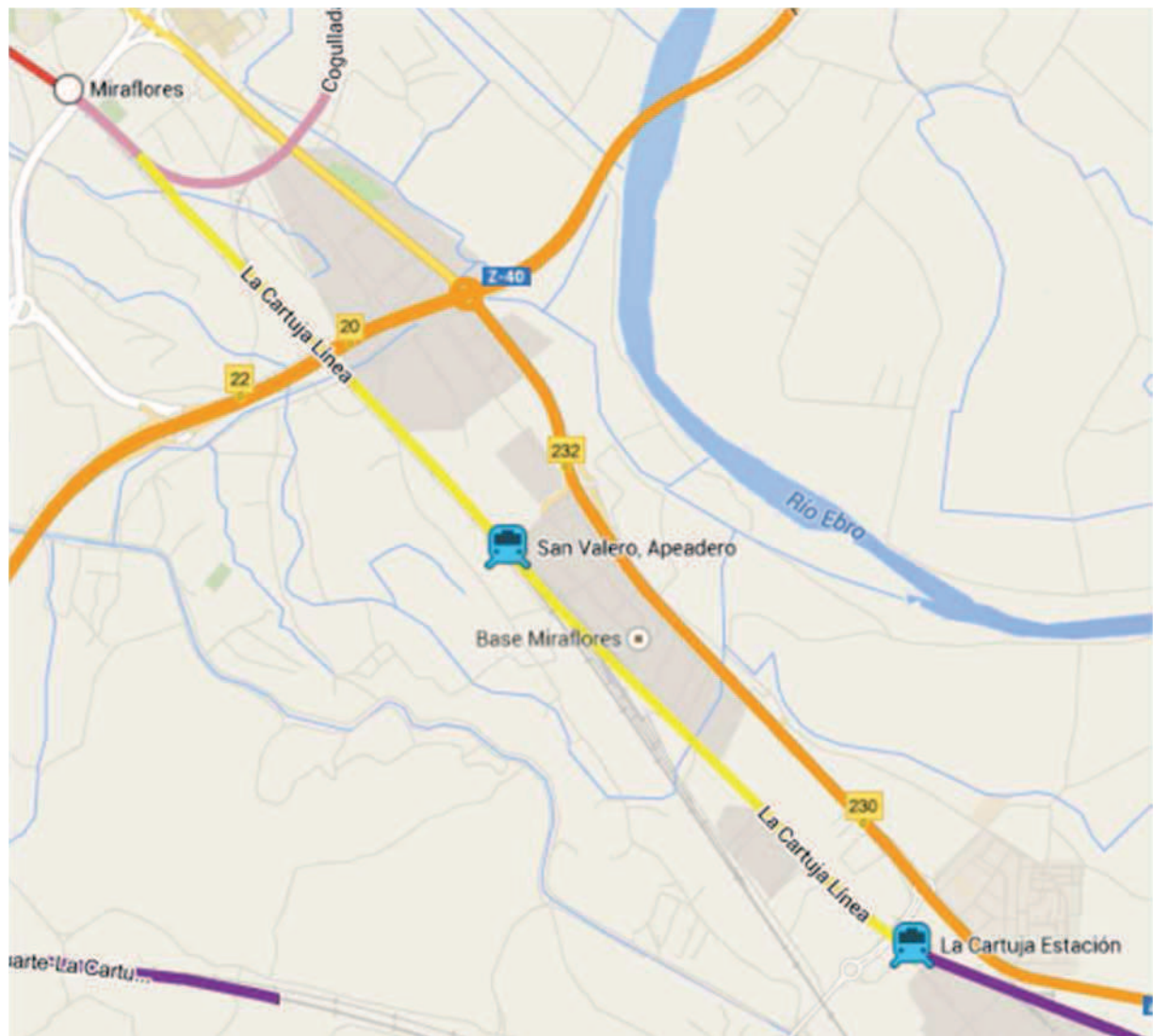
Trazado 3, Zona Suroeste, ramal que cerraría con zona Este en La Cartuja pasando por el Sur. Estudio de propuesta (Imagen 13.2)

“Plaza Línea”:  “Plaza-Cuarte-La Cartuja”: 

Estaciones nuevas, Plaza, Arcosur (apeadero), Cuarte, Puerto Venecia (apeadero) y La Cartuja con el icono: 

Además de los 6,5km del tramo hasta Plaza, la línea Plaza-Cuarte-La Cartuja, suponen 18,8km

14- Ramal 4- Este



Trazado 4, Zona Este Ramal hasta La Cartuja (Imagen 14.1)

Nuevo tramo “La Cartuja Línea”: 

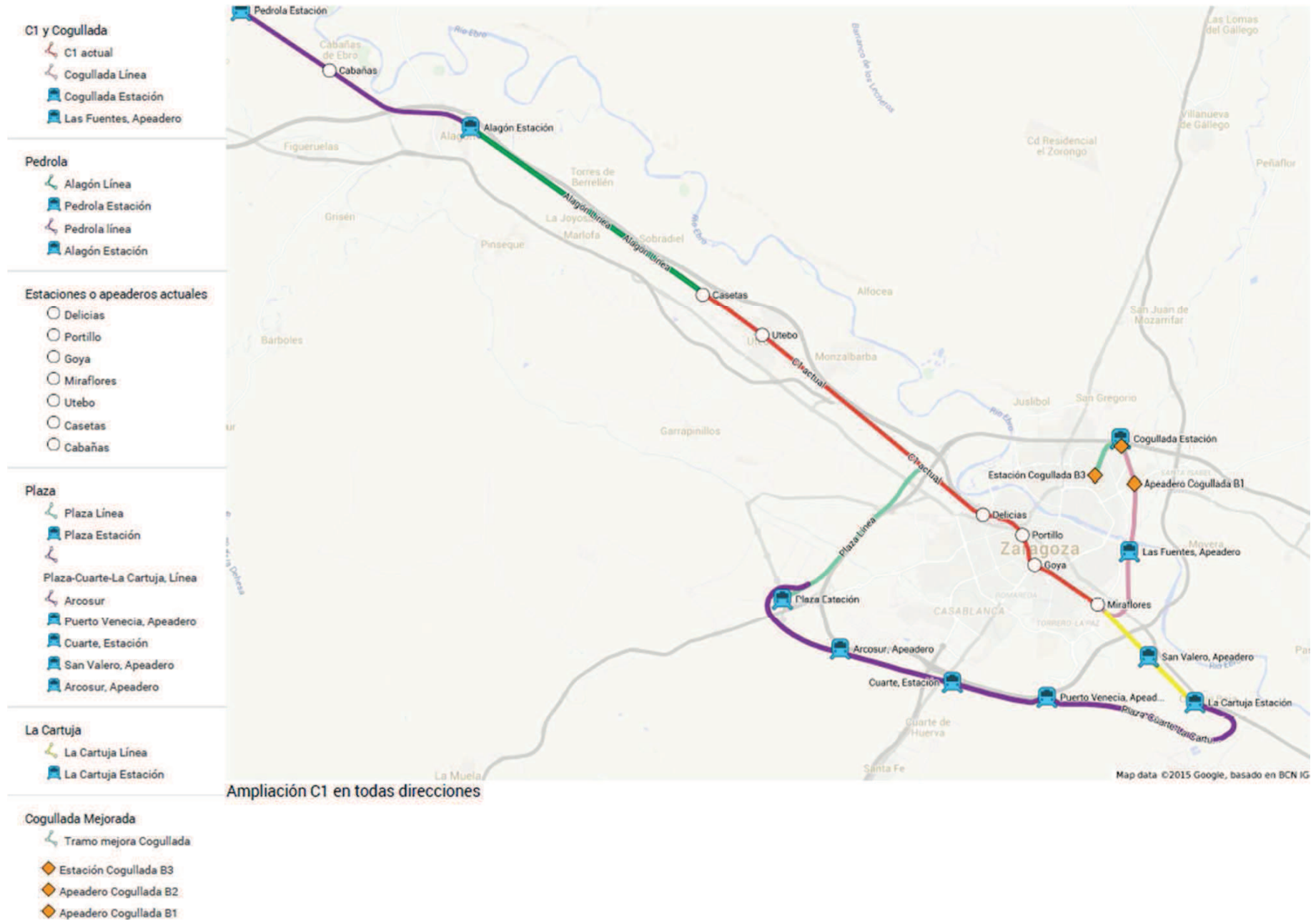
Estación nueva de La Cartuja con el icono: 

El tramo nuevo, tendría una longitud de 4,2km de ida y 4,2km de vuelta

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

15- Mapa completo

Mapa completo con todos los trazados y variantes de la propuesta de ampliación de la actual línea de Cercanías. (Imagen 15.1)



Ampliación C1 en todas direcciones

IV- FASE 3 Viabilidad técnica. Análisis y diseño de soluciones técnicas

Se trata en esta fase de, siguiendo los recorridos de cada tramo propuesto, analizar la validez de las infraestructuras actuales y proponer soluciones técnicas en caso de necesidad, de forma que se demuestre la viabilidad desde el punto de vista técnico de dichas propuestas.

Antes de comenzar con los análisis, se introducen las definiciones de algunos conceptos técnicos que se irán nombrando en adelante, para mejor comprensión del proyecto.

16- Definiciones

Previamente al análisis técnico de cada vía, se pasan a definir algunos de los parámetros, de consideración importante, que van a determinar el diseño final de las vías y de los trenes de cualquier infraestructura ferroviaria y, que en cualquier caso, deben ser conocidos para interpretar el resto del desarrollo del proyecto:

Gálibo: Es la distancia mínima de paso del tren mirado transversalmente, horizontal y vertical. Dicho de otra forma, es el área de la sección transversal de paso del tren. Todos los elementos de la infraestructura de la vía, deberán quedar fuera de esta área limpia de paso, así pues; túneles, puentes, estructuras, postes, catenarias, señales, semáforos, etc... deben haber considerado el gálibo para que los trenes no colisionen con ellos a su paso. Existen diversos gálibos estandarizados, recogidos dentro de la UIC.

Pantógrafo: El pantógrafo es el aparato a través del que una locomotora recibe la energía eléctrica que le proporciona la fuerza de tracción. Se sitúa en el techo del vehículo y es regulable en altura de forma automática, para poder alcanzar la catenaria independientemente de la altura a la que se encuentre el hilo de contacto. Al estar constantemente en contacto rozando con el hilo de la catenaria, el pantógrafo sufre un desgaste importante, por lo que para minimizar el desgaste y, repartirlo a lo largo de todo el ancho de la superficie de contacto, se diseña el cable de la catenaria en zig-zag de forma que vaya repartiendo el roce a medida que el tren avanza.

Catenaria: La catenaria es, estrictamente, el cable que está en contacto con el pantógrafo del tren y, suministra la energía eléctrica necesaria para su funcionamiento. Sin embargo, para que el cable pueda realizar su función, precisa de todo un sistema de sustentación (los postes) y de conexionado eléctrico, que todo junto se conoce como catenaria. El nombre de catenaria, lo recibe por la forma característica que describe un hilo suspendido de dos puntos y sometido al esfuerzo de su propio peso, la cual, se denomina catenaria.

Tensión de alimentación: La tensión de alimentación de los trenes, está estandarizada en España en dos valores, 3kV de corriente continua, de uso en los trenes que circulan por vías de ancho Ibérico y, 25kV en corriente alterna, de uso en los trenes que circulan por vías de ancho internacional.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Normalmente, en corriente continua el polo positivo es la catenaria y el negativo los carriles y, en corriente alterna, la fase es la catenaria y el neutro los carriles.

Vía banalizada: Se trata de una vía de tren señalizada en ambos sentidos.

Apeadero: Es un punto de parada del tren donde los usuarios pueden subir y bajar del tren. Se diferencia de una estación porque es un punto que nunca va a gestionar el tráfico y se va a encontrar situado entre estaciones que serán los puntos de partida o llegada. Puede ser más o menos grande, aunque nunca tendrá la entidad de una estación, en muchos casos puede no haber ni máquinas expendedoras, sino ser simplemente andenes con una pequeña marquesina. Sin embargo, hay apeaderos importantes, como por ejemplo el caso del apeadero de Goya en Zaragoza, dado que por el transitan una gran cantidad de usuarios.

Estación: Punto de parada del tren donde se regula el tránsito de trenes y se ordenan las salidas y llegadas de los mismos. Son puntos donde habrá expedición de billetes y tránsito de viajeros. Son más grandes por lo general que los apeaderos y, en las ciudades suelen conectar con diferentes modalidades de transporte (intermodalidad); autobuses, taxis, metro, estaciones de bici, para facilitar conexiones hasta los puntos de destino definitivos de los viajeros.

Cantón: Un cantón es un tramo de vía férrea en el que no puede haber más de un tren a la vez. Es un sistema de seguridad de tal forma que, un tren cuando sale de una estación, ocupa un cantón y se le van activando los cantones sucesivos siempre que no estén ocupados por otro tren. Cuando el tren desocupa el cantón y pasa al siguiente, el cantón que acaba de dejar puede ser ocupado por otro tren, en ocasiones se guarda un cantón de seguridad adicional. El control de los cantones y la frecuencia de uso por los trenes consecutivos, se llama cantonamiento.

ERTMS: Se trata de un sistema europeo de gestión del tráfico ferroviario, cuyas siglas en Inglés, significan; European Rail Traffic Management System. El sistema en sí es la suma de diversos subsistemas de gestión de tráfico y seguridad ferroviaria y es un estándar Europeo, cuyo objeto es la interoperabilidad de los trenes que circulan por Europa y la automatización de muchos aspectos para mejorar la seguridad fundamentalmente. Por ejemplo se controlan con este sistema; La velocidad de los trenes, la gestión de la seguridad del tráfico, el control de los telemandos, etc... Para el funcionamiento de este sistema, toda la vía debe estar equipada con sensores de recepción de datos de los trenes en funcionamiento y sistemas de comunicación que transmitan la información a los trenes equipados con los receptores apropiados, así como a las estaciones de control del tráfico. Se trata de un sistema que encarece mucho los nuevos proyectos, alrededor de 1M€/km, pero que garantiza la seguridad del tránsito de los convoyes.

Ancho de Vía: El ancho de vía ha supuesto, supone y muy probablemente, todavía supondrá durante muchos años un aspecto técnico muy importante así como un problema en los transportes

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

ferroviarios españoles. Dada la importancia de este parámetro de los ferrocarriles, se explica a continuación de forma más extensa.

- Se denomina “ancho de vía”, a la distancia nominal entre las caras internas de los carriles, medida en milímetros. En concreto, es la distancia entre las dos caras activas de las cabezas de los carriles, medida a una altura de 14,5 mm ($\pm 0,5$ mm) por debajo del plano de rodadura. Esta anchura delimita la distancia que tendrán dos ruedas de un tren medidas en el mismo eje y entre las caras exteriores de las pestañas de la rueda.

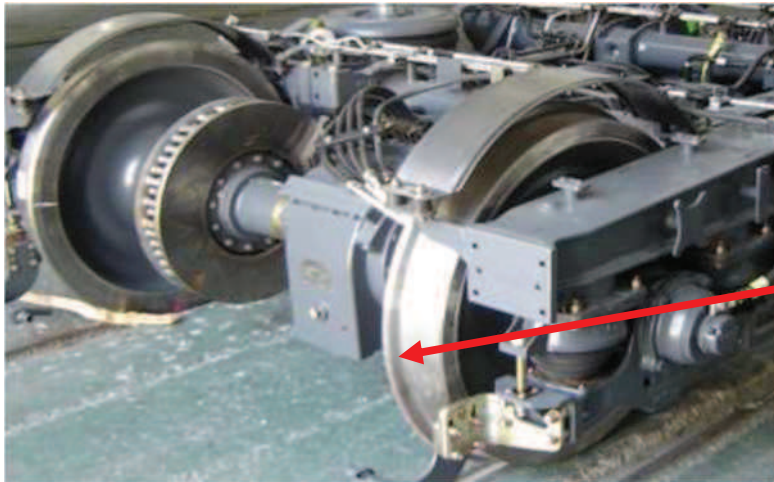
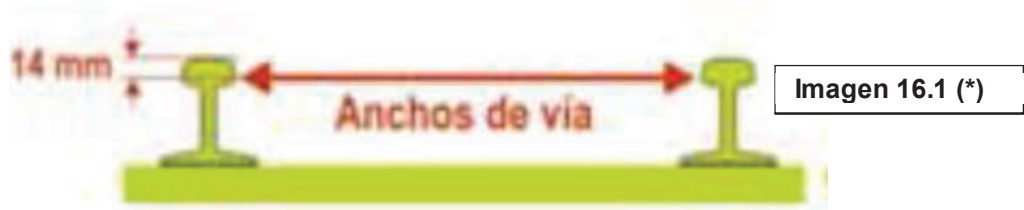


Imagen 16.2: Vista parcial de un carretón o bogie, la flecha señala la cara exterior de la pestaña de una de las ruedas, el ancho se mediría entre esta pestaña y la de la otra rueda.

Imagen tren CIVIA III

- En el mundo hay diversos anchos de vía (ya comentado en la introducción), desde los 600mm en adelante. En España, se construyeron las líneas con el denominado ancho ibérico que, en la actualidad equivale a 1668mm, mientras que en gran parte de Europa, se montaron las vías en lo que se conoce como ancho internacional de 1435mm. Esto ha supuesto grandes problemas en las comunicaciones ferroviarias, ya que nuestros trenes no pudieron pasar de la frontera con Francia durante muchos años.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

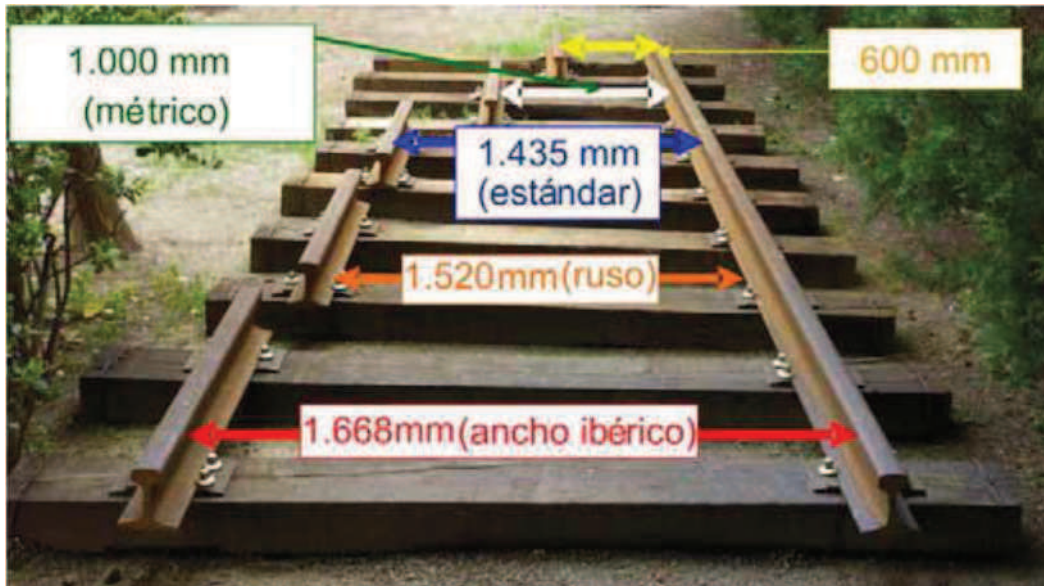


Imagen 16.3

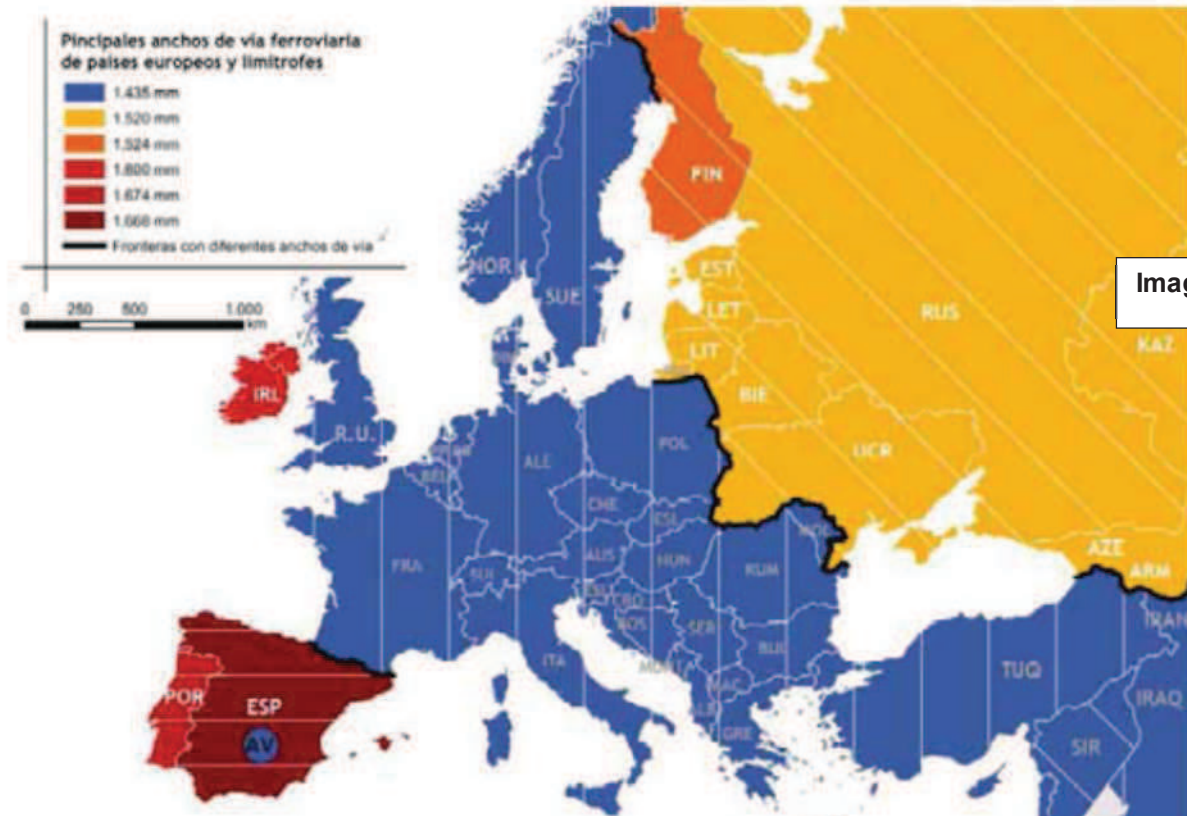


Imagen 16.4 (*)

- ➔ A los puntos donde el ancho cambia y los trenes no pueden continuar de forma natural, se les denomina “Fronteras de Ancho”.
- ➔ Desde finales de los años 60 del Siglo XX, se comenzaron a desarrollar los cambiadores de ancho, que son sistemas mecánicos que mediante una serie de elementos, permiten adaptar el ancho de las ruedas de un convoy, de una a otra medida. En los modernos cambiadores de ancho, esta operación se realiza a día de hoy en marcha a velocidad reducida pero sin parar el tren.

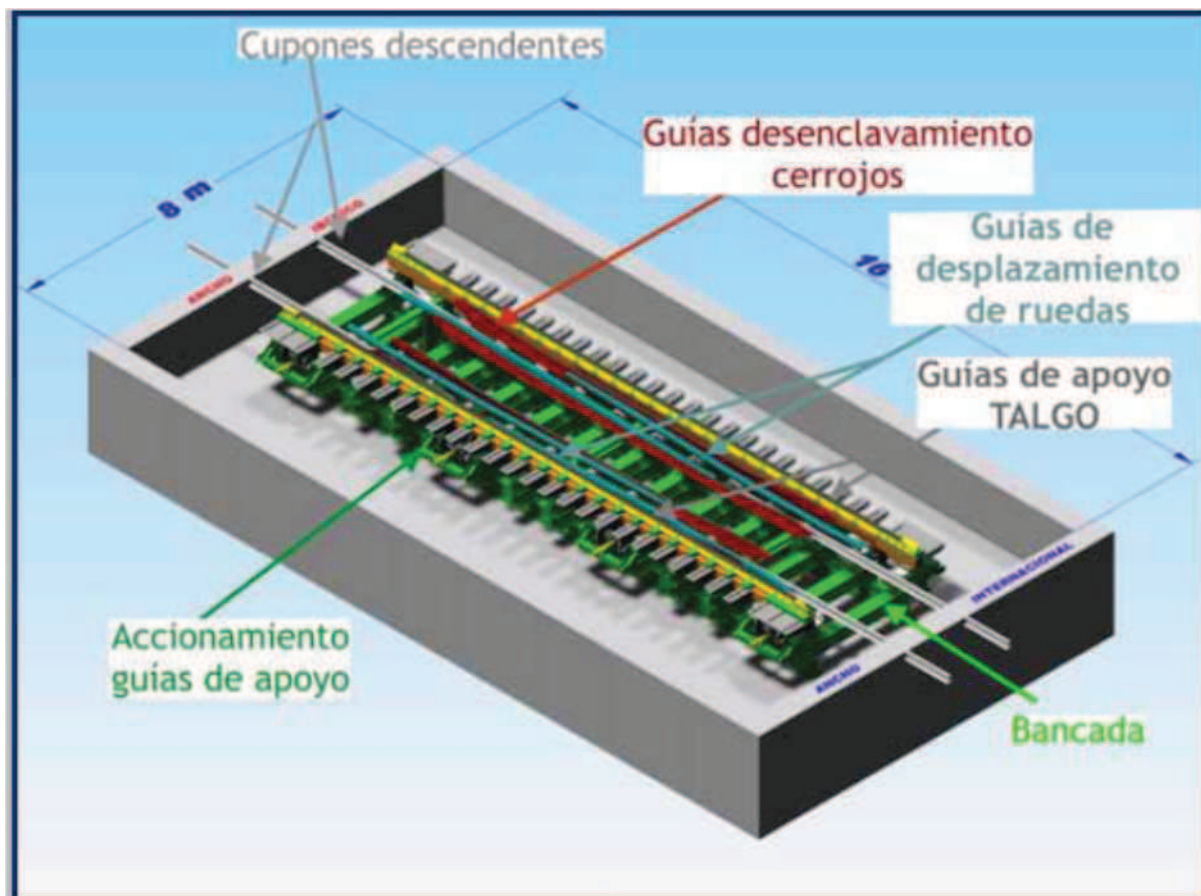


Imagen 16.5 (*)

Imágenes 16.1, 16.3, 16.4 y 16.5, marcadas con (*), pertenecen al cuaderno de vía técnica “Cambio Automático de Ancho de Vía de los trenes en España”, editado por fundación de los ferrocarriles Españoles y, disponible para descarga libre en su web.

La imagen 16.5 muestra los elementos básicos de un cambiador tipo TALGO:

- Cupones descendentes: son carriles de entrada y salida del tren en el cambiador.
- Bancada: Estructura sobre la que se soporta los distintos elementos de un cambiador.
- Guías de apoyo: Carriles laterales sobre los cuales queda descargado el peso de los trenes a su paso por el cambiador.
- Accionamiento de guías de apoyo: Sistema de cambio de las diferentes guías existentes.
- Guías de desenclavamiento de cerrojos: Sistemas que accionan los cerrojos a su paso por el cambiador.
- Guías de desplazamiento de ruedas: Accionan el desplazamiento de las ruedas.

➔ Además del sistema de cambiador instalado en las vías, los carretones o bogies, deben estar preparados para poder reducir o ampliar la diferencia de ancho entre las ruedas, la imagen

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

16.6 recoge un esquema de cómo se realiza la adaptación en las ruedas para TALGO, esquema colgado en la página web del fabricante.

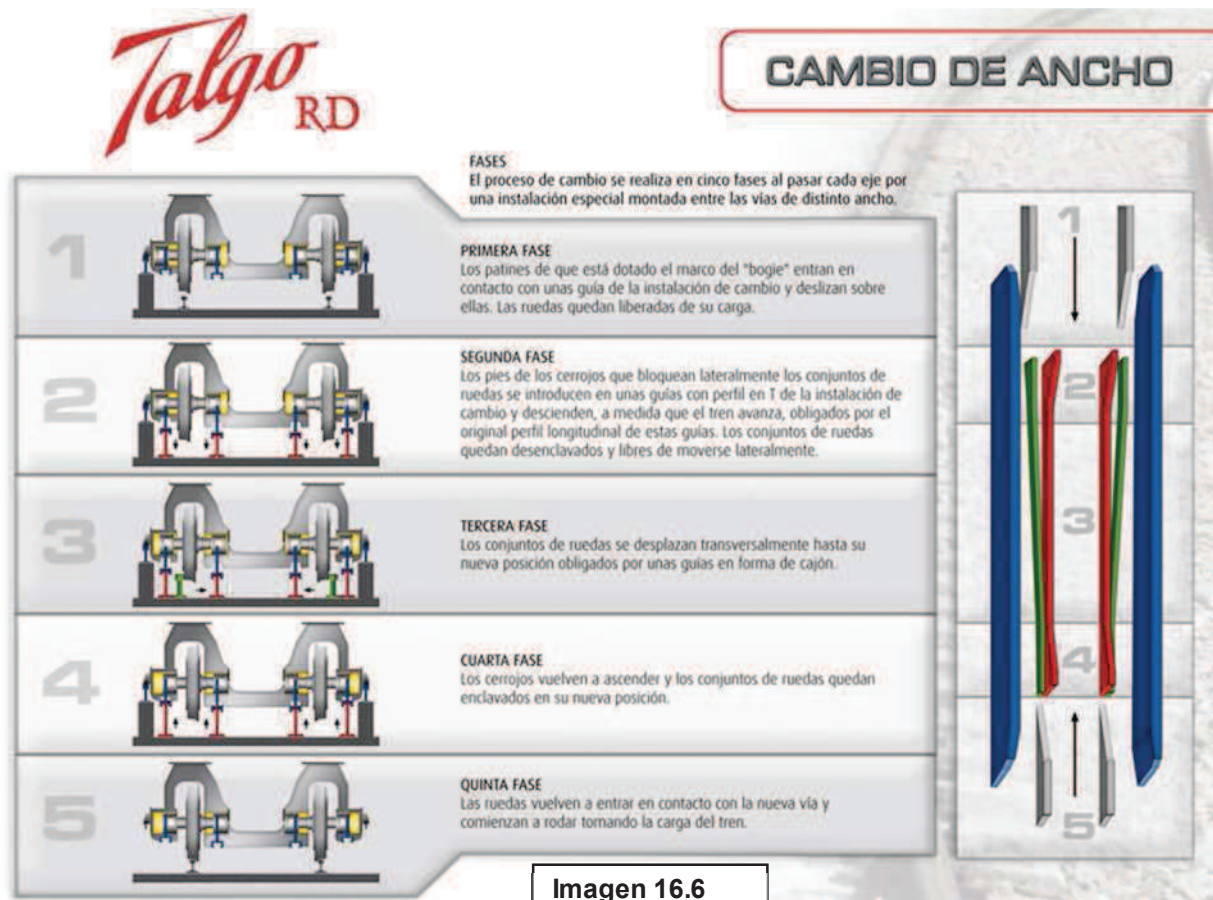


Imagen 16.6

- ➔ Dada la particular decisión española que la diferenció del resto de Europa, el aspecto del ancho de vía, ha sido determinante a la hora de tomar muchas decisiones y, ha supuesto muchas inversiones para tratar de ir mejorando las comunicaciones ferroviarias.
- ➔ La implantación del AVE, hizo que se tomara una nueva decisión al respecto del ancho de vía y, todas las líneas de Alta Velocidad, han sido realizadas en ancho internacional, lo cual ha supuesto la aparición de nuevas fronteras entre las vías tradicionales de ancho ibérico y las nuevas de ancho internacional, dentro de la red ferroviaria española.
- ➔ Además de los cambiadores de ancho, otra solución técnica es montar un tercer carril en una vía con un ancho determinado de uso más habitual. Esto permite que circulen por dicha vía, trenes tanto de ancho Ibérico como de ancho Internacional. A este tipo de vías se les denomina de Ancho Mixto o vías con tercer carril.



Imagen 16.7 Tramo de vía de ancho mixto, imagen (Fuente la vía de tres carriles, ver bibliografía)

- ➔ Para el diseño de nuevas líneas y, tal como se recoge en el Plan Estratégico de Transportes 2005-2020 (Fuente la vía de tres carriles, ver bibliografía), la tendencia es a ir eliminando paulatinamente las vías de ancho Ibérico, para lograr una adaptación a ancho internacional y eliminar las barreras con el resto de Europa. Motivo este por el que la tendencia para nuevas líneas, deberá pasar por el montaje de vías de ancho mixto, que permitan el paso de ambos anchos sin limitar el paso de los nuevos trenes que ya monten ancho internacional, pero, que permitan transitar a los clásicos trenes con ancho Ibérico o bien, la creación de líneas con ancho internacional único para casos de grandes líneas.
- ➔ Para nuestro proyecto en concreto y, pese a que los actuales cambiadores de ancho permiten tiempos muy bajos y una buena garantía de funcionamiento, en caso de que surja el problema de la anchura en algún punto de la vía descartaremos la opción de un cambiador de ancho por ser elementos que suelen limitar el paso de los trenes a un punto único, pueden generar problemas de esperas y conllevan costes adicionales de redireccionamiento de los trenes; agujas, desvíos, etc... y, tampoco están en consonancia con la tendencia marcada por la directiva europea. Así pues, en caso de necesidad se planteará el montaje de vías mixtas.

Carretones o Bogies: Actualmente más conocidos como Bogies, son conjuntos mecánicos que están compuestos principalmente por dos o más ejes, los cuales a su vez montan dos ruedas cada uno. Estos dos ejes mínimos, van montados sobre una pequeña estructura de traviesas que dan al conjunto un aspecto de plataforma rodante. Dichas plataformas son el material rodante del tren y, sobre ellas van montados los coches tren. En el modelo de tren CIVIA, como el que circula por la C1 de Zaragoza, los coches cabina van soportados por un bogie completo en la parte de la cabina y por medio bogie en la parte que une con el siguiente coche de pasajeros, ya que comparten bogie con el coche siguiente. Los coches de pasajeros, van montados en dos bogies compartidos, así que su peso recae en realidad sobre dos ejes rodantes, uno en cada extremo del coche. Ver imágenes del proyecto tren CIVIA III en la página siguiente.



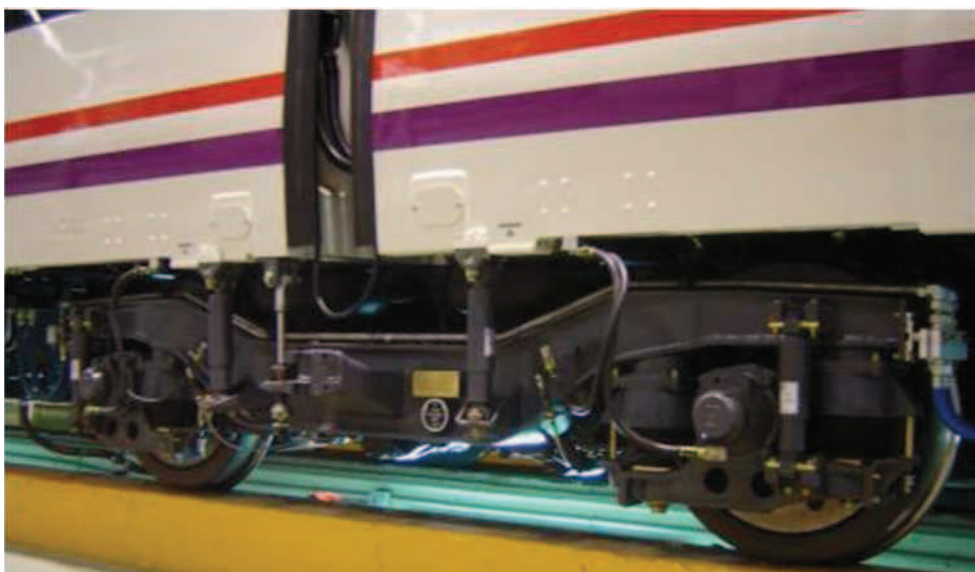
Imagen 16.8

Bogie saliendo de la cadena de montaje



Imagen 16.9

Bogie montado en la cabina



Bogie compartido

Imagen 16.10

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Infraestructura: Se habla mucho a lo largo de todo el proyecto de la infraestructura ferroviaria. La infraestructura como tal, es el terreno sobre el que se asienta la vía. Este concepto es muy genérico y en realidad, engloba por un lado, todas las obras denominadas de defensa que, son obras cuyo objeto es garantizar el correcto asentamiento de las vías y el funcionamiento de las mismas, por ejemplo; los muros de contención y sostenimiento, drenajes, saneamientos, etc... y por otro lado, las denominadas obras de fábrica, que son obras cuya misión es enlazar la vía entre dos puntos de difícil acceso, salvando obstáculos naturales del terreno, como por ejemplo; viaductos, puentes, pasos a distinto nivel, pasos a nivel o túneles.

Superestructura: La superestructura como tal, es la estructura ferroviaria que va encima de la infraestructura, de forma que, estrictamente se podría decir que es únicamente la vía, aunque hoy día, se considera que está formada también por el conjunto de aparatos e instalaciones necesarios para que los trenes circulen eficazmente y con seguridad, de forma que en este apartado estarían incluidos por ejemplo; la vía, los desvíos, las señales de cualquier tipo, la electrificación etc...

Balasto: Piedra machacada que se usa en la plataforma ferroviaria, colocada sobre la explanación de la línea, cuya misión es sostener el tendido de raíles y traviesas, recibir las cargas que desde estos elementos se le transmiten, y drenar el agua de lluvia.

Traviesas: Son los elementos transversales al eje de la vía, que sirven para mantener unidas y a una distancia fija los carriles por los que va a circular el tren (que ambos unidos forma en sí la vía del tren), así como para mantener dichos carriles unidos al balasto. Se fabrican en muchos materiales, las más antiguas eran de madera y ahora la tendencia es a montarlas de hormigón. Las traviesas van a recibir todos los esfuerzos del desplazamiento de los trenes a través de los carriles.

Desvíos: También llamados cambios de agujas, consisten en puntos de la vía ferroviaria, en los que los trenes pueden continuar en la línea que van o bien, desviarse a otra línea mediante el accionamiento de unos tramos de vía móviles, denominados agujas.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

17- Tramo actual C1 Casetas-Miraflores

Además del análisis de las ampliaciones de línea, se considera necesario realizar un análisis de la actual línea de cercanías para detectar las posibles ventajas o inconvenientes de la misma, a fin de no cometer errores de diseño por no haber considerado aspectos importantes que, se arrastrarían después al resto del vial.

Datos de partida:

Las características y aspectos a considerar, de la línea actual son las siguientes:

- ➔ Recorrido completo de la línea **16,6 km** desde Casetas a Miraflores.
- ➔ Paradas: **Casetas-Utebo-Delicias-Portillo-Goya-Miraflores**
- ➔ El recorrido completo Casetas-Miraflores, tiene 23 trenes de servicio al día (en día laborable), con unas frecuencias que oscilan entre 20 minutos y 1 hora y, con un tiempo invertido entre 19 y 26 minutos.
- ➔ El recorrido completo Miraflores-Casetas, tiene 26 trenes (en día laborable) con frecuencias y tiempos similares al recorrido inverso.
- ➔ Dado que se utilizan trenes regionales en tránsito por dichas vías, como trenes de cercanías para usuarios de la línea C1, los trayectos dentro de las estaciones de la ciudad, desde Miraflores a Delicias o viceversa, ven incrementado, de forma significativa, el número de trenes a modo de C1 y por tanto el servicio mejora mucho entre ambos puntos, en resumen:
 - Delicias-Miraflores: 34 servicios/día, frecuencia mínima 6 minutos, diversas frecuencias que rondan desde los 7 a los 20 minutos. Tiempo de viaje de 8 a 11 minutos.
 - Miraflores-Delicias: 36 servicios/día, frecuencia mínima 4 minutos, diversas frecuencias desde 5 a 20 minutos. Tiempo de viaje de 8 a 16 minutos.
- ➔ La línea cuenta con una dotación de dos trenes de cercanías CIVIA en funcionamiento desde 2008, en ancho Ibérico y circulando por líneas realizadas en ancho Ibérico sin tercer carril, esto limita mucho el uso de los regionales como cercanías, ya que:
 - Los 5 kilómetros que separan Delicias de Miraflores, suponen un cuello de botella ya que queda limitado el paso a 1 sola vía para el cercanías y los regionales.
 - Muchos de los regionales que podrían parar en las estaciones del centro de la ciudad, no lo hacen por saturación de dicha zona.
 - Se estima que podrían aumentar un 10-15% el número de usuarios si los trenes regionales pudieran parar en las estaciones del centro.
- ➔ El número de usuarios anual es superior a los 300.000 usuarios/año, en concreto (Anexo 4, noticia Herald 29 Enero 2015) fue de 303.100 viajeros en 2014, que ha supuesto un pequeño descenso respecto a años anteriores, pero que Renfe considera una cifra consolidada.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- La apertura de la estación de Goya, supuso un aumento de 100.000 viajeros al año, un 30% de la cifra total anual (Anexo 3, noticias Heraldo).

Conclusiones:

Del análisis de los datos de partida presentados, se concluyen los siguientes puntos fuertes y débiles de la actual línea C1:

- **Fortalezas**

- Se trata de una línea joven con un buen equipamiento de trenes y con unas estaciones en el centro de la ciudad que atraen bastantes usuarios.
- Actualmente la línea tiene capacidad sobrante para absorber futuras necesidades.
- Los ciudadanos responden a las mejoras realizadas, prueba de ello son la apertura de la estación de Goya que captó 100.000 usuarios más al año y, el uso de regionales como cercanías, lo cual, al reforzar las frecuencias y mejorar la fiabilidad y los tiempos, consolida usuarios y atrae otros nuevos.
- Tal como se recoge en la noticia del Periódico de Aragón (Anexo 4, 31 Marzo 2014), existe un plan de cercanías ferroviarias de Zaragoza que, está en su fase final, lo cual hace entrever, que el ministerio de Fomento está considerando una posible ampliación de los servicios actuales.

- **Debilidades**

- El número de usuarios continúa siendo insuficiente, hay que tener en cuenta que los convoyes viajan de media con un número muy pequeño de personas.
- Los municipios del área metropolitana y los barrios de la ciudad atendidos por el servicio actual, son pocos y, a pesar de la intermodalidad mejorada de los últimos años, el actual cercanías llega a pocos usuarios.
- El cuello de botella que genera la existencia de una única línea con ancho ibérico entre Delicias y Miraflores, hace que un buen número de trenes se queden sin pasar por la línea, los cuales, podrían mover más usuarios potenciales y ofrecer un servicio aún mejor, que revertiría en un mayor incremento del servicio. También esta limitación de paso, genera esperas de trenes, que, en determinados momentos del día, hacen que los trayectos alarguen su duración hasta en 7 minutos en el recorrido total, lo cual es casi un 40% de incremento sobre el tiempo mínimo en que se puede realizar el trayecto.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Propuesta a realizar:

En cuanto al actual tramo Casetas-Miraflores y fruto del análisis anterior, se propone convertir en ancho internacional la línea C1 para aprovechar las líneas AVE que transitan en paralelo al cercanías desde Delicias a Miraflores, con objeto de eliminar el cuello de botella de esta zona, al pasar de una a dos vías de posible utilización por los trenes CIVIA. Esto supone a nivel técnico:

- a. Instalar un tercer carril en todas las líneas de cercanías para permitir tanto el paso de trenes de cercanías con el nuevo ancho internacional, como de los trenes regionales que seguirán con ancho Ibérico y, que podrán seguir siendo utilizados como cercanías.
- b. Sustituir los actuales desvíos estándar por desvíos mixtos exclusivamente donde sea necesario para pasar de Ibérico a las líneas con ancho Internacional y analizar si son necesarios cambiadores de hilo.
- c. Adaptar los actuales CIVIA, de forma que puedan circular en ambas vías, eso supone varios aspectos; 1º) Adaptar la toma de corriente que pueda pasarse de 3kV CC a 25kV CA, 2º) adaptar los carretones o bogies a ancho Internacional y 3º) reajustar el pantógrafo para que pueda tomar corriente de ambas catenarias.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

18- Viabilidad técnica Zona 1, Norte

La propuesta para la zona Norte, se plantea dividida en dos opciones la A, básica, que no contemplaría la ejecución de nuevas vías y la B, que con la ejecución de un tramo nuevo de vías de unos 1,7km y 2 apeaderos adicionales, daría un servicio mucho mayor en la zona de Cogullada.

➤ **Propuesta A**

La propuesta A para esta prolongación, es la propuesta básica que ya se dejaba entrever en la propuesta del 2006 del plan de intermodalidad, mencionado en este proyecto. Consiste en hacer salir al cercanías por la vía que va a Cogullada al pasar por Miraflores y, desviarlo seguidamente hacia el norte por la vía de los Regionales que van hacia Huesca.

El final de este trayecto, tendrá lugar al final del polígono industrial de Cogullada, muy cerca de Mercazaragoza, punto en el cual ahora mismo existen también unos desvíos para trenes de mercancías que terminan en un muelle de carga en Mercazaragoza.

La vía circula durante buen tramo de forma paralela al tercer cinturón (Z30) o Ronda Hispanidad, dejando a la izquierda el barrio de Las Fuentes, barrio que ronda los 43.000 habitantes (según informe de cifras de Zaragoza 2014, datos demográficos del padrón municipal). Se propone una parada tipo apeadero simple, justo antes de cruzar el puente del río Ebro, para conectar con los usuarios de dicho barrio.

De cara a la posterior selección de una de las dos propuestas, se realiza un análisis de fortalezas y debilidades tanto de la opción A como de la B.

Fortalezas Opc. A

- No hay que realizar ningún tramo nuevo de vía férrea, incluso se podrían aprovechar parte de los desvíos actuales de Mercazaragoza, para hacer las llegadas y salidas de la estación de final de línea.
- Se daría un servicio excelente a los trabajadores de Mercazaragoza ya que, si se aprovechan dichos desvíos, estaríamos poniendo el tren justo en el corazón del complejo.
- Se acercaría el tren al barrio de Las Fuentes, dando una opción de movilidad interesante a los vecinos que quieran desplazarse a otras zonas más periféricas, sin tener que realizar varios transbordos.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

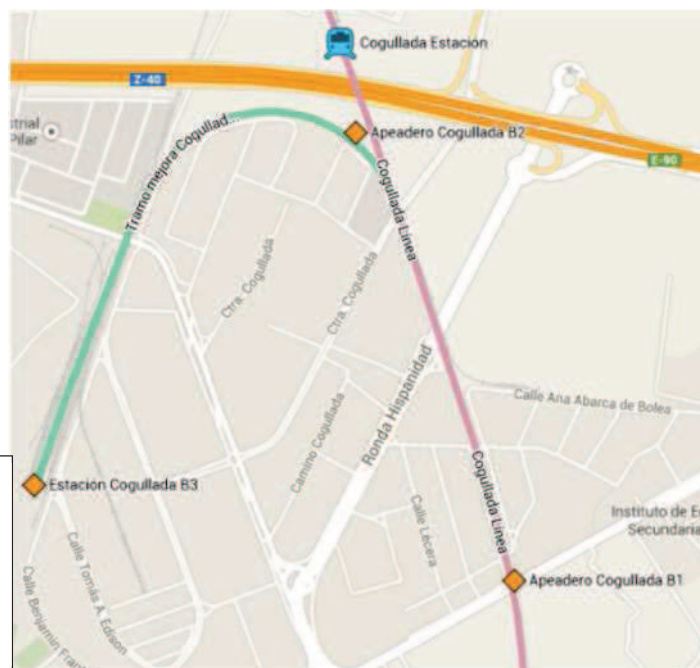
Debilidades Opc. A

- Pese a circular cerca del distrito del Rabal (formado por los barrios del Arrabal, Cogullada, Jesús y La Jota) de Zaragoza que cuenta con una población de más de 78.000 habitantes (según informe de cifras de Zaragoza 2014, datos demográficos del padrón municipal), el servicio prestado a estos barrios sería prácticamente nulo dada la lejanía de las paradas.
- De las dos vías que circulan por este “cinturón ferroviario”, una está reservada al AVE que une Madrid con Huesca, por tanto en ancho Internacional y por tanto inutilizable por los cercanías, así que el paso del convoy, quedaría restringido a una de las dos vías, generando esto una limitación en cuanto a la circulación en ambas direcciones y un problema para agilizar las frecuencias desde el principio.

➤ **Propuesta B**

Esta propuesta parte de la misma base que la propuesta A, pero, al llegar a lo que en la propuesta A era el final de línea en la estación de Mercazaragoza, el tren se desviaría a la izquierda, para acceder hasta el final de la calle Tomas Edison, situada en el polígono Cogullada, parte antigua, muy cerca de empresas tan tradicionales de esa zona como Hierros Alfonso o la factoría que Saica tiene en Zaragoza en el tramo medio de la calle de San Juan de La Peña.

La curva a izquierdas que hay que tomar para realizar el giro, forma parte de una antigua vía de tren, por lo que no sería necesario hacer la explanación del terreno o, los trabajos a realizar serían mucho menos costosos de lo que supondría hacer el proyecto desde cero, por lo que para este proyecto y, dado que los costes de realizar una pequeña rehabilitación del terreno, no serían muy significativos en comparación con la inversión restante, se despreciará este aspecto a efectos de presupuesto.



Por este lado, se encuentra el Arrabal y más abajo el nuevo barrio de La Azucarera

Imagen 18.1. En el plano se ve en color verde la propuesta B, con final en la denominada Estación Cogullada B3, en esta opción la estación de Cogullada se sustituye por un apeadero y se aleja un poco de Mercazaragoza

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

En este caso, se propone la ejecución de un tramo de vía nuevo de aproximadamente 1,7km, que iría a enlazar con el muelle de trenes de mercancías (todavía en uso) que hay en el corazón de la zona antigua del polígono Cogullada.

Además de la realización de las nuevas vías, que comprenden la zona de la curva hasta enlazar con el muelle de trenes de mercancías, esta propuesta recoge la construcción de un apeadero a su paso por la Avenida Cataluña, otro apeadero justo antes del inicio de la curva de Cogullada (tramo verde) que, sustituiría a la Estación Cogullada de la propuesta A y, finalmente la estación Cogullada B3 mencionada anteriormente.

Fortalezas Opc. B

- Se daría servicio a gran parte del distrito del Rabal, desde el Barrio de la Jota/Jesús con el apeadero Cogullada B1, hasta el antiguo Arrabal y los nuevos residenciales de la zona de La Azucarera. Esto captaría un importante número de usuarios de personas que tengan destino o partida estas zonas habitadas.
- Sin ser una zona como Arcosur o Valdespartera, presenta también un potencial crecimiento futuro de la población de la zona en servicio, ya que, presenta núcleos como el mencionado de La Azucarera, pero también Vadorrey y Paseo Longares, que han sufrido un importante crecimiento urbanístico y donde se han asentado familias jóvenes. De forma que el número de usuarios podría ir en aumento.
- Se daría un servicio mucho mejor al polígono de Cogullada (la opción A lo deja casi excluido), trabajadores que diariamente podrían introducirse en el centro de dicho polígono, descongestionando parte del tráfico rodado que saturan avenidas como Marqués de la cadena o avenida Cataluña, incluso parte de trayectos de vehículo privado de la Ronda Hispanidad podrían optar por tomar el cercanías.
- Se perdería muy poca calidad del servicio a las personas interesadas en desplazarse a Mercazaragoza, dado que el apeadero sólo distaría unos 500 metros de la estación prevista en la propuesta A.
- Se podría prolongar la línea en un futuro si interesara acercar más el tren hacia la zona de la antigua estación del Norte, reivindicación de los vecinos del Arrabal (Anexo 3, noticia 13 Diciembre del 2011).

Debilidades Opc. B

- Requerirá de la inversión adicional de 1,7 kilómetros de nueva vía férrea.
- Inversión adicional de 2 apeaderos no previstos en la opción A.
- Inversión en un desvío de línea para tomar la curva a la izquierda en el nuevo tramo de 1,7kilómetros, pasar el apeadero de Cogullada B2, llegando al final de línea en Cogullada B3.
- Sigue existiendo el inconveniente de la limitación de circulación a una vía, dado el problema del ancho de vía.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Resumen necesidades técnicas**

La tabla inferior, recoge un resumen de las necesidades, exclusivamente ferroviarias, de inversión para la ejecución de este ramal nuevo de cercanías y sin contar el paso a ancho internacional:

Propuesta	Estaciones/apaderos (nuevos)	¿Requiere Nuevas vías?	km vías nuevas	Km totales Desde Miraflores	Tipo de ancho
A, básica	1/1 (*)	No	--	7+7	Ibérico
B, mejorada	1/3 (*)	Sí	1,7km x 2	8+8	Ibérico

Tabla 18.1

(*) Bien sean Estaciones o apeaderos y, dado que son estaciones integradas en la ciudad, se propone instalar aparca bicis para particulares y, montar una estación de bizing en cada uno con los accesos peatonales y carriles bici correspondientes.

Además de las nuevas infraestructuras necesarias y de las vías que se aprovechan, se propone instalar el tercer carril en todo el tramo desde Miraflores hasta el final del nuevo tramo sea cual sea la opción elegida, para eliminar el problema de limitación de convoyes a la línea de ancho Ibérico. Esto supondría la instalación de tercer carril exclusivamente en la vía de ancho ibérico, ya que la idea sería que el cercanías circulara con ancho internacional pudiendo utilizar las vías del AVE dada la baja utilización de este tramo por el tren de Alta Velocidad, que, actualmente es de sólo 1 convoy al día. Considerando sólo este tramo, la instalación del tercer carril, supondría instalar también desvíos mixtos (desvío de línea mixta a línea de ancho fijo o viceversa) tanto para el caso de la opción A como la B, ya que se pretende que el cercanías pueda circular tanto por línea AVE como por la línea Regional, siendo esta última de ancho ibérico, pero desembocando al final en tramos de ancho internacional exclusivamente ya que no requerirían de tercer carril los finales de línea por ser de uso exclusivo del cercanías.

La tabla final, recoge todas las nuevas necesidades técnicas para completar la ampliación del trazado de acuerdo con la opción de pasar a ancho internacional:

Propuesta	Estaciones /apaderos	km vías nuevas	km tercer carril	Desvíos	Desvío mixto	Otros
A	1/1	--	7	0	1	2 Accesos Peatonales/ 2 bicis
B	1/3	1,7km x 2	8	1	1	4 Accesos Peatonales/ 4 bicis

Tabla 18.2

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

19- Viabilidad técnica Zona 2, Oeste

La propuesta para la zona Oeste es tal vez la más simple, ya que aprovechando todas las actuales infraestructuras viarias, las obras a realizar afectarán sólo a la rehabilitación o creación de nuevas estaciones o apeaderos, además, el nuevo tramo es una continuación del actual C1 en dirección oeste sin requerir ni siquiera cambios de vía.

La primera opción sería prolongar el recorrido hasta Alagón, población que cuenta con más de 7000 habitantes a día de hoy y, que puede ser un punto de atracción interesante para las poblaciones cercanas de Cabañas de Ebro, Figueruelas e incluso Grisén o Bárboles que, podrían desplazarse hasta la estación de Alagón y, dejar el coche en el aparcamiento disuasorio previsto para tomar el cercanías al centro de la ciudad el cual, daría un servicio mucho mejor que las actuales líneas de regionales que llegan hasta esos pueblos.

Posteriormente se podría prolongar el recorrido, llegando hasta Pedrola, que cuenta con 3600 habitantes y, que en realidad, es una estación que está muy próxima a Alcalá de Ebro y Cabañas de Ebro, lo cual acercaría más el tren a estas poblaciones pudiendo utilizar esta estación en vez de la de Alagón y dando un mayor servicio a los habitantes de esta zona.

Pese a los bajos números de población, comparativamente hablando con otras zonas o con los barrios de la ciudad, se estima que el porcentaje de uso podría ser muy elevado dado que ha habido diversas movilizaciones por los vecinos de estos municipios para solicitar la prolongación del servicio hasta Gallur, lo cual unido a ser una zona con baja necesidad de inversión, hacen atractiva la prolongación del C1 en este sentido.

En cuanto al tráfico actual de dicha línea, habría que compaginarlo con varios trayectos de media y larga distancia que, utilizan dichas vías, en concreto son 19 trayectos de ida y 19 de vuelta que, llegan a diversos destinos (Pamplona, Bilbao, Logroño), y con el denominador común de que todos paran en Tudela de Navarra. Sin ser un tráfico muy denso, dado que la prolongación puede hacer coincidir en horarios con algún tren de media distancia, habría que prever un punto para regular el tráfico permitiendo que los cercanías se desvíen para dejar pasar a los regionales. Dicho punto podría ser la estación actual de Alagón, que ya cuenta con un apartadero de trenes a la derecha en dirección Logroño.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

En la línea de todo el proyecto, se plantea instalar también el tercer carril a lo largo de este tramo, por tanto, teniendo en cuenta lo anterior, las necesidades técnicas completas de esta prolongación serían:

Tramo	Estaciones /apeaderos (remodelar)	km tercer carril	Desvíos	Otros
Casetas-Alagón	1/0	9,3+9,3	2	1 aparcamiento
Alagón-Pedrola	1/2	8,6+8,6	3	3 aparcamientos

Tabla 19.1

A considerar en la realización de las infraestructuras:

- Simplicidad en las estaciones y apeaderos, que además, se podrían aprovechar las instalaciones actuales, ya que, en todos los puntos previstos, Alagón, Cabañas y Pedrola, existen edificios en mejor o peor estado que requerirían una remodelación en función de los requerimientos que se pida (según sea apeadero o estación) y del estado actual.
- La instalación de aparcamientos disuasorios puede ser bastante económica dado que hay terreno en todas las paradas alrededor de las estaciones para poder ejecutarlos y, ya existen comunicaciones por carretera hasta las estaciones actuales.
- El balance de desvíos (analizado a fondo en el apartado 22) dependerá de la opción elegida, explicado de forma sucinta, de la siguiente forma:
 - Ampliación sólo hasta Alagón. 1 desvío para entrar al apartadero de Alagón más 1 para retornar de Alagón saliendo del apartadero y situándose en la vía de vuelta.
 - Ampliación hasta Pedrola. 1 desvío para entrar al apartadero de Alagón 1 más 1 desvío para incorporarse dirección Pedrola más 1 desvío para retornar de Pedrola, situando el tren en la vía de vuelta.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

20- Viabilidad técnica Zona 4, Este

La zona Este consistiría en una pequeña prolongación de la actual línea, haciendo que, en vez de terminar en Miraflores como actualmente, llegase hasta La Cartuja y, con la propuesta de realizar un pequeño apeadero entre los polígonos industriales de San Valero y La Unión.

Desde el punto de vista poblacional, este ramal puede no presentar un excesivo interés, ya que, La Cartuja cuenta con poco más de 2000 habitantes, aunque uno de los mayores atractivos para hacer llegar el cercanías hasta este punto, puede ser la elevada congestión de vehículos que todos los días se detecta en la rotonda de entrada y salida de la ciudad, debido fundamentalmente, a la cantidad de desplazamientos de trabajadores que diariamente van a los polígonos industriales ubicados a lo largo de la Carretera Castellón. Por ello, se prevé que un número importante de usuarios podrían utilizar el servicio a determinadas horas punta, siendo que el tren les aportaría los beneficios de la rapidez, fiabilidad y regularidad frente a otros medios y que si se enlaza con el recrecimiento de la red en otras direcciones, les permitiría desplazarse hasta diferentes puntos en menos tiempo, más cómodos y seguros que en su vehículo particular.

En este caso para la estación de La Cartuja se podría aprovechar parte del terreno que tiene ADIF actualmente como naves de mantenimiento, debiendo habilitar unos accesos peatonales, bien por puente o subterráneo para que los peatones puedan cruzar la autovía A68 y llegar o ir hacia el barrio de La Cartuja.

La red viaria actual presenta la limitación de tener sólo 1 vía hasta dicha propuesta de estación en La Cartuja, Inicialmente se plantearía esta opción por ser la más económica y por tener una previsión inicial no muy alta de usuarios y viajes al día, tal vez limitada a determinadas horas punta con 2 ó 4 servicios máximo al día entre Miraflores y La Cartuja. Sin embargo, habría que instalar tercer carril en la vía para mantener la coherencia con el cambio propuesto a ancho internacional.

El actual punto de mantenimiento de Adif, cuenta con diversos desvíos que, podrían ser aprovechados para apartar al cercanías y dejar paso ante eventuales coincidencias con regionales. Estos desvíos no son de tipo mixto, por lo que se contemplará 1 mixto a efectos del cálculo de presupuesto, pero ya existe el espacio y las vías ya están hechas en ancho ibérico, por lo que el coste no sería tan elevado como en otros casos.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

De cara al aparcamiento de vehículos, no serán considerados inicialmente ya que por un lado, la cercanía con el barrio de La Cartuja que permitiría ir a pie sin muchos problemas una vez hecho el acceso y por otro lado, lo congestionado de la zona en cuanto a infraestructuras con la cercanía de la autovía por un lado y por el otro el polígono industrial de La Cartuja encarecería mucho la obra. Además se insiste en que este pequeño ramal podría no ser muy utilizado en principio hasta ir viendo resultados de demanda.

Por tanto las necesidades para este tramo serían:

Tramo	Estaciones /apeaderos Nuevos	km tercer carril	Desvíos	Vías peatonales
Miraflores- La Cartuja	1/1	4,2	1	1 Acceso al barrio La Cartuja, 1 Acceso a los polígonos San Valero y La Unión

Tabla 20.1

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

21- Viabilidad técnica Zona 3, Suroeste y ronda Sur

➤ **Suroeste, Plaza**

La zona Suroeste, comprende estrictamente el trazado de un ramal adicional que iría desde la salida de Delicias hasta la estación de Plaza. Para la valoración técnica y económica de este ramal, podemos ir a la hemeroteca de Heraldo (Anexo 3) y rescatando la noticia del 18 de Marzo del 2013 con titular “La estación de plaza triplicará el uso de los cercanías al captar casi 3000 viajeros al día”, que cita los datos del anteproyecto realizado por la empresa IDOM, quedaría totalmente justificado y, se tendría ya una valoración económica bastante fiable. En resumen la información del proyecto sería:

- ➔ 887.000 viajeros al año usarían el servicio hasta Plaza.
- ➔ 3000 viajeros al día.
- ➔ Se prevé que se producirán 38.000 desplazamientos al día a Plaza, de los cuales se estima que se puede captar un 8% para el cercanías.
- ➔ Si todas las parcelas de Plaza estuvieran ocupadas, la cifra se iría a 63.000 desplazamientos al día.
- ➔ Se plantea construir la estación junto al Centro Comercial.
- ➔ Los costes serían de 6M€ de construcción + 900.000€ de explotación + el coste de 2 lanzaderas Bus articulado para distribuir a los pasajeros por las empresas de Plaza.

La misma noticia, explicaba que seguía sin existir financiación alguna por Fomento y que las empresas de Plaza habían dicho no a la colaboración y la sociedad de Plaza está en números rojos, por lo que la ejecución del proyecto parecía inviable en dicho momento, a pesar de que los números de usuarios potenciales son más de los que actualmente recoge la línea C1 y de que la inversión sería mucho menor incluso que el apeadero de Goya. Estos y otros aspectos se plantearán en la fase de Viabilidad económica para tratar de justificar la inversión de forma que resultara atractiva la ejecución de este nuevo ramal.

➤ **Ronda Sur**

La Ronda Sur ferroviaria, vendría a ser un cinturón que en realidad rodearía la ciudad desde el Suroeste hasta el Este, manteniéndose paralelo al cuarto cinturón hasta llegar a Parque Venecia, donde se separaría del mismo hasta llegar a La Cartuja. Este cinturón presenta mucho interés de cara a un futuro próximo, dado el gran crecimiento poblacional que están experimentando los nuevos barrios que va rodeando y por la cercanía de uno de los municipios más poblados, que más crecimiento tuvo en esta última década y que, potencialmente puede seguir creciendo dada la juventud de las familias instaladas en él, como es Cuarte de Huerva. Hay que tener en cuenta que, contando Cuarte de Huerva, las cifras de población que podrían alcanzarse a lo largo de este cinturón una vez la población con crecimiento agotado serían:

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Cuarte de Huerva: 11.600 (población actual, se cuenta ya con crecimiento agotado)

Parque Venecia: 10.380 personas (*)

Valdespartera: 24.508 personas (*)

Arco Sur: 57.178 personas (*)

(*) según estimación realizada en punto 8.6 de este proyecto con crecimiento agotado.

En total serían cuatro núcleos de población atendidos inicialmente por tres paradas de cercanías con una separación entre ellas de unos 3,5 kilómetros de media y, que recogerían una población de 103.666 personas según los cálculos planteados, cifras que justifican la ejecución de una obra de estas características desde el punto de vista del servicio público al ciudadano.

Por el peso de la zona en lo que a potencial poblacional se refiere y, por las características del trazado que, en realidad lo alejan del trazado del actual C1, dejando de ser una pequeña prolongación de la línea para darle una entidad particular, esta ronda se debería considerar como una nueva línea, pudiendo ser el C2 con recorrido Plaza-Arcosur-Cuarte-La Cartuja y viceversa. Además, esta línea podría justificar la ampliación del C1 hasta La Cartuja ya que, completaría una red de cercanías muy atractiva para los usuarios y que aportaría un muy buen servicio al ciudadano. El considerarlo una nueva línea, hace plantearse la necesidad de invertir en un nuevo tren CIVIA que recorriera el tramo de forma exclusiva o, siendo utilizado en toda o parte del trayecto del C1 actual en momentos puntuales.

Ahora mismo, esta ronda sur cuenta con infraestructuras ferroviarias según 1 línea de ancho ibérico y 2 líneas de ancho internacional de uso exclusivo para el AVE Madrid-Barcelona que pasa directo sin parada en Zaragoza. Dicha línea directa tiene 12 circulaciones/día en dirección Barcelona y 10 circulaciones/día en dirección Madrid, lo cual, considerando unas 17 horas desde el primero al último de los servicios, hacen una frecuencia media de 1 hora 24 minutos Madrid-Barcelona y 1 hora 42 minutos Barcelona-Madrid.

Por otro lado, existe una vía única de ancho ibérico que, está siendo utilizada por 4 servicios al día de los 3 trenes intercity que, con destino Valencia o Cartagena pasan por Teruel y del regional directo Zaragoza-Teruel. Este uso tan escaso, permitiría utilizar estas vías como cercanías sin suponer excesivos problemas de interferencia con dichos servicios.

El planteamiento inicial en cuanto a las vías, sería el aprovechamiento de esta vía sencilla de ancho ibérico, sobre la que se plantearía la instalación de un tercer carril y, de momento no se plantearía el uso de las vías de AVE, que sí que podrían ser utilizadas a posteriori si se detectara una demanda alta del servicio, ya que, con pequeñas inversiones en desvíos mixtos se conseguiría hacer pasar el cercanías por dichas líneas.

Sin embargo, si se le da un tratamiento de línea particular y, se invierte en un tren específico para esta línea C2, la necesidad de utilizar las vías del AVE quedaría muy lejana de momento, dado que

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

nunca circularían ni siquiera dos trenes de cercanías a la vez por la línea y los momentos de parada serían sólo cuando los regionales con destino Teruel pasaran por la línea.

Así pues y, teniendo todo en cuenta, la tabla resumen sería la siguiente:

Tramo	Estaciones /apeaderos Nuevos	km tercer carril	Desvíos	Otros
Plaza-La Cartuja	0/3 (*)	18,8	1 (*)	Acceso Peatonal y de bicis a los 3 apeaderos con aparcabicis en los 3. Aparcamiento en Cuarte de Huerva

Tabla 21.1

(*) No se considera en este tramo la remodelación o creación de la estación de La Cartuja ya que se imputará al tramo Miraflores-La Cartuja. Tampoco se consideran desvíos en PLAZA ya que, se utilizarían los realizados en dicha estación, sí que se computará 1 desvío para La Cartuja ya que la vuelta se realizará por otra vía que no será dirección Miraflores.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

22- Modificaciones en la vía y en los trenes

Tal como se comentaba en el punto 17, donde se analizaba la situación del tramo actual y las posibles mejoras del mismo para agilizar el tránsito del cercanías, había varios aspectos que requerían ser adaptados en los trenes actuales, para conseguir la ambivalencia de dichos trenes a la hora de circular por vías con tercer carril y por vías de ancho internacional. Estas adaptaciones consistían en:

- ➔ Modificación o sustitución de los actuales Bogies por otros de ancho internacional.
- ➔ Adaptación del sistema de alimentación de los motores para que sean válidos tanto a 3kV en corriente continua como a 25kV en corriente alterna.
- ➔ Ajustar el pantógrafo de toma de corriente.

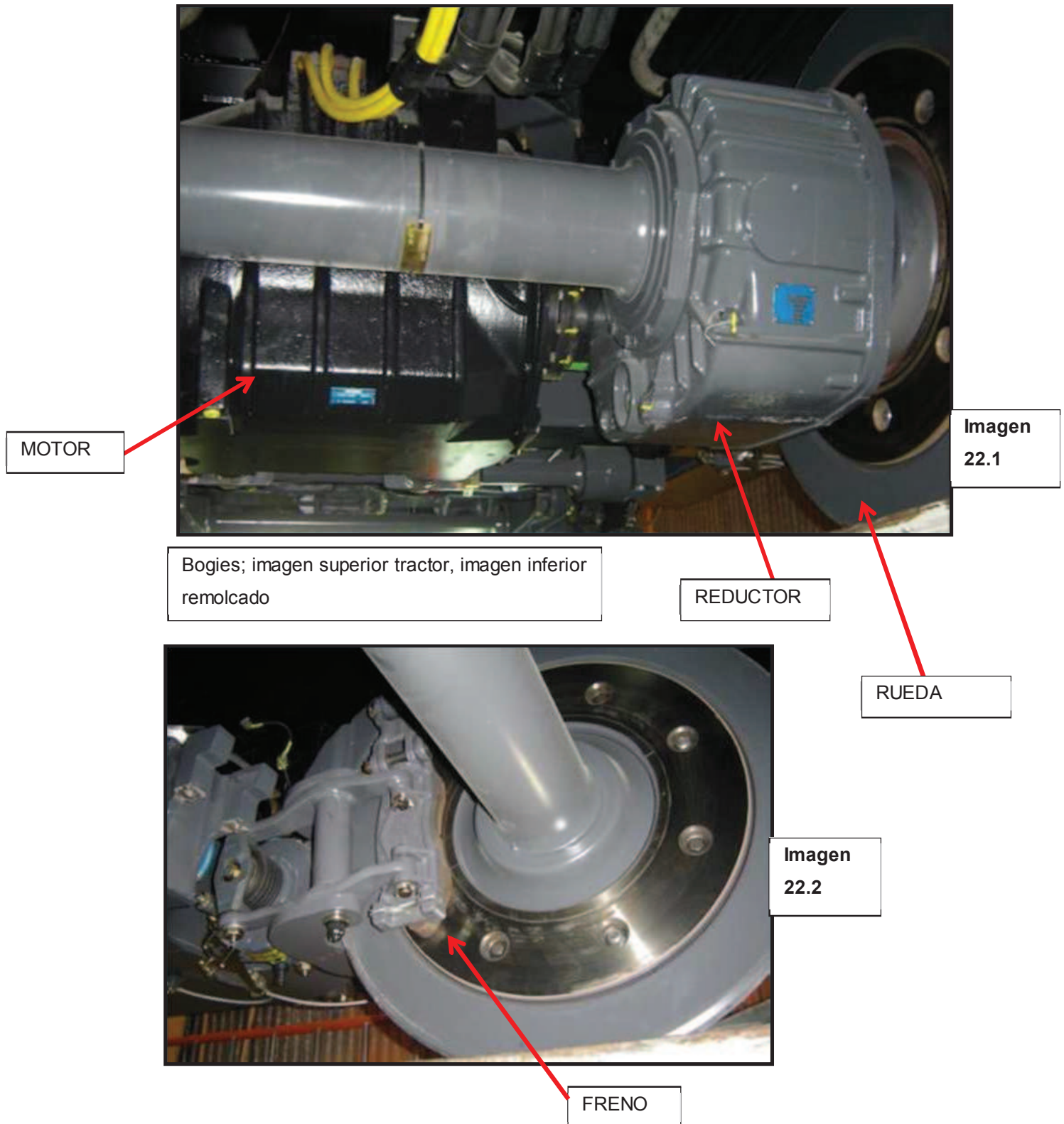
Por otro lado, la instalación de una nueva vía mixta, requiere el análisis de las posibles opciones para ver cuál sería la más interesante desde el punto de vista técnico, para la situación actual.

➤ **Modificación de los Bogies**

De las dos modificaciones o adaptaciones técnicas, es esta la más sencilla de ambas, pudiendo realizarse de dos formas:

a) Modificación de los actuales reduciendo la distancia entre ruedas en 233 milímetros. Desde el punto de vista de reutilización del material rodante, esta opción puede ser la más interesante, aunque hay que valorar también los siguientes aspectos:

- A nivel técnico implica, no sólo desplazar la posición de las ruedas, sino también desplazar los frenos, con todos los sistemas de accionamiento de los mismos y, en los bogies con motores, mover todo el sistema de tracción (ver imágenes siguientes).
- Tiempos de ejecución, obligaría a tener parados los trenes mientras se realiza la operación.

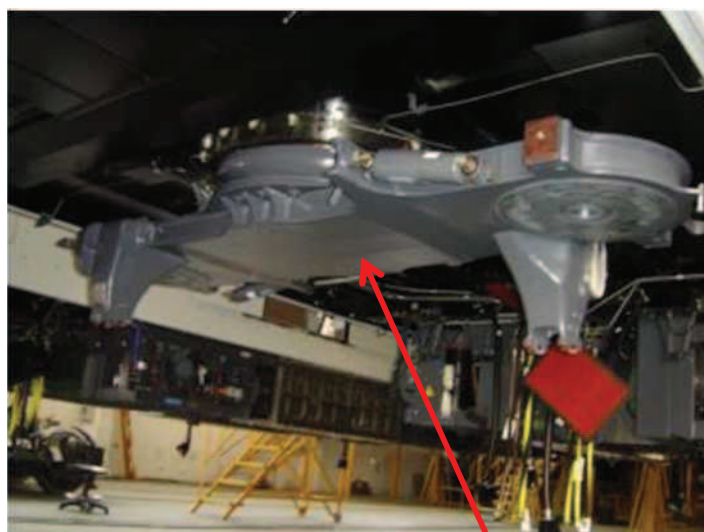


b) Sustitución completa de los bogies:

Optar por una sustitución completa de los bogies, no es una mala opción, que en cualquier caso deberá estar sujeta al análisis del presupuesto y de los tiempos de ejecución, poniendo en una balanza ambos y valorando los pros y contras. En cualquier caso aportaría las ventajas siguientes:

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- Mayor rapidez de ejecución, dado que la sustitución se podría ejecutar en horas una vez fabricados los nuevos bogies.
- Mayor garantía de funcionamiento, ya que no se tendrán que realizar ajustes ni reparaciones de materiales desgastados de los viejos bogies, sino que el material rodante será nuevo totalmente.
- Reutilización de los viejos Bogies en otros trenes que puedan interesar, bien de cara al parque de vehículos de RENFE o por el lado de la empresa proveedora de los nuevos bogies que, podría estar interesada en recuperarlos y dar un precio más económico en los nuevos.



Traviesa de montaje de los bogies bajo el bastidor del tren

Imagen
22.3

En caso de cambiar los bogies por unos nuevos, la operación se reduce a:

- 1- Desconectar los sistemas eléctricos y neumáticos.
- 2- Desmontar los actuales bogies de la traviesa principal que va encajada en la parte inferior de los coches
- 3- Montar los nuevos bogies
- 4- Conectar los sistemas

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Alimentación a dos tensiones**

Tal como se explicaba en los conceptos técnicos en el apartado 16, en España, existe una relación directa entre el ancho de vía y la tensión a la que es alimentada dicha vía, siendo los siguientes valores:

- ➔ 25 kV Corriente alterna, de uso en líneas de medio y largo recorrido con ancho de vía 1435mm (Internacional)
- ➔ 3kV Corriente continua, de uso en cercanías y regionales generalmente, para anchos de vía 1668mm (Ibérico)

La propuesta que se realiza en el proyecto de adaptar todo el cercanías a ancho internacional, conlleva de cara a las infraestructuras, no sólo el aspecto de montaje o sustitución de las vías actuales por otras con tercer carril, sino también el problema añadido del cambio de tensiones de alimentación. Para solventar esta nueva barrera, que no es nueva en España dadas sus fronteras de ancho, existen dos soluciones que son:

- a) **Sustituir la catenaria convencional por catenaria polivalente.** Con objeto de permitir que circularan por las vías compartidas tanto los trenes de alta velocidad como los regionales y el cercanías (llegado el caso), cada uno a su tensión correspondiente. Desde el 2005 (Fuente; Vía Libre, prueba de catenaria en tramo Medina-Olmedo), existen pruebas documentadas de que se puede realizar con éxito esta operación y que reporta ciertas ventajas en líneas con tercer carril. De cara al caso que nos ocupa, esta solución técnica presenta las siguientes ventajas e inconvenientes.

Ventajas:

- a. No sería necesario adaptar los trenes de cercanías.
- b. Sólo habría que hacerlo en las vías del AVE que son las que ahora mismo van a 25kV.

Inconvenientes:

- a. Pese a tener que cambiarla sólo en los tramos compartidos con el AVE, sería una obra considerable cuyo presupuesto se elevaría bastante.
- b. Hay que tener controlada la conmutación de corriente en la zona compartida, ya que, en sí la catenaria es la misma para ambos trenes, sólo que tiene adaptaciones en cuanto al tipo de sustentación y el tipo de hilos de contacto (que deben ser especiales para soportar la elevada corriente que requiere el suministro a 3kV), de forma que habría que independizar las zonas eléctricamente y conmutar la tensión según interesara al paso de cada convoy bastantes veces al día.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- b) **Adaptar el tren para que pueda funcionar con ambas tensiones.** La finalidad sería la misma que la sustitución de la catenaria, sólo que se efectuaría la modificación sobre el tren. Actualmente existen varios trenes que permiten la dualidad de tensiones y varios de ellos son de la empresa CAF, fabricante de los modelos CIVIA de cercanías de Zaragoza. Las ventajas e inconvenientes en este caso serían:

Ventajas:

- a. Menor coste que el cambio de todas las catenarias.
- b. Menos inconvenientes de funcionamiento, sólo es preciso realizar el cambio en el tren y, se podría automatizar o instalar componentes de seguridad para evitar fallos humanos.
- c. No será preciso un control de las vías de cara a conmutar cuando pasen otro tipo de convoyes, cada línea seguirá a su tensión actual.

Inconvenientes:

- a. El coste en tiempo de parada del tren y el económico (aunque estos costes también existen en la otra opción y son mayores).
- b. El operador tendrá que estar pendiente siempre del cambio de vía para adaptar la tensión de trabajo del tren, salvo que se automatice instalando ERTMS.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Ajustes en el pantógrafo**

El hecho de circular por vías con tercer carril, produce un desajuste en el centraje del pantógrafo con respecto al hilo de la catenaria en movimiento, lo cual podría ocasionar un mal roce o incluso la ausencia de roce en algunos puntos, con la consiguiente pérdida de energía de alimentación a los motores.

La imagen 22.4 es el croquis de un pantógrafo con las partes más importantes:

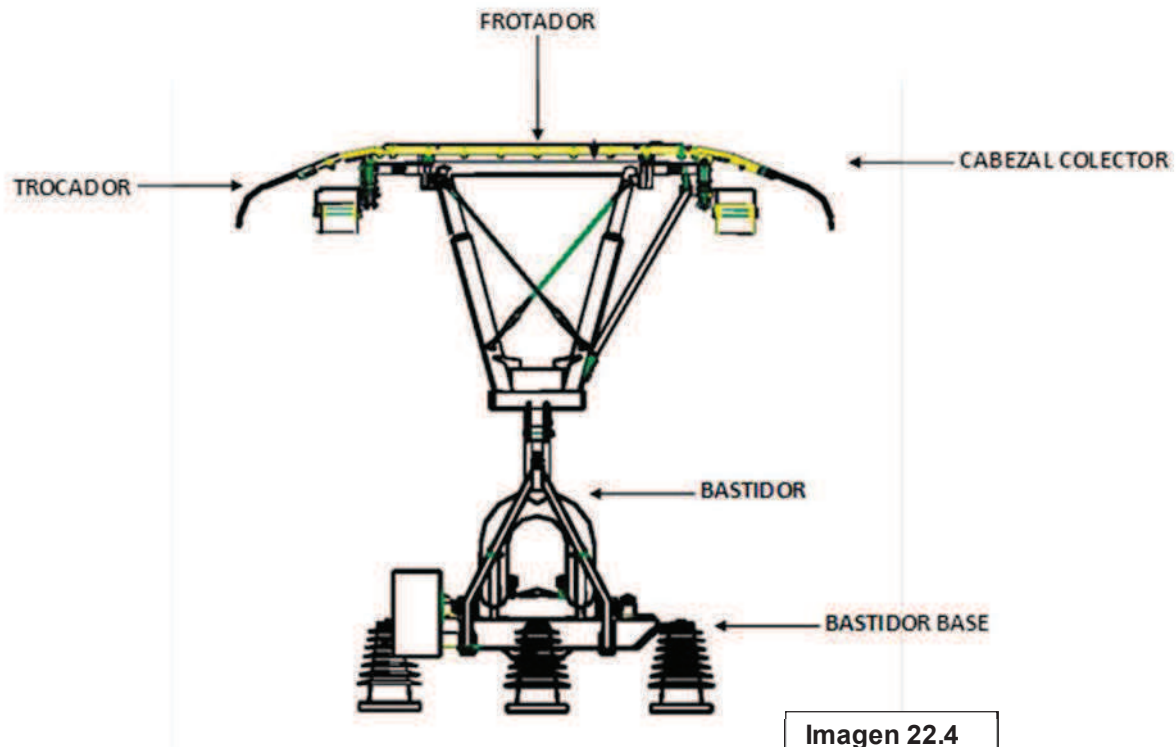


Imagen 22.4

Bastidor base: parte fija del pantógrafo que soporta el bastidor y va montada sobre aisladores fijados al techo del vehículo.

Bastidor: Estructura articulada que permite que el cabezal colector se mueva en dirección vertical con respecto al bastidor base del pantógrafo.

Cabezal colector: parte del pantógrafo soportada por el bastidor que incluye las tiras de contacto (piezas de desgaste sustituible que constituyen la interfaz con la línea aérea, también conocidas como **frotadores**), los cuernos (extremos del cabezal colector que aseguran un paso suave al hilo de contacto, también conocidas como trocadores) y puede incluir una suspensión.

Sistema operativo: dispositivo que suministra una fuerza para elevar o bajar el pantógrafo.

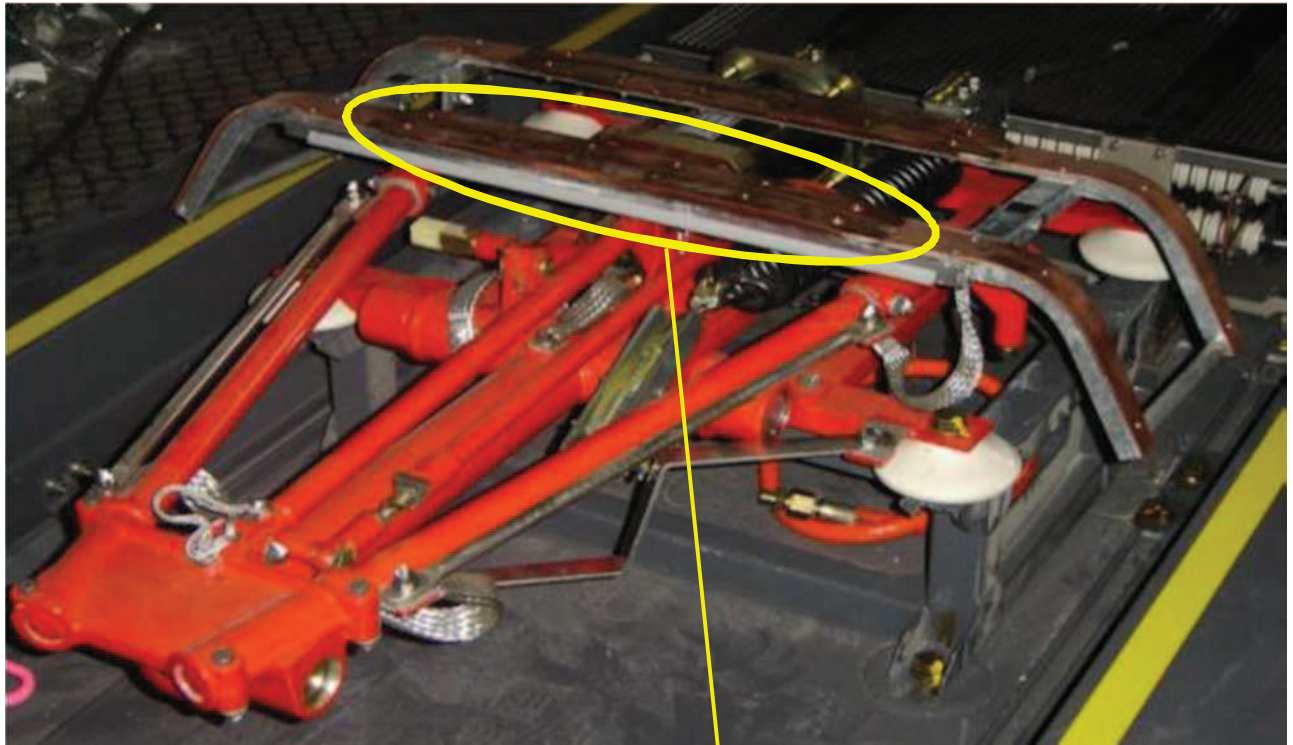


Imagen 22.5

Zona frotadores

La imagen 22.5 es una foto del pantógrafo tipo montado en los trenes CIVIA. Como puede observarse, la zona de frotación son unas láminas de cobre que sobresalen ligeramente por encima del cabezal colector y, quedan centrados con respecto a los cuernos o trocadores.

La anchura de la zona de los frotadores, es importante porque, a pesar de ser una zona bastante ancha (80cm según fuente la vía de tres carriles, ver bibliografía) como puede verse en la imagen 22.5, sin embargo, el hilo de la catenaria va haciendo un zig-zag (imagen 22.6) a lo largo del recorrido con objeto de efectuar un desgaste más uniforme de la zona de los frotadores. Por este motivo, efectuar un cambio de vía de una vía única con catenaria centrada en el eje de simetría de la vía a, una vía mixta, va a provocar que la vía que queda descentrada, originará también un descentramiento en el eje de simetría del zig-zag de la catenaria que debe rozar con el pantógrafo.

Dicho descentramiento que da la forma al zig-zag del hilo, se define como: Descentramiento del hilo de contacto: distancia horizontal que existe entre el eje de la vía y el hilo de contacto en el apoyo, para evitar el desgaste puntual en el centro del pantógrafo y, oscila entre +/-15 cm y +/-20cm en ferrocarriles metropolitanos.



**Imagen
22.6**

Además, hay que tener en cuenta, que cuando se instala una vía mixta, esta se realiza siempre montando un único carril adicional (tercer carril) en vez de 2 carriles que fueran centrados con el mismo eje de simetría de la vía antigua. Esto se hace así porque la diferencia de cota entre una y otra vía, no permite instalar dos nuevos carriles con las fijaciones correspondientes. En resumen, la geometría nueva impide este tipo de solución (imagenes 22.7 y 22.8).

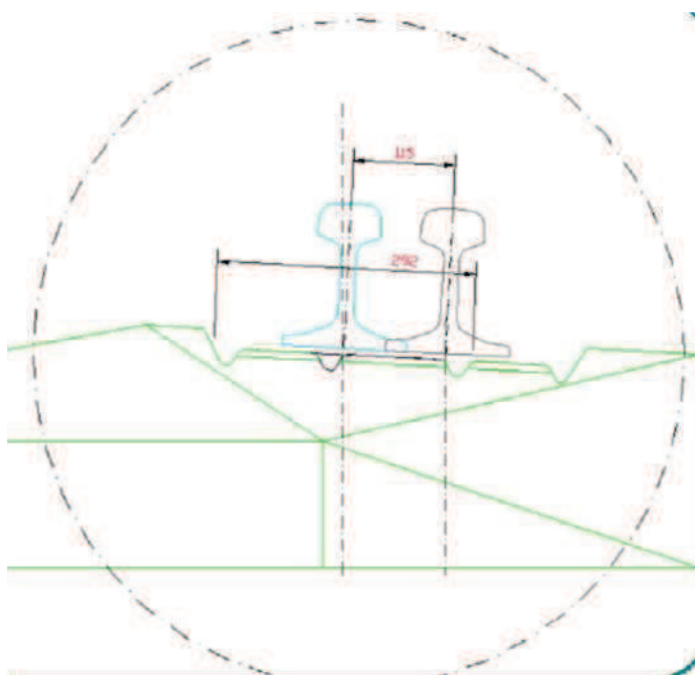


Imagen 22.7.

La instalación de dobles carriles con una distancia centrada respecto del mismo eje de simetría, haría que se tuviera que repartir la diferencia de $(1668-1435=233)$ por igual a ambos lados, esto es 116,5mm, lo cual haría colisionar las vías como se ve en la imagen e impedir el montaje correcto de las fijaciones, además se limitaría mucho el espesor interior de las ruedas que podrían rozar con la vía de menor anchura.

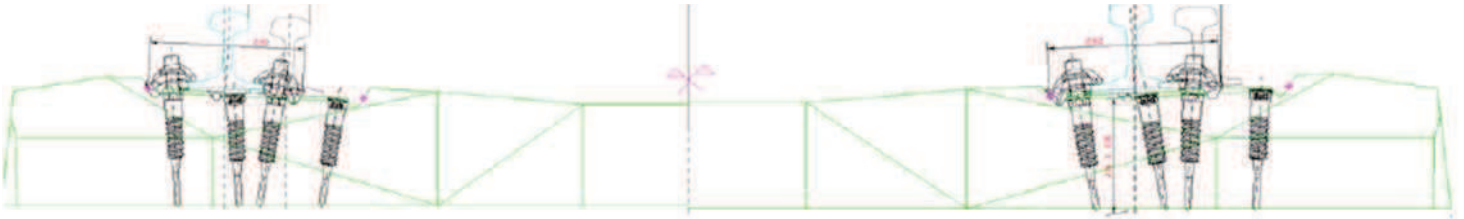


Imagen 22.8.

Croquis de una vía con doble carril, existiría colisión entre las vías y no se podrían montar las fijaciones en todas las zonas en contacto.

Por tanto, contando que los modelos CIVIA actuales tienen un ancho de zona de frotamiento de 80cm, el comportamiento será como se representa en las imágenes 22.9 y 22.10

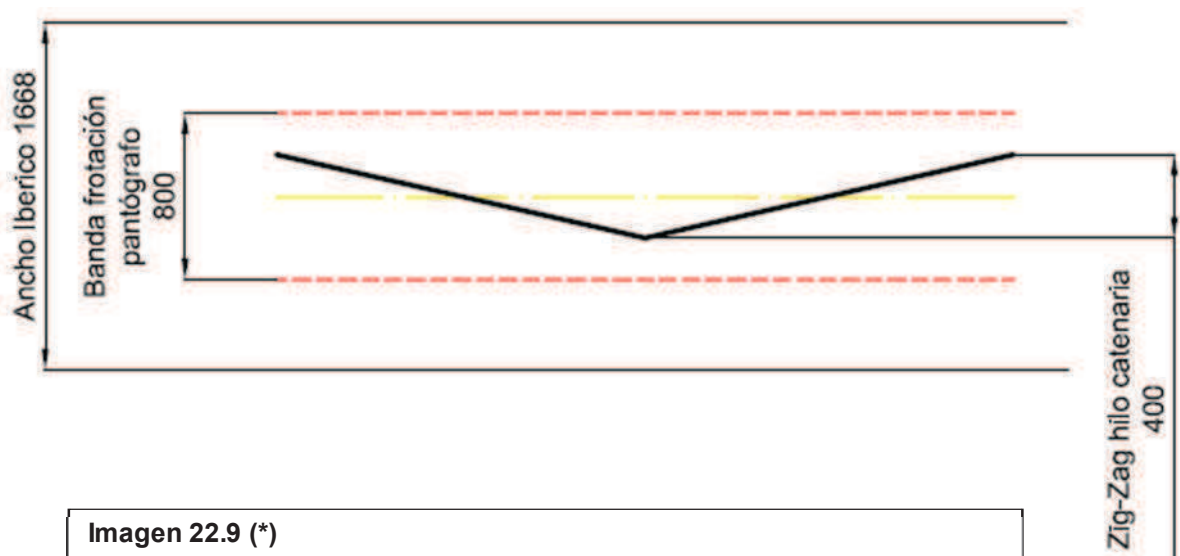


Imagen 22.9 (*)

Estado inicial, la banda de frotación cubre sobradamente el descentramiento.

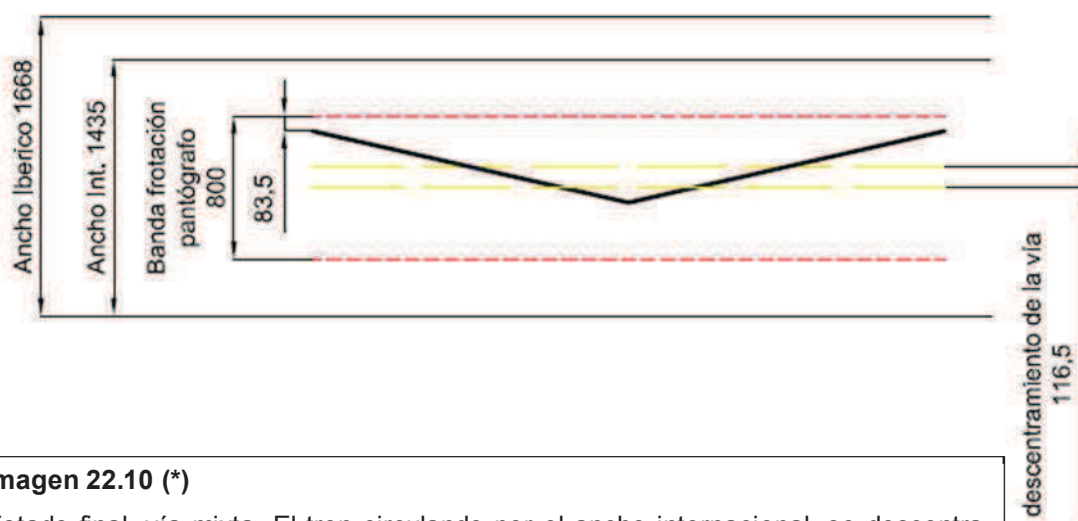


Imagen 22.10 (*)

Estado final, vía mixta. El tren circulando por el ancho internacional, se descentra 116,5mm y el descentramiento de la vía tendrá una holgura de tan sólo 83,5mm por el lado más desfavorable, lo cual si se producen perturbaciones podría ocasionar problemas de contacto.

En este sentido, se propone verificar que la actual banda de rozamiento cumple con los 80cm y, en tal caso, se podría verificar que el tren circula correctamente de forma que no habría que modificar esta parte. En caso contrario, se propone aumentar la banda de rozamiento 100mm por lado, dado que el ancho del cabezal colector lo permitiría.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Vía de tres carriles**

El montaje de una vía de tres carriles para permitir el paso de trenes de dos anchos, es un proceso complejo que va a requerir, en función de la opción elegida, el desmonte de las actuales vías, la sustitución por nuevas traviesas especiales y el montaje de las nuevas vías. Esto comporta una inversión bastante alta ya que, un kilómetro de vía mixta (aprovechando la infraestructura antigua), alcanza un coste de cerca de 600.000€, de forma que un trazado por pequeño que sea, va a requerir una elevada inversión si se pretende actualizar las vías con esta solución técnica. Sin embargo, las ventajas que obtendremos al realizar las vías mixtas son evidentes y, compensarán la inversión inicial ya que la infraestructura estará allí para el uso futuro en cualquier modalidad de ancho, hay que tener en cuenta por otro lado, que es el propio ministerio el que está marcando la tendencia a instalar vías en ancho internacional para facilitar las comunicaciones con el resto de Europa, motivo importante para justificar la obra.

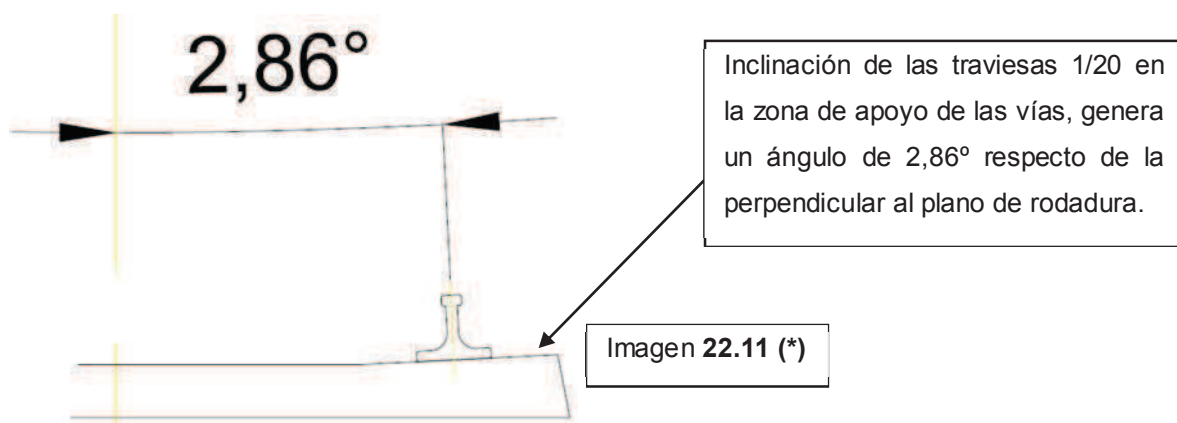
Para la ejecución de este proyecto, tal como se decía en el párrafo anterior, se cuenta con que ya existen tanto una infraestructura como una superestructura, ambas aprovechables en un porcentaje muy alto, ya que si no, los costes serían mucho más elevados, dado que, habría que construir la plataforma de las vías, vías, catenarias, electrificación, señales, etc... lo cual podría multiplicar el coste de 600.000€ por cerca de 10 veces esta cifra.

Los elementos más importantes y los aspectos técnicos a tener en cuenta para el montaje de una vía de tres carriles, serían los siguientes:

Traviesas

Son funciones de las traviesas las siguientes:

- 1) Servir de soporte a los carriles, y asegurar que se mantenga la cota de ancho de vía. Las traviesas deben mantener también los carriles en una inclinación de 1/20.



Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Así pues, los carriles no son perpendiculares al plano de rodadura, sino que tienen un pequeño ángulo de 1/20 de inclinación. Dicha inclinación garantiza la estabilidad de los bogies y, es un parámetro muy importante de cara a la seguridad del tren ya que, hará que se resistan mejor los esfuerzos generados por el movimiento de los trenes al transformar o reducir los esfuerzos cortantes en esfuerzos de compresión sobre las traviesas.

- 2) Resistir los esfuerzos verticales y horizontales (estáticos y dinámicos) que les transmiten los carriles y deben repartirlos sobre el balasto. Dentro de los estáticos estarían los generados por el peso de las vías y las tensiones producidas por las variaciones de temperaturas y los dinámicos serían los generados por la circulación de los trenes por los raíles.
- 3) Deben ofrecer aislamiento frente a corrientes parásitas y cuando las vías estén dotadas de circuitos de señalización.

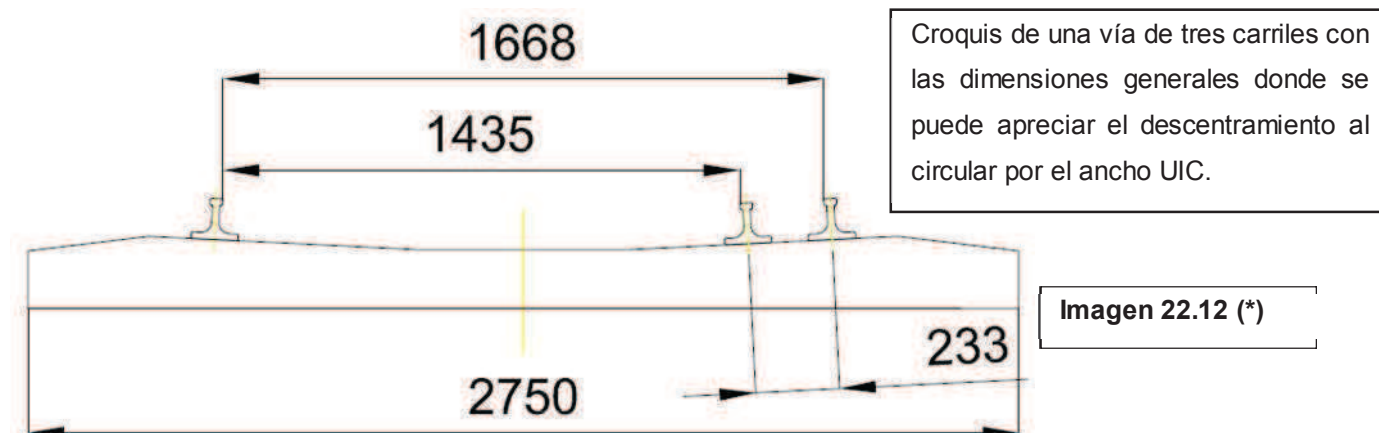
En el caso de nuestro proyecto y, dado que se montaría el tercer carril en las vías que actualmente son de ancho ibérico, se recomienda montar traviesas para tres carriles con eje de simetría en ancho Ibérico de 1668mm ya que, serán los raíles más utilizados y se prolongará la vida de la superestructura. Esta traviesa, tiene alojamientos simétricos a ambos lados para el ancho 1668mm y, un alojamiento para montar el tercer carril descentrado todo a un lado, para el montaje de la vía que dará el ancho internacional. Esta configuración, conlleva varios problemas técnicos, como son:

- 1) La actuación asimétrica de las cargas sobre la vía, genera mayor deterioro de la infraestructura y de la superestructura, lo cual requiere de un mayor mantenimiento.
- 2) Sólo se puede circular a 160 km/h como máximo.
- 3) Pueden darse problemas de gálibos debido al descentramiento de los ejes.
- 4) La inversión es mayor que para una vía simple.

En cuanto a los problemas técnicos, hay algunos que son lógicos y asumibles, por ejemplo será inevitable que los costes de mantenimiento sean mayores y que la inversión también lo sea, dado que son aspectos intrínsecos de la decisión de montar una vía de tres carriles. La velocidad no es problema ya que los trenes de cercanías, según se explicaba en el apartado 7, van a rodar a un máximo de 120 km/h, por otro lado, los trenes regionales tienen una velocidad máxima de 160km/h que en realidad sólo se alcanza en algún tramo, de forma que en ambos casos las líneas serían válidas.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

El gálibo sin embargo, merece capítulo aparte y habría que hacer un estudio de túneles, postes, señales, puentes etc... para verificar que los trenes podrían circular sin problemas.



Teniendo todo en cuenta, se aprecia la importancia de las traviesas como elementos de seguridad y como elementos cuya vida útil es muy importante de cara al gasto de mantenimiento y a la eficiencia de las líneas. Para garantizar tanto los aspectos técnicos como presupuestarios y de suministro del producto, lo normal es firmar pliegos de condiciones similares a los elaborados por Adif (Fuente ej: [http://licitaciones.adif.es/u08/MEI/Licitaci.nsf/busids/DA84D232D653B86AC1257C43003368DA/\\$file/PT_TRAVIESAS_FIRMADO.pdf](http://licitaciones.adif.es/u08/MEI/Licitaci.nsf/busids/DA84D232D653B86AC1257C43003368DA/$file/PT_TRAVIESAS_FIRMADO.pdf)) y utilizados para las vías de tres carriles del corredor mediterráneo, que sería lo que se tendría que acordar con la empresa que suministrara las traviesas para la obra, llegado el caso.

(*) Imágenes marcadas de elaboración propia.

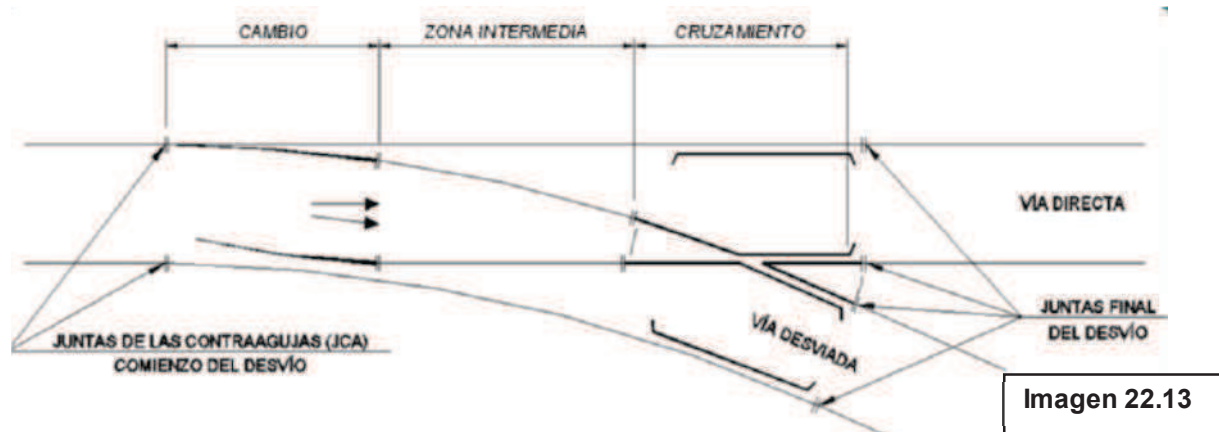
Desvíos

Los desvíos son los elementos de la vía, que van a permitir al tren cambiar de una a otra vía para orientarse en la dirección que corresponda. Las vías de tres carriles presentan dificultades añadidas a la hora de realizar un desvío y dadas las múltiples posibilidades hacen que el producto se encarezca respecto de los desvíos tradicionales de ancho fijo.

Hoy día hay una gama de desvíos considerable ya ensayados, aunque si en algún caso no es posible realizar el tipo de giro y se precisa que el tren cambie de lado de apoyo del tercer carril de derecha a izquierda o viceversa, según interese, también existen los elementos denominados cambiadores de hilo, que son unos tramos de la vía en los que antes o después de hacer el desvío los trenes pueden efectuar el cambio de lado del tercer carril. Con la combinación adecuada de cambiador de hilo y desvío, se pueden realizar los desvíos que se precise.

Se detallan las partes de un desvío en las siguientes imágenes 22.13 y 22.14:

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.



- La zona denominada Cambio, es el tramo en el que se separan los carriles dos a dos, pasando de 1 vía con dos carriles a dos vías con cuatro.
- En la zona intermedia, se encuentran los carriles intermedios o de unión y, son los que conectan la zona de Cambio con la zona de Cruzamiento.
- El cruzamiento es el punto donde la vía directa y la desviada se cortan, punto a partir del cual el convoy ya tomará la línea que corresponda.

El desvío debe permitir efectivamente, que el tren siga por la directa o tome la vía desviada según interese, para poder realizar dicha elección, existen unas partes móviles que encarrilarán al tren en una u otra dirección, denominadas agujas. Dichos elementos reciben este nombre por la forma geométrica ya que, son tramos de carriles, que en un extremo mantienen el perfil con sección de ancho convencional y van estrechándose hasta llegar a sección terminada en cuchillo o aguja para recibir la entrada de las ruedas del convoy.

Hoy día se han desarrollado desvíos para vías mixtas, que permiten realizar la totalidad de los cambios, la denominación de los desvíos se rige por un código de 4 letras de acuerdo con lo siguiente:

1ª letra D: Fija para todos los desvíos, ya que es la letra que define el tipo de elemento principal de entre todos los posibles a utilizar en ferrocarriles.

2ª letra: Se pondrá de acuerdo con el tipo de vía y ancho de salida que tenga el desvío en la vía directa. Las opciones son M (mixta), R(Renfe o ancho Ibérico), I (Internacional).

3ª letra: Análogamente a la segunda pero para la vía desviada; M (mixta), R(Renfe o ancho Ibérico), I (Internacional).

4ª letra: precedida por un guión, será indicativa de la situación inicial del tercer carril antes de tomar el desvío, opciones D(derecha), I(izquierda).

De acuerdo con esta denominación, un desvío denominado como DMI-D significaría lo siguiente:

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- ➔ Elemento ferroviario Desvío, con salida directa a vía mixta y salida desviada a ancho internacional y, con el tercer carril de la vía de entrada situado a la derecha.

La imagen 22.16 muestra en (1) las agujas del desvío, (2) la zona intermedia que termina en el cruzamiento (3) los carriles ya desviados.

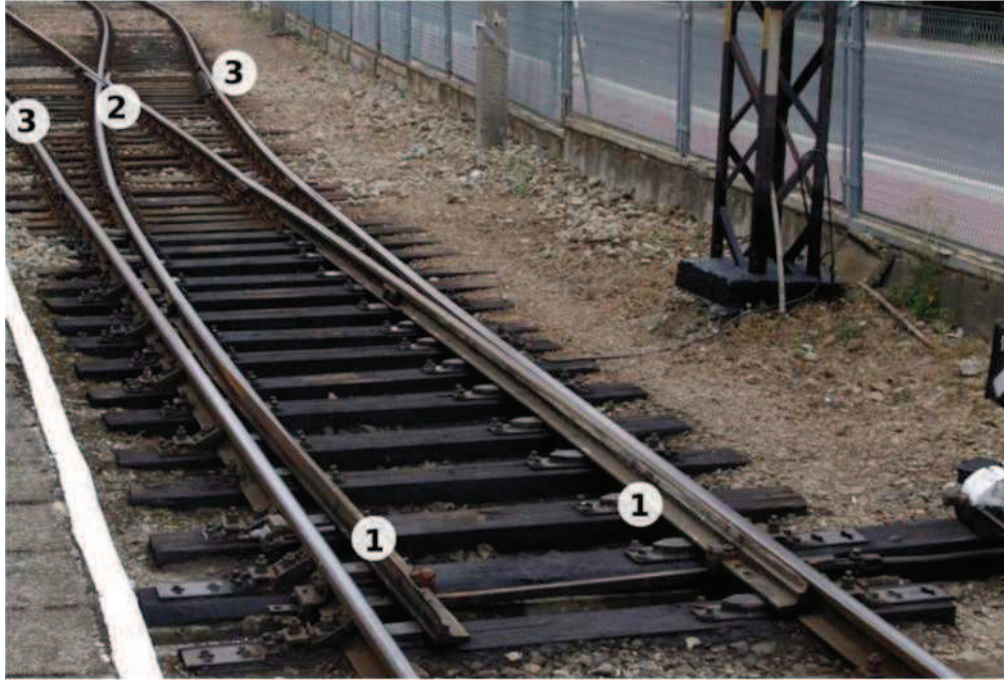


Imagen 22.14

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

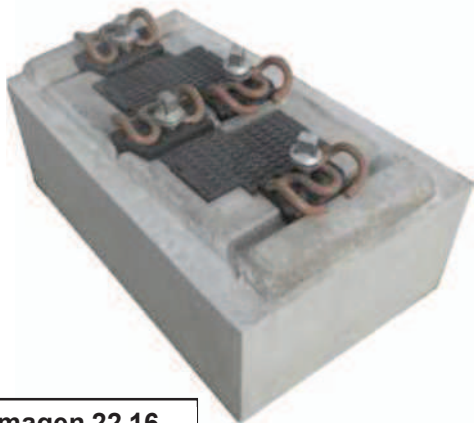
Carril de tres vías mediante sistema SINAV

Como hemos visto, el montaje de una vía de tres carriles convencional con traviesas para tres carriles, comporta diversos aspectos técnicos a tener en cuenta, que encarecen el sistema y, tampoco está exento de inconvenientes a la hora del funcionamiento. Sobre el año 2011, se presentó una innovación para el montaje de vías de tres carriles denominada SINAV (Fuentes; La vía de tres Carriles de Adif incluida en bibliografía y, presentación SINAV de Laura Montalbán Domingo y Julia I. Real Herráiz Universidad Politécnica de Valencia), que permite solventar muchos de los problemas que presenta el montaje de tres carriles mediante traviesas convencionales monobloque. El concepto de este sistema se puede ver en las siguientes imágenes:



Bloques SINAV montados en una vía convencional de ancho Ibérico para lograr un tercer carril de ancho Internacional montado en la imagen

Imagen 22.15



Los bloques tienen el ancho calculado con una pequeña holgura para que puedan ser intercalados en las traviesas normales de la vía convencional. Están preparados con las fijaciones para anclar los nuevos carriles.

Imagen 22.16

El sistema aporta las siguientes ventajas, siendo las más destacables:

- Tal vez uno de los más importantes es el **ahorro de costes** por los siguientes aspectos; no se tiene que realizar el desmonte de las traviesas antiguas para montar las de tres carriles, los bloques son más económicos que las traviesas nuevas y la maquinaria para su instalación es menos pesada y menos costosa. No es preciso interrumpir la circulación completamente por las líneas afectadas, sino que se puede hacer paulatinamente a tramos y los trenes siempre pueden ir circulando por el tramo viejo cuando las máquinas no estén trabajando.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- También hay que destacar, que presentan un **buen comportamiento mecánico** y, que los estudios realizados han demostrado que las tensiones y deformaciones de la vía con SINAV, están dentro de los márgenes normales, presentando una menor transmisión de presión en la zona de apoyo del taco ya que, la superficie de apoyo es mayor que la de una traviesa normal y, tampoco sufren tantos esfuerzos axiales como las traviesas de vías mixtas (La vía de tres Carriles de Adif y, presentación SINAV UPV ya mencionados) por lo que el mantenimiento de la vía no es tan costoso como el de estas últimas.

Aunque el presupuesto del proyecto se va a calcular con el montaje de traviesas mixtas convencionales dado que existen datos de utilización en proyectos reales de ellas, merecería la pena estudiar la aplicación de bloques SINAV ya que podría suponer un ahorro de costes importante y cuando menos, un funcionamiento igual de seguro que el de las traviesas. Este sistema fue desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia y la patente fue aprobada en 2014 (<http://www.ferropedia.es/wiki/SINAV>) .

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Desvíos y cambiadores de hilo necesarios para el proyecto.**

Norte, Cogullada

Considerando que la vía principal, actual C1, se monta el carril 3º a la derecha mirando en dirección del tren de Casetas a Miraflores.

- ➔ La estación de Miraflores cuenta con un apartadero a mano izquierda en dirección Casetas-Miraflores, en el que está situado el andén de dicha estación. Los trenes C1 se desvían al apartadero girando a la izquierda y dejando la vía principal libre. Si se monta el carril a la derecha (por la viabilidad de desvíos), este primer desvío sería posible con un desvío mixto a la izquierda sin necesidad de cambiador de hilo. Pero sería necesario cambiar el actual desvío por uno mixto con salida mixta directa y desviada, sino no se permitiría la salida hacia el andén de los actuales Regionales.
- ➔ La salida en ancho ibérico de estación Miraflores, se hace en 2 carriles. El de la derecha (carril directo de los trenes que no hayan tomado el apartadero de Miraflores para dejar pasajeros en el andén) dirección La Cartuja y el de la izquierda (salida del apartadero del andén de Miraflores) dirección Cogullada. Para ir hacia Cogullada, el cercanías no tendría que tomar ninguno de estos desvíos, por tanto no se cuenta nada para la dirección Cogullada en este punto. La vuelta tampoco generaría problemas.
- ➔ Para economizar el coste, el apeadero de Las Fuentes se propone hacer en línea con la vía, sin realizar ningún apartadero, por tanto tampoco se cuenta nada en este punto. Lo mismo se propondría para el apeadero de Avenida Cataluña (Cogullada B1).
- ➔ Pasada la Avenida de Cataluña y debajo del puente de Ronda Hispanidad, hay un apartadero que va de ancho ibérico a ibérico (ya que la vía de ancho ibérico es la de la derecha mirado dirección Huesca y la de ancho internacional la de la izquierda). Este apartadero de unos 300m, se podría dejar tal cual está inicialmente o se podrían adaptar desvíos para poder utilizarlo, en principio no se contempla para el proyecto, aunque es un punto a tener en cuenta.
- ➔ En la opción A. Al llegar a la estación, sería conveniente habilitar un desvío de entrada a Mercazaragoza que podría servir de entrada y salida. Esto sería un desvío tipo DRI-D
- ➔ En la opción B. Al llegar a la curva de izquierdas para entrar en Cogullada, tenemos que hacer un desvío, al ir circulando por el carril de la derecha y terminarse el alcance del cercanías, el desvío saldría por la vía directa a ancho ibérico único y por la desviada a internacional único, siendo un desvío tipo DRI-D.
- ➔ Opción B. Como se han previsto 2 vías a presupuestar en la zona de la curva a izquierdas, se podría hacer el apeadero de Cogullada B2 (cerca de Mercazaragoza) a pie de vía sin necesidad de añadir otro desvío en esta zona.
- ➔ Opción B. Al entrar en la estación de Cogullada B3, se proponen dos desvíos de ancho internacional normales, para poder hacer un cruce de líneas en caso necesario y redireccionar los trenes según interesara. En tal caso se necesitarían; 2 DII

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- ➔ Además, si se quiere que el tren circule por la vía del AVE que va a Huesca, además de darle sentido a la doble vía que hemos trazado para entrar a Cogullada, habría que pensar en otro desvío tipo DII.

Este, La Cartuja

- ➔ Al contrario que en dirección Cogullada, para ir y volver de La Cartuja, se va a precisar el montaje de al menos un desvío para los trenes que salgan del Andén de Miraflores y quieran direccionar hacia La Cartuja. Este punto ahora mismo cuenta con un doble desvío (de ancho ibérico fijo) lo cual tiene sentido porque si no, se obligaría a los trenes de cercanías que fueran dirección Huesca, a desviarse obligatoriamente por el andén de Miraflores. Por tanto sería lógico pensar en dos desvíos.
- ➔ El apeadero de San Valero, se propone también en línea con la vía para economizar.
- ➔ A la estación de La Cartuja, se llega por un solo carril. En dicha estación, se propone un desvío para que entre y salga el Cercanías (llegada y retorno), pero también una salida en dirección Fuentes de Ebro, pero que en principio no sería utilizable por el cercanías, por tanto esa salida sería una incorporación y sólo la usarían los regionales y sería de tramo mixto a Ibérico.

Oeste, Casetas-Alagón y Alagón-Pedrola

- ➔ No se detecta ninguna necesidad de cambiar de carriles hasta Pedrola. Se plantearía montar 1 desvío en cada estación y según se hiciera todo el tramo a la vez o por tramos, habría opciones de retornar el cercanías cambiándolo de vía en dichos puntos. De tal manera, se necesitarían 2 desvíos de vía mixta a vía mixta y de tercer carril a la izquierda a tercer carril a la derecha.
- ➔ El retorno se haría por vía mixta hasta Delicias, se contemplan dos desvíos mixtos a la llegada a Delicias para reordenar el tráfico y poder desdoblar de las dos vías (1 de salida y 1 de entrada) en 4 vías para la organización de los convoys en la estación Delicias.

Suroeste, Delicias-Plaza

- ➔ A la salida de Delicias las vías con dirección Casetas, pasan por debajo de la A-2, punto donde se puede seguir hacia Casetas o girar a la izquierda describiendo una curva hasta tomar la vía dirección Plaza. Para tomar esta curva hacia Plaza se contemplan dos desvíos a izquierdas de carril mixto a mixto, ambos con el tercer carril a la derecha. La curva en concreto es de carril único, por tanto es un tramo por el que sólo podrá pasar 1 tren de ida o 1 de vuelta, la ventaja es que es un tramo muy corto, poco más de 500 metros, de forma que el tiempo de paso sería muy breve y sería complicado que diera problemas.
- ➔ Doscientos metros más adelante pasada la curva, la vía se encuentra con la procedente del Oeste, desdoblándose en dos vías que circulan en paralelo hasta Plaza. Se propone un desvío a derechas para poder incorporarse a la vía derecha y permitir el retorno por la vía de la izquierda (en dirección de la marcha), de los posibles trenes que vinieran de vuelta.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- ➔ La curva de tramo compartido, presenta el problema de que los trenes que salgan de Delicias, se toparán con el tercer carril a la derecha y, los que vuelvan, se lo toparán a la izquierda en dicha curva. De esta forma, habría que prever que los trenes que vuelvan de Plaza por la vía de la derecha, tengan el tercer carril a la izquierda o bien, pensar en un cambiador de hilo para resituarlo antes de la llegada a la curva compartida. Se prevé un cambiador como medida más desfavorable y por mantener el criterio de carril a la derecha en sentido de la marcha
- ➔ En la estación de Plaza, se propone hacer un desvío para hacer que el tren retorne dirección Delicias. Esto precisaría un desvío a derechas de mixto a mixto y pasando de tercer carril a izquierda a tercer carril a derecha. Se propone hacer la estación dejando sitio por si se quisiera hacer un futuro apartadero, pero construyendo el andén a pie de la línea por economizar en un primer momento, esta medida ahorraría todo el coste del apartadero.

Suroeste a Este, Plaza-La Cartuja

- ➔ Inicialmente se ha denominado la parada de Cuarte como Estación, sin embargo, no sería una estación como tal sino un apeadero, dado que no sería un punto final de línea ni se controlaría el tráfico desde allí, no obstante dada la entidad de la zona de Cuarte, se contabilizará el coste de instalación como de estación para este apeadero ya que es previsible que recoja muchos pasajeros. Para economizar el coste, se propone hacer los apeaderos a pie de vía, sin apartaderos, hasta llegar a La Cartuja, punto en el que se precisaría un desvío a derechas para entrar en el andén de la estación.
- ➔ La línea de ancho ibérico que va hasta La Cartuja, circula con doble vía hasta llegar cerca de la A-23, punto donde los dos carriles se separan pasando a carril simple y, yendo uno de ellos hacia Teruel y el otro hacia La Cartuja. Para poder utilizar este tramo doble, se propone hacer la vía mixta hasta dicho punto y montar dos desvíos para posibilitar el desdoble de los trenes desde el cruce con la A-23 hasta Plaza y dar la posibilidad de que los regionales también utilicen ese punto para cruzar de vía. El tramo sin doble carril hasta La Cartuja, es de unos 13 km, motivo por el que de cara al futuro se podría pensar en utilizar las vías AVE tras la adaptación a ancho Internacional, aunque eso podría ser objeto de otro proyecto.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Tabla resumen:

Zona	Dirección	Punto Referencia	Desvío tipo	Nº
C1 Actual	Casetas-Miraflores	Llegando o saliendo de estación Delicias Bifurcación 2 a 4 carriles	Desvío Mixto a izda. DMM-D	2
		Llegando a estación Miraflores	Desvío Mixto giro a izda. DMM-D	1
NORTE	A (hasta mercazaragoza)	Llegando a la estación Mercazaragoza	Desvío Mixto giro drch. DRI-D	1
	B (Cogullada centro)	Entrando a Cogullada antes de apeadero Cogullada B2, giro curva izquierda	Desvío Mixto giro izqda. DRI-D	1
		En estación Cogullada B3 doble para redireccionar	DII	2
		Saliendo de Cogullada B3 para incorporarse a la vía del AVE	DII	1
OESTE	Casetas-Alagón	Estación de Alagón	DMM-I	1
	Alagón-Pedrola	Estación de Pedrola	DMM-I	1
ESTE	Miraflores-La Cartuja	Saliendo de la estación Miraflores	1 desvío a izquierdas y 1 a derechas DMM-D	2
		Estación La Cartuja	1 desvío a izquierdas para el cercanías DRM-D	1
		Estación La Cartuja	1 incorporación-desvío a derechas para el regional DR	1
SUROESTE	Delicias-Plaza	Saliendo de Delicias	Desvío mixto a izquierdas DMM-D	2
		200m Pasada la curva debajo de la A-2	Desvío mixto a derechas DMM-D	1
		Retornando de plaza, 500m antes de la curva compartida	Cambiador de hilo de tercer carril a derechas a tercer carril a izquierdas	1
		Plaza Estación	DMM-I	1
SUROESTE-ESTE	Plaza-La Cartuja	La Cartuja estación, llegando de Plaza y para volver hacia Plaza	Desvío para incorporar al andén a derechas DMM-D	1
		Desdoble Teruel y La Cartuja	Desvío de Mixto a Mixto, DMM-D	2

Tabla 22.1

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

23- Conclusiones análisis técnico

Del análisis de viabilidad técnica y de las modificaciones necesarias, resultan dos posibles planteamientos a la hora de realizar la ampliación de las líneas:

- 1) Ampliación de la línea manteniendo el ancho ibérico.
- 2) Ampliación de la línea migrando a ancho internacional el cercanías, mediante la instalación de una vía mixta.

Las ventajas e inconvenientes que presentan ambas opciones, se detallan a continuación:

➤ **Ampliación de la línea manteniendo el ancho ibérico.**

Trabajos a realizar:

- ➔ Rehabilitación de apeaderos y estaciones existentes.
- ➔ Construcción de nuevos apeaderos y estaciones.
- ➔ Estudio de las frecuencias de las líneas, recorridos nuevos etc.. y su compatibilidad con las líneas regionales actuales.
- ➔ A largo plazo, estudiar la posibilidad de adquirir una unidad CIVIA adicional para la C1.
- ➔ Adquirir una unidad CIVIA para la C2.

Ventajas:

- ➔ No requeriría cambio alguno en los trenes.
- ➔ No sería preciso instalar el tercer carril
- ➔ Se evitarían los problemas derivados de compartir las líneas del AVE.
- ➔ Sería la opción más económica.

Inconvenientes:

- ➔ Seguiría existiendo el cuello de botella entre las estaciones Delicias y Miraflores.
- ➔ No se eliminan fronteras de ancho, lo cual no va en la línea de la directiva Europea.
- ➔ En un futuro y si se pensara en ampliar la capacidad de la línea, dado el aumento de kilómetros cubiertos, la organización de las líneas podría ser compleja.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Ampliación de las líneas instalando tercer carril**

Trabajos a realizar:

Sería preciso hacer los mismos trabajos que para la ejecución con carril ibérico, además de las adaptaciones precisas para el montaje del tercer carril, que serían:

- ➔ Instalar un tercer carril en todas las líneas hasta donde el cercanías tuviera alcance.
- ➔ Sustituir los desvíos por desvíos mixtos.
- ➔ Modificar la catenaria para que sea bitensión o modificar los trenes para que puedan adaptarse a ambas tensiones.
- ➔ Instalar un controlador ERTMS para realizar el cambio de tensión automática en los trenes.
- ➔ Modificar los bogies de los trenes actuales.
- ➔ Revisar y/o modificar el ancho del frotador del pantógrafo.
- ➔ Revisar el gálibo de paso de los trenes.

Ventajas

- ➔ Se descongestionaría el paso por el túnel de la ciudad, permitiendo un aumento de la capacidad de la línea actual.
- ➔ Podría ofrecer la posibilidad de que trenes de larga distancia con ancho internacional, utilizaran los tramos mixtos.
- ➔ Se cumpliría con la directiva que marca la tendencia a ir migrando a ancho internacional en todas las actuaciones nuevas.

Inconvenientes

- ➔ Requiere de grandes obras en la línea que repercutirán en el servicio durante bastante tiempo.
- ➔ Las modificaciones en los trenes también provocarían fallos de servicio en el tiempo que estuvieran realizándose.
- ➔ Elevada inversión.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Inconvenientes Adicionales en vías con tercer carril**

Además de los inconvenientes mencionados para esta opción y, tras conversaciones mantenidas con especialistas en el sector, la opción de migrar a ancho internacional, presenta los siguientes inconvenientes a considerar:

1. Al estar los actuales trenes CIVIA diseñados y homologados para ancho Ibérico, el cambiarlos a estándar, bogies y adaptación a las dos tensiones eléctricas, requeriría realizar un estudio de ingeniería de adaptación que sería muy caro y difícil de determinar si no es con un estudio de la empresa proveedora.
2. Por el mismo motivo anterior, se requeriría homologar los trenes como si fueran nuevos, lo cual también supone costes muy elevados igualmente difícil de determinar.
3. La flota de trenes de cercanías de Zaragoza, quedaría limitada a su uso en Internacional, de forma que en realidad estaría aislada para poder desplazarse a otras poblaciones llegado el caso (flota cautiva).
4. El cambio de electrificación requeriría obligatoriamente instalar ERTMS ya que si no, se dependería siempre de que el operador cambiara la conexión en el tren en cada cambio de vías y, esa operación dada la concepción de las líneas sería muy frecuente. El coste de instalar ERTMS estaría cerca de 1M€/km.
5. Habría que adaptar los andenes a las diferencias de altura entre trenes AVE y cercanías.
6. Habría que estudiar y tal vez cambiar el centraje en las catenarias rígidas de los túneles.
7. Habría que revisar las instalaciones de seguridad y cambiar el cantonamiento en los tramos con cambiadores de hilo.

V- FASE 4 Viabilidad económica. Presupuesto y rentabilidad

24- Resumen de adaptaciones técnicas a realizar

La tabla 24.1 resume todas las actuaciones necesarias para las propuestas anteriormente desarrolladas, para efectuar el cálculo del presupuesto.

NUEVAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS Y/O MODIFICACIONES DE LAS ACTUALES						
Zona	Tramo u opción	Estaciones /apeaderos	km vías nuevas	km tercer carril	Desvíos	Otros
C1 Actual	Casetas-Miraflores	0	0	16,6	3	1 aparca bicis, 1 estación bici-Zaragoza y asfaltar la explanada actual para parking
NORTE	A	1/1 (N)	0	7	1	2 Accesos Peatonales/ 2 bicis
	B	1/3 (N)	1,7km x 2	8	4	4 Accesos Peatonales/ 4 bicis
OESTE	Casetas-Alagón	1/0 (R)	0	9,3+9,3	1	1 aparcamiento
	Alagón-Pedrola	1/2(R)	0	8,6+8,6	1	3 aparcamientos
ESTE	Miraflores-La Cartuja	1/1 (N)	0	4,2	4	1 Acceso al barrio La Cartuja, 1 Acceso a los polígonos San Valero y La Unión
SUROESTE	Delicias-Plaza	1/0 (N)	0	6,5+6,5	5 (4 + 1 cambio hilo)	Accesos de la estación al polígono
SUROESTE-ESTE	Plaza-La Cartuja	0/3 (N)	0	18,8	3	Acceso Peatonal y de bicis a los 3 apeaderos con aparcabicis en los 3. 1 Aparcamiento en Cuarte de Huerva
MODIFICACIONES O INVERSIONES EN MAQUINARIA DE TREN						
Montar nuevos Bogies en los 2 trenes actuales						
Adaptar los dos trenes actuales de forma que puedan funcionar a 25kV(CA) y 3kV (CC)						
Revisión y ajuste de la zona de rozamiento del pantógrafo para absorber el descentramiento del carril						
1 Nuevo tren CIVIA para el uso en la línea C2						

Tabla 24.1

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Notas entre paréntesis de la Tabla 24.1:

(N) → Estaciones o apeaderos de construcción nueva

(R) → Estaciones o apeaderos con posibilidad de rehabilitación de los antiguos.

El cálculo del presupuesto, se realizará tomando como modelo los datos incluidos en el presupuesto utilizado en el proyecto para el montaje del tercer carril en el ferrocarril de Algeciras-La Indiana, (documento 3; <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/21171/5/DOCUMENTO%203%20-%20Presupuesto.pdf>) por ser un proyecto real ejecutado en el año 2007. El documento indicado en el enlace, contiene una tabla de precios de los costes unitarios de cada partida, por ejemplo coste específico por metro lineal de instalar el tercer carril. Dichos costes, serán actualizados con la variación del IPC medio, calculado como la media de los valores desde el 2007 hasta hoy y, aplicando dicho porcentaje a 7 años vista (contando hasta finales del 2014).

25- Presupuestos

Todas las necesidades quedan comprendidas en el apartado de presupuestos en el que hay que hacer las siguientes observaciones:

- 1) Se toman las tablas de precios para el cálculo de los costes principales (ejecución de vías, tendido eléctrico, seguridad, etc...) del mencionado documento 3 Algeciras-La Indiana. Los precios de Estaciones nuevas o rehabilitadas y apeaderos nuevos o rehabilitados, son estimaciones de profesionales del sector consultados.
- 2) Al ser los precios utilizados del año 2007, se efectúa un ajuste según una subida media de IPC anual del 1,92% desde 2007. Cálculos en el documento general de presupuesto.
- 3) El tramo Delicias-Plaza se calcula de nuevo para todas las opciones ya que en las 2ª y 3ª supondría la instalación de carril mixto, el cual no está previsto en el estudio de IDOM (publicado en Heraldo, Anexo 3) y el cálculo de la 1ª se efectúa de nuevo para actualizar precios.
- 4) Se contempla un 10% de incremento sobre los totales obtenidos, a fin de afrontar imprevistos, en la 1ª opción y un 30% para la 2ª y 3ª, dados los inconvenientes adicionales que supone montar un tercer carril.
- 5) En la memoria sólo se muestra el resumen final de precios, el documento II Presupuesto, del proyecto, recoge todo desglosado por partidas.
- 6) Para cualquiera de las opciones, se presentarán las variantes A y B del tramo Norte de Cogullada.
- 7) Se detallarán aparte, los costes previstos en nuevos trenes.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **1ª Opción, presupuesto en ancho Ibérico**

Tabla 25.1, tabla con los costes totales por zonas y el incremento de imprevistos.

Zona	Presupuesto	10 % Ajuste	Total Zona
Norte A	10.117.536,00 €	1.011.753,60 €	11.129.289,60 €
Norte B	22.261.341,12 €	2.226.134,11 €	24.487.475,23 €
Oeste Tramo 1	3.096.536,00 €	309.653,60 €	3.406.189,60 €
Oeste Tramo 2	9.126.536,00 €	912.653,60 €	10.039.189,60 €
Este	10.359.144,00 €	1.035.914,40 €	11.395.058,40 €
Suroeste	6.344.144,00 €	634.414,40 €	6.978.558,40 €
Suroeste-Este	14.069.000,00 €	1.406.900,00 €	15.475.900,00 €
C1 Actual	21.000,00 €	2.100,00 €	23.100,00 €

Tabla 25.2, tabla con costes totales y descripción breve de las fases de implantación y ejecución de trabajos:

Fases implantación	Presupuesto (Millones de €)	Año objetivo	Descripción de la Fase, esquema de trabajos.
1- Mejorar servicios Miraflores	0,02 €	2017	Asfaltar la explanada exterior para que haga de parking, instalar una estación bici-Zaragoza y una estructura aparca bicis
2- Suroeste, Delicias-Plaza	6,98 €	2019	Ejecución en paralelo de la estación, accesos, etc...
3- Oeste Tramo 1 y Norte Opc. A	14,54 €	2021	En paralelo, rehabilitación de estaciones zona Oeste y construcción del apeadero de Las Fuentes y de la Estación de Cogullada (Mercazaragoza)
3- Oeste Tramo 1 y Norte Opc. B	27,89 €	2021	En paralelo, rehabilitación de estaciones zona Oeste y construcción del apeadero de Las Fuentes, los dos de Cogullada la Estación de Cogullada.
4- Oeste Tramo 2 y Este	21,43 €	2022	Rehabilitar estaciones zona Oeste y construir el apeadero de San Valero y la estación de La Cartuja,
5- Suroeste-Este	22,48 €	2025	Construcción en paralelo de los 3 apeaderos. Se encarga el nuevo tren en plazo para tenerlo al final de las obras.
Total con opc. A de Cogullada	65,45 €		
Total con opc. B de Cogullada	78,81 €		

➤ **2ª Opción, presupuesto en ancho internacional**

Tabla 25.3, tabla con los costes totales por zonas y el incremento de imprevistos.

Zona	Presupuesto	30 % Ajuste	Total Zona
Norte A	20.874.057,60 €	6.262.217,28 €	27.136.274,88 €
Norte B	37.749.867,52 €	11.324.960,26 €	49.074.827,78 €
Oeste Tramo 1	31.512.489,28 €	9.453.746,78 €	40.966.236,06 €
Oeste Tramo 2	35.411.178,56 €	10.623.353,57 €	46.034.532,13 €
Este	17.062.196,16 €	5.118.658,85 €	22.180.855,01 €
Suroeste	26.767.310,40 €	8.030.193,12 €	34.797.503,52 €
Suroeste-Este	43.233.970,24 €	12.970.191,07 €	56.204.161,31 €
C1 Actual	25.836.767,68 €	7.751.030,30 €	33.587.797,98 €

Los costes de modificar los actuales CIVIA (bogies, electrificación y control) no se pueden estimar por los motivos explicados en el punto 23, el importe de un tren CIVIA nuevo, es de aproximadamente 7M€, aunque se pueden obtener mejores precios si se encargan más unidades, aspecto a tener en cuenta por parte de las entidades que encargaran su fabricación. Para el proyecto contaremos que su importe es de 7M€/unidad.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Tabla 25.4, tabla con costes totales y descripción breve de las fases de implantación y ejecución de trabajos:

Fases implantación	Presupuesto (Millones de €)	Año objetivo	Descripción de la Fase, esquema de trabajos.
1- Adaptar a 3er carril la vía actual	33,59 €	2017	1º Montar 3er carril en C1 actual Casetas-Miraflores por tramos para no retirar el servicio entero, 2º adaptar trenes, 3º adecuar estación Miraflores
2- Suroeste, Delicias-Plaza	34,80 €	2019	Ejecución en paralelo de la estación, accesos, etc... y el montaje del tercer carril en este ramal
3- Oeste Tramo 1 y Norte Opc. A	68,10 €	2021	1º 3er carril en zona Oeste y estación de Cogullada, 2º tercer carril zona Norte y apeadero Las Fuentes + accesos, bicis, etc...
3- Oeste Tramo 1 y Norte Opc. B	90,04 €	2021	1º 3er carril en zona Oeste y estación de Cogullada, 2º tercer carril zona Norte y apeaderos Las Fuentes, Av.Cataluña y Cogullada + accesos, bicis, etc...
4- Oeste Tramo 2 y Este	68,22 €	2022	1º 3er carril en zona Oeste y estación de La Cartuja, 2º tercer carril zona Este
5- Suroeste-Este	63,20 €	2025	Ejecución única del tercer carril y construcción en paralelo de los 3 apeaderos. Se encarga el nuevo tren en plazo para tenerlo al final de las obras.
Total con opc. A de Cogullada	267,91 €		
Total con opc. B de Cogullada	289,85 €		

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **3ª Opción, ancho internacional modalidad SINAV**

Se incluye una previsión de costes para la alternativa de migrar a internacional, pero utilizando la tecnología SINAV. Dada la ausencia de datos en este sentido, pero conocidas las ventajas en cuanto a la instalación de las mismas supondría, se ha efectuado un cálculo suponiendo que, la instalación del tercer carril mediante SINAV, supusiera un coste del 30% de la instalación mediante traviesas convencionales de vía mixta. Los resultados son bastante significativos.

Tabla 25.5, tabla con costes totales por zonas y el incremento de imprevistos.

Zona	Presupuesto	30 % Ajuste	Total Zona
Norte A	18.000.282,08 €	5.400.084,62 €	23.400.366,70 €
Norte B	34.465.552,64 €	10.339.665,79 €	44.805.218,43 €
Oeste Tramo 1	23.876.457,18 €	7.162.937,16 €	31.039.394,34 €
Oeste Tramo 2	28.349.901,57 €	8.504.970,47 €	36.854.872,04 €
Este	15.337.930,85 €	4.601.379,25 €	19.939.310,10 €
Suroeste	21.430.298,72 €	6.429.089,62 €	27.859.388,34 €
Suroeste-Este	35.515.830,27 €	10.654.749,08 €	46.170.579,35 €
C1 Actual	19.021.814,30 €	5.706.544,29 €	24.728.358,60 €

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

Tabla 25.6, tabla con costes totales y descripción breve de las fases de implantación y ejecución de trabajos:

Fases implantación	Presupuesto (Millones de €)	Año objetivo	Descripción de la Fase, esquema de trabajos.
1- Adaptar a 3er carril la vía actual	24,73 €	2017	1º Montar 3er carril en C1 actual Casetas-Miraflores por tramos para no retirar el servicio entero, 2º adaptar trenes, 3º adecuar estación Miraflores
2- Suroeste, Delicias-Plaza	27,86 €	2019	Ejecución en paralelo de la estación, accesos, etc... y el montaje del tercer carril en este ramal
3- Oeste Tramo 1 y Norte Opc. A	54,44 €	2021	1º 3er carril en zona Oeste y estación de Cogullada, 2º tercer carril zona Norte y apeadero Las Fuentes + accesos, bicis, etc...
3- Oeste Tramo 1 y Norte Opc. B	75,84 €	2021	1º 3er carril en zona Oeste y estación de Cogullada, 2º tercer carril zona Norte y apeaderos Las Fuentes, Av.Cataluña y Cogullada + accesos, bicis, etc...
4- Oeste Tramo 2 y Este	56,79 €	2022	1º 3er carril en zona Oeste y estación de La Cartuja, 2º tercer carril zona Este
5- Suroeste-Este	53,17 €	2025	Ejecución única del tercer carril y construcción en paralelo de los 3 apeaderos. Se encarga el nuevo tren en plazo para tenerlo al final de las obras.
Total con opc. A de Cogullada	216,99 €		
Total con opc. B de Cogullada	238,40 €		

26- Rentabilidad

La rentabilidad de un proyecto de este tipo, habría que medirla desde diferentes puntos de vista y en términos no exclusivamente monetarios ya que, está claro que las elevadas inversiones requeridas, no serán amortizadas rápidamente y, existirán pérdidas anuales cuando se realicen las valoraciones de gastos de explotación de las líneas. Las variables a tener en cuenta para valorar la rentabilidad del proyecto serían las siguientes:

- ➔ Porcentaje de uso de los servicios o **tasa de aprovechamiento**.
- ➔ **Déficit** de las líneas.

Ambas variables, podrían ser valoradas mediante indicadores perfectamente medibles y fijados los objetivos, se podría valorar la evolución anual de las mismas, siendo el sentido de ambas el siguiente:

En cuanto a la **tasa de aprovechamiento** se refiere, estaríamos hablando del grado de utilización del servicio por parte de los ciudadanos, siendo este indicador una medida de la relación entre el número de viajeros que usan la línea y el número total de plazas que se ofrece. Obviamente, este indicador interesa que sea lo más alto posible ya que, en realidad el resto de indicadores dependerán del uso que se le dé al recurso ofrecido. En algunos casos, como el del tren de Alcoy-Xàtiva (Fuente, publicación en diario lasprovincias.es; Fomento mantiene el tren Alcoy-Xàtiva por la rentabilidad de la línea), se considera un valor bueno estar por encima del 15% de utilización.

El **Déficit** de las líneas, sería la diferencia entre el coste real del transporte de los viajeros y los ingresos recibidos por la compra de billetes o abonos de los mismos. En este caso interesará que el indicador del Déficit se mantenga lo más bajo posible por razones igualmente obvias. Hay que tener en cuenta que muchas líneas de ferrocarril son deficitarias y se asumen los déficits generados, bien por los gobiernos centrales o bien por los autonómicos.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Estimación de Rentabilidad**

La siguiente sería una estimación de rentabilidad de la línea en base al previsible aumento de uso con la ampliación de líneas:

Datos:

Actualmente usan el cercanías 303.100 pasajeros/año, pero podrían ser más si no fuera por la actual situación de crisis, otro motivo es la consolidación de la línea según Renfe, Anexo 4, noticia Heraldo 29 Enero 2015.

Las previsiones apuntan a que sólo la apertura de Plaza aportaría 887.000 pasajeros/año adicionales ya que usarían el servicio hasta Plaza, según Heraldo 18 de Marzo del 2013, Anexo 3.

La extensión de la línea hacia el Oeste, Cogullada y La Cartuja, podría aportar un número de viajeros, difícil de determinar pero, que vamos a estimar como un 50% del valor de la población de cada zona al año.

La capacidad de los CIVIA puede llegar hasta 563 pasajeros, un trayecto de ida sin interrupciones, con un tiempo medio-alto desde La Cartuja hasta Pedrola, podría estar en 1 hora y 10 minutos, considerando que vendría a ser más de dos veces el recorrido actual y con unas cuantas paradas más. Esto haría un total de 13 viajes/día contando desde las 7 de la mañana hasta las 22 horas aproximadamente. Por tanto la capacidad máxima diaria sería:

$$\text{Capacidad} = 13 \text{ viajes/día} * 563 \text{ pasajeros/viaje} = 7319 \text{ pasajeros/día.}$$

A este valor se le aplica una reducción del 10% por rendimientos derivados de fallos, averías, etc... y nos queda un valor redondeado de 6600 pasajeros/día, que serían 2,4 millones/año para la línea La Cartuja-Pedrola.

Como en principio no se invertiría en más trenes, para la ampliación de la línea actual sin contar con la ronda sur, el máximo de viajes aproximadamente serían los 13 computados, ya que, si el tren toma el ramal de Cogullada no podrá ir a La Cartuja etc... por lo que se cifra en estos 2,4 millones el máximo de viajeros transportables al año.

El incremento de las zonas atendidas según el criterio del 50%, aportarían lo siguiente:

- ➔ Ramal de Cogullada, población atendida Las Fuentes y El Rabal: 60.000 viajeros/año
- ➔ Ramal de La Cartuja, población atendida La Cartuja: 1.000 viajeros/año
- ➔ Ramal hasta Pedrola, población atendida Pedrola, Alagón, Alcalá de Ebro y Cabañas: 6.000 viajeros/año

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➔ Ramal Ronda Sur, población atendida Valdespartera, Parque Venecia, Arco Sur y Cuarte de Huerva: 51.000 viajeros/año

(*) En todos los casos se ha redondeado el cálculo de estimaciones muy a la baja ya que no se consideran los efectos de los trabajadores que puedan ir al polígono de Cogullada y los polígonos de la carretera Castellón, así como el efecto llamada que pueda tener la ampliación del área cubierta por el transporte.

En cuanto al ramal de Plaza, se toma como dato los 887.000 viajeros/año según estudio publicado en Heraldo y mencionado anteriormente

En resumen, el total de viajeros adicionales a los actuales, sería de: 954.000 viajeros/año para la línea de cercanías C1 y de 51.000 viajeros/año para la Ronda Sur, que, tal como hemos planteado anteriormente se propone tomarla como línea independiente a parte de la C1.

Resultado:

Analizando la perspectiva solamente de la línea C1 actual, se podría llegar a una tasa de aprovechamiento de:

Tasa de aprovechamiento= $(954.000/2.400.000)*100=$ **39,75%**

Dato que supera ampliamente el 15% mínimo previsto.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Beneficios sociales adicionales**

Sin embargo y, adicionalmente al muy probable incremento de uso y por tanto de rentabilidad económica, otros parámetros de más difícil medida, deberían ser tenidos en cuenta para valorar la rentabilidad de las líneas, como son:

- ➔ El servicio prestado a los ciudadanos, que mejoraría notablemente.
- ➔ La reducción del uso del vehículo privado con las consiguientes ventajas en cuanto a descongestión del tráfico rodado, reducción de la contaminación en la ciudad, reducción de accidentes etc...
- ➔ Se daría servicio más seguro y de calidad a zonas más alejadas del tradicional casco urbano, el cual, está creciendo poco a poco en los últimos años.
- ➔ Un cambio de mentalidad en los desplazamientos de los ciudadanos, potenciaría un transporte de futuro más respetuoso con el medio ambiente en cifras globales.

VI- FASE 5 Resumen y selección de opciones con mejores resultados.

27- Resumen de presupuestos

Opción	Variante	Coste en Millones de Euros
1ª ancho ibérico	Cogullada A	65,45
	Cogullada B	78,81
2ª mixto con traviesas	Cogullada A	267,91 €
	Cogullada B	289,85 €
3ª mixto SINAV	Cogullada A	216,99 €
	Cogullada B	238,40 €

Tabla 27.1

Además de estos importes, se podría prever la adquisición de un tercer tren de cercanías para la C1, cuyo coste sería de 7M€ a incrementar a los totales mostrados en la tabla. Este tren siempre se podría utilizar para la C1 o para la C2 llegado el caso si se cerrara el cinturón de Arco-Sur, pudiendo hacer incluso rutas circulares al estilo de los actuales autobuses urbanos C1 y C2.

28- Selección de opción de mejores resultados

Desde el punto de vista económico, la opción que mejores resultados presenta sería la 1ª, que, prácticamente con la inversión en nuevas estaciones y apeaderos conseguiría mejorar notablemente el servicio actual. Por otro lado, esta opción sería la que menos inconvenientes técnicos conlleva y, la que por ese motivo, sería probablemente mejor acogida por los responsables técnicos del desarrollo del proyecto al garantizar, con toda seguridad muchos menos imprevistos que pudieran incrementar costes o mantener paralizadas las líneas. Otra ventaja, sería que los cortes requeridos en los servicios, serían mínimos o inexistentes, dado que no habría que tocar las vías actuales ni los trenes.

En segundo lugar y, desde el punto de vista económico, se podría plantear la alternativa del tercer carril SINAV, que supone un ahorro de más del 20% respecto del tercer carril con traviesas. El problema de esta alternativa es que está en fase experimental, acaba de patentarse y no existen experiencias reales que la avalen. Sin embargo, podría ser una opción interesante realizando los debidos test y, a pesar de los problemas que supone el montaje del 3er carril, ya que se eliminarían muchos de ellos al no ser necesario, por ejemplo, el corte total de la circulación de los convoyes. Se podría plantear un estudio o que el fabricante y el instalador del sistema dieran precios cerrados y adquiriera compromisos dado que podría ser un proyecto pionero. Otra ventaja es que se podría plantear su instalación una vez se comprobara que la red ampliada a ancho ibérico, presenta buenos resultados de aprovechamiento.

Finalmente quedaría descartada la opción de montar un tercer carril con traviesas dado que sus importes no justificarían el posible beneficio. Además, los inconvenientes técnicos planteados, pueden derivar en imprevistos con costes elevados y en graves paradas del servicio que, probablemente desalentarán a los posibles inversores.

Es interesante resaltar, que uno de los aspectos que más encarece la instalación del tercer carril, es el que obliga a la instalación del sistema de seguridad ERTMS, el cual, según importes tomados del mencionado presupuesto para el montaje del tercer carril en el ferrocarril Algeciras-La Indiana y actualizados a 2015, supone una inversión de 0,93M€/km, de forma que para nuestro proyecto, resulta una partida total de cerca de 75M€ (variable según la opción elegida). La ventaja de instalar este sistema es que ya estaría disponible para cualquier tren que llevara un dispositivo ERTMS, al ser un estándar Europeo.

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

➤ **Opción seleccionada**

Por todos los motivos anteriormente expuestos, la opción seleccionada sería la 1ª, pudiendo ejecutarse por partes según interesara.

Dentro de esta opción, se descarta la alternativa de Cogullada A, ya que limitaría mucho la línea y se piensa que atraería muchos menos viajeros, dado que quedarían prácticamente excluidos en esta alternativa, el barrio del Rabal y todo el polígono Cogullada, ya que, el cercanías llegaría casi hasta Mercazaragoza, punto que está muy lejos de las zonas mencionadas y sin haber parado más que en Las Fuentes. De forma que realizar dicha propuesta podría condenar al cercanías a contar sólo con los viajeros de Las Fuentes y Mercazaragoza. Sin embargo, la alternativa B, amplía mucho la población atendida y, prácticamente, cumple con la reivindicación vecinal del Arrabal, que solicitaban llevar el tren hasta el cruce de San Juan de la Peña con Marqués de la Cadena.

Por otro lado, el ramal de La Cartuja, presenta realmente los peores resultados en cuanto a previsiones de utilización y, tal vez sólo quedaría justificado por el posible potencial de usuarios captados al de ampliar a Cogullada y crear el ramal de Plaza. Por dicho motivo, se podría posponer la ejecución del ramal de La Cartuja en función de los resultados obtenidos por la línea en los ramales de Plaza y Cogullada.

La Ronda sur tiene mucho potencial a largo plazo, por ser una zona urbana con un margen de crecimiento muy alto, sin embargo ahora mismo, no sería una actuación prioritaria, por lo que se podría igualmente posponer la actuación hasta terminar con los ramales mencionados.

Así pues una posible cronología de la ejecución del proyecto sería:

- 1º Suroeste Delicias-Plaza
- 2º Miraflores-Cogullada (alternativa B)
- 3º Oeste Casetas-Alagón
- 4º Oeste Alagón-Pedrola
- 5º Este Miraflores-La Cartuja
- 6º Arco-Sur Plaza-La Cartuja

Con un importe total (considerando aquí la compra de los dos trenes): **85,81Millones de Euros**

VII- FASE 6 Conclusiones

29- Conclusión

En primer lugar y, a pesar de no ser el objeto del presente proyecto, no se podría terminar sin comentar al menos los aspectos medio ambientales relacionados con el mismo. En este sentido, las ventajas del tren de cara al medio ambiente comparativamente con otros medios son significativas, (según datos de RENFE en su página web, corroborados por la entidad ecotransit) por ejemplo:

- ➔ El trayecto Barcelona-Madrid en tren, emite 13 KgCO₂/viajero mientras que en avión son 92 KgCO₂/viajero y en vehículo privado 74 KgCO₂/viajero.
- ➔ Los trenes actuales incorporan tecnología para optimizar el consumo energético como por ejemplo el freno regenerativo que en los AVE se calcula que devuelve a la red entre un 6 y un 10% de la energía consumida y en los cercanías hasta un 40%, los CIVIA implementan diversos avances tecnológicos que permiten ahorrar hasta un 30% de energía. Este aspecto es muy importante ya que, ningún otro medio de transporte podrá hacerlo al no estar conectado a la red eléctrica.
- ➔ Siempre el transporte colectivo es más eficiente que el privado en cuanto al consumo energético.
- ➔ Las infraestructuras ferroviarias, ocupan menor espacio que las carreteras, por ejemplo una autovía ocupa el 35% más de superficie que una línea de Alta Velocidad y, para el uso del ferrocarril en zonas muy pobladas optimiza más el espacio.

Por otro lado, España, pese a disponer de una red ferroviaria bastante buena, no es un ejemplo excelente en cuanto a la potenciación del uso del transporte ferroviario, ya que, como se ha comentado en algún punto del proyecto, los transportes públicos ferroviarios suelen ser deficitarios en un porcentaje importante y dichos déficits, son asumidos por los países dada la consideración de servicios públicos.

Bien, pues realizando una comparativa de la inversión sufragada por otros países por habitante en el uso de los trenes, Alemania sufragó en 2007 62€/habitante al año, Francia en 2008 una media de 37,5€/habitante mientras que en España en 2007, los gastos sufragados por el estado y las comunidades autónomas, fueron de 8€/habitante. A la vista de estas cifras, se considera que España debería incrementar el margen de inversión por habitante y pensar que este aspecto, lejos de parecer un gasto público innecesario, debería considerarse hoy día, un servicio básico como lo es cualquier otro, dada la creciente necesidad que presenta la sociedad actual en materia de movilidad. Hay que tener en cuenta que, el gasto que a un ciudadano le puede suponer utilizar su coche todos los días

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

para ir a trabajar, supera sin duda los 37,5€/año que, por ejemplo, Francia invierte de media por habitante en los transportes públicos y, los beneficios también los reciben todos los ciudadanos en forma de menos atascos, mejores servicios, etc...

En cuanto a la opción de montar un tercer carril o no, está claro que los aspectos técnicos y económicos, la descartan a corto plazo, pero tal vez habría que plantearse el hecho como un proyecto de futuro de más envergadura que la simple línea de cercanías y más en línea con la resolución firmada por La Secretaría de Estado de Planificación e Infraestructuras (La vía de tres carriles, apdo. 1.3), la cual, ha firmado un acuerdo para ir eliminando las barreras de ancho y potenciar el intercambio con Europa, de forma que plantea que para nuevas líneas se construirán todas con ancho Internacional y que en actuaciones sobre líneas existentes, se construirán en ancho mixto.

Finalmente, la línea de cercanías de Zaragoza, pese al buen servicio que ahora mismo presta en cuanto a calidad del transporte y fiabilidad de horarios, es un recurso de uso minoritario, con una cuota de utilización del 0,28% respecto del total de uso de los transportes públicos en la ciudad, lo cual hace pensar en que es un medio de transporte prescindible. La apuesta de las administraciones potenciando determinados medios de transporte y, realizando inversiones para poder dotar de recursos reales y eficaces a los ciudadanos, tiene su respuesta positiva siempre, por ejemplo en Zaragoza capital, la inversión realizada en carriles bici y, la puesta en marcha del servicio de estaciones de alquiler de bici, ha hecho que este medio de transporte pase de ser un medio marginal, a ser utilizado por 50.000 ciudadanos al día (Informe indicadores 2013 de Zaragoza, estrategia 2020 Ebropolis), sin embargo, esa cuota del 0,28% que incluso, se ha visto mermado el uso en el último año, cayendo un 17% en 2014 según reciente noticia en Heraldo de Aragón (Anexo 4, noticia Heraldo 29 Enero 2015).

En conclusión, los datos, muestran la debilidad de este sector en la ciudad de Zaragoza y, dar un impulso por parte de las entidades responsables se considera necesario y totalmente justificado, pese a las elevadas inversiones que precisa. Hay que tener en cuenta, los importantes beneficios que aporta el transporte ferroviario en todos los aspectos anteriormente mencionados y, que en la situación actual, donde los aspectos medioambientales ganan importancia hasta ser uno de los primeros aspectos a poner encima de la mesa en la elaboración de cualquier proyecto, la tendencia debería ser potenciar mucho más los transportes colectivos y en concreto aquellos que, como el cercanías, permiten reducir la huella de CO₂, a la vez que proporcionar un servicio de calidad a las personas.

30- Bibliografía, Fuentes.

- Ingeniería Ferroviaria
Autores; Francisco Javier González Fernández y Julio Fuentes Losa
Editor; Universidad Nacional de Educación a Distancia
ISBN; 84-362-5293-4
- Ferrocarriles Metropolitanos
Autores: Manuel Melis Mainar y Francisco Javier González Fernández
Edita: Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos
ISBN; 84-380-0287-0
- El libro del tren (1998)
Autora: Pilar Lozano
Edita: Fundación de los Ferrocarriles Españoles
- Historia del Ferrocarril en España
Sitio Web Wikipedia;
- Caminos de Hierro: Historia del Tren en España
Documental del “Canal Historia” de la compañía “The History Channel Iberia”.
- Cronología del Ferrocarril, fechas históricas importantes en relación con el ferrocarril:
Federación Castellano Manchega de Amigos del Ferrocarril.
<http://www.fcmaf.es/cronologia.htm>
- Página web del Instituto Nacional de Estadística: www.ine.es
- Datos de la plataforma logística de PLAZA:
http://es.wikipedia.org/wiki/Plataforma_log%C3%ADstica_de_Zaragoza
- Datos del centro comercial Puerto Venecia: http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_Venecia
- Definiciones, conceptos ferroviarios: <http://www.ferropedia.es/>
- Documentos técnicos sobre ferrocarriles y trenes: <http://www.tecnica-vialibre.es/>
- Datos y documentos de ferrocarriles y trenes: <http://www.ffe.es/principal.asp>
- Horarios y servicios de autobuses suburbanos:
http://www.consortiozaragoza.es/consorcio_transporte.php?cat=99

Estudio técnico y económico de la ampliación de la red de trenes de cercanías de Zaragoza.

- Información de polígonos industriales de Zaragoza:
http://www.camarazaragoza.com/poligonos/html/mapa_poligonos.asp
- Datos de servicios y horarios de trenes: <http://www.renfe.com/>
- Horarios y servicios de autobuses de largo recorrido: <http://www.estacion-zaragoza.es/horarios/trayectos>
- Proyecto Fabricación tren Regional CIVIA III, cedido por el Director del proyecto.
- Datos generales de productos de TALGO: www.talgo.com
- Datos de costes de los servicios de ferrocarriles.
http://www.ferropedia.es/wiki/Costes_del_ferrocarril:_servicios#cite_note-1
- Entidad que valora el impacto ambiental de diferentes medios de transporte:
www.ecotransit.org
- La vía de tres carriles (Adif), situación actual y perspectiva. DIRECCIÓN GENERAL DE OPERACIONES E INGENIERÍA Dirección Ejecutiva de Operaciones e Ingeniería de Red de Alta Velocidad. Realizado: Ruth De San Dámaso Martín
- Presupuesto para el montaje del tercer carril en el ferrocarril de Algeciras-La Indiana, documento 3;
<https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/21171/5/DOCUMENTO%20%20-%20Presupuesto.pdf>
- Presentación SINAV Universidad Politécnica de Valencia:
http://www.ptferroviaria.es/Portals/0/PTFE/PTFE-Documents/SINAV_UPV.pdf

31- Anexos

Se incluye el listado de los anexos por las menciones incluidas a lo largo de la memoria.

- 1) Datos Demográficos
- 2) Presupuesto
- 3) Noticias Heraldo de Aragón edición impresa,
Recopiladas hasta el inicio del proyecto. Resumen y páginas de las noticias escaneadas de hechos relacionados con el cercanías de Zaragoza hasta la fecha de inicio del proyecto.
- 4) Noticias, edición digital.
 - 1) Noticia Heraldo de Aragón del 15 de Enero del 2015 sobre los datos del padrón municipal.
 - 2) Noticia El Periódico de Aragón del 31 de Marzo del 2014. "Fomento reconoce a Yuste que trabaja en el plan de ampliación pactado en el 2011".
 - 3) Noticia Heraldo de Aragón, 29 de Enero 2015, la red de cercanías perdió 60.000 usuarios el año 2014