

# LA TRANSFORMACIÓ DE LA LÍNIA DE PUIGCERDÀ A L'AMPLE DE VIA EUROPEU

LLUÍS BATLLE I GARGALLO

Doctor Enginyer Industrial

## Resum

Partint de la necessitat de canviar a l'ample de via europeu la xarxa ferroviària de la península Ibèrica i el seu baix cost en valors relatius, aquest article estudia una manera concreta de fer-ho en el tram de Puigcerdà a Barcelona. Segons el tipus i l'edat de la via existent i altres característiques de cada trajecte, es determina el millor mètode operatiu per fer el canvi d'ample de via. Tot seguit, es calcula el cost dinerari de les obres i la quantificació de les molèsties als viatgers. El conjunt permet obtenir una versió nova d'aquesta línia ferroviària de Puigcerdà a Barcelona des d'un punt de vista poc conegut.

## Paraules clau

Ferrocarril, Puigcerdà, canvi d'ample de via, cost dinerari, molèsties als viatgers.

## Abstract

*From the need of changing the rail network of the Iberian Peninsula to the European track gauge, and its low cost in relative values, this article studies a particular way of doing this in the section from Puigcerdà to Barcelona. Depending on the type and the age of the existing track and other characteristics of each little section, we determine the best operative method to make the change of gauge. Then the monetary cost of the works and the quantification of the troubles to travelers are calculated. The whole allows to get a new opinion of the railway line from Puigcerdà to Barcelona from a point of view that is little known.*

## Keywords

*Railway, Puigcerdà, change of track gauge, monetary cost, trouble to travelers.*

## 1. PRESENTACIÓ

Com que la conveniència de passar l'ample de via del ferrocarril ibèric a l'ample normal o europeu està admesa de sobres i està publicat el baix cost que significaria –en termes relatius, evidentment–, i també

la petita quantitat de molèsties que suposaria per als viatgers, l'objectiu d'aquest estudi és donar a conèixer aquests resultats referits a la línia de Barcelona a Puigcerdà. I, com a conseqüència, la necessitat de fer-ho d'una vegada.

Hi ha moltes maneres de fer el canvi d'ample de via, però per calcular un cost cal triar un mètode concret. Per això es presenta una proposta de mètode, concretat i valorat. No passa, doncs, de ser una proposta factible que calcula un cost monetari i que avalua les molèsties per als viatgers. Com apareix en el punt 10, quan es vol fer el canvi d'ample i per abaratir-lo s'aprofiten totes les circumstàncies que la renovació tècnica de la via, de les instal·lacions i dels vehicles exigeix, el cost estricte de canvi d'ample de via resulta ben reduït.

El cost de 19.778.000 € que resulta, 121 euros per metre de via general i 35 cèntims de molèsties per cada viatger, no és més que un límit màxim. És segur que, en el moment de l'obra, tant els autors dels projectes constructius com els directors d'obra, perfeccionaran la proposta i aconseguiran reduir els costos i les molèsties.

No ha d'estranyar que es parli només de les instal·lacions fixes; els vehicles tenen un cicle de vida més curt, es renoven abans i l'ample de via no té cap influència en el seu preu. Passa el mateix amb la maquinària dels treballs a la via.

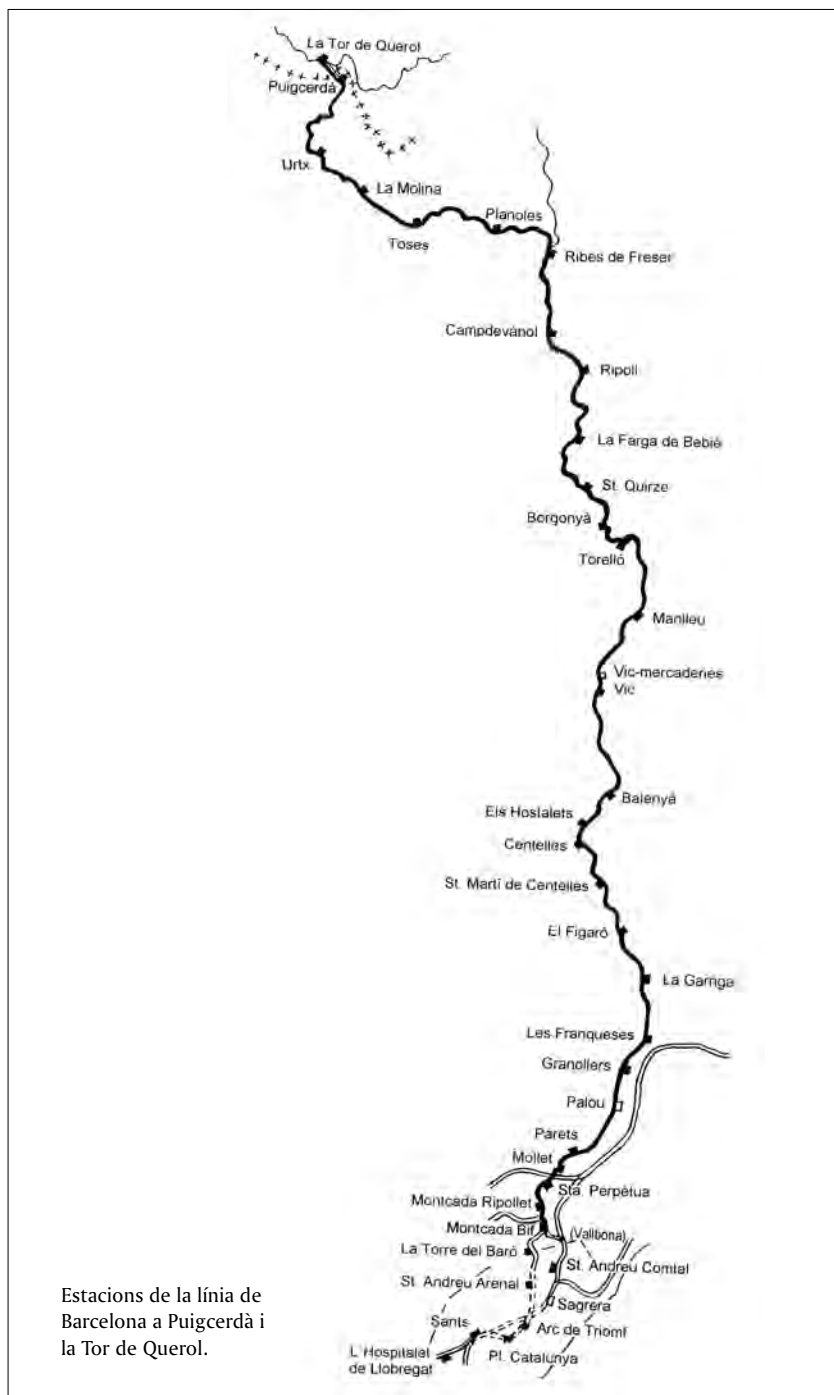
Cal una advertència prèvia. El canvi d'ample de via a la línia entre Puigcerdà i Barcelona no té cap sentit per si sol. Aquest article el descriu només com un exemple de càlcul, per mostrar-ne tant la factibilitat com els costos, però no es pot considerar més que una simple etapa del canvi d'ample a tota la xarxa.

També serveix per presentar uns quants aspectes poc coneguts de la línia ferroviària i poder, així, conèixer-la millor.

Les dades corresponen a l'any 2011.

## 2. LA SITUACIÓ ACTUAL

Convé començar amb una petita descripció de la línia. El conjunt de Barcelona a Puigcerdà i França té un tros comú amb la línia de Manresa a Barcelona, fins a Montcada Bifurcació; la major part, en túnel. Prescindint dels tecnicismes ferroviaris, la línia independent comença en aquesta estació de Montcada Bifurcació, a 10 quilòmetres de la plaça de Catalunya de Barcelona,



Estacions de la línia de Barcelona a Puigcerdà i la Tor de Querol.

punt que es podria considerar l'origen comercial de la línia. Des de Montcada Bifurcació, la línia és de via única fins a Puigcerdà, a 152 quilòmetres de Barcelona. De Puigcerdà a la primera estació francesa, la de la Tor de Querol, hi ha dues vies, una d'ample ibèric i una altra d'ample normal o europeu, al llarg de 4 quilòmetres.

En aquesta línia, pràcticament només hi ha trànsit de viatgers, puix el de mercaderies és molt baix i només es fa entre Montcada i Granollers. No hi ha trànsit de llarga distància. Gràcies a la via doble entre Manresa i Barcelona, les rodalies són molt intenses entre Barcelona i Montcada Bifurcació i ja molt fluixes passada aquesta estació, per la falta de capacitat de la via única. A la sortida de Montcada Bifurcació, el flux és d'uns 19.000 viatgers al dia. Va disminuint a mesura que s'allunya de Barcelona fins als 100 viatgers/dia registrats entre Puigcerdà i França. Per resoldre la falta de capacitat després de Montcada Bifurcació i la restricció que això introdueix a les rodalies de Barcelona, està previst duplicar la via entre Montcada Bifurcació i Vic, a 70 quilòmetres del centre de Barcelona.

El tipus de travessa que hi ha a la línia és molt variat, sobretot entre Barcelona i Vic (71 km), conseqüència d'una via muntada cap a l'any 1976 sobre travesses bibloc d'ample ibèric, en la qual s'hi han anant fent canvis puntuals, amb diferents tipus de travessa, segons les preferències de cada moment. En canvi, entre Vic i Puigcerdà (81 km), la via és més moderna i disposa de travessa bivalent, que permet aixecar els carrils i tornar-los a posar amb la separació de la via normal o europea. A les zones de més altitud, entre Ribes i Urtx, és de fusta. En aquestes travesses de fusta també és senzill recol·locar els carrils, ja que només cal fer un petit rebaix a la fusta per donar la inclinació necessària als carrils en la nova posició i preparar els forats per als tirafons. Entre la Tor de Querol i Puigcerdà, 4 quilòmetres, hi ha dues vies, una de cada ample, amb travessa de fusta, excepte al tram espanyol de la via ibèrica que té travessa bivalent. El tros amb travessa de fusta està en molt mal estat i, fins i tot, la via europea està fora de servei.

La tensió d'electrificació és la normal a la xarxa ibèrica, a 3.000 volts en corrent continu, que arriben fins a la via d'ample ibèric de l'estació de la Tor de Querol. Igualment, l'electrificació normal a França de 1.500 volts en corrent continu arriba fins a Puigcerdà per la via d'ample normal, però també està fora de servei, igual que la via.

### 3. MÈTODE PER FER EL CANVI DE L'AMPLE DE VIA

Entre la Tor de Querol i Puigcerdà, la via d'ample normal o europeu està abandonada i tots els trens circulen per la d'ample ibèric. Entre la línia fronterera i Puigcerdà, aquesta via ha estat renovada amb travessa bivalent. En aquestes condicions, la solució senzilla és posar en condicions la via d'ample normal entre la Tor i la frontera i enllaçar-la amb la via ibèrica canviada d'ample, seguint per aquesta via exhibèrica fins a Puigcerdà. Els altres trossos quedarien abandonats fins que tornessin a ser necessaris.

Hi ha la qüestió de la diferent tensió a la catenària. La solució és diferent segons l'horitzó temporal que es vulgui considerar. És lògic pensar en la supressió del transbordament a la frontera i preveure trens de Tolosa a Barcelona. Aquesta hipòtesi obliga a preveure trens bitensió, que puguin circular indistintament a 1.500 i a 3.000 volts. Però aquest estudi pretén mostrar el cost reduït que té l'estricta operació tècnica del canvi d'ample de via i, per tant, no entra en les operacions comercials, com ho seria l'establiment d'aquests trens bitensió entre Tolosa i Barcelona.

Es considerarà la solució més econòmica per sortir del pas, que és la d'aprofitar que el material més modern de RENFE està preparat perquè es puguin substituir els bogis, els conjunts de quatre rodes sobre els quals reposen els cotxes, per uns altres d'ample normal. Al ritme que convingués, doncs, RENFE podria anar disposant d'un parc de trens d'ample europeu i aptes per a la catenària espanyola, que podrien efectuar els trens des de la Tor de Querol fins a l'estació extrema de l'ample europeu. Per fer això, només caldria canviar de posició les actuals zones neutres sense tensió de la Tor, de manera que la catenària de l'actual via d'ample europeu a la frontera arribés a 3.000 volts fins a una andana de la Tor. A mesura que anés progressant el canvi d'ample, els trens de RENFE d'ample normal de 3.000 volts iniciats a la Tor de Querol, arribarien primer fins a Urtx, després fins a la Molina i així successivament fins a arribar a Barcelona al final de les obres.

Amb la finalitat d'evitar transbords no obligats, mentre no es canviï l'ample de via entre Puigcerdà i Urtx, els trens de la SNCF podrien continuar a 1.500 volts fins a Puigcerdà. Els 3.000 volts ja es posarien quan el canvi arribés a Urtx. Per fer això, caldrà modificar transitòriament el conveni internacional, cosa que no ha de tenir dificultat quan, amb l'ample normalitzat, el que es necessitarà és un conveni nou que permeti la circulació de trens sencers de Tolosa a Barcelona. Ja s'ha dit que no hi ha trànsit de mercaderies.

Entre Puigcerdà i Vic la via està muntada sobre travessa bivalent o de fusta, de manera que l'única cosa a fer és canviar la posició dels carrils. Aquesta operació és molt senzilla de cara a restablir la circulació, però necessita després uns pocs dies per tornar a tenir la velocitat normal. S'ha de fer amb la via tallada, de manera que exigeix un transbord per carretera entre les dues estacions que emmarquen el trajecte on es fa el canvi.

Així, quan es canviï la posició dels carrils entre Puigcerdà i Urtx, caldrà fer aquest trajecte en autobús i fer transbord a Urtx al tren d'ample ibèric, que continuarà a Barcelona. En altres trams més complicats, podria resultar millor una altra combinació, però aquest estudi es fa partint d'una solució comprovada i factible. Es calcula, doncs, que en el pas següent, el tren d'ample europeu arribarà a Urtx, es transbordarà en autobús fins a la Molina i el tren d'ample ibèric començarà a la Molina. Seguint així en els trams successius, s'acabarà fent arribar el tren d'ample europeu iniciat a la Tor fins a Vic.

Entre Vic i la Garriga, encara que estigui prevista la duplicació de la via, no és tan urgent com el canvi d'ample. Per no retardar-lo, tenint en compte que ja hi ha una bona proporció de via ja amortitzada i que cal renovar, és lògic dur a terme aquesta renovació directament en ample normal en els trams necessaris, recollocant els carrils en els trossos de travessa bivalent i substituint les travesses modernes d'ample ibèric que hi hagi. Caldran, doncs, transbords per carretera primer entre Vic i Balenyà, després entre Balenyà i els Hostalets, seguint així fins a acabar finalment entre el Figaró i la Garriga.

Entre la Garriga i Montcada Bifurcació, la duplicació de la via ja és necessària ara i no pot posposar-se. Cal estudiar quina és la combinació que fa més baixos els costos i les molèsties. Sembla que el millor seria que, quan l'ample europeu procedent de la Tor de Querol arribés a la Garriga, es trobés amb la nova via de la duplicació, construïda ja amb ample normal, de manera que quedés ja formada una via única d'ample europeu fins a Barcelona i no calgués fer més transbords. Aquesta nova via d'ample europeu, es construiria de sud a nord, aprofitant les comunicacions de Montcada Bifurcació com a base d'operacions.

Quedaria llavors la via actual d'ample ibèric, la qual s'aniria renovant i canviant d'ample, però sense necessitar transbords ni molèsties als viatgers. Això és important, perquè al sud de la Garriga l'ocupació dels trens i el nombre de viatgers s'incrementa notablement i els transbords començarien a ser de molt volum, fins a uns 19.000 viatgers al dia.

Mentre es construeix la nova via d'ample normal entre la Garriga i Montcada Bifurcació, han de suprimir-se les vies d'apartat de Montcada Ripollet i Parets, ja que la nova via ha de quedar situada sobre el lloc que ocupen. No es pot prescindir d'aquestes vies d'apartat, perquè la capacitat de trànsit de la línia, gairebé saturada, se'n ressentiria de manera inadmissible. Per mantenir la capacitat de tràfic actual, mentre es construeix la via d'ample normal, s'han de tornar a posar aquestes vies, encara que sigui de manera provisional. Tant en una estació com a l'altra, es pot fer servir l'espai antigament dedicat a les mercaderies, al sud de l'edifici de viatgers.

Aquestes vies d'apartat són provisionals, perquè en el moment que es completi la via doble deixaran de ser necessàries i es podran suprimir. Però abans, quan la circulació es faci per la nova via única d'ample normal, hauran de ser canviades d'ample, perquè llavors continuaran essent necessàries per mantenir la capacitat de trànsit de la nova via única, ara d'ample normal. Només es podran suprimir quan la circulació dels trens passi a fer-se en règim de via doble, amb una via per a cada sentit, però ja les dues amb el nou ample de via.

El projecte de duplicació de via acaba a Montcada. Es presenta llavors la qüestió de com es continua des de Montcada Bifurcació fins a Barcelona. Cal una proposta concreta per poder calcular els números. La proposta d'aquest estudi és continuar la via d'ample normal fins a la nova estació de Barcelona Sagrera, encara que sigui amb via mixta.

Cal recordar que l'objectiu d'aquest estudi és, concretament, demostrar la clara factibilitat i la conveniència de canviar l'ample de via a la línia de Puigcerdà i la Tor de Querol a Barcelona. Però no és un estudi aïllat, sinó que s'emmarca en el camp més superior de la normalització de l'ample de via en tota la península Ibèrica. I, al mateix temps, ha de respectar tant les situacions existents com les previsions de desenvolupament de la xarxa ferroviària i, evidentment, ha de buscar la racionalitat econòmica i el bon ús del diner disponible. La manera de canviar l'ample de via a la línia de la Tor de Querol a Barcelona suposa que també s'ha de canviar més enllà de Barcelona.

Però un cop emmarcat aquest estudi parcial, que vol demostrar que el canvi d'ample entre la Tor de Querol i Barcelona té un cost reduït, en termes relatius, clar i proporcionat, cal plantejar-lo en forma d'una etapa completa, que permeti, al final de les obres, una explotació ferroviària correcta, mentre es canvia l'ample de via en una altra línia. Això no podria ser si l'estudi s'aturés a Montcada, on seria una aberració obligar els viatgers

a fer transbord. Només amb aquesta finalitat de presentar un estudi complet, s'hi inclou la continuació fins a la nova estació de la Sagrera.

Cal advertir que aquesta continuació a la Sagrera és també una proposta concreta de cara a poder fer uns càlculs de costos i molèsties, els quals són indispensables perquè la proposta pugui tenir rigor tècnic. L'escenari al sud de Montcada Bifurcació és incert, hi ha moltes possibilitats obertes. En el seu moment ja es prendrà la decisió definitiva. Només per poder fer aquest estudi i presentar els càlculs, es pren l'opció de suposar que la majoria dels trens a Terrassa i Manresa continuaran passant pel túnel de l'avinguda Meridiana i que els de Vic i Puigcerdà passaran per la nova estació de Barcelona Sagrera.

Aquesta continuació de Montcada a Sagrera s'ha d'estudiar a partir de la situació prevista per les obres de l'arribada de l'alta velocitat a Barcelona i la nova estació de la Sagrera.

La situació actualment prevista és que la via de Montcada en direcció a Barcelona Sagrera continui independent fins a Sant Andreu Comtal, i que des d'aquesta estació la via s'ajunti amb la procedent de Portbou en una única via fins a Barcelona Sagrera. En direcció a Puigcerdà, surt de Sagrera una sola via, i les direccions de Puigcerdà i Portbou se separen quan ja és indispensable, al barri de Vallbona. En aquesta situació, i per permetre la connexió de la línia de Manresa, Terrassa i Sabadell amb l'estació de Sagrera, és obligat mantenir els dos amples entre Montcada Bifurcació i Sagrera.

Així, és lògic proposar que la via oest que segueix independent fins a Sant Andreu Comtal, es transformi a l'ample normal entre Montcada i Sant Andreu i que des d'aquesta estació fins a Sagrera, la via sigui mixta, amb tres carrils i apta per als dos amples de via. En sentit contrari, la via est tindria tres carrils entre Sagrera i Vallbona per permetre el pas de trens d'ample ibèric de les línies de Portbou i Manresa, i continuaria amb tres carrils fins a Montcada Bifurcació per permetre-ho als de la segona. Aquests canvis entre Montcada i Sant Andreu hauran de fer-se per acabar al mateix temps que la renovació entre el Figaró i la Garriga.

En el moment en el qual els trens d'ample normal de la Tor arribin a Sagrera, quedarà encara en servei la via ibèrica des de la plaça de Catalunya fins a la Garriga, i és una via que es pot utilitzar per a trens de rodalies que no sobrepassin aquesta estació.

Però per completar la duplicació, caldrà encara renovar i canviar d'ample aquesta via ibèrica. Aquesta operació convé començar-la per la Garriga per poder anar retirant el material d'ample ibèric per Montcada Bifurcació. El



primer pas serà, doncs, renovar la via d'ample ibèric amb travessa bibloc, que ja té 35 anys i està amortitzada, entre la Garriga i les Franqueses. Els trens d'ample ibèric acabarien a les Franqueses. El segon pas és renovar i canviar l'ample entre les Franqueses i Granollers. Els trens d'ample ibèric acabarien a Granollers i ja hi hauria via doble d'ample normal entre les Franqueses i la Garriga. I així successivament fins a Montcada Bifurcació.

En aquest moment, quedaran acabades tant la fase urgent de la duplicació de via entre Montcada i la Garriga com el canvi d'ample entre la Tor de Querol i Barcelona.

En resum, es poden distingir quatre operacions. La primera és el canvi d'ample que comença a la Tor de Querol i acaba a la Garriga. La segona és el canvi d'ample a les instal·lacions de mercaderies de Vic, que han d'acabar en el moment que el canvi entre Manlleu i Vic passi per la bifurcació d'accés. La tercera és la introducció de l'ample normal entre Sagrera i Montcada i la construcció de la nova via amb ample normal de Montcada a la Garriga. La quarta és la renovació amb ample normal de la via ibèrica existent entre la Garriga i Montcada.

La línia té un petit trànsit de mercaderies, un tren a la setmana, fins a la derivació particular de Palou, situada entre Granollers i Parets. Tenint en compte la petita magnitud del trànsit, la solució és la modificació de vuit vagons per adaptar-los al canvi d'eixos i la construcció d'aquest canviador d'eixos a Montcada Bifurcació. Aquestes operacions han d'estar fetes en el moment de completar la via doble entre la Garriga i Granollers, que és quan s'haurà de tallar l'ample ibèric entre Granollers i Parets.

#### 4. QUADRE DE PREUS I TEMPS DE LES OPERACIONS

Per valorar monetàriament els costos de tota l'operació, cal tenir un quadre de preus de cada mètode que es faci servir, tant en cost dinerari quan existeixi com en avaluació monetària de substitució quan la pertorbació no és de tipus comptable, com succeeix amb les molèsties produïdes pels retards i els transbords per carretera. També cal conèixer la duració de les alteracions.

En aquests càlculs del pressupost de l'operació de canvi d'ample es faran servir els preus relacionats a continuació, tretts tots d'estimacions de projectes complets i, principalment, de projectes sotmesos a informació pública o concursats per a la seva execució.

Són un valor aproximat, en euros del 2011, i que cal considerar més que res com una nova comprovació del baix preu de l'operació. S'insisteix en el fet que no són costos de renovació, sinó sobre costos que sobre les renovacions o duplicacions normals introdueix el canvi d'ample. Ja s'ha dit que molts trams de la via entre Barcelona i Vic tenen 35 anys i cal considerar-los amortitzats.

Recol·locació de carrils en zona de travessa bivalent, anivellament, neutralització, etc., incloent-hi la part proporcional als canvis d'agulles	70 €/m
Recol·locació de carrils en zona de travessa de fusta, anivellament, neutralització, etc., incloent-hi la preparació de la travessa i la part proporcional als canvis d'agulles	90 €/m
Canvi de travesses en via renovada, anivellament, neutralització, etc., incloent-hi la part proporcional dels canvis d'agulles	200 €/m
Substitució de les travesses per unes de tres carrils i col·locació del tercer carril sobre balast	340 €/m
Substitució dels blocs de via en placa per blocs per a tres carrils i col·locació del tercer carril en placa	400 €/m
Diferència de muntar un tercer carril addicional quan es renova una via amortitzada	110 €/m
Substitució d'un desviament per un altre de tres carrils	150.000 €
Construcció de via d'apartat provisional a les estacions, d'uns 250 m de longitud, sobre plataforma existent, amb catenària i enclavaments també provisionals	560.000 €
Ripatge (desplaçament lateral) de la via i acabaments	115 €/m
Adaptació de la catenària a la nova disposició de les vies en zona de modificacions	40 €/m
Adaptació de les instal·lacions de seguretat i telecomunicacions en zona de modificacions	60 €/m
Substitució de trens per autobusos	3.500 €/setmana-autobús

No es tenen en compte les vies secundàries d'estacions, perquè si són petites el seu cost va inclòs en els estàndards dels projectes de renovació, i si són més grans, el canvi es fa al llarg de molt de temps i es poden aprofitar les renovacions parcials, així com l'ús de carrils i aparells de segona mà i la via mixta sobre les travesses de fusta, que són les habituals d'aquestes vies.

## 5. QUADRE DE VALORACIONS DE LES MOLÈSTIES

L'increment de temps en la durada del trajecte es valorarà a 20 cèntims per minut, que són 12 euros per hora, un valor que coincideix amb moltes de les avaluacions publicades.

Quant a les molèsties, la necessitat d'haver de fer un transbord s'avalua en 3 euros. És a dir, se suposa que el viatger mitjà acceptaria una rebaixa de 3 euros en el preu del viatge a canvi d'acceptar un transbord, o que acceptaria un increment de preu d'aquesta quantia a canvi de no haver-lo de fer.

Aquest preu té en compte totes les molèsties inherents al transbord, incloent-hi l'inevitable augment de la durada del trajecte que comporta.

És, doncs, una valoració mitjana, que serveix per avaluar molèsties mitjanes al viatger mitjà.

La xifra anterior es considera en el cas d'un transbord de tren a tren. Quan es tracta d'un transbord en autobús entre trens separats per un tram de via tallada, es comptarà el doble, 6 euros, ja que hi ha dos transbords, de tren a autobús i d'autobús a tren.

La dada anterior és aplicable als transbords en els quals el recorregut de l'autobús és semblant al del tren. Però entre Puigcerdà i Ribes de Freser, els trajectes per carretera poden ser més llargs. En aquests casos, s'aplicaran els 20 cèntims d'augment de la durada de trajecte als minuts que passin dels cinc que es poden considerar inclosos en els 3 euros del transbord normal.

La duració de les molèsties ve donada pràcticament pel ritme amb què avancin les tasques de substitució de la via, ritme que és diferent segons es treballi afectant la circulació o no.

Quant als terminis d'execució, es parteix dels 288 metres de via que es renoven habitualment en un tall de circulació nocturn per a treballs de cinc o sis hores, i que pot resultar uns 1.500 metres a la setmana. No és cap disbarat per a una operació més senzilla, com és la recol·locació dels carrils, comptar amb el doble, 3.000 metres a la setmana. Quan es treballa suprimint la circulació de trens, cosa que serà necessària per a la recol·locació dels carrils, es poden preveure dos torns de treball i un ritme en les tasques de 6.000 metres a la setmana. Es comptaran també dos dies més per cada desviament que calgui canviar.

Atès que cada modificació sobre els desviaments repercuteix en una longitud més gran de catenària i d'instal·lacions de seguretat, es considerarà que l'adaptació en un desviament afecta 100 metres de línia i 200 metres si cal adaptar dos aparells. Quan siguin més de dos, es comptaran 300 metres de via, perquè es poden aprofitar moltes operacions comunes.

L'operació més lenta és la del muntatge de via mixta durant l'interval nocturn, de manera que en començar el dia es pugui reprendre la circulació normal dels trens.

Es considera un ritme en les tasques de 300 metres per dia si es treballa sobre una via de travesses de fusta, i de només 200 metres al dia si la via té travesses de formigó que han de ser substituïdes simultàniament per les de tres carrils. Aquest ritme inclou també la conversió en via mixta dels aparells de via a les estacions.

A més d'aquests avançaments, el mes d'agost es considera inexistent, encara que figuri al text i a la representació gràfica del procés.

Val a dir una observació molt important, en la qual es basa la successió temporal de les obres. Els ritmes d'avançament explicats abans no són els habituals en aquest país si es compta el temps entre començar i acabar una obra a la via. Però són ritmes perfectament possibles i amb els quals es treballa. Per aconseguir-los des del moment que comencen les molèsties i acabar-les ràpidament, només es necessita una qualitat correcta a l'hora de fer el projecte, atorgar-hi els fons, dirigir l'obra i exigir les penalitzacions per retards. Si no es fa així, és evident que els transbords i les molèsties als viatgers es poden eternitzar.

## 6. QUANTIFICACIÓ DELS VIATGERS

El cost i les molèsties que cal calcular han de ser aplicats al nombre de viatgers existent en cada un dels trams. Per determinar-lo, es disposa del nombre de viatgers existents l'any 2006 i d'una extrapolació per al 2015. Aquesta extrapolació es pot considerar molt raonable, puix correspon a un increment mitjà del 3,5% anual. Prenent-ho com a base, es determina el nombre de viatgers per a l'any 2011, que és el que es considerarà en aquest estudi.

### Previsió de viatgers per dia i sentit (any 2011)

km		pugen	baixen	a la sortida
	La Tor de Querol	48	0	48
4	Puigcerdà	150	4	194
7	Urtx	7	7	194
6	La Molina	20	18	196
6	Toses	2	0	198

km		pugen	baixen	a la sortida
9	Planoles	11	3	206
7	Ribes de Freser	70	7	269
9	Campdevàrol	43	14	298
4	Ripoll	264	62	500
8	La Farga de Bebié	0	0	500
4	Sant Quirze de B.	94	18	576
6	Borgonyà	8	0	584
2	Torelló	233	41	776
8	Manlleu	198	42	932
9	Vic	2.461	380	3.013
11	Balenyà	140	84	3.069
4	Els Hostalets	122	87	3.104
2	Centelles	214	179	3.139
5	Sant Martí de C.	130	47	3.222
5	El Figaró	137	23	3.336
5	La Garriga	1.416	340	4.412
6	Les Franqueses	402	118	4.696
2	Granollers	1.688	576	5.808
9	Parets	1.617	315	7.110
3	Mollet	2.008	557	8.561
2	Santa Perpètua	712	195	9.078
3	Montcada Ripollet	536	109	9.505
3	Montcada Bif.	230	283	9.452
	La Torre del Baró	576	269	9.759
	Sant Andreu Arenal	666	1.623	8.802
	B. Arc de Triomf	397	1.461	7.738
	B. Pl. de Catalunya	690	4.341	4.087
	Barcelona Sants	328	3.309	1.106
	L'Hospitalet de Ll.	0	1106	0
		15.618	15.618	

## 7. CÀLCUL DELS COSTOS I MOLÈSTIES PER TRAMS

Es calcularan a continuació els costos dineraris i les valoracions econòmiques de les molèsties, tram a tram. Per simplificar l'exposició, la descripció dels fets es farà només en l'únic sentit des de la Tor de Querol fins a Barcelona. Com que el sentit de Barcelona cap a la Tor es considera

simètric, les molèsties d'aquest sentit s'avaluaran multiplicant per 2 el nombre de viatgers de la taula del punt 6.

El càlcul de les molèsties dels transbords entre Puigcerdà i Ribes de Freser es farà suposant un transbord d'estació a estació, encara que a l'hora de la veritat es puguin fer d'una altra manera més còmoda. El càlcul serà, doncs, conservador.

Per deixar més clar el procés del canvi d'ample i l'evolució de les diferents situacions en què es trobaran els viatgers, s'analitzaran els trajectes en el sentit de l'avançament de les obres. Primerament, s'estudiaran els trajectes des de la Tor fins a la Garriga i a continuació des de la Sagrera fins a trobar l'anterior a la Garriga.

Per simplificar després l'establiment de la gràfica de progressió dels treballs que es presenta en el punt 8, caldrà entendre per setmana la quarta part del mes natural.

### 7.1. Tram de la Tor de Querol a Puigcerdà

En el primer tram de la Tor de Querol a Puigcerdà, de 4 km de longitud, amb 2 km a cada estat, el canvi d'ample a la via es limita a rehabilitar l'actual via d'ample normal entre la Tor i la frontera i enllaçar-la amb l'actual via ibèrica, que té travesses bivalents, canviada d'ample. En la primera meitat, com que la via està abandonada des de fa molts anys, és necessari fer-hi una renovació completa, sense cap cost imputable al canvi d'ample perquè ja és d'ample normal. En la segona meitat, cal canviar la posició dels carrils, amb un cost de  $2.000 \times 70 = 140.000$  €.

Per a l'electrificació, cal adaptar els primers 2 km als 3.000 volts dels trens espanyols. Aquesta adaptació suposa també dotar a la catenària dels elements suficients per tenir-la a 1.500 volts mentre es faci el canvi d'ample entre Puigcerdà i Urtx, ja que en aquest període, els trens francesos haurien d'arribar a Puigcerdà. Afecta els 2 km que cal adaptar i els 300 m de la zona de canvis nord de Puigcerdà. Té un cost de  $2.300 \times 40 = 92.000$  €.

Hi ha també les modificacions de les instal·lacions de seguretat en els 300 metres de les zones d'agulles de la Tor i Puigcerdà, és a dir  $2 \times 300 \times 60 = 36.000$  €.

La renovació de la primera meitat en el tram de via abandonada no té cap repercussió sobre els viatgers, però la recol·locació de carrils de la segona meitat obliga a fer el transbord per carretera. El conjunt dels 2 km de via més tres desviaments a la banda nord de Puigcerdà suposen unes dues

setmanes o mig mes. Com que és suficient un autobús per tren, el lloguer puja a  $2 \times 3.500 = 7.000$  €.

El cost del canvi d'ample d'aquest tram és de  $140.000 + 92.000 + 36.000 + 7.000 = 275.000$  €.

Quant a les molèsties per als viatgers, durant aquestes dues setmanes hauran de fer transbord a un autobús a la Tor de Querol, per tornar a transbordar al tren a Puigcerdà. El transbord a la Tor no cal comptar-lo, perquè substitueix el que es fa actualment de tren a tren. En canvi, a Puigcerdà, s'introdueix un transbord nou de l'autobús al tren, que afecta els  $44 \times 2$  (dos sentits) viatgers que continuen més enllà de Puigcerdà. Però com que l'autobús haurà de fer servir la carretera que passa per Ur fent una marrada, cal comptar també amb un augment de temps de 3 minuts per als 96 viatgers que fan el trajecte.

La valoració de les molèsties provocades als viatgers serà, doncs, de  $(44 \times 3 + 48 \times 3 \times 0,20) \times 2 \times 14 = 4.503$  €.

## 7.2. Tram de Puigcerdà a Urtx

En aquest tram la via està muntada sobre travessa bivalent i només caldrà la reholocació de carrils en els 7 km del recorregut i en tres desviaments a la banda sud de Puigcerdà, ja que Urtx és un baixador. La duració d'aquest treball és de 14 dies. El cost és de  $7.000 \times 70 = 490.000$  €.

Les adaptacions de catenària i les instal·lacions de seguretat i comunicacions en els 300 metres de la zona de canvis de Puigcerdà és de  $300 \times (40+60) = 30.000$  €.

Cal afegir el lloguer d'autobusos durant dues setmanes, que són  $2 \times 3.500 = 7.000$  €

El cost dinerari total és de  $490.000 + 30.000 + 7.000 = 527.000$  €

Tal com s'ha dit, per canviar l'ample d'aquest tram, els trens francesos arribaran fins a Puigcerdà. Els viatgers faran transbord a un autobús fins al baixador d'Urtx, on tornaran a fer transbord al tren d'ample ibèric. A Puigcerdà no cal tenir en compte cap transbord, perquè el pas de tren a autobús substitueix l'actual transbord a la Tor i els viatgers que pugen a Puigcerdà ho fan directament a l'autobús. El que sí que cal comptar són els transbords d'autobús a tren al baixador d'Urtx, que afecten els 194 viatgers sortits de Puigcerdà menys els 7 que baixen a Urtx.

Com que la carretera és sensiblement paral·lela a la via, en aquest cas no cal incorporar cap increment de temps. L'avaluació de les molèsties és  $2 \times (194 - 7) \times 3 \times 14 = 15.708$  €.

### 7.3. Tram d'Urtx a la Molina

En aquest tram de 6 km, hi ha 1 km de via muntada sobre travessa bivalent, i els altres 5 km són sobre travessa de fusta. Només caldrà la recol·locació de carrils en el recorregut i a dos desviaments a la banda nord de la Molina. Per no constrènyer els càlculs, es considerarà també una duració de 14 dies. El cost surt a  $1.000 \times 70 + 5.000 \times 90 = 520.000 \text{ €}$ .

El cost de les adaptacions de la catenària i de les instal·lacions de seguretat i comunicacions en els 200 metres de la zona de canvis de la Molina és de  $200 \times (40+60) = 20.000 \text{ €}$ .

Cal afegir-hi el lloguer d'autobusos durant dues setmanes, que són  $2 \times 3.500 = 7.000 \text{ €}$ .

El cost dinerari total és de  $520.000 + 20.000 + 7.000 = 547.000 \text{ €}$ .

Mentre s'estigui canviant l'ample d'aquest tram, els trens d'ample normal circularan entre la Tor i Urtx. En aquest baixador, els viatgers faran transbord en autobús fins a la Molina i en aquesta estació tornaran a fer transbord als trens d'ample ibèric. Per avaluar les molèsties, a Urtx caldrà comptar amb els 194 que hi arriben menys els 7 que hi baixen, mentre que a la Molina és suficient comptar amb els 194 que hi arriben menys el 18 que hi baixen. La carretera també és paral·lela a la via i tampoc cal comptar augment de temps.

L'avaluació de les molèsties produïdes és de  $2 \times (194 - 7 + 194 - 18) \times 3 \times 14 = 30.492$ .

### 7.4. Tram de la Molina a Toses

Aquest tram de 6 km també està muntat sobre travessa de fusta, de manera que la recol·locació dels carrils costarà  $6.000 \times 90 = 540.000 \text{ €}$ . Com que hi ha també la modificació dels dos desviaments a la banda sud de la Molina, es pot comptar també una duració de dues setmanes.

Caldrà també l'adaptació de la catenària i de les instal·lacions de seguretat i comunicacions en els 200 metres de la zona de canvis de la Molina, per un import de  $200 \times (40+60) = 20.000 \text{ €}$ .

S'hi ha d'afegir també el lloguer d'autobusos durant dues setmanes, per valor de  $2 \times 3.500 = 7.000 \text{ €}$ .

Amb això, el cost monetari total resulta de  $540.000 + 20.000 + 7.000 = 567.000 \text{ €}$ .



Durant aquestes dues setmanes, els trens d'ample normal arribaran fins a la Molina i els d'ample ibèric començaran a Toses. El transbord en autobús afectarà els 194 viatgers que arriben a la Molina menys els 18 que hi baixen i també els 196 que continuen a Toses. La valoració d'aquests transbords és de  $2 \times (194 - 18 + 196) \times 3 \times 14 = 31.248 \text{ €}$ .

En aquest tram, cal tenir en compte que la carretera ha de travessar la collada de Toses, amb un augment important del temps del recorregut, que es pot estimar en 8 minuts i que afecta els 196 viatgers que circulen entre la Molina i Toses. Aquest augment de temps dóna una valoració de  $2 \times 196 \times 8 \times 0,2 \times 14 = 8.781 \text{ €}$ .

El total de les molèsties produïdes pel canvi d'ample entre la Molina i Toses serà de  $31.248 + 8.781 = 40.029 \text{ €}$ .

### 7.5. Tram de Toses a Planoles

També equipat amb travesses de fusta, aquest tram té una longitud de 9 km, de manera que el cost de la recol·locació dels carrils puja a  $9.000 \times 90 = 810.000 \text{ €}$ . Caldrà adaptar dos desviaments a la banda nord de Planoles, amb una longitud de 200 metres, amb uns costos de  $200 \times (40+60) = 20.000 \text{ €}$ .

Aquests treballs poden tenir una duració de tres setmanes, de manera que la substitució de trens per autobusos és de  $3 \times 3.500 = 10.500 \text{ €}$ .

El cost de les obres puja a  $810.000 + 20.000 + 10.500 = 840.500 \text{ €}$ .

Mentre s'estigui canviant l'ample en aquest tram, els trens d'ample normal iniciats a la Tor seguiran fins a Toses i en aquest punt els viatgers passaran a l'autobús, i continuaran en un tren d'ample ibèric des de Planoles. Cal comptar que el transbord a Toses afecta 196 viatgers i 193 a Planoles, de manera que les molèsties d'aquest transbord es poden valorar en  $2 \times (196 + 193) \times 3 \times 21 = 49.014 \text{ €}$ .

Quant als retards, es pot comptar amb un increment de temps de 3 minuts sobre el propi del transbord, que afecta 198 viatgers. Per tant, el cost és d'uns  $2 \times 198 \times 2 \times 0,2 \times 21 = 3.326 \text{ €}$ .

Així doncs, el cost total de les molèsties és de  $49.014 + 3.326 = 52.340 \text{ €}$ .

### 7.6. Tram de Planoles a Ribes de Freser

El tram té una longitud de 7 km i disposa també de travessa de fusta, de manera que la recol·locació dels carrils puja a  $70.000 \times 90 = 630.000 \text{ €}$ . Quant a desviaments, s'ha de comptar amb l'adaptació d'un aparell a la banda sud de

Planoles i de dos a la banda nord de Ribes. Resulta una duració dels treballs de més de dues setmanes, i se'n comptaran tres.

L'adaptació de la catenària i de les instal·lacions de seguretat a la zona dels desviaments, 100 metres a Planoles i 200 a Ribes, puja a  $(100 + 200) \times (40 + 60) = 30.000$  €.

El cost del lloguer d'autobusos per al transbord durant tres setmanes és de  $3 \times 3.500 = 10.500$  €.

I el total de les obres del tram és de  $630.000 + 30.000 + 10.500 = 670.500$  €.

Quan es treballi en aquest tram, caldrà fer el trajecte en autobús. Els transbords afecten les 195 persones que ni pugen ni baixen a Planoles i les 199 que ho fan a Ribes, de manera que cal comptar amb  $2 \times (195 + 199) \times 3 \times 21 = 49.644$  €.

Espot comptat també amb 2 minuts d'increment de temps sobre el propi del transbord, cosa que amb els 206 viatgers del trajecte dóna  $2 \times 206 \times 2 \times 0,2 \times 21 = 3.461$  €.

La valoració del cost total de les molèsties és de  $49.644 + 3.461 = 53.105$  €.

### 7.7. Tram de Ribes de Freser a Campdevàrol

El tram es de 9 km de longitud i té 6 km equipats amb travessa bivalent i 3 km més equipats amb travessa de fusta. Com que Campdevàrol és un baixador, cal comptar amb l'adaptació de només dos canvis a la banda sud de Ribes de Freser. Es preveu una duració de tres setmanes. La recol·locació dels carrils costa  $6.000 \times 70 + 3.000 \times 90 = 690.000$  €.

Les adaptacions de catenària i instal·lacions als 200 metres de la zona de canvis de Ribes és de  $200 \times (40 + 60) = 20.000$  €.

El lloguer dels autobusos puja a  $3 \times 3.500 = 10.500$  €.

El cost total de les obres és de  $690.000 + 20.000 + 10.500 = 720.500$  €.

Quan els trens d'ample normal arribin a Ribes, els d'ample ibèric començaran a Campdevàrol, i caldrà fer el trajecte en autobús. Quant a les molèsties, només cal comptar els transbords, que afectaran uns 199 viatgers a Ribes i uns 255 a Campdevàrol. Són  $2 \times (199 + 255) \times 3 \times 21 = 57.204$  €.

### 7.8. Tram de Campdevàrol a Ripoll

Amb 4 km de longitud, el tram disposa de travessa bivalent i cal comptar amb l'adaptació de tres desviaments a la banda nord de l'estació de Ripoll. La

duració d'aquests treballs és de dues setmanes i el cost, pel que fa a la via, és de  $4.000 \times 70 = 280.000 \text{ €}$ .

Per a l'adaptació de la catenària i les instal·lacions a la zona dels tres desviaments de Ripoll, es poden preveure  $300 \times (40 + 60) = 30.000 \text{ €}$ .

L'ús dels autobusos per al transbord puja a  $2 \times 3.500 = 7.000 \text{ €}$ .

El cost total de les obres és de  $280.000 + 30.000 + 7.000 = 317.000 \text{ €}$ .

Mentre es treballi en aquest tram, les molèsties als viatgers es limiten també a les dels transbords des del tren d'ample normal, que arriba a Campdevànol, al d'ample ibèric, que comença a Ripoll. Afecten 255 viatgers a Campdevànol i 236 viatgers a Ripoll, amb una valoració de  $2 \times (255 + 236) \times 3 \times 14 = 41.244 \text{ €}$ .

### 7.9. Tram de Ripoll a Sant Quirze de Besora

Malgrat que aquest tram inclou el baixador de la Farga de Bebié, el tràfic gairebé nul d'aquest baixador, la poca andana i les dificultats d'accés, aconsellen fer la reconfiguració de carrils de dret a tot el tram fins a la següent estació de Sant Quirze de Besora, amb una longitud de 12 km. La travessa és bivalent. Cal comptar amb l'adaptació de tres desviaments de la banda sud de l'estació de Ripoll i d'un a la banda nord de Sant Quirze, cosa que comporta una duració dels treballs de quatre setmanes. El cost de la reconfiguració de carrils és de  $12.000 \times 70 = 840.000 \text{ €}$ .

L'adaptació de la catenària i les instal·lacions de seguretat i comunicacions als tres canvis de Ripoll i al de Sant Quirze és de  $(300 + 100) \times (40 + 60) = 40.000 \text{ €}$ .

El lloguer d'autobusos per als transbords s'avalua en  $4 \times 3.500 = 14.000 \text{ €}$ .

Aquestes xifres donen un valor total de  $840.000 + 40.000 + 14.000 = 894.000 \text{ €}$ .

El tren d'ample normal arriba fins a Ripoll, mentre que el d'ample ibèric comença a Sant Quirze. Les molèsties només són les del transbord, que afecten els 236 viatgers que ni pugen ni baixen a Ripoll i els 482 que fan el mateix a Sant Quirze. La valoració és de  $2 \times (236 + 482) \times 3 \times 28 = 120.624 \text{ €}$ .

### 7.10. Tram de Sant Quirze de Besora a Torelló

En aquest tram hi ha el baixador de Borgonyà i, igual que en el cas anterior, és més lògic considerar tot el tram fins a Torelló, amb un recorregut

de 8 km. També hi ha travessa bivalent. Cal adaptar també un desviament a la banda sud de Sant Quirze i dos a la banda nord de Torelló. Amb un temps de treball de tres setmanes. Els costos a la via seran de  $8.000 \times 70 = 560.000$  €.

L'adaptació de la catenària i de les instal·lacions de seguretat és de  $(100 + 200) \times (40 + 60) = 30.000$  €.

El transbordament per carretera tindrà un cost de  $3 \times 3.500 = 10.500$  €.

De manera que el cost total de les obres serà de  $560.000 + 30.000 + 10.500$  €.

Igual que abans, les molèsties seran només les del transbord, que afecten els 482 viatgers que ni pugen ni baixen a Sant Quirze i els 543 que tampoc ho fan a Torelló. El cost és de  $2 \times (482 + 543) \times 3 \times 21 = 129.150$  €.

### 7.11. Tram de Torelló a Manlleu

És un tram de 8 km, també amb travessa bivalent. Cal comptar amb l'adaptació de dos desviaments a la banda sud de Torelló i dos més a la banda nord de Manlleu. Això porta a una duració dels treballs de tres setmanes i a un cost de  $8.000 \times 70 = 560.000$  €.

L'adaptació de la catenària i les instal·lacions a la zona dels desviaments es pot avaluar en  $(200 + 200) \times (40 + 60) = 40.000$  €.

A partir de Torelló, la major ocupació dels trens fa que sigui necessària una mitjana de dos autobusos per tren, de manera que el cost dels autobusos per als transbords és de  $3 \times 2 \times 3.500 = 21.000$  €.

En total resulten  $560.000 + 40.000 + 21.000 = 621.000$  €.

Mentre s'estigui canviant l'ample d'aquest tram, els trens d'ample normal arribaran a Torelló i els d'ample ibèric començaran a Manlleu. Les molèsties es redueixen també a les dels transbords, els quals afecten 543 viatgers a Torelló i 734 a Manlleu. L'avaluació d'aquestes molèsties dóna un cost de  $2 \times (543 + 734) \times 3 \times 21 = 160.902$  €.

### 7.12. Tram de Manlleu a Vic

El tram té una longitud de 9 km, tots amb travessa bivalent, excepte 150 metres corresponents a la zona d'andanes de l'estació de Vic, construïts sobre blocs també bivalents. La més alta proporció de vies d'apartat a l'estació de Vic aconsella comptar amb uns 500 metres de més, de manera que la recol·locació dels carrils puja a  $9.500 \times 70 = 665.000$  €.

Hi ha també quatre desviaments a la banda nord de l'estació. Es pot considerar que, d'aquests desviaments, només dos són indispensables per al servei normal de la banda nord, i això permet treure els altres dos del camí crític dels transbords. Amb això s'aconsegueix que l'avançament del canvi a la via general es pugui fer en tres setmanes.

Les circumstàncies especials d'aquesta estació de Vic, on els viatgers que no es mouen del tren són només el 60% dels que hi arriben de la banda de Puigcerdà i el 18% dels que hi surten direcció a Barcelona, aconsellen fer-la servir per intercalar un mes de marge, durant el qual es pugui assegurar la disponibilitat de tots els elements necessaris per no tenir dilacions al sud de Vic.

Com que l'ús dels blocs sobre formigó fora dels desviaments no afecta la catenària ni les instal·lacions de seguretat, l'adaptació d'aquests elements, dos desviaments a Manlleu i quatre a Vic, costa  $(200 + 300) \times (40 + 60) = 50.000 \text{ €}$ .

El lloguer d'autobusos per al transbord puja a  $3 \times 2 \times 3.500 = 21.000 \text{ €}$ .

Aquest tram inclou l'estació de mercaderies de Vic, a la qual també s'hi ha de canviar l'ample. Disposa d'uns 1.300 metres de via i vuit desviaments. Malgrat que aquestes instal·lacions estiguin enormement sobredimensionades perquè només se n'utilitza la sisena part, per rigor dels càlculs, es considerarà la substitució total de les travesses, que són bibloc d'ample ibèric. El cost del canvi de les travesses per les d'ample normal és de  $1.300 \times 200 = 260.000 \text{ €}$ .

Quant a les adaptacions de catenària i d'instal·lacions de seguretat, el cost és de  $300 \times (40 + 60) = 30.000 \text{ €}$ .

Aquesta modificació de l'ample de via a l'estació de mercaderies no té cap repercussió en el funcionament dels trens.

En conjunt, el cost monetari total del canvi d'ample en aquest tram és de:  $665.000 + 50.000 + 21.000 + 260.000 + 30.000 = 1.026.000 \text{ €}$ .

Mentre els trens d'ample normal acabin a Manlleu i els d'ample ibèric comencin a Vic, les molèsties per als viatgers també es limiten a les dels transbords, que afecten els 734 que a Manlleu continuen en el tren i els 552 que ho fan a Vic. Són  $2 \times (734 + 552) \times 3 \times 21 = 162.036 \text{ €}$ .

En els dos mesos en què seguirà el transbord de tren a tren a l'estació de Vic, els 552 viatgers afectats tindran unes molèsties avaluades en  $2 \times 552 \times 3 \times 60 = 198.720 \text{ €}$ .

En total, les molèsties seran valorades en  $162.036 + 198.720 = 360.756 \text{ €}$ .

### 7.13. Tram de Vic a Balenyà

Com ja s'ha avançat en el punt 3, en aquest tram apareix la presència del projecte de duplicació entre Montcada Bifurcació i Vic de l'actual via única, que és una via amb molta proporció de travessa d'ample ibèric instal·lada l'any 1976 i que cal renovar. Seria lògic coordinar ambdós projectes per obtenir una reducció del cost total de les obres, però cal tenir en compte que, si la via doble ja és necessària en sortir de Barcelona, encara no ho és a l'arribada a Vic. Per més que en el moment de les obres es pugui decidir avançar la construcció de l'esplanació de la segona via i fer-la servir per muntar-hi la via nova amb ample normal, en aquest estudi es prescindirà d'aquesta possibilitat i es calcularà canviant l'ample de la via normal entre Vic i la Garriga. De la Garriga a Montcada, la via doble és ja necessària i, per tant, s'aprofitarà la coordinació de les dues obres.

El tram de Vic a Balenyà té 11 km de longitud, amb travessa bibloc d'ample ibèric antiga, a punt de renovar. Però uns 1.900 metres disposen de travesses i blocs bivalents. A la banda sud de l'estació de Vic convé comptar també amb uns 500 metres addicionals per a les vies d'apartat, amb sis desviaments. D'aquesta manera, la recol·locació de carrils puja a  $(1.900 + 500) \times 70 = 168.000$  €.

La renovació de la resta del tram es fa directament amb via d'ample normal i, per tant, sense sobre costos imputables al canvi d'ample.

Caldrà també fer les adaptacions de la catenària i de les instal·lacions de seguretat a la zona de canvis de la banda sud de l'estació de Vic, per uns  $300 \times (40 + 60) = 30.000$  €.

Com que tots els treballs s'hauran de fer amb la via tallada, hi haurà els transbords per carretera. Es considera que caldran quatre setmanes. Amb una mitjana de tres autobusos per tren, el cost serà de  $4 \times 3 \times 3.500 = 42.000$  €.

D'acord amb això, el cost total del canvi de l'ample de via entre Vic i Balenyà serà de  $168.000 + 12.000 + 18.000 + 42.000 = 240.000$  €.

Quan es faci aquest tram, els trens d'ample normal aniran des de la Tor fins a Vic, mentre que els d'ample ibèric començaran a Balenyà. Les molèsties per als viatgers seran només les del transbord durant quatre setmanes entre Vic, on afecta 552 viatgers, i Balenyà, on ja en són 2.929. El valor és de  $2 \times (552 + 2.929) \times 3 \times 28 = 584.808$  €.

### 7.14. Tram de Balenyà als Hostalets de Balenyà

El tram té una longitud de 4 km, també de via única amb travesses bibloc d'ample ibèric de l'any 1976 i que cal considerar amortitzada. El canvi

d'ample es fa com en el tram anterior, amb la renovació de la via directament en ample normal, operació que inclou els canvis a la catenària i a les instal·lacions de seguretat.

L'única despesa imputable al canvi d'ample és la derivada d'haver de treballar amb la via tallada, fent transbord a autobusos. La duració del treball es pot estimar en dues setmanes, de manera que el lloguer d'autobusos puja a  $2 \times 3 \times 3.500 = 21.000$  €.

El sobrecost material del canvi d'ample en aquest tram és de 21.000 €.

El transbord entre el tren d'ample normal a Balenyà i el d'ample ibèric als Hostalets durant aquestes dues setmanes afectarà 2.929 viatgers a la primera estació i 2.982 a la segona. Les molèsties es poden valorar en  $2 \times (2.929 + 2.982) \times 3 \times 14 = 496.524$  €

### 7.15. Tram dels Hostalets de Balenyà a Centelles

És un tram de 2 km de longitud amb travessa bivalent en el qual només cal recol·locar els carrils, amb un cost de  $2.000 \times 70 = 140.000$  €.

Com que cal ressituar dos desviaments a Centelles, s'ha d'afegir l'adaptació de les instal·lacions d'electrificació, seguretat i comunicacions, que són  $300 \times (40 + 60) = 30.000$  €.

També s'ha de comptar amb una setmana d'intercepció de la via per a la recol·locació dels carrils, donant lloc a una despesa de  $3 \times 3.500 = 10.500$  € en lloguer d'autobusos.

El total de despeses monetàries és de  $140.000 + 30.000 + 10.500 = 180.500$  €.

Mentre s'estigui canviant l'ample de via en aquest tram, els trens d'ample normal acabaran als Hostalets i els d'ample ibèric començaran a Centelles. Els viatgers transbordaran per carretera entre les dues estacions. Resulten afectats 2.982 viatgers als Hostalets i 2.925 a Centelles. L'avaluació de les molèsties puja a  $2 \times (2.982 + 2.925) \times 3 \times 7 = 248.094$  €.

### 7.16. Tram de Centelles a Sant Martí de Centelles

Aquest tram té una longitud de 5 km, 2 km dels quals estan equipats amb travessa d'ample ibèric, mentre que els altres 3 km tenen travessa bivalent. Cal, doncs, substituir les travesses d'ample ibèric i recol·locar els carrils en el tram de bivalent, amb un cost de  $2.000 \times 200 + 3.000 \times 70 = 610.000$  €. Caldrà també modificar dos desviaments a Centelles i un a Sant Martí.

El cost de les adaptacions de catenària i instal·lacions de seguretat serà de  $(300 + 200) \times (40 + 60) = 50.000 \text{ €}$ .

Com que el ritme de substitució de les travesses d'ample ibèric és la meitat que el de la recol·locació dels carrils, es considera que es necessitaran tres setmanes d'intercepció de la via, de manera que el cost del lloguer d'autobusos arribarà a  $3 \times 3 \times 3.500 = 31.500 \text{ €}$ .

Els costos materials dels treballs seran de  $610.000 + 50.000 + 31.500 = 691.500 \text{ €}$ .

Les molèsties afecten 2.925 viatgers que no es mourien del tren a Centelles i 3.092 viatgers que no ho farien a Sant Martí. Són  $2 \times (2.925 + 3.092) \times 3 \times 21 = 758.142 \text{ €}$ .

### 7.17. Tram de Sant Martí de Centelles al Figaró

Amb 5 km de longitud, aquest tram conserva encara 2 km de via amb travessa bibloc del 1976 i té els altres 3 km renovats amb travessa d'ample ibèric. La renovació de la via de travessa bibloc no genera costos atribuïbles al canvi d'ample, mentre que la substitució de les travesses als trams de travessa nova d'ample ibèric comporta una despesa de  $3.000 \times 200 = 600.000 \text{ €}$ . Per fer aquests treballs, junt amb l'adaptació d'un desviament a Sant Martí i un altre al Figaró, caldrà tallar la circulació de la via durant tres setmanes.

L'adaptació de la catenària i de les instal·lacions de seguretat costa  $(200 + 200) \times (40 + 60) = 40.000 \text{ €}$ .

El cost monetari dels autobusos per al transbord és de  $3 \times 3 \times 3.500 = 31.500 \text{ €}$ .

El cost total dels treballs és de  $600.000 + 40.000 + 31.500 = 671.500 \text{ €}$ .

Les molèsties del transbord afectaran 3.092 viatgers a Sant Martí de Centelles i 3.199 al Figaró. La seva avaluació és de  $2 \times (3.092 + 3.199) \times 3 \times 21 = 792.666 \text{ €}$ .

### 7.18. Tram del Figaró a la Garriga

El tram té una longitud de 5 km, pràcticament tot sencer amb travessa bibloc, de manera que el canvi d'ample s'ha de fer a través de la renovació amb travessa d'ample normal de la via existent, que té 35 anys d'antiguitat i està ja amortitzada. El canvi d'ample no dona lloc a cap sobrecost sobre les obres i l'únic que hi apareix com a imputable al canvi d'ample és el fet que



la renovació s'haurà de fer amb tall total de la via i que, per tant, els viatgers hauran de fer transbord per fer el trajecte entre el Figaró i la Garriga.

Així doncs, el tall durarà tres setmanes i el cost dels autobusos serà de  $3 \times 3 \times 3.500 = 31.500$  €.

Els viatgers afectats pel transbord seran ara de 3.199 al Figaró i 2.966 a la Garriga, cosa que dóna una valoració de  $2 \times (3.199 + 2.996) \times 3 \times 21 = 780.570$  €.

### 7.19. Tram de Sagrera a Sant Andreu Comtal

Ja s'ha dit que quan el canvi d'ample iniciat a la Tor de Querol arribi a la Garriga cal tenir la possibilitat que els trens d'ample europeu iniciats a la Tor puguin continuar amb aquest ample fins a la nova estació de Barcelona Sagrera. Es passa ara a calcular els costos i les molèsties entre la Garriga i Sagrera. Com que la disponibilitat d'espai per a la base d'operacions aconsella fer que els treballs es facin de sud a nord, la descripció es farà també en aquest sentit.

En aquest tram, les úniques vies que tenen relació amb la línia de la Tor de Querol són les dues vies generals del tram i les d'apartat, dues a la Sagrera i unes vuit a Sant Andreu. Totes aquestes vies han de ser compartides amb les rodalies de la línia de Portbou.

Amb una freqüència de 20 trens per hora i sentit, és impossible preveure que de dia quedin vies sense servei i és segur que durant alguns anys, els que es precisin per canviar l'ample en el conjunt de Barcelona, serà necessari mantenir vies dels dos amplex en els túnels de Barcelona, com a mínim fins a Sant Andreu. Per altra banda, és molt improbable que les rodalies de la línia de Portbou canviïn d'ample al mateix temps que les de la línia de la Tor. És necessari que les vies d'aquest tram siguin d'ample mixt. Cal començar, doncs, canviant les travesses per unes de tres carrils i disposar-hi el tercer carril.

La longitud del tram és de 2 km. Cal afegir-hi dues vies de 300 metres a la Sagrera. En canvi, a Sant Andreu, no cal tenir tres carrils a totes les vies, sinó que n'hi ha prou amb anar-les canviant d'ample a mesura que vagi essent necessari. Se suposa que en tot aquest tram la via està feta sobre placa, però amb blocs aptes per a dos amplex. Així, serà necessari substituir un dels blocs per poder rebre el tercer carril i col·locar-lo. Això només es podrà fer de nit, amb una progressió de 1.500 metres a la setmana, però caldrà substituir també per aparells de tres carrils un total de vuit desviaments a la

Sagrera. A Sant Andreu, només cal que siguin mixtes les mateixes quatre vies que poden fer servir els trens de pas, però les sis d'espera de composicions aniran passant, a mesura que convingui, directament a l'ample normal.

El canvi de blocs i la col·locació d'un tercer carril tindrà lloc en els 2 km de la via general doble, en les dues d'apartat de Sagrera i en les dues d'apartat principals de Sant Andreu, per un import de  $(2 \times 2.000 + 4 \times 300) \times 400 = 2.080.000$  €. Cal afegir la substitució per aparells de tres carrils dels vuit desviaments de Sagrera i vuit més a Sant Andreu, amb un cost de  $2 \times 8 \times 150.000 = 2.400.000$  €. Finalment, es farà la recol·locació de carrils a les sis vies restants de Sant Andreu, per un import de  $6 \times 300 \times 70 = 126.000$  €.

Caldrà fer també les adaptacions de catenària en tot el tram, és a dir  $(2 \times 2.000 + (4 + 6) \times 300) \times 40 = 280.000$  €.

I de manera semblant, caldrà adaptar també les instal·lacions de seguretat, amb un cost de  $(2 \times 2.000 + (4 + 6) \times 300) \times 60 = 420.000$  €.

El total de totes aquestes partides correspon al conjunt de les línies de la Tor i de Portbou, de manera que a cada una li correspon la meitat,  $(2.080.000 + 2.400.000 + 126.000 + 280.000 + 420.000) / 2 = 2.653.000$  €.

Per a aquestes operacions, es pot comptar amb una duració de setze setmanes.

Com que tots els treballs s'han de fer de nit, no hi ha molèsties per als viatgers.

### 7.20. Tram de Sant Andreu Comtal a Montcada Bifurcació

Aquest tram s'ha de dividir en dues parts. Una de 2 km des de l'estació de Sant Andreu fins a la bifurcació de Vallbona, on el ramal que va a Montcada Bifurcació se separa de la línia de Portbou, i un altre tram de 3 km des de la bifurcació de Vallbona fins a l'estació de Montcada Bifurcació. La situació de les andanes i la falta d'espai disponible obliguen que, a falta d'unes bifurcacions a diferent nivell que per ara no estan previstes, la via en direcció a Sant Andreu ocupi l'espai immediat a l'edifici de viatgers i la via dels trens procedents de Sant Andreu se situï al costat est de les vies de Manresa i les travessi al nord de les andanes, aproximadament al lloc de la travessia actual.

Tal com s'ha dit ja en el punt 3, s'han de diferenciar quatre vies. D'oest a est, la primera és una via directa per als trens de la línia de la Tor cap a Sant Andreu, la segona és per als trens de Portbou cap a Sant Andreu, la tercera surt de Sant Andreu per als trens en direcció a Portbou i la Tor, i a Vallbona es

bifurca en dos, una que segueix a Portbou i una altra que va cap a Montcada Bifurcació i la Tor.

En el primer tram, la via de més a l'oest no està construïda encara i es pot suposar que tindrà travessa bivalent. En el segon tram, continuarà per la via ja existent des de Vallbona, que té travessa ibèrica de l'any 1990 i que cal renovar. El canvi d'ample d'aquesta via suposarà la relocalització dels carrils en el primer tram i la renovació amb ample normal en el segon. Com que la via d'aquest segon tram ja està amortitzada, el cost es redueix a la relocalització de carrils:  $2.000 \times 70 = 140.000 \text{ €}$ . Cal afegir-hi l'adaptació de la catenària i de les instal·lacions de seguretat a les zones d'agulles de Sant Andreu i de Montcada Bifurcació: són  $(300 + 300) \times (40 + 60) = 60.000 \text{ €}$ . En total,  $200.000 \text{ €}$ .

La segona via, la dels trens procedents de Portbou cap a Sant Andreu, no té cap relació amb la línia de la Tor de Querol.

La tercera via té el primer tram comú a les dues línies, el qual ha de ser equipat amb tres carrils, junt amb les dues vies d'apartat principals de Sant Andreu, amb un cost de  $(2.000 + 2 \times 300) \times 340 = 884.000 \text{ €}$ . Cal adaptar a tres carrils sis desviaments de Sant Andreu, amb un cost de  $6 \times 150.000 = 900.000 \text{ €}$ . Finalment, hi haurà la relocalització de carrils a les sis vies restants de Sant Andreu, tasca que costarà  $6 \times 300 \times 70 = 126.000 \text{ €}$ . L'adaptació de la catenària i les instal·lacions de seguretat puja a  $2.000 \times (40 + 60) = 200.000 \text{ €}$ . Com que aquest primer tram és comú a les dues línies, el cost total és  $(884.000 + 900.000 + 126.000 + 200.000) / 2 = 1.055.000 \text{ €}$ .

La quarta via des de la bifurcació de Vallbona fins a Montcada Bifurcació ja està amortitzada, per tant, ha de ser renovada i ja s'ha dit que cal equipar-la amb tres carrils per permetre la connexió de la línia de Manresa, Terrassa i Sabadell amb l'estació de la Sagrera. En aquesta renovació, el cost imputable al canvi d'ample és només la meitat de la instal·lació del tercer carril addicional, ja que, tard o d'hora, l'ample normal servirà també per a la línia de Manresa. Es tracta de  $3.000 \times 110 / 2 = 165.000 \text{ €}$ . Cal afegir-hi el pas a tres carrils del desviament de la bifurcació i tres més a l'estació de Montcada Bifurcació, amb un cost de  $(1 + 3) \times 150.000 / 2 = 300.000 \text{ €}$ . Hi ha també l'adaptació de la catenària i de les instal·lacions de seguretat en tot el tram i en quatre vies de Montcada, tasques que suposen una despesa de  $(3.000 + 4 \times 300) \times (40 + 60) / 2 = 210.000 \text{ €}$ . El cost total d'aquesta via puja a  $165.000 + 300.000 + 210.000 = 675.000 \text{ €}$ .

La despesa del conjunt de tot el tram és de  $200.000 + 1.055.000 + 675.000 = 1.930.000 \text{ €}$ .

La duració dels treballs es pot estimar també en setze setmanes, encavalcades parcialment amb el tram anterior.

Com que els treballs es fan de nit, no hi ha molèsties per als viatgers.

### 7.21. Tram de Montcada Bifurcació a Montcada Ripollet

En aquest tram, que té 3 km de longitud, es construeix la via de la duplicació a l'oest de l'actual, sense afectar el trànsit de viatgers, directament amb ample normal. La condició de no afectar la circulació de trens per la via d'ample ibèric, obliga que la nova via hagi de ser situada sempre a l'oest de l'actual en tot el recorregut de Montcada a la Garriga. En alguns casos, això obligarà abans a traslladar cap a l'est la via existent, cosa que no faria falta si les dues vies fossin del mateix ample, ja que llavors només caldria anar enllaçant trossos nous i trossos existents. Aquest desplaçament de la via actual s'hauria de fer igualment si les dues vies fossin del mateix ample en el moment de la renovació, però llavors les operacions d'acabat com ara els anivellaments, la soldadura i l'eliminació de tensions, només es farien una sola vegada. El procés de construcció de la via d'ample normal entre Montcada i la Garriga, s'haurà de fer en dues fases, una per traslladar la via i l'altra al cap d'uns quants mesos quan es renovi la via d'ample ibèric. El cost d'aquesta segona tasca, 115 €/m, cal imputar-lo al canvi d'ample.

En el tram només caldrà fer aquesta operació en dos revolts, als quilòmetres 10,5 i 12,1, amb una longitud total de 800 metres. El cost d'aquesta operació és de  $800 \times 115 = 92.000$  €.

D'altra banda, tal com s'ha dit en el punt 3, caldrà construir a la banda sud de Montcada Ripollet una via provisional per a l'encreuament dels trens que circularan per via única, primer amb ample ibèric i després amb ample normal. Seran 560.000 € en el moment de la construcció inicial.

Quant al temps necessari per construir aquests 3 km de via, no té gaire sentit establir-lo com a determinant, perquè l'única condició imperativa és minimitzar les molèsties als viatgers, és a dir, que aquesta nova via d'ample normal hagi arribat a la Garriga als catorze mesos d'haver començat els transbords a Puigcerdà. La construcció de la plataforma de la segona via es pot fer simultàniament en molts punts. Únicament per poder fer unes previsions numèriques, es fixarà un termini de quatre mesos, sabent que els treballs preparatoris podrien començar abans.

En la segona tanda dels treballs, quan ja hi hagi una via d'ample europeu entre Puigcerdà i Barcelona, com que la via actual d'ample ibèric ja té travessa

bivalent, no hi haurà renovació. Només caldrà recol·locar els carrils en els 3 km del trajecte, per un import de  $3.000 \times 70 = 210.000$  €.

La introducció de la via doble suposa una reforma total de la catenària a les zones d'agulles i també de les instal·lacions de seguretat, de manera que es pot prescindir de la repercussió del canvi d'ample en la reforma d'aquestes instal·lacions.

Així, el sobrecost dels treballs imputables al canvi d'ample sobre els de la duplicació prevista de la via, és de  $92.000 + 560.000 + 210.000 = 862.000$  €.

Ni la construcció de la via provisional ni el trasllat de la via ibèrica no provocaran molèsties als viatgers, però durant l'última setmana de circulació per la via ibèrica i la primera en la qual se circularà per la via normal, s'haurà de fer el canvi d'ample a les vies d'encreuament i la capacitat de la línia quedarà reduïda, ja que només estaran útils la meitat d'aquestes vies. Es passarà d'una interestació mitjana de 5 km a una de 8 km, i això augmenta el temps d'espera quan es creuen els trens. Amb aquest canvi de longitud de la interestació, l'augment de temps és de l'ordre del 0,015 del temps de viatge. Com que el temps de viatge mitjà en aquest tram és de 6,2 minuts, cal comptar amb  $6,2 \times 0,015 = 0,1$  minuts de retard en aquest tram durant dues setmanes. Com que en el tram hi ha 9.505 viatgers per dia i sentit, es pot considerar una molèstia de  $2 \times 9.505 \times 0,1 \times 0,2 \times 14 = 5.323$  €.

### 7.22. Tram de Montcada Ripollet a Santa Perpètua de Mogoda

És un tram de 3 km de longitud que en la primera tanda, pel que fa al canvi d'ample, només té rellevància el trasllat previ de la via ibèrica en el revolt del quilòmetre 15,1, en una longitud de 400 metres. El cost és de  $400 \times 115 = 46.000$  €.

En la segona tanda, renovació de la via ibèrica, que és de travessa bibloc amb 35 anys d'antiguitat, no apareix cap sobrecost imputable al canvi d'ample.

Respecte als viatgers, patiran les conseqüències de la falta de vies per encreuar trens durant les dues setmanes del canvi a les vies d'apartat. En aquest tram, el temps mitjà de viatge és de 3,5 minuts, i això donarà un augment de  $3,5 \times 0,015 = 0,1$  minuts. El nombre de viatgers del tram és de 9.078 per dia i sentit, de manera que la valoració dels retards és de  $2 \times 9.078 \times 0,1 \times 0,2 \times 14 = 5.084$  €.

### 7.23. Tram de Santa Perpètua de Mogoda a Mollet

El tram té 2 km de longitud i no es produeix cap despesa imputable al canvi d'ample en la construcció de la via d'ample normal.

En canvi, com que la travessa és bivalent, no es renovarà la via ibèrica existent i caldrà fer la recol·locació dels carrils en els 2 km, amb un cost de  $2.000 \times 70 = 140.000 \text{ €}$ .

De cara als viatgers, hi ha la repercussió de la falta de vies d'encreuament durant dues setmanes. El temps mitjà de viatge és de 2,7 minuts, que tindrà un augment de  $2,7 \times 0,015 = 0,1$  minuts. Afectarà 8.561 viatgers per sentit, amb una valoració de les molèsties de  $2 \times 8.561 \times 0,1 \times 0,2 \times 14 = 4.794 \text{ €}$ .

### 7.24. Tram de Mollet a Parets

Amb una longitud de 3 km, un dels quals té travessa bivalent, aquest tram ha de carregar el trasllat de la via actual en dos dels revolts i també el sobrecost de la construcció d'una via d'apartat provisional a l'estació de Parets. El trasllat de la via afecta els revolts dels quilòmetres 17,8 i 19,5, amb una longitud total de 900 metres. El sobrecost és de  $900 \times 115 = 103.500 \text{ €}$ .

També s'ha de comptar amb la construcció d'una via provisional per a l'encreuament de trens a la banda sud de Parets, amb un cost de 560.000 € durant la primera fase.

En la segona fase s'hi ha de posar el cost de la recol·locació dels carrils en aquesta via, a més de fer-ho en el quilòmetre de travessa bivalent de plena via, amb un cost de  $(1.000 + 250) \times 70 = 87.500 \text{ €}$ .

El cost dinerari de les obres serà de  $103.500 + 560.000 + 87.500 = 751.000 \text{ €}$  en total.

Quant a les molèsties, cal comptar amb l'augment de temps mentre es canviïn d'ample les vies d'encreuament. Amb un temps mitjà de viatge de 4,3 minuts, l'augment de temps és de  $4,3 \times 0,015 = 0,1$  minuts. Com que hi ha 7.110 viatgers per dia i sentit, la valoració d'aquest augment de temps és de  $2 \times 7.110 \times 0,1 \times 0,2 \times 14 = 3.982 \text{ €}$ .

### 7.25. Tram de Parets a Granollers

Té una longitud de 9 km, amb una derivació particular anomenada Palou, situada a uns 3 km de Granollers, que dóna lloc a un tren d'uns vuit vagons de mercaderies a la setmana. Cal tenir en compte el canvi d'ample de

la pròpia derivació i de la problemàtica que s'origini, mentre l'altra terminal del tren es mantingui amb l'ample ibèric i calgui canviar l'ample dels vagons utilitzats.

En la via general d'aquest tram, l'única despesa a considerar com a sobrecost a causa del canvi d'ample és el desplaçament de la via existent als revolts dels quilòmetres 20,5 i 28,1, amb una longitud de 500 metres. El cost d'aquest desplaçament serà de  $500 \times 115 = 57.500 \text{ €}$ .

La derivació de Palou està formada per 3 desviaments i 600 metres de via sobre fusta. Cal recol·locar els carrils, amb un cost de  $600 \times 90 = 54.000 \text{ €}$ .

Quant a les adaptacions de la catenària i les instal·lacions de seguretat, la despesa serà de  $300 \times (40 + 60) = 30.000 \text{ €}$ . Aquests treballs en la derivació particular queden fora del projecte de la duplicació de via.

Les operacions de canvi d'ample d'aquesta derivació es poden fer en els sis dies que van de la circulació d'un tren a la del següent, just en el moment en el qual la renovació de la via d'ample ibèric començada a la Garriga arribi a la derivació. Llavors, la derivació podrà ser connectada a la via d'ample normal i els trens començaran a arribar per aquesta via d'ample normal. Però els vagons, que són de bogis, hauran hagut de canviar d'ample abans d'entrar a la línia. La solució és adaptar els vagons al sistema de bogis intercanviables o d'ample variable, amb la instal·lació de canvi a Montcada Bifurcació.

No s'ha de valorar l'adaptació dels vuit vagons al sistema d'ample variable perquè, com ja s'ha dit, el ritme de substitució dels vagons és més ràpid que el de la via i, un cop s'engegui el procés de canvi d'ample, ja hi haurà vagons aptes per fer aquests trens.

El que sí que cal comptar és el cost de la instal·lació de canvi d'ample de Montcada Bifurcació. En el conjunt de la xarxa ibèrica, la repercussió d'aquestes instal·lacions es podria valorar en uns 20.000 euros per quilòmetre de línia. En l'objecte d'aquest estudi, cal comptar així amb  $(149 + 7/2) \times 20.000 = 3.050.000 \text{ €}$ . A aquest cost, cal afegir-hi les despeses de funcionament durant uns dos anys, el període en el qual es pot suposar que els vagons seguiran arribant a Montcada Bifurcació en ample ibèric; després d'aquests dos anys, ja hi arribaran en ample normal. Es pot avaluar en uns 200 euros per tren, és a dir,  $200 \times 52 \times 2 = 20.800 \text{ €}$ . Com que caldrà fer-ho també en els trens de tornada, el cost és de 41.600 €. En total són  $3.050.000 + 41.600 = 3.091.600 \text{ €}$ .

Prescindint del canviador d'ample de vehicles que ha de situar-se a Montcada Bifurcació, els treballs de canvi d'ample del trajecte de Parets a Granollers tenen un cost de  $57.500 + 54.000 + 30.000 + 41.600 = 183.100 \text{ €}$ .

Els 5.808 viatgers per sentit que circulen en aquest trajecte, patiran també l'increment de temps, per falta de capacitat de vies d'encreuament, durant els catorze dies que durarà el canvi d'ample a les vies d'apartat. El temps mitjà de viatge és de 7,4 minuts, de manera que l'augment de temps serà de  $7,4 \times 0,015 = 0,2$  minuts. Les molèsties s'avaluen en  $2 \times 5.808 \times 0,2 \times 0,2 \times 14 = 6.505$  €.

### 7.26. Tram de Granollers a les Franqueses

Aquest tram té una longitud de 2 km i el recorren 4.696 viatgers per sentit i dia. Els sobre costos monetaris d'afegir el canvi d'ample a la duplicació de via es limiten al desplaçament de la via en el revolt del quilòmetre 29,4, amb una longitud de 500 metres. El cost és de  $500 \times 115 = 57.500$  €.

Les molèsties es redueixen a l'augment de temps mentre s'actua a les vies d'encreuament. Hi ha 4.696 viatgers per sentit i dia, i el temps mitjà de recorregut és de 4,1 minuts. L'augment de temps serà de  $4,1 \times 0,015 = 0,1$  minuts. La valoració dels retards serà de  $2 \times 4.696 \times 0,1 \times 0,2 \times 14 = 2.630$  €.

### 7.27. Tram de les Franqueses a la Garriga

El tram té una longitud de 6 km i el terreny ja obliga a més revolts. S'ha de traslladar la via a cinc revolts, als quilòmetres 33,3, 34,2, 35,3, 36,1 i 37,3, amb una longitud total de 1.600 metres. El cost d'aquest trasllat és de  $1.600 \times 115 = 184.000$  €.

Les molèsties es redueixen a l'increment de temps per la menor capacitat d'encreuar trens durant els catorze dies que durarà la renovació de les vies d'apartat. El temps mitjà de viatge és de 5,9 minuts, de manera que l'increment de temps serà de  $5,9 \times 0,015 = 0,1$  minuts. Com que afecta 4.412 viatgers per sentit i dia, la valoració de les molèsties puja a  $2 \times 4.412 \times 0,1 \times 0,2 \times 14 = 2.471$  €.

### 7.28. Part proporcional dels tallers

S'ha dit ja que el canvi d'ample dels vehicles no cal tenir-lo en compte, perquè és un material que té una vida útil inferior a la de la via i s'anirà canviant d'ample a mesura que el parc es vagi renovant, sense cap sobre cost. Però sí que serà indispensable canviar l'ample de les vies als tallers. Es pot fer un càlcul aproximat considerant que el conjunt dels tallers de Catalunya té uns 29.000 metres de vies instal·lades i que atenen tots els trens que circulen pels 1.830 km de via general



que hi ha a Catalunya. Es poden considerar corresponent a les necessitats del material que circula per la línia de Puigcerdà ( $149 + 7/2 = 152,5$  km) uns  $29.000 \times 152,5 / 1.830 = 2.400$  metres de via de taller. El tipus de via és molt diversa, però es pot comptar que la substitució de les travesses té un cost mitjà de 200 €. Amb això, la part que correspon a la línia és de  $2.400 \times 200 = 480.000$  €.

## 8. AVANÇAMENT DELS TREBALLS

Es recull a continuació un diagrama temporal en el qual es presenten els treballs a realitzar i la manera d'organitzar-los successivament.

S'hi distingeixen els grans grups de treball. Per una banda, comença a Puigcerdà la recol·locació dels carrils entre la frontera i Vic, avançant de nord a sud. A mesura que va progressant la recol·locació, els trens circulen ja sobre ample europeu des de la Tor fins a la zona de treball. Quan s'arriba a Vic, es continua progressant amb els mètodes indicats per a cada trajecte, fins arribar, al cap de catorze mesos, a l'estació de la Garriga.

Al mateix temps, comença a Barcelona la col·locació de vies de tres carrils per fer possible que entre la Sagrera i Montcada Bifurcació puguin circular-hi els trens d'ample ibèric cap a Manresa i Lleida, i els d'ample europeu cap a la Tor de Querol. Un cop arribats aquests treballs a Montcada Bifurcació, es du a terme la construcció de la segona via fins a la Garriga, directament amb ample europeu, on s'hi arriba igualment al final dels tretze mesos. Aquesta construcció de la segona via directament en ample normal es fa sense afectar la via d'ample ibèric, per la qual es manté la circulació de trens. Als catorze mesos, s'arriba a la Garriga des del sud.

En aquest moment, es disposa ja de via d'ample europeu entre Puigcerdà i la Sagrera, de manera que els trens passen a fer ja aquest recorregut, amb ample europeu i sense transbord, seguint el règim de via única.

En els tres mesos successius, es renova amb ample europeu la via ibèrica existent i, a mesura que es vagi avançant des de la Garriga, es va implantant el règim de via doble.

## 9. RESUM DE COSTOS I MOLÈSTIES

La suma de tots els costos trobats en analitzar els diferents trajectes, permet trobar que el sobrecost d'afegir el canvi d'ample de la línia de la Tor

de Querol a Barcelona a la duplicació de via entre Vic i Montcada es limita a 19.778.600 euros, pels conceptes següents:

Recol·locació dels carrils en trams de travessa bivalent (75 km)	5.246.500 €
Recol·locació dels carrils en trams de travessa de fusta o tallers (36 km)	3.234.000 €
Substitució de travesses per les bivalents (6 km)	1.260.000 €
Col·locació d'un tercer carril substituint les travesses (1,3 km)	442.000 €
Col·locació d'un tercer carril en via en placa (26 km)	1.040.000 €
Augment d'un tercer carril quan es renova una via ja amortitzada (1,5 km)	165.000 €
Substitució d'un desviament per un altre de tres carrils (13 desviaments)	1.950.000 €
Construcció d'una via d'apartat provisional per a encreuaments (2 vies)	1.120.000 €
Trasllat de la via ibèrica per poder col·locar la segona via en ample normal al seu lloc (5 km)	540.500 €
Adaptació de la catenària a la nova situació de l'eix de la via (14 km)	596.000 €
Adaptació de les instal·lacions de seguretat a la nova situació (12 km)	792.000 €
Substitució de trens per autobusos (48 setmanes)	301.000 €
Part proporcional de les instal·lacions de canvi d'ample	3.091.600 €
	<b>19.778.600 €</b>

Aquest sobrecost s'ha aplicat a canviar l'ample de via dels 149 km existents entre la Tor de Querol i Montcada Bifurcació i, en part, als  $7 \times 2$  km entre Montcada Bifurcació i Barcelona Sagrera. Es pot dir que el cost del canvi d'ample a la línia ha resultat a  $19.778.600 / (149 + 7 \times 2) = 121.000$  €/km de via general.

A nivell de la totalitat de la xarxa ferroviària espanyola d'ample ibèric, s'ha calculat un sobrecost mitjà, intentant sempre reduir al mínim el desballestament de via no amortitzada, d'uns 60.000 €/km.

Com a referència de comparació, es pot recordar que una renovació de via, de les que cal fer cada vint o trenta anys, quan se li acaba la vida útil, té un cost que oscil·la entre 600.000 i 1.200.000 €/km, en funció de les millores

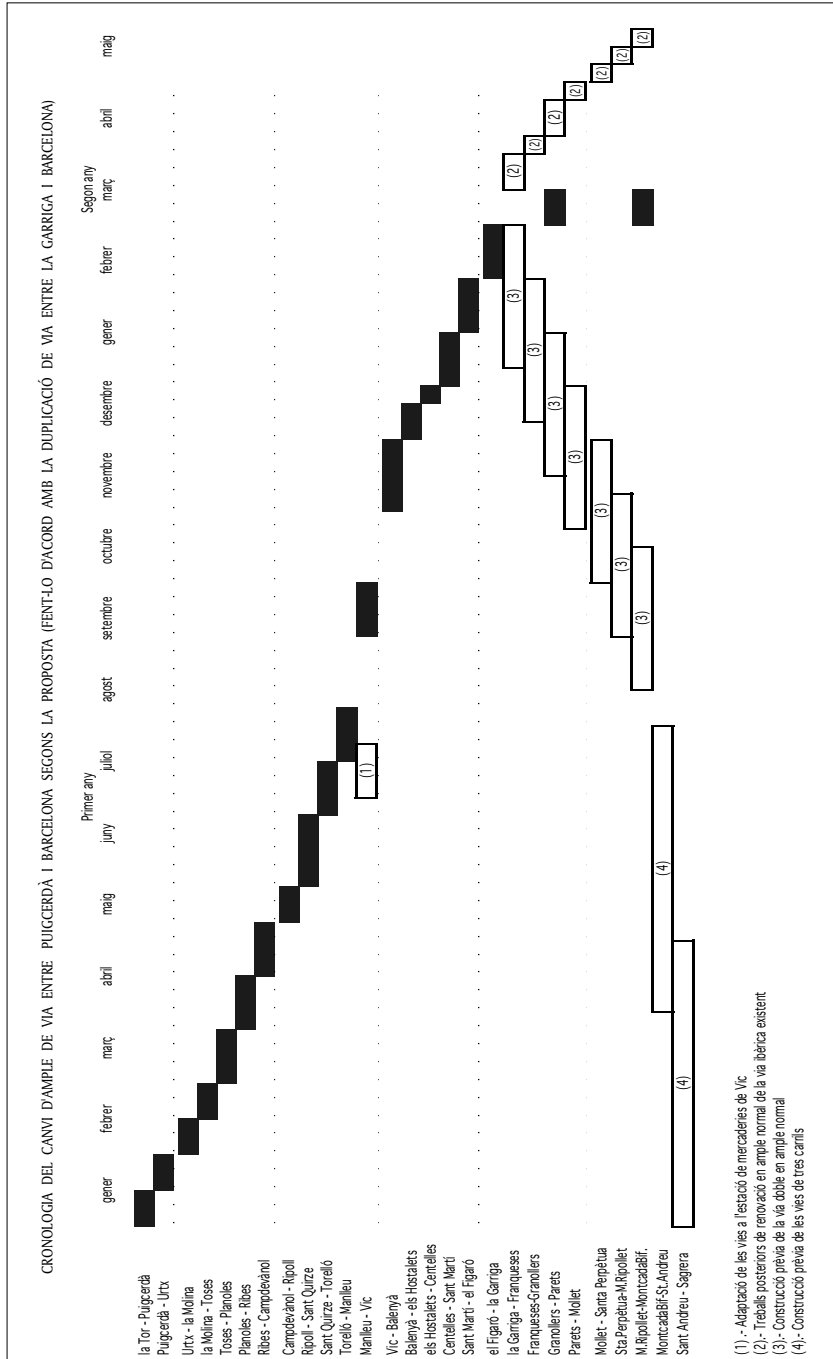


Diagrama al qual s'al·ludeix al començament del punt 8. Avançament dels treballs

que, per sobre de la simple reposició d'una via amortitzada, s'hi afegeixin. Per exemple, la renovació recent entre Ripoll i la frontera feta els anys 2007-2009, va tenir un cost aproximat d'1.000.000 €/km.

L'explicació del major sobrecost del canvi d'ample a la línia de Puigcerdà rau en els 7 km de via doble que hi ha des de Montcada Bifurcació fins a la Sagrera, que obliguen a desfer molta via no amortitzada i no preparada per a tres carrils. Prescindint del canvi als tallers i del canviador d'ample, el sobrecost entre la Tor de Querol i Montcada Bifurcació és de  $11.665.600 / 149 = 78.300$  €/km, gràcies als 75 km de travessa bivalent. En canvi, puja a  $4.583.000 / 7 \times 2 = 327.000$  €/km per la necessària introducció del tercer carril en els  $7 \times 2$  km de via general entre Montcada Bifurcació i Sagrera.

Quant a les molèsties que s'hauran d'imposar als viatgers, es poden avaluar en uns 4.758.000 €, segons el detall següent:

Incomoditats causades pels transbords en autobús	4.711.000 €
Increment del temps de viatge	47.000 €
	<b>4.758.000 €</b>

D'acord amb la taula del punt 6, aquestes molèsties han afectat un total de  $2 \times 15.618 = 31.236$  viatgers, durant 425 dies. Des que es van iniciar les operacions a la Tor de Querol fins a la setmana següent a l'arribada del canvi d'ample a la Garriga, setmana en la qual s'acaba el canvi d'ample a les vies d'encreuament de trens, les molèsties per viatger tenen un cost de  $4.758.000 / (31.236 \times 425) = 0,35$  €/viatger. És com si, per mitjana, el preu de cada bitllet s'incrementés en 35 cèntims.

És interessant mostrar que aquestes molèsties són molt inferiors a les produïdes en obres normals de manteniment. Així, en la renovació de via feta l'any 2002 entre Borgonyà i Vic, les molèsties van costar 2,2 €/viatger. En la renovació Ripoll-Borgonyà del 2004, van costar 2,5 €/viatger. En la renovació entre Puigcerdà i Ripoll els anys 2007-2009, van pujar a 5,2 €/viatger.

En el conjunt de l'Estat, i considerant un termini d'execució d'uns quinze anys, les molèsties del canvi d'ample es podrien xifrar en uns 0,025 € per viatger. La comparació amb els 0,35 € per viatger a la línia de la Tor és coherent, perquè allà on hi ha les grans concentracions de viatgers, als nuclis grans de rodalies, no hi ha més remei que treballar-hi de nit, i llavors el cost de les molèsties és molt més baix.

## 10. CONCLUSIÓ

En resum, doncs, a més del fet que és inevitable la normalització de l'ample de via a la xarxa espanyola d'ample ibèric, tant per la necessitat macroeconòmica d'abaratir el transport de mercaderies, com per la disminució del cost de manteniment de vies poc ocupades, es pot assegurar que l'extensió del canvi d'ample a la línia de la Tor de Querol a Barcelona es pot fer a un cost perfectament normal i dins dels estàndards correctes, entre la cinquena i la desena part d'una operació rutinària de renovació d'una via ja amortitzada.

I al mateix temps, es veu l'absoluta necessitat que les obres que actualment s'estan fent a Barcelona en l'àmbit de la nova estació de la Sagrera, es facin preveient l'inevitable canvi d'ample i, sobretot, per la necessitat de preveure l'etapa intermèdia de la via mixta de tres carrils. Cal procurar, doncs, no construir res que hagi de ser enderrocat després a causa del canvi d'ample, com són les vies en placa no aptes per a tres carrils. I, sobretot, que no es torni a caure en la imprevisió de no preparar el canvi d'ample en les grans infraestructures de les grans ciutats.

[Recepció de l'article: 15-1-2013]

[Acceptació de l'article: 14-3-2013]

