



**Escola de Camins**

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports  
UPC BARCELONATECH

## Avaluació socioeconòmica del carril BUS-VAO de la C-58

Treball realitzat per:

**Berta Blasco Casado**

Dirigit per:

**Àlvar Garola Crespo**

Grau en:

**Enginyeria Civil**

Barcelona, Juny 2014

Departament Infraestructura del Transport i del Territori

**TREBALL FINAL DE GRAU**



## Resum

Les infraestructures de transport són elements molt positius per a la societat ja que permeten que la circulació de persones i mercaderies es faci de forma ràpida i eficaç, millorant les comunicacions internes i externes dels països. Així doncs, els països en vies de desenvolupament tracten de tenir una alta inversió en infraestructures de transport per tal d'afavorir el creixement i, en canvi, els països ja desenvolupats amb un alt volum d'infraestructures, necessiten eines per tal de decidir en quin tipus d'infraestructures serà més rentable invertir. Si a més a més tenim en compte que la situació econòmica actual ens limita la quantitat de recursos a utilitzar, encara es farà més palpable la necessitat de tenir una eina de decisió acurada.

Podem trobar varies metodologies d'anàlisi que ens proporcionen informació sobre com avaluar un projecte de transport. Totes elles basades en l'anàlisi cost-benefici extret d'estudis econòmics sobre altres projectes empresarials però que tracten d'incloure també els costos i beneficis socials que es deriven de la construcció d'una nova infraestructura donant-los un valor monetari.

Així doncs, en primer lloc es farà una comparació entre algunes de les metodologies existents i es justificarà perquè s'ha escollit l'anàlisi que posteriorment utilitzem per avaluar un cas concret, el de la *Guia per l'avaluació de projecte de transport* plantejat pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona. A continuació es detallarà en què consisteix l'anàlisi cost-benefici escollit i quins elements el conformen, i veurem quins poden ser els criteris de decisió que cal seguir per analitzar la viabilitat d'una infraestructura.

La infraestructura que analitzarem seran els carrils BUS-VAO+2 que s'han construït recentment a la C-58, corredor d'accés a Barcelona amb un alt volum de trànsit diari i amb greus problemes de congestió. Aquests nous carrils han estat objecte de polèmica des de la seva posada en funcionament ja que el seu cost va ser molt alt i les restriccions de pas són força elevades per les característiques del trànsit existent, provocant així que el volum de trànsit que circula per la infraestructura sigui molt baix mentre els usuaris de la C-58 segueixen patint nombroses retencions cada dia.

Una vegada tinguem els resultats i en fem un anàlisi veurem com, efectivament, la infraestructura no presenta els beneficis socials i econòmics suficients per compensar l'alt cost de construcció que va tenir i es plantejaran dues d'alternatives per analitzar si es podria adoptar un sistema de funcionament més adequat.

Finalment es trobarà que només eliminant les restriccions de trànsit i obrint la circulació pels nous carrils a tots els vehicles de la C-58 s'aconseguiria tenir el volum necessari de trànsit que provocaria un augment dels beneficis socials suficient per tenir una rendibilitat positiva. Així doncs, descobrirem que la previsió de demanda dels carrils va ser massa elevada en el moment de determinar la seva viabilitat.

## Abstract

Transport infrastructures are very positive elements for the society because they enable a quick and efficient circulation of people and goods, improving with that internal and external communications between countries. Developing countries try to have high investments in transport infrastructures to encourage growth but, on the other side, developed countries, as they already have a high volume of infrastructures, need some tools to decide which of all the possibilities will be a more profitable investment. If we also consider the fact that the current economic situation is limiting our resources, will become more evident the need of having an accurate decision tool.

We can find several analysis methods which provide us information about how to evaluate a transport project. All of them are based on the cost-benefit analysis extracted from economic studies on other business projects, but also including social cost and benefits arising from the construction of a new infrastructure by giving them a monetary value.

In the first place there will be a comparison between some of the existing methodologies and it will be justified why we have chosen the one used after to evaluate and specific case, the one from *Guía per l'avaluació de projectes de transport* done by *Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona*. Then we will define exactly on what is based this cost-benefit analysis and which are the elements comprising it, and it will be seen also which might be the criteria to be followed in order to analyze the feasibility of an infrastructure.

The analyzed structure will be the BUS-HOV+2 (High Occupancy Vehicles) recently built on the C-58 highway, a main access to Barcelona with a high volume of daily traffic and serious congestion problems. These new lanes have been a source of controversy since its opening because its cost was very high and the circulation restrictions are too high for the existing traffic characteristics. This last fact makes the flowing traffic through the infrastructure be very small while C-58 users are still suffering big delays every day.

Once we have the results, an analysis can be extracted from them and we will be able to see that the infrastructure does not obtain enough social and economic benefits to compensate its high cost of construction. So two alternatives will be studied in order to analyze if another operating system would be most suitable.

Finally we will find that only removing current traffic restrictions by opening the new lanes to all kind of vehicles in C-58 highway, the required amount of traffic that would lead to positive feasibility will be achieved. So we will be able to say that the demand of the lanes was overestimated at the moment of its analysis.

# Índex

<b>Capítol 1. Introducció i Objectius .....</b>	<b>3</b>
1.1. Introducció .....	3
1.2. Objectius .....	4
<b>Capítol 2. La unificació de l'avaluació socioeconòmica dels projectes de transport ...</b>	<b>5</b>
2.1. Introducció .....	5
2.2. Necessitat de l'avaluació socioeconòmica .....	5
2.3. Anàlisis cost-benefici existents .....	6
2.4. Síntesi .....	13
<b>Capítol 3. L'Anàlisi Cost - Benefici: Avaluació socioeconòmica de projectes de transport .....</b>	<b>15</b>
3.1. Introducció .....	15
3.2. L'anàlisi cost-benefici (ACB) .....	16
3.3. Anàlisis complementaris a l'ACB .....	28
<b>Capítol 4. El carril BUS-VAO de la C-58 a Barcelona .....</b>	<b>33</b>
4.1. Situació .....	33
4.2. El carril bus-VAO de la C-58 .....	35
<b>Capítol 5. Metodologia d'anàlisi .....</b>	<b>37</b>
5.1. Objectius .....	37
5.2. Dades i documentació disponibles .....	37
5.3. Procediment d'anàlisi .....	38
<b>Capítol 6. Resultats obtinguts .....</b>	<b>51</b>
6.1. Introducció .....	51
6.2. Resultats .....	53

<b>Capítol 7. Anàlisi d'alternatives .....</b>	<b>69</b>
7.1. Introducció .....	69
7.2. Avaluació de les alternatives .....	69
<b>Capítol 8. Conclusions .....</b>	<b>81</b>
<b>Referències Bibliogràfiques .....</b>	<b>83</b>
<b>Índex de taules .....</b>	<b>85</b>
<b>Agraïments .....</b>	<b>89</b>
 <b>Annex I: Valors recomanats pels elements d'un Anàlisi Cost – Benefici</b>	
<b>Annex II: Metodologia de càlcul del Nivell de Servei i velocitats mitjanes de circulació per una carretera de dos carrils</b>	

## Capítol 1. Introducció i objectius

### 1.1. INTRODUCCIÓ

Les infraestructures són, des dels inicis de la civilització, el principal mitjà que té la humanitat per avançar econòmic i intel·lectualment ja que són les principals vies de comunicació i intercanvi que existeixen. Per aquesta raó es diu que el desenvolupament d'un país es pot mesurar en la quantitat i, sobretot, en la qualitat de les infraestructures de les que disposa.

Si ens fixem en la xarxa d'infraestructures de que disposen actualment els països més desenvolupats del món observem que és molt extensa i, per tant, podríem pensar que de bona qualitat. Però això no és del tot cert ja que, tot i que trobem bons sistemes d'infraestructures, a la majoria de països aquests s'han dut a terme mitjançant decisions polítiques o econòmiques, i sense fer-ne un anàlisi exhaustiu que determinés amb exactitud les repercussions socials i econòmiques que les infraestructures podien tenir.

Degut a la situació econòmica actual i a l'escassetat de recursos econòmics dels que es disposa, cada vegada més s'està optant per fer un ús responsable d'aquests recursos i maximitzar els beneficis tant socials com econòmics. Per fer-ho caldrà disposar d'una eina d'anàlisi que ens permeti distingir entre una bona o una mala inversió però, fins ara, no s'ha creat cap metodologia globalment acceptada que ens determini com fer-ho. Podem trobar però diferents manuals basats en principis econòmics que tracten d'incloure els beneficis socials derivats de la construcció d'una nova infraestructura. Tot i així, en aquest camp encara queda un camí llarg per recórrer ja que fins fa pocs anys no s'ha detectat aquesta necessitat de fer un ús responsable dels recursos econòmics.

A Catalunya, i més concretament a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, trobem l'exemple d'una infraestructura que ha estat construïda en base a una decisió política i que ha estat posada en funcionament recentment, els carrils BUS-VAO de la C-58. Tot i que és fàcil justificar la necessitat de la construcció d'aquesta infraestructura ja que cada dia els corredors d'entrada a la capital són víctimes d'un alt volum de vehicles, la seva utilitat actual ha estat qüestionada pel seu alt cost i perquè els usuaris de la C-58 segueixen patint nombroses retencions diàries mentre veuen com la circulació pels nous carrils és escassa.

## **1.2. OBJECTIUS**

L'objecte d'aquest text serà doncs el de realitzar un anàlisi social i econòmic als nous carrils BUS-VAO de la C-58 per conèixer amb un cas concret com es realitza un anàlisi d'aquest tipus i també per conèixer la rendibilitat de la infraestructura.

Donat que podem trobar altres tipologies d'anàlisi a la literatura existent al món, es presentaran les principals diferències entre algunes de les metodologies existents que podrien ser considerades en l'anàlisi d'una infraestructura situada a Espanya, ja sigui per la qualitat de l'anàlisi que exposen o per la regió per la qual han estat dissenyades.

Una vegada haguem decidit quin és l'anàlisi més adient per la nostra infraestructura, presentarem i detallarem la metodologia que s'utilitzarà.

Finalment aplicarem l'anàlisi exposat a la nova infraestructura del corredor de la C-58 amb les dades del seu primer any de funcionament i, una vegada vistos els resultats, es plantejaran una sèrie d'alternatives de funcionament dels nous carrils que podrien presentar millores en la seva utilització.



## **Capítol 2. La unificació de l'avaluació socioeconòmica dels projectes de transport**

### **2.1. INTRODUCCIÓ**

La construcció d'infraestructures de transport porta implícita la utilització de grans quantitats de recursos econòmics que, de forma recurrent en la història han estat d'origen públic. Això és així perquè les infraestructures, a banda de proporcionar una millora en la mobilitat de la població, es veu com un recurs per millorar l'economia i el benestar social d'una regió ja que implica un conjunt empresarial molt ampli, millorant també l'accessibilitat i la mobilitat de la regió. I, per aquesta raó, les infraestructures es veuen com una ajuda a millorar l'economia global de la regió on es desenvolupen.

El que s'espera doncs d'una infraestructura és que durant la seva construcció, proporcioni una millora econòmica de tots els agents implicats en ella i que, una vegada estigui construïda, la població se'n beneficiï tant social com econòmicament. Així, és necessari aconseguir que el cost d'una infraestructura sigui l'adequat per proporcionar els màxims beneficis al llarg de la seva vida útil. Per aconseguir-ho caldrà realitzar un anàlisi socioeconòmic dels costos i beneficis que es deriven de la nova infraestructura i decidir si és adequat, o no, construir aquesta infraestructura, i també per decidir entre diverses alternatives. En aquest capítol es presenta una tipologia d'anàlisi, l'anàlisi cost-benefici (ACB), que podem trobar en diferents versions en diversos països i regions ja que, encara que el criteri de decisió sigui gairebé el mateix en tots els casos, cada regió inclou uns paràmetres i uns criteris de decisió que ens portaran a resultats lleugerament diferents.

### **2.2. NECESSITAT DE L'AVALUACIÓ SOCIOECONÒMICA**

El cost d'inversió de les infraestructures de transport és molt elevat i, tant si la inversió és privada com pública, és convenient saber quina és la millor opció per tal d'invertir aquesta important quantitat de diners i obtenir els màxims beneficis socials i econòmics. Hem de tenir en compte també que, a banda de l'alt cost que tenen aquests projectes, comporten un grau molt alt d'incertesa en la demanda. Aquests dos factors impliquen que, una vegada es decideix que es construeix una infraestructura s'està renunciant a la

producció d'altres infraestructures de transport i, per tant, aquesta inversió tindrà el que s'anomena cost d'oportunitat.

El cost d'oportunitat en les infraestructures es defineix com el cost que comporta no realitzar una altra inversió. És a dir, el valor dels recursos que la societat ha perdut per la construcció d'una infraestructura respecte les alternatives possibles.

Si tenim en compte a més a més, que actualment els recursos econòmics disponibles (principalment públics) són escassos, aquest cost d'oportunitat s'incrementa i cal analitzar amb precisió quina serà l'alternativa que proporciona més beneficis a la societat per tal d'aprofitar de la millor manera possible aquests recursos. Degut a aquesta baixa disponibilitat de recursos, cada vegada més es tracta de realitzar les infraestructures des del sector privat i, per que això passi, caldrà que els projectes siguin econòmicament i socialment rendibles. Aquesta rendibilitat econòmica, que és la que més interessa al sector privat, és força difícil d'aconseguir a l'actualitat als països desenvolupats ja que la majoria de projectes que encara no s'han realitzat ja no són tant rendibles com els que ja estan en funcionament.

Tots aquests factors que s'han anat citant fan que existeixi una gran necessitat d'avaluar els projectes *ex-ante* (abans de que es realitzin) per tal de saber si els beneficis superaran els costos tant socials com econòmics, i tenir informació suficient per disposar d'un criteri de decisió per realitzar, o no, una inversió.

Fins ara els anàlisis de rendibilitat socioeconòmica s'han vist com un problema a l'hora de realitzar els projectes ja que són costosos pel grau d'incertesa que existeix en els costos d'execució i en la predicció de la demanda. A més a més, els anàlisis socioeconòmics s'han vist com una barrera difícil que s'ha de superar per tal d'aconseguir diners públics nacionals o supranacionals i, per tant, són percebuts com un element negatiu. Aquest fet hauria d'anar canviant poc a poc ja que, com ja s'ha dit, el cost d'oportunitat dels projectes ha crescut i cada vegada més caldria percebre aquests anàlisis com instruments de decisió.

### **2.3. ANÀLISIS COST-BENEFICI EXISTENTS**

El concepte d'anàlisi cost-benefici va aparèixer per primera vegada a la meitat del segle XIX de la mà d'economistes. No és fins entrat el segle XX que s'utilitza aquest procediment per avaluar projectes d'infraestructures, concretament per infraestructures hidràuliques i marítimes als EUA ja que es determina que sigui obligatori realitzar aquest tipus d'anàlisi. L'aplicació d'aquest procediment per projectes de transport apareix passada la meitat del segle XIX al Regne Unit on, des d'aleshores, tenen una política molt estricta i detallada sobre l'anàlisi dels projectes. Actualment trobem el *COBA User Manual (COst Benefit Analysis)* que compara els costos derivats de la construcció de carreteres amb els beneficis proporcionats als seus usuaris.

L'any 2004 la Unió Europea va desenvolupar un manual d'avaluació de projectes de transport que és una proposta d'harmonització de les directrius dels manuals existents als diferents països que formen la UE. Aquest manual va sortir a la llum l'any 2006 amb el nom de HEATCO (*Harmonized European Approaches for Transport COsting and project Assessment*).

Pel que fa als EUA trobem diferents procediments per l'avaluació de projectes de transport amb l'anàlisi cost-benefici així com diversos programes informàtics que ajuden a realitzar-los. Alguns exemples són els de les institucions federals com *Federal Highway Administration* o *Federal Aviation Administration*, o els dels departaments d'alguns estats com el *Minnesota Department of Transportation* o el *California Department of Transportation*.

També trobem altres manuals per l'avaluació de projectes d'infraestructures a diversos països com el *Transfund's Project Evaluation Benefit Parameter Value* del departament d'inversions del fons monetari de Nova Zelanda, *Guide to Benefit-Cost Analysis in Transport* de Canadà, *Scottish Transport Appraisal Guidance* (STAG) del l'agència nacional del transport d'Escòcia, entre d'altres.

L'estat espanyol, mitjançant el *Ministerio de Fomento*, l'any 2010 va desenvolupar juntament amb CEDEX (*Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas*) l'anomenat *Manual de evaluación económica de proyectos de transporte* dirigit per qualsevol tipus de projecte de transport i, pel cas de la Comunitat Autònoma de Catalunya trobem la *Guia per l'avaluació de projectes de transport* encarregat pel Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona i desenvolupat per Mcrit i GEE així com d'altres col·laboradors.

Degut a la quantitat de manuals que podem trobar, ens hem centrat en avaluar les característiques existents en només alguns d'aquests ja que si no la lectura d'aquest treball es faria massa extensa. Els manuals que caracteritzarem a continuació són el desenvolupat pel Regne Unit (*The COBA Manual*) ja que ens ha semblat que és un dels més complets ja que per la realització de qualsevol projecte de transport al Regne Unit és obligatòria la utilització d'aquest procediment; la guia proposada per la Unió Europea (HEATCO) ja que és l'harmonització de les diferents metodologies utilitzades a Europa, el manual proposat pel *Ministerio de Fomento* ja que, encara que actualment no sigui obligatòria la seva utilització, podria acabar sent-ho, i per últim la guia proposada pel Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona ja que tracta de ser un model a seguir pels projectes de transport que es realitzin a Catalunya.

### 2.3.1. Comparació de diferents manuals

La primera diferència que hem de destacar és l'abast de cada manual que s'ha presentat. *The COBA Manual* (Regne Unit) està enfocat a l'avaluació socioeconòmica de projectes exclusivament de carreteres i, en canvi, tant el manual europeu, com l'espanyol, com el català, estan dirigits a qualsevol projecte de transport (carreteres, vies ferroviàries, vies aèries, etc.). Això fa que existeixi un grau de detall molt més elevat en el cas del Regne Unit ja que pot concretar molts més valors i més casuístiques que no seria possible en el cas dels altres tres manuals.

La primera característica comuna que destacarem i que reuneixen els quatre manuals analitzats és el fet d'utilitzar com a escenari base aquell que es trobarà al llarg de tot el període d'avaluació, és a dir, considerant la infraestructura que es troba en el moment de fer l'anàlisi però afegint les diverses actuacions que s'hi hauran de fer durant el període d'avaluació per tal que la infraestructura segueixi funcionant correctament. Aquest escenari base difereix notablement de l'escenari de no-actuació ja que aquest només tindria beneficis (i cap cost) i, en el cas d'utilitzar l'escenari "*Do-Minimum*" (fer el mínim) es consideraran també els costos de manteniment i d'altres canvis que es puguin requerir durant el període d'avaluació degut a la creació, per exemple, d'altres infraestructures al voltant.

La següent característica a comentar és la duració del període d'avaluació que es pren a l'hora de realitzar l'anàlisi. Pel cas del *The COBA Manual* trobem que aquest és com a molt de 60 anys quan, pel cas del HEATCO, es pot avaluar com a molt fins a 40 anys. Al manual del Regne Unit s'afirma que es pren com a màxim 60 anys ja que les previsions de trànsit i ratis econòmics es poden aconseguir amb una certa fiabilitat en aquest període, però al manual europeu es determina que només es poden predir dades amb una fiabilitat raonable amb 40 anys d'antelació. En el cas de la guia presentada pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona es determina que el període d'avaluació d'infraestructures ha de ser entre 20 i 30 anys també degut a la dificultat de predir correctament dades de trànsit amb temps superiors. En canvi, el manual que presenta el *Ministerio de Fomento* no determina un període d'avaluació concret a considerar però es dona a entendre que normalment es prenen entre 20 y 30 anys també. Així doncs, veiem com hi ha diverses consideracions pel que fa al període d'avaluació degut principalment a la dificultat de predicció del trànsit, tot i que en el cas del manual espanyol només es fa referència a l'homogeneïtzació temporal dels costos i beneficis. Hem de remarcar el fet que l'horitzó temporal dels manual català és la meitat del que presenta el manual anglès i, per tant, el nivell de seguretat de l'avaluació serà més elevat en el cas català ja que només estarem estimant el trànsit de 20-30 anys, i no pas de 60 anys, que pot ser una predicció força dolenta sobretot pels últims anys d'avaluació.

Un element que cal comentar a l'hora de comparar els manuals és el valor monetari amb el que es comparen els diferents costos i beneficis. Trobem una gran diferència ja que en el cas del *The COBA Manual* es valoren els elements segons el preu de mercat ja que es

considera que el seu valor està basat en la disposició a pagar (*Willingness-to-pay*) dels usuaris de la infraestructura i proporciona una distribució més equitativa dels preus. Aquesta és la consideració que també fan els manuals presentats pel *Ministerio de Fomento* i pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona. En canvi, en el cas del manual HEATCO es fa explícit que cal utilitzar els preus de factors (preus de mercat sense taxes ni subsidis) ja que es considera que són uns valors més regulars. Tot i així, també inclou que aquesta valoració hauria de ser ajustada mitjançant la PPA (Paritat de Poder Adquisitiu) per tal de tenir uns preus més equitatius.

Pel que fa a la taxa social de descompte amb la que s'actualitzen els costos i beneficis que s'incorreran en el futur trobem la mateixa explicació de quina utilitzar en els diferents manuals. En el cas dels manuals del Regne Unit i el d'Espanya se'ns indica que hem d'utilitzar la taxa social de descompte determinada per l'autoritat pertinent (normalment el govern central) que és la taxa social de descompte temporal. En canvi, el manual realitzat per la Unió Europea ens indica que podem utilitzar tant aquesta que es pot obtenir de l'autoritat pertinent de cada país, o una taxa social de descompte comuna d'un 5% aproximadament ja que la majoria de països consideren taxes massa elevades. A la guia proposada pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona en canvi, es proposa utilitzar com a taxa social de descompte la recomanada per la Unió Europea en comptes de la recomanada pel *Ministerio de Fomento*. Això ens fa pensar que aquest últim pugui estar utilitzant valors massa elevats tal com indica el HEATCO i, per tant, estiguem infravalorant la infraestructura.

La propera diferència a destacar són els grups en els que es diferencien els motius de viatge per tal d'avaluar els estalvis en el temps de viatge. En el cas de *The COBA Manual* es separen els motius de viatge en tres tipus: feina, desplaçament cap a la feina o des de la feina, i altres. En el cas del manual europeu s'utilitza una distinció de tres tipus diferents: feina, no feina, i trànsit de béns comercials. El *Manual de evaluación económica de proyectos de transporte* considera la mateixa classificació que el manual HEATCO ja que com fa referència a aquest manual europeu (utilitzen la mateixa taula). En canvi, pel que fa a la guia presentada a Catalunya es fa una distinció totalment diferent de motius de viatge: gestions i negocis, treball i estudi, compres, i lleure. Com podem veure aquesta última distinció difereix notablement de les anteriors ja que tracta desplaçaments molt concrets com són les compres o el lleure. Cal tenir en compte que normalment és difícil aconseguir dades tan concretes del motiu de viatge que es realitzen per una via i, per tant, encara serà més difícil trobar enquestes que tinguin un grau de detall tan elevat. Tot i així, hem de dir a favor de la distinció del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona que també proporciona un valor mitjà a considerar en el cas de no disposar de les dades del motiu de viatge, element que els altres manuals no inclouen. Com hem vist en alguns casos es considera que el temps que es gasta anat o tornant cap a la feina no té el mateix valor que el valor productiu associat a la persona quan està al seu lloc de feina ja que aquell temps no l'ha de passar a la feina. Així

doncs, es podria considerar que si el valor del temps d'anada i tornada a la feina té el mateix valor que el temps a la feina s'estarà sobrevalorant ja que no té el mateix cost.

La següent característica comuna que hem de destacar dels diferents manuals que estem comparant és el valor de l'estalvi de temps de viatge. En els quatre manuals apareixen taules de valors aproximats que es poden considerar per aquests estalvis diferenciats segons el tipus de viatge que s'està realitzant. Tot i així cal remarcar el fet que el nivell de detall que apareix als quatre manuals és diferent. Pel cas del *The COBA Manual* trobem que ens dóna els valors en penics/hora per cada passatger del vehicle i per cada vehicle agafant la mitjana de passatgers. En canvi, pel cas europeu així com el de l'estat espanyol ja que com ja hem dit els valors estan extrets del manual europeu, ens dóna els valors en €/hora i en €/hora ajustats per PPA (Partiat de Poder Adquisitiu). Pel que fa a la guia del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona, trobem només els valors en €/hora per cada tipus de motiu de viatge i, com ja s'ha dit, ens proporciona un valor mitjà a prendre en cas de no disposar dels motius de viatge. Així doncs, tot i que tots els manuals ens donen les mateixes dades, cada un ens ho proporciona segons uns criteris diferents i, segons el resultat que vulguem i les consideracions que fem serà millor agafar una manera o una altra.

Troblem també una clara diferència en la definició dels costos operatius dels vehicles. En el cas del manual proposat al Regne Unit s'especifiquen els valors pel consum de combustible i, en canvi, en les altres tres guies proposades es parla tant del consum de combustible com del manteniment del vehicle. Cal destacar que en el cas de la guia de la Unió Europea se'ns presenta només una descripció qualitativa d'aquests costos operatius i, per tant, caldrà recórrer a altres fonts d'informació d'àmbit nacional. En l'altre extrem tenim el cas de l'estat espanyol se'ns presenten fórmules per avaluar aquests costos en funció de la velocitat dels vehicles (segons cada tipus de vehicle) i en funció de la pendent de la rampa. A més a més tal com fa també la guia del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona, ens proporciona alguns valors dels costos dels vehicles (segons el tipus de vehicle) per cada km recorregut. Considerem que el més adequat és disposar d'alguns valors de referència per tal de poder avaluar correctament els costos operatius i per això seria convenient utilitzar els valors que ens proporciona *The COBA Manual* ja que també contenen la variació del preu del combustible que s'espera pels propers anys. Tot i així, no s'hauria de menysprear l'efecte dels costos de manteniment ja que poden arribar a ser molt elevats.

Pel que fa al risc d'accidentalitat notem la diferència entre els paràmetres que es presenten al manual del Regne Unit respecte als que es presenten a les altres tres guies. Al *The COBA Manual* s'avalua el risc de sinistralitat amb el rati d'accidents per milió de vehicles per km segons el tipus de via i també es presenta un paràmetre de disminució anual de sinistres per tal d'actualitzar aquests valors. En canvi, al HEATCO, al manual del *Ministerio de Fomento* i a la *Guia per l'Avaluació de Projectes de Transports* feta a Catalunya s'avalua el risc de sinistralitat amb el valor monetari que s'estalvia per cada sinistre evitat en costos de seguretat i costos econòmics directes i

indirectes derivats del sinistre. Són dos punts de vista totalment diferents però es considera que el valor monetari dels sinistres que fan aquests manuals és més adequat ja que quan es realitza un anàlisi cost-benefici les dades que es necessitaran són les monetàries. De la mateixa manera hem de remarcar que en el cas de no disposar de les dades de sinistralitat de la infraestructura que s'està analitzant pot ser interessant disposar dels valors que presenta el manual del Regne Unit.

Una de les diferències més importants que trobem entre el cas del *The COBA Manual* i les altres tres guies és que en el cas d'aquestes tres últimes s'inclouen els costos que comporten a la societat la contaminació acústica i del medi ambient, així com el que es genera a la persones per l'emissió de gasos contaminants. En canvi, el manual del Regne Unit no es té en compte aquests factors. Cal tenir en compte que aquests factors són força rellevants a l'hora d'avaluar els costos socials que es generen en una infraestructura i per tant s'estaria negligint un aspecte molt important que hauria de considerar-se. Veiem també que el nivell de detall que apareix al HEATCO i al *Manual de Evaluación económica de proyectos de transporte* d'Espanya sobre l'impacte acústic respecte el que ens mostra la guia del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona és molt més elevat ja que els dos primers presenten la seva valoració monetària segons els decibels emesos pels vehicles mentre que la guia creada a Catalunya només presenta els costos mitjos relacionats amb cada tipus de vehicle. Destaquem el fet que el consum del sòl que comporta la creació d'una nova infraestructura està inclòs en el mateix grup que l'impacte acústic i medi ambiental (externalitats) en el cas de la guia creada a Catalunya, mentre que en el cas dels altres dos manuals aquest cost està inclòs com a inversió.

Pel que fa als costos d'inversió veiem com hi ha una diferència clara entre els manuals anglès, europeu i espanyol amb el que presenta el Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona. Els elements que inclouen com a costos d'inversió són els mateixos tret del que s'anomena el biaix d'optimisme que només el contenen els tres primers manuals citats. El biaix d'optimisme és l'error que s'incorre quan es preveu una inversió *ex-ante* ja que normalment el cost de la inversió acaba sent superior al calculat. Sabem que aquest sobre-cost pot arribar a ser molt important en inversions de grans infraestructures i, per tant, no hauríem de negligir aquest factor. A més a més, els tres manuals contenen valors de referència a afegir a la inversió estimada per cada tipus d'infraestructura. Un altre aspecte a destacar dins dels costos d'inversió és el fet d'incloure el cost de la demora provocada en els usuaris de les infraestructures properes a la de projecte ja que quan aquesta es troba en construcció es poden produir canvis en l'estat del trànsit. Aquest factor tampoc està considerat a la *Guia per l'avaluació de projectes de transport* fet a Catalunya mentre que als altres tres manuals sí que hi apareix. Dins dels costos d'inversió també s'inclouen els costos de manteniment que en el manual espanyol i l'europeu només apareixen de forma qualitativa, però al realitzat per la Unió Europea ens mostra quins costos caldrà considerar com fixes i quins com variables. En canvi, al *The COBA Manual* trobem una descripció quantitativa d'alguns dels costos de

manteniment que caldria tenir en compte, i a la guia presentada pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona s'indica el percentatge que representen els costos de manteniment sobre els costos d'inversió.

La següent característica a comentar és el criteri de decisió que prenen els diferents models que hem anat comentant fins ara. El manual HEATCO presenta set tipus de ratis que es poden analitzar per tal d'escollir un projecte que sigui social i econòmicament viable: el Valor Actual Net (VAN), l'anualitat, el rati cost-benefici (RCB), la Taxa Interna de Rendibilitat (TIR), el període de retorn, el rati entre el VAN i el suport del sector públic i la taxa de retorn del primer any de la infraestructura. Pel que fa al *The COBA Manual* veiem com només considera el VAN i el RCB dels factors ja citats però, en canvi, també inclou un estudi incremental del rati cost-benefici que ajudaria a fer un anàlisi concret de la influència de cada element de l'anàlisi sobre el resultat del mateix. En el cas del manual presentat per l'estat espanyol se'ns mostra dues tipologies diferents de considerar l'anàlisi ja que no només tracta sobre els beneficis socials i econòmics derivats de la infraestructura amb el VAN social, si no que també ens mostra la possibilitat de realitzar un anàlisi purament financer de la mateixa mitjançant el VAN financer. Aquesta consideració entra una mica en conflicte amb l'anàlisi que hem tractat fins ara ja que el que principalment es busca és la complementarietat entre els beneficis socials i econòmics de la infraestructura, i no el fet que l'entitat responsable de la mateixa tingui beneficis. Tot i així, tenint en compte els recursos limitats que tenim actualment degut a la situació econòmica, cada vegada més és necessària la participació del sector privat en les noves inversions en infraestructures i, per tant, pot ser interessant disposar d'aquesta informació per tal d'exposar els resultats als inversors. Pel que fa a la guia presentada pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona sabem que utilitza tant el VAN com el TIR com a criteris de decisió però alhora també dóna molta importància a fer un anàlisi qualitatiu de tots aquells elements que no es poden monetitzar i poden arribar a tenir una gran importància en els costos o beneficis del projecte. Aquesta reflexió també la fa la guia HEATCO tot i que no proporciona cap manera per incloure aquests elements en el criteri de decisió, tal com fa la *Guia per l'avaluació de projectes de Transport* feta a Catalunya.

Una vegada comentat el criteri de decisió cal fer èmfasi amb el tractament de la incertesa que tenen els quatre manuals. Tots ells tenen en compte que el nivell d'incertesa és molt elevat tant per predir la demanda de trànsit de passatgers en els anys d'anàlisi com per predir altres aspectes importants com seria el valor d'alguns elements (el preu del combustible, el valor de l'estalvi de temps, etc.). Així doncs, en tots els manuals es proposa fer un anàlisi de sensibilitat dels elements que influeixen en el resultat de l'anàlisi per tal de veure fins a quin punt tenen repercussió sobre aquest.

Per últim hem de remarcar el fet que tant *The COBA Manual*, HEATCO com la guia proposada pel Col·legi de Camins, Canals i Ports proporcionen una metodologia a seguir si es vol realitzar l'anàlisi socioeconòmic d'un projecte, i també proporcionen una eina informàtica que complementa l'explicació teòrica de l'anàlisi per tal de poder



realitzar-lo amb més facilitat. En canvi, el manual presentat pel *Ministerio de Fomento* té un enfocament molt més teòric ja que no presenta una metodologia detallada per poder realitzar l'anàlisi que ens farà recórrer a diverses fonts d'informació per obtenir tots els paràmetres necessaris per fer-ho.

## 2.4. SÍNTESI

Com hem vist en aquests últims apartats, hi ha una gran diversitat de manuals arreu del món que ens donen les eines necessàries per realitzar un anàlisi socioeconòmic d'un projecte de transport. També hem remarcat la importància de que caldria que aquests anàlisis fossin un requeriment més a l'hora de realitzar un projecte i que no es veiessin com un mer tràmit. Però veient les notables diferències que hi ha entre els manuals comparats podem constatar la dificultat que es troba a l'hora de realitzar un anàlisi d'aquest tipus ja que les consideracions que es poden fer sobre els elements implicats és molt diferent.

Tot i que no s'hagi realitzat un anàlisi exhaustiu de tots els elements que conté cada manual a l'apartat anterior hem vist els trets característics de cadascun i podem concloure que seria recomanable utilitzar la *Guia per l'avaluació de projectes de transport* del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona com a referència per aplicar l'anàlisi cost-benefici a un projecte fet a Catalunya. Hem vist que *The COBA Manual*, tot i ser un manual molt extens i amb una llarga història, no conté elements tant importants com la contaminació i presenta tots els valors en funció dels resultats obtinguts a les seves carreteres (en lliures angleses). Pel que fa al *Manual para la evaluación económica de proyectos* presentat pel *Ministerio de Fomento* conjuntament amb CEDEC i GEE, és un manual que presenta unes grans mancances de valors recomanats per tal de poder avaluar un projecte en el cas de no disposar de les dades adequades i, per aquesta raó, tindríem molts problemes per seguir el procediment descrit. Per altra banda, el HEATCO realitzat a la Unió Europea és una guia molt completa que presenta un procediment molt clar i una gran quantitat de valors per tots els tipus de projectes que vulguem analitzar (carreteres, ferrocarrils, etc.). Tot i així, els valors que es presenten són a nivell nacional i per aquesta raó s'ha cregut que la guia presentada pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona és més convenient pel nostre cas ja que els valors que ens recomana són locals i seran més acurats a l'hora d'analitzar un projecte fet a Catalunya.



## **Capítol 3. L'Anàlisi Cost-Benefici: Avaluació socioeconòmica de projectes de transport**

### **3.1. INTRODUCCIÓ**

L'estudi socioeconòmic d'un projecte, tot i semblar fonamental abans de realitzar una infraestructura de transport, fins ara no ha estat gaire utilitzat per la dificultat de preveure a priori els costos, beneficis i demanda d'una infraestructura durant tota la seva vida útil, o el període d'anàlisi en el seu defecte. A més a més, fer aquest estudi comporta una sèrie de tràmits previs a la construcció de la infraestructura que els governs veuen com un problema a l'hora de realitzar-la i això ha fet que fins ara, l'anàlisi socioeconòmic previ a la realització d'una infraestructura no s'hagi utilitzat com a eina decisiva, si no com una eina merament informativa. Tot i així, degut a la situació econòmica que tenim a l'actualitat aquest fet està canviant i moltes institucions governamentals estan intentat implementar aquest anàlisi com a obligatori per tal d'aconseguir que l'alt cost d'inversió que tenen les infraestructures tinguin un benefici social i econòmic màxim dins de les possibilitats existents.

Una institució del nostre país que ha decidit que calia trobar una tipologia d'anàlisi comuna que ens permetés decidir si la construcció d'una nova infraestructura ens proporcionaria beneficis socials i econòmics ha estat el Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona. Com s'anirà veient al llarg de la lectura d'aquest capítol, un dels aspectes més importants de l'anàlisi és el de disposar de dades suficientment acurades i actualitzades a l'any d'anàlisi. S'ha trobat que la metodologia plantejada per aquesta entitat té un nivell de detall molt acurat i disposa d'estimacions de costos i beneficis adequats per a projectes d'infraestructures de la nostra regió. Així doncs, s'ha considerat que és un anàlisi molt adient pel nostre cas.

A continuació es detallarà per què, què és i quins elements són els més importants a l'hora de realitzar l'anàlisi cost-benefici plantejat pel Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona, així com quins criteris de decisió s'han de tenir en compte per tirar endavant un projecte d'infraestructures o per descartar-lo.

### 3.2. L'ANÀLISI COST-BENEFICI (ACB)

L'anàlisi cost-benefici és un instrument d'avaluació socioeconòmica que tracta de quantificar, en termes monetaris, els costos i beneficis directes i indirectes sobre el conjunt de la societat, amb independència de qui són els beneficiaris o perjudicats. És a dir, avalua la rendibilitat econòmica (o social) del projecte respecte als beneficis socials que comporta. Aquest anàlisi es diferencia de l'anàlisi de rendibilitat financera pel fet que aquest només té en compte els costos i ingressos monetaris de l'entitat privada que dur a terme el projecte i no del conjunt de la societat. Aquest anàlisi financer és interessant en els casos en que es requereix la participació privada a l'hora de realitzar el projecte i, per tant, pot ser d'ajuda per crear incentius per aconseguir mecanismes de finançament.

L'anàlisi cost-benefici es fonamenta en els principis de microeconomia i, tot i que es pot fer servir per avaluar altres tipus de projectes, la tècnica més desenvolupada ha estat la dels projectes d'infraestructura. Tot i així, no hi ha un criteri únic a l'hora de desenvolupar una tècnica d'anàlisi i cada entitat pública i privada ho implementa segons uns criteris propis, sovint insuficients. Per aquesta raó, a Catalunya, el Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports ha realitzat una guia per l'avaluació de projectes que tracta d'unificar una sèrie de criteris per avaluar els projectes de transport en l'àmbit català.

Així, a continuació es detallarà aquesta metodologia d'anàlisi cost-benefici de projectes d'infraestructura basada en la *Guia per l'avaluació de projectes de transport* del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Catalunya que, a la vegada, és un recopilatori dels anàlisis plantejats per entitats catalanes com ATM, espanyoles (*Ministerio de Fomento*) i Europa.

#### 3.2.1. Metodologia d'anàlisi

Aquesta metodologia es basa en la valoració dels diferents costos i beneficis generats per un projecte com serien els costos d'inversió, els costos de manteniment i l'impacte ambiental, i d'altres menys directes però també molt importants com les millores en temps de viatge o en seguretat. Una vegada definits tots els elements que aporten costos o beneficis en el projecte caldrà monetitzar-los a partir dels preus de mercat o segons uns criteris de valoració i, a continuació, fer una interpretació dels resultats seguit de la utilització dels criteris de decisió.

Tot seguit es presenten les fases que ha de seguir un anàlisi cost-benefici:

1. Anàlisi de les diferents alternatives: una vegada definit el projecte i les diferents alternatives que es poden realitzar, caldrà avaluar l'alternativa amb una rendibilitat econòmica més alta en comparació a l'alternativa de la no-actuació

(o manteniment de l'existent), però també caldrà avaluar la resta d'alternatives per tal d'escollir aquella que tingui la rendibilitat socioeconòmica més alta.

2. Anàlisi dels costos i beneficis del projecte: s'haurà d'avaluar des d'un punt de vista social el conjunt d'efectes que pot tenir el projecte durant totes les seves fases.

En primer lloc caldrà identificar tots els costos i beneficis que es produiran al llarg de la vida útil del projecte. Cal tenir en compte que, com que els efectes poden ser molt extensos, caldrà descartar tots aquells efectes que només afectin marginalment al resultat. Els costos i beneficis s'extreuen a partir de la comparació dels resultats que s'obtindran amb el projecte amb una alternativa de referència que normalment es en la que es realitza una actuació mínima ja que caldrà fer un cert manteniment la infraestructura existent.

En segon lloc caldrà quantificar i valorar monetàriament els costos i beneficis que s'hagin considerat rellevants segons la seva afectació a la societat. Per fer aquesta quantificació serà necessari disposar del projecte constructiu i d'un estudi de trànsit com a dades base dels costos i beneficis. A més, caldrà que els costos estiguin valorats sense considerar cap tipus impositiu, és a dir, a costos de factors.

En tercer i últim lloc caldrà aplicar a aquests costos i beneficis una taxa social de descompte que homogeneïtzi els valors a un any de referència, normalment el present. Aquesta taxa social de descompte cal definir-la prèviament a l'anàlisi ja que la societat acostuma a donar una major importància als costos presents que als que es realitzaran en el futur i, si no s'homogeneïtzessin els valors, s'infravalorarien els costos futurs i s'obtindria un resultat erroni en l'anàlisi.

3. Anàlisi dels resultats i criteri de decisió: per valorar els costos i beneficis agregats obtinguts podem utilitzar el VAN (Valor Actual Net) o la TIR (Taxa Interna de Rendibilitat) que ens donaran una idea de la rendibilitat d'aquest projecte. A més a més es podria realitzar un anàlisi de sensibilitat que ens permetrà veure com afecten les diferents variables als resultats obtinguts.

### **3.2.2. Definició i valoració dels elements de l'anàlisi cost-benefici**

#### Taxa d'actualització

Com ja s'ha dit a l'apartat anterior, prèviament a la definició dels diferents elements de l'anàlisi cost-benefici caldrà definir la taxa social de descompte o taxa d'actualització per tal d'homogeneïtzar els costos i beneficis del projecte que es produiran al llarg de la seva vida útil.

No hi ha un criteri únic a l'hora de definir la taxa social de descompte i, per tant, caldrà que la persona responsable de realitzar l'anàlisi decideixi quina és el millor valor a considerar per aquesta taxa. El més habitual però, és utilitzar una taxa d'actualització determinada pel govern central i per altres institucions especialitzades en l'avaluació de projectes.

En aquest apartat cal fer referència al fet que tants els costos com els beneficis es comptabilitzaran en termes reals, és a dir, utilitzant com a preu de referència el de l'any de la realització de l'anàlisi (present), sense tenir en compte la inflació que es pugui produir en els preus. Això fa que la taxa social de descompte també s'hagi de considerar en termes reals. Tot i així, cal tenir en compte que si la inflació que es preveu és superior a la mitjana caldrà considerar-la.

A la següent taula 3.1 es proporciona el valor recomanat de la taxa social de descompte per l'any 2010, així com quins són els criteris d'actualització de la mateixa.

**Taula 3.1. Taxa d'actualització recomanada pel 2010**

Valor real	- Cost d'oportunitat del capital. A continuació es mostra la recomanació de la Unió Europea.
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	- Taxa d'actualització: 6%
Actualització	- Segons les recomanacions de la Unió Europea.

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

A la taula 3.2 es fa una breu descripció del període d'anàlisi i es recomana el valor a prendre.

**Taula 3.2. Període d'anàlisi recomanat per un anàlisi cost-benefici**

Valor real	- Vida útil estimada de la infraestructura. - Una infraestructura pot tenir una vida útil molt llarga, però la dificultat d'avaluar les diferents variables que estan implicades durant un període tan llarg fan que el període d'anàlisi recomanat sigui el següent. A més a més, com que la taxa d'actualització és positiva, cada vegada es treu més valor als factors llunyans.
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	- Es recomana prendre un valor de 30 anys.
Actualització	- No és necessari actualitzar aquest valor.

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

### Reducció del temps de viatge

Diferència que es produeix en el temps de viatge degut a l'existència de la nova infraestructura tant per les persones usuàries de la via com per les mercaderies que es transporten per ella. Aquesta diferència pot donar-se en les diferents etapes del viatge com serien el temps d'accés a la via, el temps de viatge, el temps d'espera, els transbordaments (transport públic), etc. i no té un valor fàcilment monetitzable. Per aquesta raó caldrà fer una estimació quin és el cost del desplaçament que els usuaris assignen als seus viatges.

Primer de tot es determinarà quina és la quantitat d'usuaris afectats pel projecte i quin és l'estalvi de temps que li suposa a un usuari de la nova infraestructura respecte la situació de referència. Per fer-ho s'extrauran les dades d'un estudi de demanda i es farà un estudi de trànsit. Cal tenir en compte que en el cas dels usuaris privats del sistema viari, la informació que ens proporciona l'estudi de demanda és la quantitat de vehicles que passen per la via i, per tant, caldrà dividir-ho pel nombre d'ocupants de cada vehicle.

En segon lloc es valorarà aquesta reducció del temps de viatge. Normalment es considera que el cost del temps de viatge és el cost d'oportunitat d'invertir aquest temps en altres activitats. Això fa que aquest cost depengui majoritàriament del motiu del desplaçament ja que si és per raons de treball es considera que té un valor igual al que es guanyaria en el mateix temps a la feina i, en canvi, si el desplaçament es realitza per lleure el seu valor serà diferent. Com és de suposar, el cost del temps de viatge per motius de feina és fàcilment estimable ja que només cal trobar el cost mitjà laboral associat. En canvi, quan ens referim a desplaçaments per altres motius caldrà fer una estimació de les preferències dels usuaris, i aquestes no són fàcils d'obtenir. En cas de no disposar d'aquestes preferències, cas més habitual, caldrà fer una estimació relativa al cost del valor del temps laboral i que es calcula com la diferència entre el valor del temps de viatge per motius laborals i el cost del valor dels viatges per altres motius.

Aquesta valoració variarà segons els diferents anys d'anàlisi ja que amb el creixement econòmic també augmenta la disponibilitat dels usuaris de pagar més pel seu temps de viatge. Així doncs, en aquest cas s'incrementarà el valor del temps segons el creixement econòmic (o de productivitat) esperat i, en cas de no tenir aquest valor, del creixement esperat de la renda.

Un altre factor que caldrà tenir en compte a l'hora de valorar el temps de viatge és el nivell de renda dels usuaris de la infraestructura ja que farà canviar la seva valoració personal de la utilització de cada infraestructura, sobretot en el cas dels desplaçaments per motius laborals. És a dir, si l'usuari és de renda alta tindrà un valor del temps de treball molt més alt que una altra persona de renda mitjana i, per tant, el seu valor del temps serà més alt i estarà disposat a pagar més per estalviar temps de viatge.

El desplaçament de mercaderies és diferencia del desplaçament de persones pel fet que el cost del viatge l'assumeix l'empresa productora o distribuïdora de les mercaderies i, per tant, és un cost directe. Aquest tipus de transport forma part d'una cadena logística que les empreses tracten d'optimitzar realitzant una gestió correcta dels vehicles, el temps de demora, etc. i fa que el control de l'estoc sigui possible. En aquest cas caldrà tenir en compte el valor de les mercaderies que es transporten i també el mitjà de transport que s'utilitza ja que cadascun tindrà uns costos diferents.

A la taula 2.3 es fa una breu descripció del valor que s'ha de considerar per l'ocupació mitjana dels vehicles i també una recomanació dels valors que caldria prendre si no es disposa de dades reals. Aquests valors recomanats estan basats en la informació del 2010, però es detalla quin ha de ser el criteri d'actualització dels mateixos.

**Taula 3.3. Ocupació mitjana dels vehicles recomanada pel 2010**

Valor real	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ocupació dels vehicles es pot extreure d'enquestes de mobilitat.</li> <li>- En cas de no disposar d'aquestes dades es pot fer servir la següent informació.</li> </ul>	
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En cas de conèixer els motius dels viatges realitzats pels usuaris:</li> </ul>	
	Motiu del viatge	Valor en ocupants/vehicle
	Gestions i negocis	1,10
	Viatges obligats quotidians	1,21
	Compres i lleure	1,72
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En cas de no conèixer els motius pels quals es realitzen els viatges es farà servir un valor mitjà per vehicles lleugers tal que 1,30 ocupants/vehicle.</li> </ul>	
Actualització	Segons les enquestes i estudis disponibles.	

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

A la següent taula 3.4 es presenta el valor de l'ocupació mitjana recomanada per l'any 2013 i per a la Regió Metropolitana de Barcelona ja que serà un valor que necessitem per l'avaluació que farem més endavant dels nous carrils BUS-VAO de la C-58.

**Taula 3.4. Ocupació mitjana dels vehicles de la RMB recomanada pel 2013**

Valor de l'indicador actualitzat al 2013	Per a la Regió Metropolitana de Barcelona es recomana un valor mitjà d'1,4 ocupant/vehicle.
--	---

*Font: Pla Director de Mobilitat de la Regió Metropolitana de Barcelona*



A continuació es fa una breu descripció de quin és el valor que cal considerar pel cost derivat del temps de viatge dels usuaris d'una infraestructura. També es presenten els valors recomanats pel 2010 que caldrà prendre si no es disposa de dades més concretes i quin és el criteri d'actualització que cal aplicar per aquests valors pels diferents anys d'anàlisi.

**Taula 3.5. Valor en euros del temps de viatge recomanat pel 2010**

Valor real	El valor del temps de viatge varia segons el diferent cost d'oportunitat que té cada individu i depèn de la finalitat del viatge. Caldrà fer una estimació amb els següents paràmetres.	
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	- En cas de conèixer els motius dels viatges realitzats pels usuaris:	
	Motiu del viatge	Valor en €/hora
	Gestions i negocis	15,56
	Treball i estudi	10,74
	Compres	9,18
	Lleure	7,31
	- En cas de no conèixer els motius pels quals es realitzen els viatges es farà servir un valor mig tal que 11,02€/hora.	
Actualització	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El valor del temps de treball s'actualitzarà segons les dades proporcionades per l'entitat corresponent, en el cas de Catalunya per l'Idescat.</li> <li>- El valor de la resta de motius de viatge caldrà actualitzar-lo segons la previsió de l'increment anual esperat de la renda.</li> </ul>	

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

A la següent taula 3.6 es presenten els valors actualitzats del cost del temps de viatge tant si es coneixen com si no els motius de viatge dels usuaris de la via ja que es necessitaran aquests valors per dur a terme l'anàlisi de la nova infraestructura d'accés a la ciutat de Barcelona.

**Taula 3.6. Valor en euros del temps de viatge actualitzat pel 2013**

Valor de l'indicador actualitzat pel 2013	- En cas de conèixer els motius dels viatges realitzats pels usuaris:	
	Motiu del viatge	Valor en €/hora
	Gestions i negocis	22,53
	Treball i estudi	15,55
	Compres	13,29
	Lleure	10,58
	- En cas de no conèixer els motius pels quals es realitzen els viatges es farà servir un valor mig tal que 15,96€/hora.	

*Font: Elaboració pròpia a partir de l'augment del valor del temps de treball*

En cas d'estar avaluant una infraestructura amb una alta intensitat de transport de mercaderies caldrà considerar un cost addicional pel temps de viatge de les mateixes. Els valors recomanats per l'any 2010 en cas de no disposar de dades més concretes es detallen a l'Annex I d'aquest mateix text, així com el criteri d'actualització que caldria aplicar-los.

#### Variació dels costos operatius

Una variació en la xarxa viària o ferroviària comporta un canvi de la ruta o del sistema de transport escollit pels usuaris de la xarxa i, per tant, una variació en l'ús dels vehicles. Aquesta variació es basa en el nombre de quilòmetres que es realitzen, el nombre d'aturades, la reducció o augment de la velocitat i el nivell de congestió.

El principal impacte que té un canvi en la xarxa sobre els costos d'operació d'un vehicle és l'augment o disminució del consum de combustible ja que aquest és el cost d'operació que té més importància en l'ús dels vehicles. Per valorar aquest aspecte es considera que la variació dels quilòmetres recorreguts per un vehicle varia proporcionalment al cost associat a l'ús del combustible i per tant, es pot estimar el seu valor utilitzant el seu cost segons el tipus de vehicle (turisme/vehicle de mercaderies) i el tipus de carburant (gasolina/dièsel). Tot i així també caldrà tenir en compte l'eficiència en la conducció, els tipus de vehicles que circulen i l'evolució dels preus (sense impostos).

A continuació es fa una breu descripció dels valors que cal considerar pel consum i el cost del combustible. També es donen els valors recomanats pel 2010 en el cas de no disposar de dades reals en funció de la velocitat de circulació de la via, i quin ha de ser el criteri d'actualització d'aquests valors.

**Taula 3.7. Consum i cost del combustible recomanat pel 2010**

Valor real	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cada vehicle té un consum de carburant diferent segons el tipus de combustible, la cilindrada, el pes i la velocitat a la que es circula. Per això, es fa servir un valor mitjà pels vehicles lleugers i un altre pels vehicles pesants segons la velocitat de circulació.</li><li>- El cost del combustible es calcula a partir dels preus oficials del carburant que proporciona l'administració central de l'estat tenint en compte que la distribució de vehicles és 47% dièsel i 53% gasolina.</li></ul>																								
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<ul style="list-style-type: none"><li>- El consum en grams de carburant per km es pot estimar segons:<table><tr><th>Velocitat</th><th>Lleugers</th><th>Pesants</th></tr><tr><td>&lt; 45 km/h</td><td>60,96</td><td>230,61</td></tr><tr><td>45 – 55 km/h</td><td>45,67</td><td>178,19</td></tr><tr><td>55 – 65 km/h</td><td>43,20</td><td>169,78</td></tr><tr><td>65 – 75 km/h</td><td>38,76</td><td>173,57</td></tr><tr><td>75 – 85 km/h</td><td>37,81</td><td>182,12</td></tr><tr><td>85 – 100 km/h</td><td>39,21</td><td>195,43</td></tr><tr><td>&gt;100 km/h</td><td>48,05</td><td>236,31</td></tr></table></li><li>- El cost del combustible és: Vehicles lleugers 0,546 €/l i Vehicles pesants 0,545 €/l</li></ul>	Velocitat	Lleugers	Pesants	< 45 km/h	60,96	230,61	45 – 55 km/h	45,67	178,19	55 – 65 km/h	43,20	169,78	65 – 75 km/h	38,76	173,57	75 – 85 km/h	37,81	182,12	85 – 100 km/h	39,21	195,43	>100 km/h	48,05	236,31
Velocitat	Lleugers	Pesants																							
< 45 km/h	60,96	230,61																							
45 – 55 km/h	45,67	178,19																							
55 – 65 km/h	43,20	169,78																							
65 – 75 km/h	38,76	173,57																							
75 – 85 km/h	37,81	182,12																							
85 – 100 km/h	39,21	195,43																							
>100 km/h	48,05	236,31																							
Actualització	Caldrà actualitzar les dades de l'evolució de l'eficiència energètica del parc de vehicles així com dels preus dels carburants que augmenten anualment un 1,36% per sobre de l'IPC.																								

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

A la taula 3.8 es presenten els valors actualitzats pel 2013 del cost del combustible ja que serà un valor que necessitarem més endavant per realitzar l'anàlisi socioeconòmic dels nous carrils BUS-VAO. El consum de carburant segons la velocitat de circulació es considera que no canvia ja que l'eficiència del parc de vehicles no presenta grans variacions en tants pocs anys de diferència.

**Taula 3.8. Cost del combustible recomanat pel 2013**

Valor de l'indicador actualitzat al 2013	<p>El cost del combustible és:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vehicles Gasolina 0,723 €/l</li> <li>- Vehicles Gasoil 0,744 €/l</li> </ul>
--	---

*Font: Informe de Carburantes y Combustibles, Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España (2014)*

També es consideraran els costos de funcionament dels vehicles derivats del nombre de quilòmetres recorreguts on s'inclouen els costos de conservació del vehicle, lubricants i pneumàtics entre d'altres. En cas de no disposar de les dades reals sobre aquests costos es recomanen uns valors mitjos pel 2010 i un criteri d'actualització exposats a l'Annex I d'aquest treball.

### Variació de la sinistralitat

El risc d'accidentalitat d'una infraestructura i els costos que aquesta comporta són de difícil valoració ja que cal considerar tres tipus de costos: els materials, els costos per ferits (lleus o greus) i els costos per mort. Aquests dos últims són els més complicats de valorar ja que es tracta de valorar un bé intangible com és el de la vida humana (o els seus danys físics).

Per valorar el cost derivat de la sinistralitat caldrà, en primer lloc, disposar d'una estimació de l'evolució de la sinistralitat de la via en qüestió. Aquesta informació es pot obtenir de les bases de dades dels organismes de trànsit del país o regió com podria ser la Direcció General de Trànsit a Catalunya. Cal tenir en compte però que en el cas de que no es generin canvis en el mode de transport de les persones el risc d'accidentalitat no variarà de forma significativa respecte la situació de referència.

Una vegada estimada la sinistralitat es valoraran els resultats segons els costos que aquests accidents tenen associats. És a dir que es valoren els morts i els ferits a partir dels costos evitats per no haver tingut l'accident (costos hospitalaris, rehabilitació, pèrdua de producció futura, etc.). En aquesta valoració s'està prescindint doncs dels costos interns que els accidents generen com podria ser el patiment i les emocions de les persones involucrades en l'accident i dels seus familiars ja que aquests costos són intangibles i de difícil valoració.

En cas de no disposar de les dades reals del risc i el cost d'accidentalitat de la infraestructura que s'analitzi es podran prendre els valors recomanats segons el tipus de via i els accidents mitjos per quilòmetre per cada tipus de via, així com els valors recomanats pel cost de la sinistralitat. Aquests valors es presenten a l'Annex I d'aquest mateix text conjuntament amb el criteri d'actualització que caldria prendre pels diferents anys d'anàlisi.

### Externalitats

- Impacte ambiental

Els projectes nous de transport tenen un impacte ambiental considerable si es tenen en compte la contaminació ambiental, els efectes sobre el canvi climàtic, l'impacte

paisatgístic i l'ocupació del territori. Els costos que l'impacte ambiental genera els assumeix el conjunt de la societat i, per tant, caldrà estimar el seu valor monetari.

La contaminació ambiental es valorarà estimant els efectes que té aquesta contaminació sobre la salut humana a partir dels seus costos associats, és a dir, als costos hospitalaris, mèdics i de reducció de l'esperança de vida per efecte dels gasos contaminants.

Els efectes sobre el canvi climàtic es valoren segons el cost que suposa reduir les emissions de CO<sub>2</sub> calculant així la contribució del trànsit sobre l'efecte hivernacle. Per fer aquesta valoració es poden utilitzar els estudis realitzats per la Unió Europea on s'estima aquest cost.

A l'Annex I d'aquest treball es fa una breu descripció de quines són les emissions que cal considerar i com obtenir el cost per evitar aquestes emissions de manera detallada, així com quins són els valors recomanats en cas de no disposar de dades concretes. Tal com apareix a la *Guia per l'avaluació de projectes de transport* del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona, s'ha detallat una taula amb aquests costos segons les tones emeses de cada element contaminant i una taula simplificada amb els costos segons l'emissió de cada vehicle per cada 1.000km de recorregut.

Pel que fa a l'impacte paisatgístic hem de tenir en compte tant l'impacte sobre el paisatge pròpiament com les funcions econòmiques i ambientals que es desenvolupen en aquests terrenys. Aquestes funcions són les de la regulació del cicle de l'aigua, la biodiversitat, la pol·linització, el control de l'erosió, etc., funcions que són difícils de valorar i, per això, es recomana utilitzar una estimació acurada d'aquest impacte.

Per últim valorarem l'ocupació del territori quantificant el nombre d'hectàrees que la nova infraestructura ocupa, tenint en compte els seus usos i les seves característiques.

Quan no es coneixen els costos derivats d'aquesta ocupació podrem prendre el valor mig recomanat pel 2010 que es detalla a l'Annex I d'aquest mateix text.

#### - Impacte acústic

L'impacte acústic és un cost extern que assumeix la població propera a la infraestructura i causa molèsties reduint el benestar social, podent afectar també a la salut. Per valorar aquest impacte es farà una estimació del cost que suposa reduir el soroll fins a un nivell acceptable per a la població.

Si no es coneixen les dades reals del cost de reduir el soroll es podran agafar els valors recomanats que es detallen a l'Annex I segons el nombre de vehicles de cada tipus per quilòmetre d'infraestructura.

### Costos d'inversió

Els costos d'inversió són costos interns del projecte que caldrà considerar en la seva totalitat. Per exemple en el cas d'una infraestructura ferroviària tindrem en compte tant el cost del material de la infraestructura en si com del material mòbil que s'utilitzarà. Tot i que el més habitual és que la inversió es dugui a terme en una sola vegada al principi pot donar-se el cas que existeixin inversions periòdiques si així ho requereix el projecte. En el cas de no disposar del projecte caldrà fer un estimació d'aquests costos utilitzant els costos mitjans per infraestructures de característiques similars.

També caldrà analitzar si la vida útil és major o menor que el període d'avaluació del projecte. En el cas que sigui inferior, una vegada vençuda la vida útil caldrà considerar una reinversió i, en el cas de que sigui superior l'últim any d'avaluació del projecte caldrà incorporar l'ingrés que resulta del valor residual de la infraestructura.

En el cas d'estar en fase de projecte i no conèixer el cost de la inversió necessària per dur a terme la infraestructura podrem estimar-lo mitjançant els valors que es recomanen i es detallen a l'Annex I segons el tipus de via i les característiques del terreny on es construeix la infraestructura.

### Costos de manteniment i explotació

Els costos de manteniment i explotació són els costos que apareixen per tal de mantenir la qualitat de la infraestructura durant el període d'avaluació del projecte així com els costos que suposa gestionar de la nova infraestructura i els serveis dels que disposa com podria ser l'existència d'un peatge o el control del trànsit. Aquests costos són interns ja que els ha de suportar el sistema de transport però poden ser molt variables segons el nivell d'utilització de la infraestructura. Aquests costos no apareixen als projectes i, per tant, caldrà realitzar una estimació del seu valor agafant com a referència els mateixos costos d'infraestructures de característiques similars.

En cas de no disposar de referències podrem considerar els valors que es recomanen a la següent taula 2.9, distingint entre els costos de manteniment ordinari (cada any) i els costos de manteniment extraordinaris (cada 10 anys).

**Taula 3.9. Costos de manteniment i explotació recomanats pel 2010**

Valor real	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cost del manteniment que apareix al pressupost del projecte.</li> <li>- En el cas de no tenir dades més precises utilitzar els valors recomanats a continuació.</li> </ul>
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor mitjà del manteniment viari: 1% del cost d'inversió cada any (manteniment ordinari) i 5% del cost d'inversió cada 10 anys (manteniment extraordinari).</li> </ul>
Actualització	No cal, es calcula en funció del cost de la inversió que ja té definida la seva taxa d'actualització.

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

### 3.2.3. Criteris de decisió

Per poder avaluar globalment la inversió haurem de recórrer a fórmules que ens indiquin si els beneficis socials i econòmics que proporciona la infraestructura són superiors als seus costos. Hi ha dos criteris que ens ajudaran a prendre una decisió adequada: el Valor Actual Net (VAN) i la Taxa Interna de Rendiment (TIR).

El Valor Actual Net (VAN) és el valor present d'un determinat nombre d'elements del projecte que tenen afectació en el futur de la infraestructura. És a dir, és el valor actualitzat dels costos i beneficis d'un efecte futur del projecte. Això s'aconsegueix utilitzant la taxa d'actualització o taxa de descompte social. Aquest valor es pot calcular tant per un determinat element com pel conjunt global del projecte, xifra que ens proporcionaria el seu impacte total sobre la societat. El VAN es pot calcular de la següent manera:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^{t-1}} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^{t-1}} \quad (3.1)$$

On  $B_t$  són els beneficis del projecte al període  $t$   
 $C_t$  són els costos del projecte al període  $t$   
 $r$  és la taxa social de descompte  
 $n$  és el nombre d'anys pels quals es realitza l'anàlisi

Una vegada obtingut el VAN global tenim dos anàlisis a fer. En el cas de tenir disponibilitat econòmica "infinita" podem acceptar tots aquells projectes que tinguin un VAN positiu ja que voldrà dir que els seus beneficis actualitzats són superiors als costos també actualitzats. I per contra, haurem de descartar els projectes amb VAN negatiu. En el cas de tenir diverses alternatives amb VAN positiu i haguem d'escollir-ne un, haurem de triar aquell que tingui el VAN més elevat ja que serà aquell que tingui

beneficis més elevats en comparació als seus costos. Cal tenir en compte però, que fent aquest anàlisi s'està afavorint aquells projectes que tenen una inversió inicial més elevada ja que segurament produeixen uns beneficis molt més elevats en comparació amb els que s'obtenen en projectes de menor inversió. Per això sovint és necessari fer un segon anàlisi tenint en compte només determinats elements de l'ACB i així s'eliminarà l'efecte de la inversió inicial.

La Taxa Interna de Rendibilitat (TIR) és el valor de la taxa de descompte que fa que el VAN tingui un valor nul. És a dir, seguint la formulació del VAN que s'ha proposat a l'expressió 2.1, és el valor  $r$  que fa que el VAN sigui zero.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^{t-1}} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^{t-1}} = 0 \Rightarrow r = TIR \quad (3.2)$$

Aquest valor  $r$  obtingut correspon a la rendibilitat social que s'obtindrà si es realitza el projecte i, per tant, com més elevat sigui el valor de la taxa, més alta serà la rendibilitat del projecte. Aquest criteri serà el que utilitzarem per triar un projecte o un altre mitjançant l'anàlisi del TIR.

Una vegada tinguem calculat aquests dos paràmetres, el VAN i el TIR, és necessari fer un anàlisi de sensibilitat dels elements del projecte. L'anàlisi de sensibilitat consisteix en modificar els diferents paràmetres utilitzats per calcular el VAN i el TIR i veure com afectarien a la rendibilitat del projecte aquestes modificacions sobre el projecte final, és a dir, la seva robustesa.

Un altre recurs al que podem recórrer per analitzar el projecte és realitzar un quadre amb els costos i beneficis que presenta cada element del projecte per tal de tenir una visió conjunta dels efectes socioeconòmics d'aquests sobre el projecte.

### 3.3. ANÀLISIS COMPLEMENTARIS A L'ACB

L'anàlisi complementari que es proposa a la *Guia per l'avaluació de projectes de transport* del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona es basa en l'avaluació de l'impacte macroeconòmic que genera la infraestructura i la consideració dels elements que no s'han pogut monetitzar. Tot i que aquest anàlisi no es farà per l'avaluació dels carrils BUS-VAO de la C-58 ja que s'ha considerat que queda fora del nostre abast, s'ha cregut necessària la seva explicació perquè conté paràmetres que ens podrien ajudar en altres anàlisis que es puguin realitzar.

#### 3.3.1. Impacte macroeconòmic

Les infraestructures són elements necessaris a l'hora de mesurar el desenvolupament econòmic d'un país ja que una bona xarxa d'infraestructures posa en ressò la situació econòmica en la que es troba. Per contra, una mala xarxa d'infraestructures simbolitza



la falta de desenvolupament del país i també contribueix a que aquest no pugui créixer ja que és una dificultat afegida per la producció i l'intercanvi de mercaderies del país. Així doncs, les infraestructures tenen un impacte directe sobre el conjunt de la societat i la economia i que caldrà valorar. Hi ha dos efectes principals a considerar segons el conjunt de la societat que suporta aquests efectes: efectes sobre la demanda, derivats del procés de constructiu, i els efectes sobre l'oferta, derivats del funcionament de la infraestructura.

### Efectes sobre la demanda

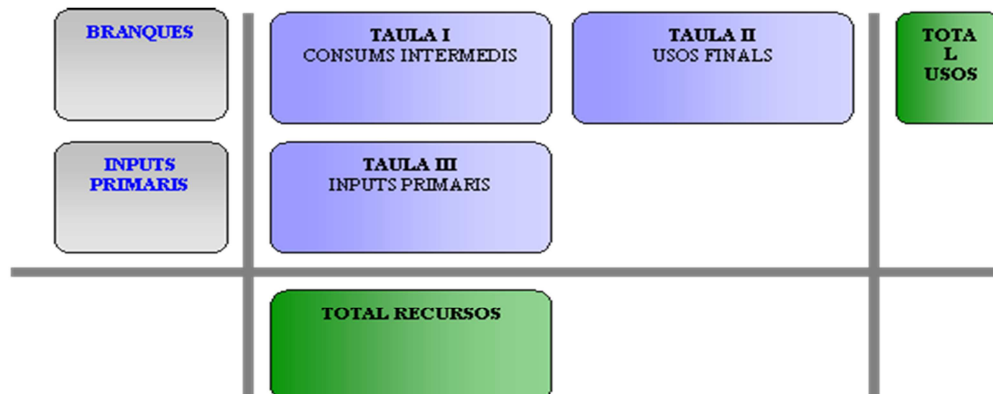
Els efectes sobre la demanda són, com ja s'ha dit, aquells derivats del procés constructiu d'una infraestructura i per tant, són efectes que tenen una durada determinada, només existeixen durant la construcció de la infraestructura. Per aquest caràcter temporal sovint es resta importància a aquests efectes però cal tenir en compte que en una economia com la que tenim a l'actualitat amb una necessitat elevada de crear llocs de treball aquests efectes ajudarien notablement a la recuperació econòmica. A més, tot i que el l'impacte econòmic acostuma a ser de poca durada, es podria donar el cas en que si la inversió es realitza durant un període de temps llarg l'activitat econòmica que es desenvolupa gràcies a aquesta inversió perduri després d'acabar la infraestructura ja que es produiria una millora en la mobilitat de la zona que permetria que aquesta nova activitat tingués avantatges econòmics.

Els factors que afecten la demanda són l'increment de la producció que es produeix en el conjunt de l'economia gràcies a la creació de la infraestructura, el Producte Interior Brut (PIB) afegit a l'economia de la regió i els llocs de treball que es creen durant el període de construcció de la infraestructura.

Per avaluar-lo es tindrà en compte l'efecte multiplicador dels diferents efectes sobre la demanda que fan que la inversió inicial del projecte tingui un impacte econòmic més elevat que el del seu valor inicial. Això és per què, a banda de tenir efectes directes derivats de la construcció de la infraestructura, també existeixen els efectes indirectes que tenen a veure amb l'activitat econòmica complementària a la construcció com podrien ser la que es genera a les empreses de materials de construcció, o els efectes relacionats amb l'activitat econòmica de les persones vinculades directa o indirectament a la infraestructura.

Una vegada trobats aquests efectes se'n farà una valoració quantitativa. Per fer-ho el mètode més utilitzat és el de la taula input-output (TIO) ja que permet tenir una visió global i detallada dels diferents sectors que intervenen en l'economia d'un territori, així com de la relació entre aquests agents. Aquesta relació es configura en una taula de doble entrada on es mostren els fluxos de béns i serveix de l'economia que es vol analitzar utilitzant tres taules diferents, una d'inputs primaris, una altra de consums intermedis i una tercera d'usos finals.

**Gràfic 2.1. Esquema d'una taula Input-Output**



*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

Com es pot veure, l'elaboració d'aquesta taula no és una tasca fàcil ja que l'economia afectada per la construcció d'una infraestructura pot anar des d'un municipi a diverses comarques o, fins i tot, diverses comunitats autònomes. Així doncs, caldrà recórrer a taules input-output generades per entitats com la que proporciona l'Idescat sobre Catalunya, o altres entitats d'àmbit superior segons la regió on es realitzi la infraestructura.

### Efectes d'oferta

Els efectes d'oferta d'una infraestructura inclouen tots els efectes derivats del funcionament de la mateixa, és a dir, totes les millores socials i econòmiques que es produeixen com la millora de la productivitat, la reducció dels costos o la localització de noves indústries.

Habitualment per valorar aquests efectes s'utilitza la relació directa que hi ha entre la dotació de capital públic i la taxa de creixement del PIB de la societat. Aquesta relació ha estat objecte de múltiples estudis i és necessària la estimació de l'elasticitat del PIB respecte el capital públic. El primer en fer-ho va ser Aschauer (1989) que va determinar l'elasticitat del capital públic respecte el PIB utilitzant la ocupació, el capital privat i el capital públic com a funció de producció del PIB. I les estimacions posteriors han estat desenvolupades seguint aquest primer model. Tot i així, darrerament s'han desenvolupat altres mètodes com els models econòmics de vectors autoregressius que permeten fer l'estimació dels efectes d'uns paràmetres sobre els altres. En el nostre cas ens interessaria estimar l'efecte econòmic de la inversió en capital públic sobre la resta de paràmetres.

Com podem veure aquests mètodes són força complexos i per tant, caldrà trobar un mètode més senzill per realitzar l'estudi de l'efecte de la oferta. Una de les opcions plantejades a la *Guia per a l'avaluació de projectes de transport* és realitzar un estudi qualitatiu dels efectes. Per aquesta tasca necessitarem analitzar els impactes més

importants que suposa la creació d'una nova infraestructura, però es deixarà a decisió de l'enginyer responsable decidir quin serà l'impacte que tindrà cadascun d'aquests paràmetres sobre l'economia de la zona. L'impacte sobre l'economia es valorarà de la següent manera:

0. Gens      1. Poc      2. Bastant      3. Molt

Així doncs, es donarà una valoració qualitativa de l'impacte de cadascun dels paràmetres per acabar extraient l'impacte total de la infraestructura, segons els diferents percentatges d'importància assignats a cada paràmetre.

Alguns exemples dels diferents aspectes que cal valorar són:

- Capacitat de la zona per atraure noves empreses.
- Incidència dels impactes macroeconòmics en sectors concrets de l'economia.
- Impacte sobre l'ocupació de la zona.
- Impacte sobre la competitivitat de les empreses de la zona.
- Capacitat d'atraure nous residents.

### **3.3.2. Elements no monetitzables**

En l'avaluació dels projectes d'infraestructures trobem elements que no es poden monetitzar fàcilment degut a la manca de preus ombra (preu que tindria un element en situació de competència perfecta) o a un procediment adequat que ens permeti valorar-los i incloure'ls a l'anàlisi cost-benefici. Per aquesta raó utilitzarem un procediment qualitatiu semblant a l'exposat anteriorment pels efectes d'oferta.

El procediment a utilitzar es basa en la valoració de cada element no monetitzable segons una sèrie d'indicadors que el caracteritzen. Així doncs, s'obtindrà el valor d'un element com la suma ponderada de la valoració dels diferents indicadors. L'impacte que té cada indicador es valora amb els següents nivells:

0. Gens      1. Poc      2. Bastant      3. Molt

Tot i així també seria convenient presentar, juntament amb aquesta valoració, la justificació de la decisió presa ja que així es pot garantir que s'ha realitzat un bon anàlisi de l'impacte de cada indicador.

Alguns dels elements més habituals que no són monetitzables i cal avaluar a l'hora de realitzar un projecte són:

- Impacte social: es valoren indicadors tant importants com l'augment de l'equitat social, la millora de la qualitat de vida de les persones i l'aportació de beneficis per a col·lectivitats locals.

- Impacte territorial: es poden considerar indicadors com el reforç de l'estructura nodal del territori, la millora de l'atractivitat del territori, la millora de la connectivitat de la xarxa de transports, l'eliminació de l'efecte barrera (segregació espacial del territori) o la vetlla pel caràcter compacte i continu dels nuclis urbans.
- Impacte ambiental no inclòs a l'ACB: alguns dels indicadors que no es tenen en compte a l'ACB i que cal analitzar són l'impacte visual, l'impacte sonor, l'afecció del patrimoni cultural i natural o l'afecció sobre el sistema hidrològic.

Tots aquests elements indicats només són una mostra del que es pot analitzar, però si es considera que cal analitzar altres elements o analitzar-ne menys resta a decisió de l'enginyer.

Finalment obtindrem una valoració global del conjunt de la infraestructura realitzant la mitjana ponderada dels elements no monetitzables valorats anteriorment. Cal tenir en compte però que pels impactes social i territorial els valors elevats tenen un efecte positiu sobre l'economia i en canvi, per l'impacte ambiental és a l'inrevés. Aquest fet caldrà tenir-lo en compte a l'hora de realitzar la valoració global.

Com hem vist aquest anàlisi té una connotació altament subjectiva i per tant, caldrà anar amb compte quan s'analitzin projectes valorats per diferents persones ja que no s'hauran considerat de la mateixa manera. Per aquesta raó és important que, a banda de la valoració numèrica que es realitza, s'indiqui també la raó d'aquesta valoració ja que pot ser de molta ajuda a l'hora de comparar resultats.

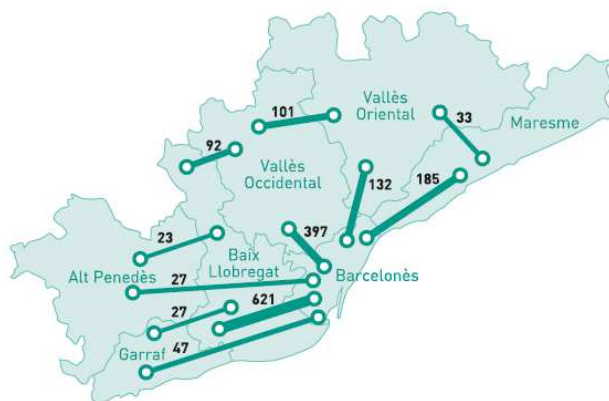
## Capítol 4. El carril BUS-VAO de la C-58 a Barcelona

### 4.1. SITUACIÓ

A la Regió Metropolitana de Barcelona, amb la comarca del Barcelonès com a nucli, s'hi realitzen aproximadament 15.900.000 desplaçaments diaris. Tot i que la major part d'aquests desplaçaments es realitzen a peu o en bicicleta (49,1% del total de desplaçaments segons l'*Enquesta de Mobilitat En dies Feiners 2013*), la major part del transport motoritzat encara es realitza mitjançant el vehicle privat (87,0% del total de desplaçaments en vehicles motoritzats).

A més a més, la comarca del Barcelonès és l'origen o la destinació del 80,7% dels desplaçaments intercomarcals de la Regió Metropolitana de Barcelona, i això equival a aproximadament 1.400.000 desplaçaments diaris entre la comarca de Barcelona i la resta de comarques.

**Imatge 4.1. Mobilitat en dies feiners de la Regió Metropolitana de Barcelona en milions de viatges**



Font: *Enquesta de Mobilitat En dies Feiners 2013*

Hem de tenir en compte que els desplaçaments intercomarcals que es produeixen seran principalment mitjançant el vehicle propi o el transport públic ja que hi ha poques possibilitats que aquests desplaçaments es duguin a terme a peu o en bicicleta (per distància i infraestructures principalment). I si tenim en compte que la majoria dels desplaçaments motoritzats es realitzen amb el vehicle privat, tal com hem indicat abans, podem concloure que la quantitat de vehicles privats que es desplacen diàriament des de

o cap al Barcelonès serà del mateix ordre que la quantitat de desplaçaments que s'hi realitzen, és a dir, al voltant dels 1.400.000.

En relació a aquestes dades de l'any 2006 i en previsió d'una demanda creixent, es va veure la necessitat de promoure el transport públic i millorar l'accessibilitat a la ciutat de Barcelona ja que les infraestructures existents fins aleshores no podien absorbir tota la demanda. Com sabem, les vies d'entrada i sortida de Barcelona són limitades ja que la ciutat es troba rodejada pel mar, el Riu Besòs, la serra de Collserola, el riu Llobregat i la muntanya de Montjuïc. Així doncs, l'ampliació de les diferents infraestructures existents per tal d'augmentar la seva capacitat podria haver estat una solució, però degut a les limitacions nomenades aquestes actuacions es tindrien força dificultat. A més a més, també es volia promocionar l'ús del transport públic i una conducció més eficient cosa que no hagués estat possible si simplement s'haguessin ampliat les vies existents. Es van plantejar diverses actuacions fins arribar al punt de fer un estudi de rendibilitat per realitzar carrils BUS-VAO a totes les entrades a Barcelona promogut per l'Ajuntament de Barcelona, fet que fins ara seria impossible per les dificultats evidents que això representaria. Així doncs, finalment es va optar per prioritzar les vies més congestionades.

Com podem deduir de la imatge 4.1, les vies que presenten una major IMD són aquelles que provenen de les comarques amb més desplaçaments diaris, el Baix Llobregat i el Vallès Occidental, i que principalment són la A-2 (i la seva continuació com a B-23), i la C-58. Es va plantejar la creació d'un carril segregat exclusiu per a busos a la B-23 i un carril segregat BUS-VAO (Vehicles d'Alta Ocupació) a la C-58, però finalment l'únic que es va licitar va ser el de la C-58 l'any 2008.

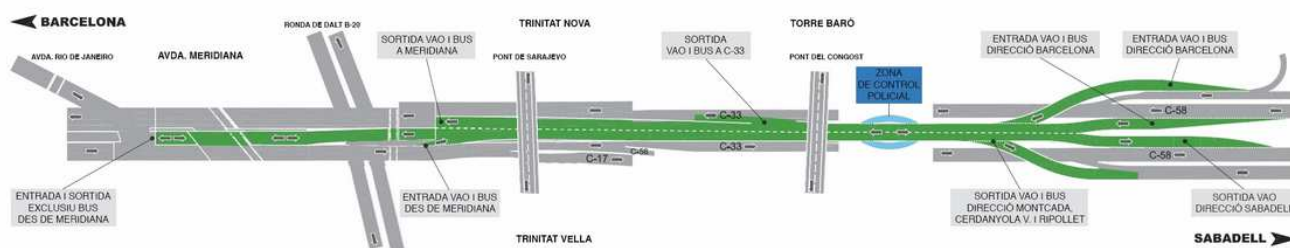
L'autopista C-58 té la singularitat que uneix la zona nord de Barcelona i el sud del Maresme amb Sabadell i Terrassa, doncs grans ciutats catalanes. A més a més, a banda de concentrar el trànsit entre el nord de la capital catalana i bona part del Vallès Occidental, aquesta via també és utilitzada que provenen o es dirigeixen cap a l'eix del Llobregat (Bages, Berguedà i Cerdanya). Això fa que sigui una via amb una acumulació de densitats de trànsit molt elevades, 154.000 vehicles diaris l'any 2011, i que això desembocchi en col·lapses a la circulació.

Així doncs, el principal objectiu del nou carril BUS-VAO de Barcelona era descongestionar l'accés i la sortida de la capital per la C-58 promovent l'ús compartit del cotxe privat així com l'ús del transport públic amb l'ampliació de la xarxa d'autobusos existents entre diversos municipis del Vallès Occidental i Barcelona. Es va pronosticar que aquest carril el podrien arribar a utilitzar uns 7.500 vehicles i 300 autobusos, reduint aproximadament un 5% el volum de cotxes que circula per la C-58.

## 4.2. EL CARRIL BUS-VAO DE LA C-58

El carril bus-VAO de la C-58 està ubicat entre Ripollet (Vallès Occidental) i l'avinguda Meridiana de Barcelona. Està format per dos carrils de circulació de 3,5 metres d'amplada cadascun, vorals d'1,5 metres i té una llargada de 6,7 km. Els dos carrils tenen el mateix sentit de circulació però són reversibles i, per tant, es poden fer servir en sentit Ripollet o en sentit Barcelona. Només conta amb un enllaç a Ripollet format per una estructura elevada de 530 metres sobre una pèrgola que uneix els laterals de l'autopista C-58, i la mateixa autopista C-58, amb els carrils BUS-VAO. A l'altura de Montcada i Reixac es va crear un viaducte de 870 metres, entremig i per sobre dels viaductes existents on se situa la C-58 que acaba a l'altura de Ciutat Meridiana. Finalment s'incorpora a l'avinguda Meridiana pel centre de la mateixa amb una combinació semafòrica que dóna preferència als busos ja que han de situar-se al carril bus existent a la dreta de la Meridiana (Imatge 4.2).

**Imatge 4.2. Esquema del carril BUS-VAO de la C-58**



*Font: Societat Catalana d'Ordenació del Territori (SCOT)*

El cost total de la infraestructura va ser de 81 milions d'euros, 30 dels quals van ser finançats mitjançant fons de la Unió Europea.

El carril es va obrir a la circulació el 29 d'Octubre de 2012 amb els següents requisits d'accés:

- Vehicles destinats al transport públic de viatgers (autobusos, taxis, etc.) degudament autoritzats
- Turismes o vehicles mixts adaptats amb tres o més ocupants (inclòs el conductor)
- Motocicletes
- Vehicles per a persones amb mobilitat reduïda
- Vehicles ecològics de baixa emissió autoritzats (amb el distintiu pertinent)

La programació horària que es va fixar per regular els sentits de circulació va ser:

- Dies feiners: obert de 6:30h a 13:00h d'entrada a Barcelona i de 16:00h a 20:00h de sortida de Barcelona.
- Caps de setmana i festius: tancat.

En circumstàncies especials de trànsit com accidents, operacions sortida o entrada per vacances, etc. es deixa oberta la possibilitat de canviar la programació i els requisits d'utilització.

Tot i que es va posar en funcionament alhora que ho van fer les noves línies d'autobusos exprés entre diverses poblacions del Vallès Occidental i Barcelona, durant els primers mesos de funcionament no es va captar ni el 2% del total de la circulació de vehicles per l'autopista C-58.

Vists aquests resultats, el Departament de Territori i Sostenibilitat va decidir canviar el seu funcionament per tal d'augmentar la circulació pel carril. El canvi més destacat, que va entrar en vigor a mitjans de Març de 2013, va ser la disminució de la restricció del nombre de passatgers als turismes, que va passar a ser de 3 o més ocupants a només dos o més ocupants (inclòs el conductor). A més a més, es va canviar l'esquema horari d'apertura dels carrils que es va programar de la següent manera:

- De dilluns a dijous: obert de 6:00h a 22:00h en sentit Barcelona ininterrompudament.
- Divendres: obert de 6:00h a 13:00h en sentit d'entrada a Barcelona i de 16:00h a 22:00h de sortida de Barcelona.
- Caps de setmana: el funcionament del carril BUS-VAO respondrà a les necessitats del trànsit.

El primer dia que es van implantar aquests canvis es va aconseguir doblar el nombre de vehicles que van utilitzar el carril BUS-VAO, arribant-se gairebé als 4.000 vehicles. A dia d'avui segueixen en vigor aquestes pautes de funcionament tot i que, des del Departament de Territori i Sostenibilitat, no es descarten nous canvis ja que encara s'està infrautilitzant la infraestructura. En el seu primer any de funcionament amb aquestes normés, de mitjana només hi circulen 4.605 vehicles al dia, molt lluny dels 7.500 previstos inicialment.



## **Capítol 5. Metodologia d'anàlisi**

### **5.1. OBJECTIUS**

L'objectiu d'aquest capítol és el de determinar les pautes de treball que s'han seguit per tal d'obtenir els diferents paràmetres que constitueixen el nostre anàlisi cost-benefici i ens proporcionen els resultats i les conclusions extretes.

Els paràmetres que s'han tingut en compte per fer l'anàlisi són:

- Nivell de Servei
- Velocitat de circulació
- Temps de trajecte
- Costos de congestió
- Consum i cost de carburant
- Cost de la inversió
- Cost de manteniment

### **5.2. DADES I DOCUMENTACIÓ DISPONIBLES**

Les dades i documentació disponible per tal de realitzar l'anàlisi han estat:

- Les dades de les estacions d'aforament ETD9>PK 2+960, ETD10>PK 4+107, ETD11>PK 5+400 i PK6+002 de la C-58 de l'any 2013.
- Intensitat Mitjana Diària (IMD) mensual (any 2008) de la C-58 de l'estació de presa de dades ETD11 (PK 5+400).
- Intensitat Mitjana Diària (IMD) de l'any 2013 del carril BUS-VAO amb el trànsit separat entre busos i altres vehicles.
- Intensitat de vehicles cada 15 minuts de la C-58 per cada sentit de circulació de la setmana del 08 al 12 d'Abril de 2013 i de les estacions de presa de dades ETD9 (PK 2+960), ETD10 (PK 4+107) i ETD11 (PK 5+400).

- Intensitat de vehicles cada 15 minuts del carril BUS-VAO de la setmana del 08 al 12 d'Abril de 2013, especificant el sentit de circulació obert en cada interval.
- "Estudi de previsió de demanda i condicions d'exploració del carril BUS-VAO de l'autopista de la C-58" realitzat per Mcrit amb la col·laboració de Diadro Consulting España, encarregat per TABASA abans de la realització del carril.
- "Enquesta de Mobilitat En dies Feiners 2013" realitza per l'Autoritat de Transport Metropolità (ATM).

### 5.3. PROCEDIMENT D'ANÀLISI

Vistes les característiques de la nostra infraestructura podem extreure que el benefici més significatiu que es produirà respecte a la no existència dels carrils BUS-VAO és l'estalvi de temps en congestió dels usuaris de la via, tants dels que van pels nous carrils com pels que van per la C-58. Així doncs, en primer lloc es calcularà el Nivell de Servei de cada calçada per cada hora i per cada sentit de circulació, és a dir, de les dues calçades de la C-58 i els carrils BUS-VAO quan està obert en sentit Barcelona i en sentit Sabadell. Per tal de calcular-ho s'ha fet servir la metodologia especificada al Manual de Capacitat pel cas d'autopistes. Aquests càlculs ens serviran per tenir una visió qualitativa del comportament de la via en cada moment del dia.

Per obtenir el temps estalviat en congestió pels usuaris de la via calculem la diferència de temps que es triga en realitzar els 6,7 Km dels nous carrils si es circula a la velocitat que permeten les condicions de circulació cada hora del dia respecte el que es trigaria si es circulés a la velocitat sense congestió, la velocitat lliure real. Les hores totals *de més* que els vehicles passen a la via es trobarà multiplicant la diferència de temps a causa de la diferència de velocitat pel nombre total de vehicles que passen cada hora.

Multiplicant el total d'hores suplementàries per l'ocupació mitjana dels vehicles i pel preu mitjà d'una hora, valorat en 15,96€/h/persona per l'any 2013 (veure apartat 2.2.2. *Definició i valoració dels elements de l'anàlisi cost-benefici*), obtindrem el cost en euros de les hores perdudes en congestió.

Un altre cost que pot presentar variacions en aquest tipus de via és l'augment o la disminució del consum de litres de carburant degut al canvi en les condicions de circulació de la via. Per calcular aquesta variació farem servir el consum i el cost dels grams de carburant gastats per cada km recorregut pels vehicles que apareix a la taula 2.7.

Realitzarem aquest procediment pel trànsit del carril BUS-VAO amb el sistema de funcionament actual i pel trànsit de la C-58, i ho compararem amb el cas que no

existissin els nous carrils, és a dir, que el trànsit que circula pel BUS-VAO actualment també circulés per la C-58.

Es considera que els següents elements no tenen influència en el nostre anàlisi cost-benefici per les raons que s'exposaran a continuació:

- Costos de funcionament: aquests costos venen determinats pels quilòmetres recorreguts pels vehicles. En el nostre cas la infraestructura que estem analitzant és completament paral·lela a la via existent i, per tant, els vehicles tindran el mateix cost de funcionament tant si circulen per una via o per l'altra. Així doncs, no es generaran costos derivats d'aquest factor.
- Risc i cost de la sinistralitat: la variació de la circulació del trànsit degut a la creació dels nous carrils centrals es suposa que no presenta una variació significant del risc d'accidentalitat i, per tant, no es considera que augmenti o disminueixi el cost d'accidentalitat.
- Impacte ambiental: tot i que aquest factor sigui dels més rellevant a l'hora d'analitzar la via ja que una de les raons per la qual es va realitzar va ser reduir les emissions de gasos contaminants a l'atmosfera, no s'ha trobat cap estudi que ens indiqui que hi ha hagut un canvi de mentalitat de la població fent que es comparteixin més els cotxes o s'agafi més el transport públic. Així, tot i que seria un factor a tenir en compte, es considera que la construcció de la infraestructura no ha tingut un efecte directe sobre l'impacte ambiental. S'insta a futurs estudis, amb una període de funcionament dels carrils BUS-VAO més gran, a l'anàlisi d'aquest factor ja que pot tenir una repercussió força elevada.
- Consum del sòl: la nova infraestructura està construïda a la part intermèdia entre les dues calçades existents de la C-58, per aquesta raó i pel fet que la via es troba en sòl urbà o periurbà, es pot considerar que el consum del sòl en aquest cas no representa un cost addicional. Tot i així, hem de tenir en compte que el conjunt de les vies que passen per aquesta zona està situat entre la muntanya de Collserola i, per tant, el fet de col·locar els carrils BUS-VAO entre les dues calçades existents va fer que aquestes s'haguessin de desplaçar lleugerament cap a la muntanya, augmentant el territori ocupat per l'autopista. Així doncs, tot i que hi ha consum del sòl s'ha cregut que no és significant perquè està situat en zona periurbana però podria fer-se una recerca més profunda sobre el tema i veure fins a quin punt ha afectat la via a l'espai verd.
- Impacte acústic: les condicions de circulació que hi ha actualment arran de la construcció dels carrils BUS-VAO no han provocat grans canvis en l'efecte acústic que l'autopista ja causava.

Sabem que els costos d'inversió de la infraestructura han estat de 81 milions d'euros i, tal com recomana la *Guía per a l'avaluació de projectes de transport* de Mcrit, s'agafaran com a costos de manteniment ordinaris anuals l'1% del cost d'inversió, i com a costos de manteniment extraordinaris cada 10 anys el 5% del cost d'inversió.

Una vegada obtingut tots els costos i beneficis durant els 30 anys del període d'anàlisi calcularem el Valor Actual Net (VAN) i la Taxa Interna de Rendibilitat (TIR) per tal de realitzar un anàlisi quantitatiu de la infraestructura. El càlcul del VAN es farà tenint en compte una taxa social de descompte del 6% i mitjançant l'expressió 2.1.

A continuació es descriu el procediment seguit per obtenir els costos i beneficis derivats de l'estalvi de temps i del consum de combustible tenint en compte diferents situacions.

### 5.3.1. Escenari base. Situació si no hi hagués carril BUS-VAO l'any 2013

S'agafaran les dades de trànsit del l'estació de presa de dades ETD9 situat al PK 2+960, situat aproximadament a l'altura de la incorporació/sortida de Cerdanyola i Ripollet al BUS-VAO. És a dir, que tot el trànsit que passa per aquest PK no té opció d'entrar al BUS-VAO si circula en direcció Barcelona, i encara pot prendre la sortida de Cerdanyola/Ripollet si circula en sentit Sabadell i, per tant, és prou representatiu per prendre'l com el trànsit que pot fer el mateix trajecte que si anés pel carril BUS-VAO.

Es disposa de la intensitat cada 15 minuts dels vehicles que passen tant en sentit Barcelona com en sentit Sabadell durant els cinc dies laborables de la setmana del 08 al 12 d'Abril de 2013. Només s'agafaran les dades entre les 6h i les 23h ja que el BUS-VAO només està obert en aquest horari i ho haurem de comparar. A aquestes intensitats haurem de suma'ls-hi la intensitat de vehicles cada 15 minuts del carril BUS-VAO del mateix interval de temps ja que suposem que, en el cas de no tenir els nous carrils, aquest volum de trànsit circularia pels carrils habituals de la C-58.

Com ja s'ha dit, per determinar el Nivell de Servei de la via per cada hora i per cada sentit de circulació utilitzarem el Manual de Capacitat pel cas d'autopistes. Aquest ens diu que el Nivell de Servei depèn de la densitat equivalent de la via (veh/km/carril), amb els valors que s'indiquen a la següent taula:

**Taula 5.1. Nivell de Servei segons la densitat equivalent de la via**

Nivell de Servei	Densitat equivalent
A	0 – 7
B	> 7 – 11
C	> 11 – 16
D	> 16 – 22
E	< 22 – 28
F	> 28

*Font: Manual de Capacitat*

La densitat equivalent es pot calcular com:

$$D_{eq} = \frac{IPE}{VM} \quad (5.1)$$

On:

IPE és la Intensitat Punta Equivalent (veh.lleugers/ h/carril)

VM és la velocitat mitja de circulació (km/h)

Així, caldrà calcular prèviament les Intensitats Punta Equivalent i les velocitats mitjanes de circulació.

La Intensitat Punta Equivalent es pot calcular com:

$$IPE = \frac{IH}{FHP * N * f_{vp} * f_e} \quad (5.2)$$

On:

IH és la Intensitat Horària (veh./ h/carril)

FHP és el Factor d'Hora Punta dels 15 minuts

N és el nombre de carrils per calçada

$f_{vp}$  és el factor d'equivalència en vehicles lleugers

$f_e$  és el factor d'equivalència a conductors habituals

La intensitat horària es calcula com:

$$FHP = \frac{I_{60}}{4 * I_{15}} \quad (5.3)$$

Aquesta operació cal fer-la per la hora amb més trànsit del dia. Primer fem mitjana entre les intensitats horàries dels cinc dies disponibles i considerem l'hora que presenta una intensitat màxima. A continuació fem la mitjana entre les intensitats cada 15 minuts d'aquesta hora trobada on el trànsit és màxim i també n'agafem la màxima. Així, ja estem en condicions de calcular el Factor d'Hora Punta, que calculem per cada sentit de circulació. Els resultats obtinguts es presenten a la següent taula:

**Taula 5.2. Factors d'Hora Punta de la C-58 si no hi hagués carrils BUS-VAO l'any 2013**

	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona
FHP	0,92	0,97

*Font: Elaboració pròpia*

El nombre de carrils a introduir a la fórmula de la IPE són 3 per cada sentit de circulació.

El factor d'equivalència a vehicles lleugers es pot calcular com:

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + \%v_p * (E - 1)} \quad (5.4)$$

On:

%v<sub>p</sub> és el percentatge de vehicles pesats

E és l'equivalent en vehicles lleugers

El percentatge de vehicles pesats s'ha obtingut de les dades proporcionades a l'estació d'aforament al PK 6+002 de la C-58, i pren els valors presentats a la següent taula:

**Taula 5.3. Percentatge de vehicles pesats de la C-58 per cada sentit de circulació (any 2013)**

	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona
% vehicles pesats	9,6	8,5

*Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'estació d'aforament al PK 6+002 de la C-58*

Aquests percentatges realment són els que tindriem si els carrils BUS-VAO estiguessin en funcionament ja que les dades de les que disposem de la C-58 són de l'any 2013, però s'agafen els mateixos valors ja que la circulació de vehicles pesats per aquests carrils centrals només està permès pel cas dels autobusos i aquest volum de trànsit només representa un 8% del trànsit dels carrils BUS-VAO, és a dir, un percentatge molt més petit per la C-58.

L'equivalent en vehicles lleugers s'aconsegueix mitjançant la taula existent al Manual de Capacitat en que es determina aquest coeficient depenent del tipus de terreny. S'agafa el valor d'1,5 ja que es considera que aquest tram de via no presenta grans ondulacions, és a dir, que és un tram amb el terreny considerablement planer.

Així doncs, el factor d'equivalència a vehicles lleugers en sentit Barcelona pren un valor de 0,95 i en sentit Sabadell pren el valor de 0,96.

Pel que fa al factor d'equivalència a conductors habituals es considera que pren un valor d'1 ja que la majoria dels vehicles que passen per aquesta via en dies laborables són conductors recurrents i habituals de la mateixa.

Així, ja estem en condicions de calcular la Intensitat Punta Equivalent per cada franja horària del dia.

El Manual de Capacitat defineix la velocitat mitjana de circulació en dos trams seguint les següents expressions:

$$VM = VL \quad \text{si} \quad IPE \leq (3100 - 15VL) \quad (5.5)$$

$$VM = VL - \left[ \frac{1}{28} * (23VL - 1800) * \left( \frac{IPE + 15VL - 3100}{20VL - 1300} \right)^{2,6} \right]$$

$$\text{si } (1800 + 5VL) \geq IPE \geq (3100 - 15VL) \quad (5.6)$$

On:

VL és la velocitat lliure real (km/h)

La velocitat lliure real és la velocitat mitjana dels vehicles quan la intensitat de trànsit és baixa (inferior a 1300 veh/h/carril) i es calcula com la velocitat a la que circularien els vehicles en condicions ideals restant-li uns coeficients de correcció. Així, respon a la següent expressió:

$$VL = VLB - f_{lw} - f_{lc} - f_n - f_{id} \quad (5.7)$$

On:

VLB és la velocitat lliure bàsica (km/h)

$f_{lw}$  és el factor d'ajust per amplada de carril

$f_{lc}$  és el factor d'ajust per distància als obstacles laterals

$f_n$  és el factor d'ajust pel número de carrils a la calçada

$f_{id}$  és el factor d'ajust per separació entre enllaços

La velocitat lliure bàsica és aquella a la que es circularia en condicions ideals. En el nostre cas, com que el tram de desenvolupament del carril BUS-VAO té una part on la circulació està limitada a 120 km/h i una altra a 80 km/h, s'ha decidit prendre com a velocitat lliure bàsica 100 km/h.

El factor d'ajust que depèn de l'amplada de carril es pren com 1,0 km/h ja que l'amplada dels carrils és de 3,5 metres.

El factor d'ajust que depèn de la distància als obstacles laterals es pren com a 0,7 km/h ja que l'amplada dels vorals és d'1,5 metres.

El factor d'ajust pel nombre de carrils fa disminuir la velocitat lliure en 4,8 km/h.

Per últim, el factor d'ajust per separació entre enllaços és de 9,2 km/h ja que hi ha aproximadament un enllaç per quilòmetre.

Així, finalment obtenim una velocitat lliure real de circulació (VL) de 92,5 km/h. Aquesta velocitat és la mateixa pels dos sentits de circulació ja que presenten les mateixes característiques.

Amb aquestes dades ja estem en condicions de calcular la velocitat mitjana de circulació (VM) segons les expressions (5.5) i (5.6), i ho fem per les diferents franges horàries i els

dos sentits de circulació. Hem de tenir en compte que si  $IPE \geq (1800 + 5VL)$  el Manual de Capacitat ens diu que la calçada no tindrà capacitat suficient per absorbir tot el trànsit que hi arriba, és a dir, que es produiran retencions de trànsit i, per tant, el Nivell de Servei de la calçada serà F. Però en aquest cas el manual no ens especifica quina serà la velocitat de circulació i, per tant, s'ha considerat que la velocitat mitjana en aquesta situació és de 45 km/h tal com es va considerar a la tesina d'especialitat *Els models de tarifes per congestió a autopistes USA. La seva aplicació al cas espanyol* realitzat per Laura Soberano Domènech l'any 2009 on es va fer un estudi ex-ante del funcionament d'aquests nous carrils BUS-VAO de la C-58.

Una vegada obtinguts els dos paràmetres que determinen la densitat equivalent ja estem en condicions d'obtenir el Nivell de Servei de la C-58 al seu pas pel tram de l'actual carril BUS-VAO per cada hora del dia i per cada sentit de circulació mitjançant la taula 5.1.

Sabem que el temps necessari per recórrer els 6,7 km de via a velocitat lliure real (92,5 km/h) és 4,3 minuts. Per obtenir el temps suplementari que es triga en realitzar aquests mateixos quilòmetres per la diferència en la velocitat de circulació de cada hora del dia hem de calcular el temps necessari per fer el tram a la velocitat mitjana calculada per les diferents franges horàries. La diferència entre aquest temps i els 4,3 minuts que es triguen en condicions lliures reals ens dona el temps de més que triga un vehicle en realitzar els 6,7 km en cada franja horària.

Si multipliquem aquest temps suplementari que s'inverteix a la via cada hora pel nombre de vehicles que circula per la via a la mateixa hora, obtindrem el nombre total d'hores per cada sentit de circulació que s'invertirien durant un dia laborable mitjà a la C-58 a causa de la congestió l'any 2013 si no existís el carril BUS-VAO.

Per trobar el cost total en euros de les hores que s'inverteixen en congestió es multiplica la ocupació mitjana dels vehicles pel nombre d'hores que s'inverteixen en congestió (de cada franja horària) i pel valor econòmic d'una hora que s'ha fixat en 15,96 €/h/persona. Sumant els costos de cada hora del dia s'obté el cost total en euros per cada sentit de circulació de la C-58.

La ocupació mitjana dels vehicles que es pren pels càlculs és la que determina el Pla Director de Mobilitat de la Regió Metropolitana de Barcelona, que és d'1,4 ocupants per vehicle. Cal afegir que com s'està suposant que els autobusos que circulen actualment pels carrils BUS-VAO en aquest cas circularien per la C-58, caldrà considerar la ocupació d'aquest tipus de vehicles per separat ja que contenen un major nombre de passatgers. Així doncs, del total de vehicles que circula per la C-58 se li resta el nombre d'autobusos que circulen actualment cada hora pels carrils BUS-VAO, uns 15 aproximadament, i aquest és el nombre de vehicles que es considera que té una ocupació mitjana d'1,4 persones/vehicle. Els autobusos es considera que tenen una ocupació mitjana de 30 persones ja que aquesta és la estimació que fa la Generalitat de



Catalunya sobre la ocupació dels autobusos ràpids. Així, el cost total en euros de les hores que s'inverteixen en congestió serà la suma del cost en euros dels autobusos obtingut de multiplicar el nombre d'autobusos (15 vehicles) per la seva ocupació mitjana i pel cost mitjà d'una hora i el cost en euros de la resta de vehicles obtingut de multiplicar el nombre de vehicles que passa per la via cada hora menys el nombre d'autobusos, per la seva ocupació mitjana (1,4 persones/vehicles) i pel cost mitjà d'una hora.

Per calcular el cost del consum de combustible per recórrer els 6,7 km d'estudi hem de tenir en compte la velocitat a la que es viatja a cada franja horària. Una vegada sabem els grams mitjans de carburant que consumeix un vehicle per cada quilòmetre de recorregut, multipliquem aquest valor pel nombre total de quilòmetres de recorregut i ho transformem a litres tenint en compte el pes específic de la gasolina i el gasoil (Gasolina:  $750 \text{ kg/m}^3$  i Gasoil:  $850 \text{ kg/m}^3$ ). Així obtenim els litres de combustible que gasta cada tipus de vehicle per recórrer el tram de via. Tal com indica la *Guia per l'avaluació de projectes de transport* de Mcrit, considerem que el percentatge de vehicles de gasolina que hi ha és del 53%, mentre que el percentatge de vehicles de gasoil és del 47%. Multiplicant aquest percentatge pel nombre total de vehicles que passa per la C-58 (menys els autobusos), pels litres de combustible que es gasten en aquest tram (segons la velocitat a cada franja horària) i pel cost d'un litre de combustible obtenim els euros gastats en combustible per cada hora del dia. Fem el mateix pel cas dels vehicles que circulen amb gasolina i pel cas dels autobusos, i obtenim el cost total en euros del consum de combustible en els 6,7 km de l'autopista.

Considerem que el preu del combustible l'any 2013 és de 0,723€/l per la gasolina i 0,744€/l pel gasoil. També es considerarà que els autobusos viatgen amb gasoil ja que la gran majoria encara funcionen amb aquest combustible.

Per comoditat del lector es presentaran a la següent taula 5.4 les magnituds bàsiques que s'utilitzen al llarg del procediment descrit ja que s'han citat i es seguiran citant en nombroses ocasions:

**Taula 5.4. Principals magnituds que es tenen en compte durant l'anàlisi**

	C-58	BUS-VAO
Velocitat lliure real dels vehicles	92,5 km/h	80,7 km/h
Temps que es triga en fer el recorregut de 6,7km	4,3 minuts	5,0 minuts
Valor econòmic mitjà d'una hora de viatge	15,96€/h	
Ocupació mitjana vehicles lleugers	1,4 pers/veh	2,3 pers/veh
Ocupació mitjana autobusos	30 persones/vehicle	
Preu del combustible	Gasolina: 0,723 €/l Gasoil: 0,744 €/l	

Font: Elaboració pròpia

### 5.3.2. Escenari 1. Situació actual (any 2013) de la C-58 amb els carrils BUS-VAO+2

En aquest escenari es considera la situació actual en la que els carrils BUS-VAO poden ser utilitzats per vehicles amb dos o més ocupants en sentit entrada a Barcelona de dilluns a dijous, i divendres al matí, i en sentit sortida de Barcelona divendres a la tarda.

Es treballarà de nou amb les intensitats cada 15 minuts del carril BUS-VAO i de la C-58 de la setmana del 08 al 12 d'Abril de 2013, però aquesta vegada tractem les dades per separat.

Per trobar el Nivell de Servei de les tres calçades caldrà trobar les Intensitats Punta Equivalents (IPE) i les velocitats mitjanes de circulació (VM) per cada franja horària i per cada sentit de circulació.

Es calculen els Factors d'Hora Punta amb el procediment ja descrit a l'escenari anterior i obtenim els resultats indicats a les taules 5.5. i 5.6.:

**Taula 5.5. Factors d'Hora Punta del carril BUS-VAO l'any 2013**

	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona
FHP	0,80	0,83

*Font: Elaboració pròpia*

**Taula 5.6. Factors d'Hora Punta de la C-58 l'any 2013**

	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona
FHP	0,93	0,96

*Font: Elaboració pròpia*

El número de carrils per cada calçada són  $N = 2$  pels carrils BUS-VAO i  $N = 3$  per cada sentit de circulació de la C-58.

El factor d'equivalència a vehicles lleugers, en el cas de la C-58, serà el mateix que el trobat per a l'escenari anterior ja que s'ha agafat el percentatge de vehicles pesats que circularia per la via en cas de tenir els carrils BUS-VAO oberts. Per calcular el factor d'equivalència a vehicles lleugers dels carrils BUS-VAO disposem del nombre d'autobusos que circula al llarg de tot el dia en sentit Barcelona i en sentit Sabadell. Suposem que es reparteixen de manera uniforme al llarg de totes les hores del dia i obtenim un percentatge de vehicles pesats del 8%, tant en sentit Barcelona com en sentit Sabadell, que són uns 15 autobusos cada hora. Sabem que la freqüència de pas dels autobusos no és uniforme al llarg del dia però al no disposar de dades addicionals haurem d'admetre-ho com a bo tenint en compte que s'està cometent un petit error.

Pel que fa al factor d'equivalència a conductors habituals es manté com a 1 per les mateixes raons ja plantejades a l'escenari base.

Un cop es tenen aquests valors ja estem en condicions de calcular les Intensitats Punta Equivalents per cada franja horària i per cada sentit de circulació tant de la C-58 com del BUS-VAO.

La velocitat mitjana de circulació es troba mitjançant les expressions (5.5) i (5.6) prenent la mateixa velocitat lliure real de circulació pel cas de la C-58 ja que els factors d'ajust són els mateixos, però pel cas dels carrils BUS-VAO caldrà calcular-ho amb els paràmetres d'ajust adients (expressió 5.7).

S'ha decidit prendre com a velocitat lliure bàsica del carril BUS-VAO 90 km/h ja que disposa d'una part del seu recorregut amb la velocitat limitada a 100km/h i una altra a 80 km/h.

El factor d'ajust que depèn de l'amplada de carril es pren com 1,0 km/h ja que l'amplada dels carrils també és de 3,5 metres.

El factor d'ajust que depèn de la distància als obstacles laterals es pren com a 1,0 km/h ja que l'amplada dels vorals és d'1,5 metres.

El factor d'ajust pel nombre de carrils fa disminuir la velocitat lliure en 7,3 km/h ja que només disposa de dos carrils de circulació.

Per últim, el factor d'ajust per separació entre enllaços és de 0,0 km/h ja que no hi ha cap enllaç des de l'inici fins pràcticament el final i, per tant, hi ha menys de 0,3 enllaços per quilòmetre.

Així doncs, finalment obtenim una velocitat lliure real de circulació (VL) de 80,7 km/h.

Un cop obtingudes les IPE i les velocitats mitjanes de circulació ja podem determinar el Nivell de Servei de les vies per cada franja horària i sentit de circulació utilitzant l'expressió 5.1. i utilitzant la taula 5.1.

Per obtenir el cost en hores de la congestió es treballa de la mateixa manera que l'escenari base, multiplicant el nombre d'hores suplementàries que es passa a la via per l'existència de congestió cada franja horària pel nombre de vehicles que circula cada hora, fent el mateix càlcul per cada sentit de circulació i cada via.

De la mateixa manera, per obtenir el cost en euros del temps invertit en congestió es multipliquen les hores trobades que passen en congestió els vehicles a la via de cada franja horària per l'ocupació mitjana dels vehicles i pel cost mitjà d'una hora de cada persona (taula 5.4).

La ocupació mitjana dels vehicles que circulen per la C-58 es considera que també és d'1,4 persones/vehicle com en l'escenari base, però en aquest cas no caldrà considerar

la circulació d'autobusos ja que aquests circulen pel carril BUS-VAO. Per aquest últim considerarem la circulació dels autobusos amb una ocupació mitjana de 30 persones/vehicle tal com s'ha considerat anteriorment. Els vehicles que circulen per aquesta via hauran de tenir una ocupació superior a dues persones i per tant, caldrà buscar quina és la seva ocupació mitjana. Com que no es disposa de la informació específica de la ocupació mitjana dels carrils BUS-VAO en el trànsit de l'últim any, farem servir la ocupació mitjana que es va determinar pels Túnel de Vallvidrera (via alternativa d'entrada a Barcelona) l'any 2007 per vehicles amb dos o més ocupants. I aquesta ocupació és de 2,3 persones/vehicle.

Així doncs, el cost en euros del temps invertit en congestió dels carrils BUS-VAO es troba com la suma del cost en euros dels autobusos obtingut de multiplicar el nombre d'autobusos per la seva ocupació mitjana i pel cost mitjà d'una hora, i del cost en euros de la resta de vehicles obtingut de multiplicar el nombre de vehicles que hi circula cada hora, per la seva ocupació mitjana (2,3 pers/veh) i pel cost mitjà d'una hora.

Per calcular el cost en consum de combustible dels vehicles que circulen pels carrils BUS-VAO i per la C-58 realitzem el mateix procediment presentat per l'escenari base però tenint en compte el trànsit de les dues vies per separat. A més a més, hem de tenir en compte que el trànsit d'autobusos circularà pels carrils centrals BUS-VAO. Si calculem la diferència entre el consum de combustible derivat de l'existència de la nova estructura que acabem d'obtenir, amb el consum de combustible de l'escenari base obtindrem el benefici que s'extreu en consum de combustible pel fet de disposar dels carrils BUS-VAO.

### **5.3.3. Escenari 2. Situació de la C-58 amb els carrils BUS-VAO al finalitzar el període d'anàlisi (2043)**

En aquest escenari es treballa sobre la situació dels carrils BUS-VAO al final del període d'anàlisi, considerant que el funcionament de la infraestructura segueix sent la que hi ha establerta actualment, és a dir, els carrils poden ser utilitzats per vehicles amb dos o més ocupants en sentit entrada a Barcelona de dilluns a dijous, i divendres al matí, i en sentit sortida de Barcelona divendres a la tarda.

Es treballarà amb les dades de les que es disposa de la setmana del 08 al 12 d'Abril però caldrà actualitzar-les a l'any 2043. Per fer-ho utilitzarem el mètode de creixement lineal on s'estima el trànsit futur a partir de la taxa de creixement experimentada en els últims anys. Respon a la següent expressió (5.8):

$$I_n = I_0 * (1 + C_m)^n \quad (5.8)$$

On

$I_n$  és la intensitat de l'any estimat

$I_0$  és la intensitat de l'any base

$C_m$  és el creixement mitjà estimat del trànsit

$n$  és el nombre d'anys al que es vol estimar el trànsit

Tot i que el creixement mitjà del trànsit a la nostra regió ha tingut una tendència negativa els últims anys, Abertis ha detectat que durant l'últim any a les seves autopistes hi ha hagut un creixement de l'1,5%. Per això, s'ha trobat adient prendre aquest valor com la tendència de creixement dels propers anys.

La utilització d'aquest mètode d'estimació del trànsit es considera molt imprecisa per estimacions superiors a 5 anys ja que el creixement no pot considerar-se lineal durant molts anys ja que porta a un error molt elevat. Així doncs, per reduir l'error s'ha considerat un creixement lineal de l'1,5% durant els 5 anys següents a la posada en funcionament dels carrils BUS-VAO (fins el 2018) i, a continuació, un creixement inferior durant els propers 10 anys (del 2018 fins al 2028). Aquest creixement s'ha optat per considerar-lo del 0,75% ja que és un valor no gaire elevat que es pot adequar millor a les circumstàncies econòmiques del moment. Els següents anys fins al 2043 s'ha considerat que el volum de trànsit es mantindrà constant. Tot i que aquesta consideració no és certa, s'ha optat per prendre aquest creixement definit a trossos per adequar-se tot el possible a la realitat i no prendre una estimació del trànsit molt negativa, que és el que succeeix si prenem un creixement lineal sostingut.

Com a intensitat base ( $I_0$ ) s'utilitza la intensitat mitjana trobada de cada 15 minuts del dia tant per la C-58 com els carrils BUS-VAO en els dos sentits de circulació. I el nombre d'anys ( $n$ ) entre les dades que es disposen i les que es vol obtenir són 30. D'aquesta manera s'obté una estimació de les dades necessàries per calcular l'estalvi en temps i euros de tenir els carrils BUS-VAO amb els criteris actuals de funcionament de l'any que finalitza el període d'anàlisi.

Una vegada obtinguts aquests valors es seguirà amb la metodologia adoptada per l'escenari base i l'escenari 1, ja que caldrà calcular la situació l'any 2043 tant si hi ha carrils BUS-VAO com si no per tal de fer una estimació de l'estalvi de temps en congestió que això suposarà aleshores.

Per calcular les Intensitats Punta Equivalent s'utilitzen els Factors d'Hora Punta ja presentats a les taules 5.2, 5.5 i 5.6.

Suposarem que la quantitat d'autobusos que circularan pels carrils BUS-VAO o per la C-58 si aquests no existissin serà el mateix ja que se suposa que tenen una freqüència de pas adequada.

També es mantenen constants les velocitats lliures bàsiques, 100 km/h per a la C-58 i 90 km/h pels carrils BUS-VAO.

Una vegada disposem de les Intensitats Punta Equivalents i les velocitats mitjanes de circulació ja estem en condicions de calcular els Nivells de Servei i el temps que es trigarà de més en recórrer es 6,7 km a causa de la congestió l'any 2043 per cada franja horària del dia i per cada sentit de circulació. Si multipliquem aquest valor pel nombre mitjà d'ocupants per vehicle i pel cost d'una hora de cada persona obtindrem el cost en euros de la congestió de la via. Com que no tenim dades sobre el creixement de la ocupació mitjana dels vehicles utilitzarem els mateixos que s'han utilitzat per calcular el cost per l'escenari base i 1 (taula 5.4).

Per calcular el cost en consum de combustible dels vehicles que circulen pels carrils BUS-VAO i per la C-58 l'any 2043 realitzem el mateix procediment presentat per l'escenari base i per l'escenari 1 però tenint en compte el trànsit estimat per aquest any, considerant el cas de l'existència i la no existència de la nova infraestructura per tal de comparar els resultats i obtenir els beneficis en la reducció de costos de combustible.

## **Capítol 6. Resultats obtinguts**

### **6.1. INTRODUCCIÓ**

A partir de l'obertura dels nous carrils BUS-VAO de la C-58 el funcionament de la via no ha estat l'esperat per les autoritats i ha rebut una crítica força negativa per part de la població que ha vist com la via ha estat afectada per les obres durant diversos anys i el cost ha estat massa elevat per la poca afluència de trànsit que es veuen els milers de persones que dia rere dia observen com els carrils centrals estan pràcticament buits mentre els ells estan “parats” a la C-58 en hora punta.

En aquest capítol es presentaran els resultats obtinguts a partir del trànsit que s'ha generat durant el primer any de funcionament de la infraestructura i s'estimarà quin serà el comportament de la via d'aquí 30 anys si les condicions de circulació segueixen sent les mateixes.

L'avaluació dels resultats es farà tant de manera quantitativa com qualitativa mitjançant el VAN i la TIR, i observant el funcionament de la via mitjançant l'estudi de la circulació de la via i el Nivell de Servei de la mateixa.

### **6.2. RESULTATS**

#### **6.2.1. Escenari base. Situació si no hi hagués carril BUS-VAO l'any 2013**

Per tal de poder trobar els beneficis de tenir els carrils BUS-VAO hem de comparar la situació actual amb la situació si no s'hagués construït aquesta nova infraestructura. Per això haurem d'avaluar el comportament de la C-58 amb tot el trànsit actual, tant el que circula pels carrils habituals com el que circula pels carrils centrals.

A continuació (taula 6.1) es presenta la intensitat horària que tindria la via en aquestes condicions per cada franja horària i per cada sentit de circulació, conjuntament amb el Nivell de Servei que se'n deriva d'aquestes condicions de trànsit.

**Taula 6.1. Nivells de Servei que es registrarien l'any 2013 a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO**

Franja Horària	Intensitat Horària (Abril 2013)		Nivell de Servei	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	3.750	3.635	NIVELL C	NIVELL C
7h - 8h	6.989	5.995	NIVELL F	NIVELL E
8h - 9h	6.708	5.625	NIVELL F	NIVELL E
9h - 10h	5.406	5.213	NIVELL D	NIVELL D
10h - 11h	4.402	4.337	NIVELL D	NIVELL D
11h - 12h	4.484	4.161	NIVELL D	NIVELL C
12h - 13h	4.847	4.165	NIVELL D	NIVELL D
13h - 14h	5.459	4.811	NIVELL D	NIVELL D
14h - 15h	5.624	5.421	NIVELL E	NIVELL D
15h - 16h	5.683	5.410	NIVELL E	NIVELL D
16h - 17h	5.269	5.168	NIVELL D	NIVELL D
17h - 18h	5.854	6.110	NIVELL E	NIVELL E
18h - 19h	6.412	6.033	NIVELL F	NIVELL E
19h - 20h	5.957	5.532	NIVELL E	NIVELL D
20h - 21h	5.456	4.597	NIVELL D	NIVELL D
21h - 22h	4.312	3.374	NIVELL D	NIVELL C
22h - 23h	2.778	2.066	NIVELL B	NIVELL B

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure a la majoria de les hores del dia la circulació per la C-58 presenta un Nivell de Servei entre D, E i F, que són Nivells de Servei força baixos. Així doncs, el fet de tenir els carrils BUS-VAO es podria justificar per tal d'alleugerir aquesta càrrega de trànsit elevada durant tot el dia. Tot i així, veiem com els nivells E i F, que són els que farien que el trànsit es mogué a velocitat baixa i uniforme podent-se produir fins i tot aturades, es presenten sobretot en sentit entrada a Barcelona ja que en sentit sortida de Barcelona només els trobem durant les quatre hores de més trànsit del dia i, en canvi, en sentit entrada a Barcelona els podem trobar durant altres hores també.

A continuació quantifiquem aquests Nivells de Servei en hores suplementàries que passen els usuaris a la via a causa de la congestió per cada franja horària i per cada sentit de circulació. Es mostren els resultats dels costos totals en hores i euros de la congestió a la següent taula 6.2:



**Taula 6.2. Cost de congestió a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO l'any 2013**

	Cost en hores		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	2.166	165	50.692	3.885
Al mes	47.643	3.637	1.115.229	85.472
A l'any	571.715	43.638	13.382.753	1.025.664

*Font: Elaboració pròpia*

Com ja s'ha comentat, el cost de la congestió en sentit entrada a Barcelona és molt més elevat que en sentit sortida de Barcelona i, per tant, a primera vista sembla que la decisió de tenir el carril BUS-VAO obert en sentit Barcelona la major part del temps és força encertada.

Pel que fa als costos relacionats amb el consum de combustible, una vegada trobada la velocitat mitjana a la que es circula a cada franja horària degut a les condicions de circulació, ja podem calcular el consum de combustible per cada franja horària. El cost total en litres i euros segons el sentit de circulació es presenta a la taula 6.3:

**Taula 6.3. Cost del consum de carburant a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO l'any 2013**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	31.227	27.182	22.873	19.911
Al mes	687.003	598.001	503.215	438.048
A l'any	8.244.032	7.176.009	6.038.584	5.256.578

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure aquests costos són bastant elevats. Això és degut a que la via té una intensitat de trànsit força elevada durant tot el dia i, si a més la circulació es produeix amb un nivell de congestió considerable, el consum de carburant també augmenta força.

### **6.2.2. Escenari 1. Situació actual (any 2013) de la C-58 amb els carrils BUS-VAO+2**

En aquest apartat es presentaran els resultats en la situació actual de funcionament dels carrils BUS-VAO en que està permès circular de dilluns a dijous durant tot el dia i divendres al matí en sentit entrada a Barcelona i divendres a la tarda en sentit sortida de Barcelona. A més, està permès que circulin els vehicles amb dos o més ocupants, que en principi és una restricció força baixa.

S'analitzarà tant el cas de la C-58 en els dos sentits de circulació com el cas dels carrils BUS-VAO ja que els beneficis poden derivar-se tant d'aquests nous carrils com de la descongestió ocasionada als carrils habituals de la C-58.

A continuació es mostren les intensitats mitjanes d'ambdues vies per cada sentit de circulació i el Nivell de Servei que aquest volum de trànsit genera. A la taula 6.4 es presenten els resultats pels carrils BUS-VAO, i a la taula 6.4 els resultats obtinguts per la C-58.

**Taula 6.4. Nivells de Servei que es registren l'any 2013 als carrils BUS-VAO**

Franja Horària	Intensitat Horària		Nivell de Servei	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	73		NIVELL A	
7h - 8h	586		NIVELL A	
8h - 9h	477		NIVELL A	
9h - 10h	264		NIVELL A	
10h - 11h	164		NIVELL A	
11h - 12h	128		NIVELL A	
12h - 13h	125		NIVELL A	
13h - 14h	116		NIVELL A	
14h - 15h	172		NIVELL A	
15h - 16h	184	1	NIVELL A	NIVELL A
16h - 17h	211	178	NIVELL A	NIVELL A
17h - 18h	302	299	NIVELL A	NIVELL A
18h - 19h	391	290	NIVELL A	NIVELL A
19h - 20h	311	309	NIVELL A	NIVELL A
20h - 21h	184	308	NIVELL A	NIVELL A
21h - 22h	95	191	NIVELL A	NIVELL A
22h - 23h	1	9	NIVELL A	NIVELL A

*Font: Elaboració pròpia*

**Taula 6.5. Nivells de Servei que es registren l'any 2013 a la C-58**

Franja Horària	Intensitat Horària		Nivell de Servei	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	3677	3635	NIVELL C	NIVELL C
7h - 8h	6403	5995	NIVELL F	NIVELL E
8h - 9h	6231	5625	NIVELL F	NIVELL E
9h - 10h	5142	5213	NIVELL D	NIVELL D
10h - 11h	4238	4337	NIVELL D	NIVELL D
11h - 12h	4356	4161	NIVELL D	NIVELL D
12h - 13h	4722	4165	NIVELL D	NIVELL D
13h - 14h	5343	4811	NIVELL E	NIVELL D
14h - 15h	5453	5421	NIVELL E	NIVELL D
15h - 16h	5499	5409	NIVELL E	NIVELL D
16h - 17h	5058	4990	NIVELL D	NIVELL D
17h - 18h	5552	5811	NIVELL E	NIVELL E
18h - 19h	6021	5743	NIVELL E	NIVELL E
19h - 20h	5646	5223	NIVELL E	NIVELL E
20h - 21h	5273	4289	NIVELL D	NIVELL D
21h - 22h	4217	3183	NIVELL D	NIVELL C
22h - 23h	2777	2057	NIVELL C	NIVELL B

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure la circulació pels carrils BUS-VAO és molt bona ja que presenta un Nivell de Servei A (el millor de tots) durant totes les hores del dia. Aquest fet, tot i ser positiu pels vehicles que circulen per aquesta via no és un fet a destacar ja que vol dir que aquests carrils s'estan infrautilitzant. A més a més, si ens fixem en el Nivell de Servei de la C-58 en aquestes condicions, i ho comparem amb el Nivell de Servei que tindria la mateixa via en el cas que no existissin els carrils BUS-VAO (taula 6.1), veiem que no hi ha gaire diferència entre el comportament en un cas i en l'altre. En algunes franges horàries s'ha aconseguit millorar en una categoria el Nivell de Servei, i s'ha aconseguit reduir el nombre d'hores en que trobem el nivell F, reduint-se només a les hores amb més trànsit del matí, però la via segueix presentant varies franges horàries on el Nivell de Servei és l'E, que és un nivell força desfavorable per a la circulació també.

Hem de destacar el fet que la circulació pels carrils BUS-VAO quan estan oberts en sentit d'entrada a Barcelona és més elevada que el volum de trànsit que circula en sentit sortida de Barcelona fins que arribem a les 20h on aquesta tendència s'inverteix. Si ho comparem amb el trànsit que passa per la C-58 a partir d'aquesta hora, veiem com no es produeix aquest fenomen. Aquest fet podria ser a causa d'una major ocupació dels vehicles en l'operació sortida de Barcelona dels caps de setmana ja que els carrils BUS-VAO només estan oberts en sentit sortida de Barcelona divendres a la tarda. Així doncs,

veient que la resta d'hores el comportament dels nous carrils és força inferior al que s'esperaria si estigués obert en sentit d'entrada a Barcelona, potser seria adequat tenir el carril obert en aquest sentit fins les 19h i fer el canvi de sentit a partir de les 20h.

A continuació es presenten els resultats obtinguts de calcular el cost en hores i en euros de la congestió d'aquest corredor. Es pot deduir de la taula 6.4 que no hi haurà congestió als carrils BUS-VAO durant cap hora del dia i, per tant, no hi haurà costos addicionals de congestió derivats d'aquesta nova infraestructura. En canvi, sí que hi haurà una diferència entre la circulació per la C-58 amb aquests Nivells de Servei trobats respecte a la circulació en el cas que la velocitat fos lliure. A la següent taula 6.6 es presenten els costos suplementaris en hores i en euros que pateixen els usuaris de la via derivats de la congestió a la C-58 pels dos sentits de circulació:

**Taula 6.6. Cost de congestió a la C-58 amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2013**

	Cost en hores		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	1.125	166	25.141	3.716
Al mes	24.754	3.659	553.112	81.757
A l'any	297.053	43.908	6.637.346	981.086

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure una altra vegada, els costos de congestió que pateixen els usuaris que circulen en sentit entrada a Barcelona són molt més elevats als que pateixen els vehicles que circulen en sentit sortida de Barcelona. Es reforça doncs la teoria de que tenir els carrils BUS-VAO oberts en sentit Barcelona durant més temps és una decisió encertada.

Els costos derivats del consum de combustible en aquest corredor sí que caldrà calcular-lo tant pel cas de la C-58 com per la nova infraestructura. Hem de tenir en compte que la circulació d'autobusos es considera que està totalment derivat pels carrils centrals. A les taules 6.7 i 6.8 es presenten els resultats obtinguts de calcular els costos de consum de combustible en litres i en euros tenint en compte la velocitat mitjana per cada franja horària i cada sentit de circulació, i per cada via.

**Taula 6.7. Cost del consum de carburant als carrils BUS-VAO l'any 2013**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	1.492	640	1.100	477
Al mes	26.858	2.559	19.806	1.910
A l'any	322.292	30.707	237.677	22.918

*Font: Elaboració pròpia*

**Taula 6.8. Cost del consum de carburant a la C-58 amb els carrils BUS-VAO en funcionament l'any 2013**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	28.945	26.359	21.194	19.300
Al mes	636.799	579.891	466.276	424.607
A l'any	7.641.586	6.958.692	5.595.311	5.095.283

*Font: Elaboració pròpia*

A continuació es mostra el cost total del consum de carburant del corredor tenint en compte ambdues infraestructures:

**Taula 6.9. Cost del consum de carburant del corredor (C-58 i carrils BUS-VAO) l'any 2013**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	30.437	26.998	22.295	19.778
Al mes	663.656	582.450	486.082	426.517
A l'any	7.963.877	6.989.399	5.832.987	5.118.202

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure aquests costos són força elevats degut principalment a la contribució del volum de trànsit que circula per la C-58. Si els comparem amb els resultats obtinguts pel cas en que no existissin els carrils BUS-VAO (taula 6.2) veiem com pràcticament els resultats són els mateixos i, per tant, no s'aconsegueix una millora en el consum de combustible.

Una vegada exposats els resultats ja estem en condicions de fer una comparació entre els dos escenaris plantejats fins ara i, per tant, obtenir els costos i beneficis que s'han aconseguit arran de la construcció de la nova infraestructura.

En primer lloc presentarem l'estalvi en congestió produït a la C-58 pel fet de tenir els carrils BUS-VAO oberts l'any 2013. Aquests resultats s'han aconseguit com la diferència entre les taules 6.6 i 6.2, i s'exposen a la següent taula 6.10 en funció del sentit de circulació de la via.

**Taula 6.10. Estalvi en el cost de congestió a la C-58 amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2013**

	Estalvi en hores		Estalvi en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	1.040	-1	25.551	169
Al mes	22.889	-22	562.117	3.715
A l'any	274.662	-270	6.745.407	44.578

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure en sentit sortida de Barcelona l'estalvi en temps en congestió és negatiu, és a dir que en aquest cas el que s'està produint és un cost addicional pel fet de tenir el BUS-VAO obert en sentit sortida de Barcelona. Aquest fet ve donat a causa de que el volum de trànsit que passa pel carril BUS-VAO en aquest sentit és bastant baix, i sobretot més baix que en l'altra direcció en la majoria d'hores, i a més a més, les condicions de circulació que hi ha a la C-58 en aquest sentit no són tant dolentes com les que es donen en sentit entrada a Barcelona. Un altre aspecte a destacar que explicaria aquest cost suplementari de congestió és el fet que la velocitat mitjana de circulació dels carrils BUS-VAO és més baixa de la que es dona a les calçades de la C-58 ja que, per la configuració de la fórmula de càlcul (expressió 5.7), el fet de tenir dos o tres carrils afecta considerablement a aquesta velocitat i, a més a més, la restricció de velocitat és més alta en el cas de la nova infraestructura. Tot i així, com podem veure, l'estalvi en euros en congestió és positiu en ambdós sentits i es pot explicar aquesta diferència de signe entre els costos en sentit sortida de Barcelona tenint en compte la ocupació mitjana que s'ha utilitzat. Per calcular el cost de congestió de l'escenari base s'ha fet una distinció entre els turismes i els autobusos, que tenen una ocupació molt més elevada que els la resta de vehicles i, per tant, hi hauria més persones que patirien la retenció a la C-58 si no existissin els carrils BUS-VAO. Aquest fet fa que hi hagi un cert estalvi en la congestió de la via ja que, encara que els vehicles que circulen pels carrils BUS-VAO vagin a una velocitat més baixa que per l'altra via i l'estalvi de temps sigui negatiu, el nombre de persones que es beneficia d'aquesta via és molt més elevada i provoca un estalvi en euros.

A continuació presentarem l'estalvi en consum de combustible que comporta el fet de tenir els carrils BUS-VAO l'any 2013, fent la diferència entre les taules 6.2 i 6.8. S'exposen els resultats a la següent taula 6.9 diferenciant altra vegada entre el cost en litres i el cost en euros, i per cada sentit de circulació.

**Taula 6.11. Estalvi en el consum de carburant al corredor amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2013**

	Estalvi en litres		Estalvi en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	790	183	579	134
Al mes	23.346	15.551	17.133	11.531
A l'any	280.154	186.609	205.597	138.377

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure l'estalvi en el consum de carburant per l'existència dels carrils BUS-VAO sí que és positiu i, per tant, és un fet a destacar de la nova infraestructura. A més a més en aquest cas l'estalvi és força semblant en els dos sentits de circulació, sent major l'estalvi en sentit d'entrada a Barcelona com era d'esperar. En aquest context hi ha dos factors que poden contribuir a l'estalvi produït en el consum de combustible. Quan es produeix una disminució de la congestió degut a la derivació del trànsit pels carrils centrals, hi ha un augment de la velocitat mitjana de circulació dels vehicles per la C-58 i, per tant, com que ens trobem a la part creixent de la corba que relaciona la velocitat amb el consum de carburant, s'augmentarà el consum de carburant i, per tant, el seu cost. Un altre aspecte que es produeix en aquestes circumstàncies és que la velocitat a la que circulen els vehicles pels carrils centrals és menor a la que circulen els vehicles de la C-58 en el cas de no tenir un Nivell de Servei F. Com ens trobem de nou a la franja creixent del consum de carburant amb la velocitat, podem deduir que el consum de carburant dels vehicles que circulen pels carrils BUS-VAO és inferior al que tenen els que circulen per la C-58. Aquest fenomen també es produiria en el cas de tenir els carrils de la C-58 congestionats (circulant a velocitats molt baixes) mentre els vehicles que circulen pels carrils centrals tenen un menor consum de carburant per viatjar a una velocitat mitja no gaire elevada.

Així doncs, aquests factors podrien explicar per què, tot i no patir un estalvi elevat en la congestió de la via, es produiria un estalvi més considerable en el consum de carburant. Tot i així, no hem de perdre de vista que l'estalvi en el que s'incorre en aquest cas només representa al voltant de l'1% del cost total en consum de carburant de la C-58 i, per tant, no té una importància molt alta.

Si agrupem l'estalvi en euros degut a la millora en la congestió i degut a la millora del consum de carburant obtenim els beneficis totals anuals que s'extreuen de disposar dels carrils BUS-VAO l'any 2013. Aquests beneficis es mostren a la següent taula 6.12:

**Taula 6.12. Beneficis totals anuals de tenir els carrils BUS-VAO a la C-58 a partir de les dades del 2013**

Estalvi en congestió	6.789.985 €
Estalvi en consum de carburant	343.973 €
<b>Beneficis totals anuals</b>	<b>7.133.958 €</b>

*Font: Elaboració pròpia*

Pel que fa als costos que es generen per la construcció de la infraestructura es tindran en compte tant el cost d'inversió com el cost de manteniment anual i el de cada 10 anys. Es presenten els costos totals en els 30 anys d'anàlisi a la següent taula 6.13:

**Taula 6.13. Costos totals en 30 anys de tenir els carrils BUS-VAO a la C-58**

Cost inversió	81.000.000 €
Cost manteniment anual	243.000.000 €
Cost manteniment cada 10 anys	12.150.000 €
<b>Costos totals en 30 anys</b>	<b>336.150.000 €</b>

*Font: Elaboració pròpia*

Una vegada disposem dels costos i beneficis en el període d'anàlisi ja podem calcular el Valor Actual Net de la infraestructura, que ens dona un valor de:

$$VAN = -93.941.952 \text{ €}$$

Com podem veure aquest valor és negatiu i molt elevat i, per tant, en el cas que estiguéssim avaluant la rendibilitat de la infraestructura abans de construir-la hauríem de descartar-la ja que aquest valor és indicatiu de que els costos són molt més elevats que els beneficis. Tot i així, hem de tenir en compte que aquest VAN s'ha calculat utilitzant els beneficis anuals trobats pel cas de l'any 2013, que no es mantindran constants al llarg dels 30 anys i, més endavant en aquest mateix text es mostrarà una estimació més acurada d'aquests beneficis.

Hem d'afegir també que en aquest cas no podem calcular la TIR de la infraestructura ja que durant els 30 anys d'anàlisi la diferència entre els beneficis i els costos és negativa i no hi ha cap valor que ens pugui donar un VAN nul.

### **6.2.3. Escenari 2. Situació de la C-58 amb els carrils BUS-VAO al finalitzar el període d'anàlisi (2043)**

En aquest cas exposarem els resultats obtinguts de l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2043 i els compararem amb els que s'obtindrien si no existís aquesta infraestructura, és a dir, l'escenari base de l'any 2043.



Una vegada tenim les intensitats horàries de les diferents vies ja podem calcular els seus Nivells de Servei corresponents. A la taula 6.14 es mostra l'augment de la intensitat horària de la C-58 i els Nivells de Servei corresponents en el cas de no que no existissin els carrils BUS-VAO l'any 2043, a la taula 6.15 es mostra de nou la intensitat horària de la mateixa C-58 i els seus Nivells de Servei però en el cas de que existeixin els carrils BUS-VAO l'any 2043 amb el funcionament actual, i per últim a la taula 6.16 es mostren les intensitats estimades pel BUS-VAO i els seus Nivells de Servei l'any 2043.

**Taula 6.14. Intensitats horàries i Nivells de Servei estimats de la C-58 si no existissin els carrils BUS-VAO+2 l'any 2043**

Franja Horària	Intensitat Horària any 2013		Intensitat Horària any 2043		Nivell de Servei any 2043	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	3.750	3.635	4.353	4.220	NIVELL D	NIVELL D
7h - 8h	6.989	5.995	8.113	6.960	NIVELL F	NIVELL F
8h - 9h	6.708	5.625	7.787	6.530	NIVELL F	NIVELL F
9h - 10h	5.406	5.213	6.276	6.051	NIVELL F	NIVELL E
10h - 11h	4.402	4.337	5.110	5.034	NIVELL D	NIVELL D
11h - 12h	4.484	4.161	5.205	4.831	NIVELL D	NIVELL D
12h - 13h	4.847	4.165	5.627	4.835	NIVELL E	NIVELL D
13h - 14h	5.459	4.811	6.337	5.585	NIVELL F	NIVELL E
14h - 15h	5.624	5.421	6.529	6.293	NIVELL F	NIVELL F
15h - 16h	5.683	5.410	6.597	6.280	NIVELL F	NIVELL F
16h - 17h	5.269	5.168	6.116	5.999	NIVELL F	NIVELL E
17h - 18h	5.854	6.110	6.796	7.093	NIVELL F	NIVELL F
18h - 19h	6.412	6.033	7.443	7.003	NIVELL F	NIVELL F
19h - 20h	5.957	5.532	6.915	6.422	NIVELL F	NIVELL F
20h - 21h	5.456	4.597	6.334	5.336	NIVELL F	NIVELL D
21h - 22h	4.312	3.374	5.005	3.917	NIVELL D	NIVELL C
22h - 23h	2.779	2.066	3.225	2.399	NIVELL C	NIVELL B

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure, l'any 2043 la previsió de la circulació de trànsit és molt desfavorable ja que presentarà el pitjor Nivell de Servei durant la majoria de les hores del dia. Això ens fa pensar que la utilitat i els beneficis derivats de tenir els carrils BUS-VAO seran molt més elevats en aquesta situació.

**Taula 6.15. Nivells de Servei estimats de la C-58 si amb l'existència dels carrils BUS-VAO+2 l'any 2043**

	Intensitat Horària any 2013		Intensitat Horària any 2043		Nivell de Servei any 2043	
Franja Horària	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	3.677	3.635	4.268	4.220	NIVELL D	NIVELL D
7h - 8h	6.403	5.995	7.433	6.960	NIVELL F	NIVELL F
8h - 9h	6.231	5.625	7.233	6.530	NIVELL F	NIVELL F
9h - 10h	5.142	5.213	5.970	6.051	NIVELL E	NIVELL F
10h - 11h	4.238	4.337	4.920	5.034	NIVELL D	NIVELL D
11h - 12h	4.356	4.161	5.057	4.831	NIVELL D	NIVELL D
12h - 13h	4.722	4.165	5.481	4.835	NIVELL E	NIVELL D
13h - 14h	5.343	4.811	6.202	5.585	NIVELL F	NIVELL E
14h - 15h	5.453	5.421	6.330	6.293	NIVELL F	NIVELL F
15h - 16h	5.499	5.409	6.383	6.279	NIVELL F	NIVELL F
16h - 17h	5.058	4.990	5.871	5.792	NIVELL E	NIVELL E
17h - 18h	5.552	5.811	6.445	6.746	NIVELL F	NIVELL F
18h - 19h	6.021	5.743	6.990	6.667	NIVELL F	NIVELL F
19h - 20h	5.646	5.223	6.554	6.063	NIVELL F	NIVELL F
20h - 21h	5.273	4.289	6.121	4.979	NIVELL F	NIVELL D
21h - 22h	4.217	3.183	4.895	3.695	NIVELL D	NIVELL C
22h - 23h	2.777	2.057	3.224	2.388	NIVELL C	NIVELL B

*Font: Elaboració pròpia*

Els resultats obtinguts per la C-58 en cas de disposar dels carrils BUS-VAO l'any 2043 són força semblants als obtinguts en el cas de no disposar d'aquesta nova infraestructura i, per tant, el volum de trànsit que es desvia per aquesta via encara serà massa baix per dur a terme correctament la seva funció.

**Taula 6.16. Nivells de Servei estimats dels carrils BUS-VAO+2 l'any 2043**

Franja Horària	Intensitat Horària any 2013		Intensitat Horària any 2043		Nivell de Servei any 2043	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	73		85		NIVELL A	
7h - 8h	586		680		NIVELL A	
8h - 9h	477		554		NIVELL A	
9h - 10h	264		306		NIVELL A	
10h - 11h	164		191		NIVELL A	
11h - 12h	128		149		NIVELL A	
12h - 13h	125		146		NIVELL A	
13h - 14h	116		135		NIVELL A	
14h - 15h	172		199		NIVELL A	
15h - 16h	184	1	213	1	NIVELL A	NIVELL A
16h - 17h	211	178	245	207	NIVELL A	NIVELL A
17h - 18h	302	299	351	347	NIVELL A	NIVELL A
18h - 19h	391	290	453	337	NIVELL A	NIVELL A
19h - 20h	311	309	361	359	NIVELL A	NIVELL A
20h - 21h	184	308	213	358	NIVELL A	NIVELL A
21h - 22h	95	191	110	222	NIVELL A	NIVELL A
22h - 23h	1	9	1	10	NIVELL A	NIVELL A

Font: Elaboració pròpia

Com podem veure els Nivells de Servei de la nova infraestructura seguiran sent molt bons tal com es podia preveure de la poca variació trobada en els Nivells de Servei de la C58. Així, la capacitat dels carrils BUS-VAO seguirà estant infravalorada l'any 2043 si segueix aquesta tendència de creixement i les condicions d'utilització són les mateixes.

A continuació es presenten els costos derivats de la congestió del corredor l'any 2043 de la C-58 com a escenari base, és a dir, en el cas de no disposar dels carrils BUS-VAO, i en el cas a avaluar considerant l'existència d'aquesta infraestructura. Com es pot deduir de la taula 6.16, no hi haurà costos de congestió derivats de la circulació dels nous carrils, així que tots els costos de congestió vindran donats per la congestió de la C-58. A la taula 6.17 es mostren els costos de congestió en hores i en euros que es trobarien l'any 2043 en el cas de no disposar dels carrils centrals per cada sentit de circulació i a la taula 6.18 es mostren els mateixos costos però en el cas d'existir els carrils BUS-VAO.

**Taula 6.17. Cost estimat de congestió a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO l'any 2043**

	Cost en hores		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	5.797	3.658	135.337	85.502
Al mes	127.529	80.468	2.977.413	1.881.044
A l'any	1.530.352	965.618	35.728.952	22.572.524

*Font: Elaboració pròpia***Taula 6.18. Cost estimat de congestió del corredor amb el funcionament actual l'any 2043**

	Cost en hores		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	4.672	3.997	104.386	89.310
Al mes	102.779	87.935	2.296.497	1.964.809
A l'any	1.233.349	1.055.215	27.557.959	23.577.714

*Font: Elaboració pròpia*

Com era d'esperar una vegada vistes les condicions de circulació de la via l'any 2043 els costos de congestió en ambdues situacions són bastant semblants i, per tant, l'estalvi que suposarà tenir els carrils BUS-VAO no serà gaire elevat. També podem observar que els costos aquest any seran molt més elevats que els trobats pel 2013, però haurem de trobar l'estalvi que es produeix per tal de poder comparar-ho correctament amb el que s'ha obtingut en la situació de l'any 2013. Així, a la taula 6.19 es presenta l'estalvi en congestió en hores i en euros que es produirà per tenir els carrils BUS-VAO oberts amb les condicions actuals l'any 2043.

**Taula 6.19. Estalvi en el cost de congestió a la C-58 amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2043**

	Cost en hores		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	1.125	-339	30.951	-3.808
Al mes	24.750	-7.466	680.916	-83.766
A l'any	297.002	-89.597	8.170.993	-1.005.189

*Font: Elaboració pròpia*

Com veiem l'estalvi en la congestió en general és més elevat que en els resultats trobats de l'any 2013 però cal destacar que en aquest cas l'estalvi en euros de congestió en direcció sortida de Barcelona és negatiu, a diferència del cas del 2013. Aquest fet ve donat a causa de que l'augment de la intensitat de trànsit s'ha fet lineal i amb el mateix coeficient de linealitat per la C-58 i pels carrils BUS-VAO, però no s'ha augmentat ni el

nombre d'autobusos ni la ocupació mitjana dels mateixos i això fa que l'estalvi en euros que es produïa principalment gràcies la circulació dels autobusos quedi eclipsada per l'augment del trànsit de la resta de vehicles.

Pel que fa al consum de combustible, que s'ha calculat utilitzant la mateixa metodologia que en el cas interior, i presentarem els resultats obtinguts per la C-58 en el cas de no tenir els carrils BUS-VAO l'any 2043 a la taula 6.20, i els resultats obtinguts pel corredor en el cas que estem avaluant, amb la nova infraestructura, a la taula 6.21.

**Taula 6.20. Cost del consum de carburant de la C-58 sense l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2043**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	38.717	34.121	28.358	24.992
Al mes	851.782	750.666	623.866	549.829
A l'any	10.221.378	9.007.996	7.486.394	6.597.954

*Font: Elaboració pròpia*

**Taula 6.21. Cost del consum de carburant del corredor (C-58 i carrils BUS-VAO) l'any 2043**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	37.685	34.291	27.602	25.117
Al mes	822.332	741.420	602.267	542.918
A l'any	9.867.981	8.897.041	7.227.207	6.515.012

*Font: Elaboració pròpia*

Podem observar que els costos del consum de carburant obtinguts per ambdós escenaris són molt semblants i, per tant, no hi haurà un estalvi significatiu en aquests costos. Això és degut, com ja s'ha dit, a que no hi ha un gran canvi en els Nivells de Servei de la C-58 i, per tant, el consum de carburant d'aquesta via no presenta una gran variació. A continuació mostrem l'estalvi en el consum de carburant de l'any 2043 si el corredor disposa dels carrils BUS-VAO.

**Taula 6.22. Estalvi en el consum de carburant al corredor amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2043**

	Estalvi en litres		Estalvi en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	1.032	-170	756	-125
Al mes	29.450	9.246	21.599	6.912
A l'any	353.397	110.955	259.187	82.942

*Font: Elaboració pròpia*

En aquest punt hem de fer una puntualització sobre el procediment utilitzat per obtenir aquests resultats ja que a primera vista pot sorprendre veure que l'estalvi del consum de carburant en un dia sigui negatiu i, en canvi, per un mes o per un any sigui positiu. Això és degut a que quan estem calculant el cost diari d'aquest consum en sentit sortida de Barcelona, contribueix en igual proporció el trànsit dels carrils BUS-VAO i el de la C-58, és a dir, que seria com si estiguéssim considerant el trànsit d'un divendres. I, tal com veiem a la taula 6.22, el pes del trànsit de la nova infraestructura té efecte en el resultat ja que el consum és més elevat que si no hi haguessin aquests carrils. En canvi, quan es calcula el cost mensual en sentit sortida de Barcelona, la part del consum que prové dels carrils BUS-VAO només s'està considerant que col·labora al consum total del corredor durant 4 dies al mes (se suposen 4 divendres al mes), mentre que el consum de carburant per la C-58 s'ha de considerar durant 22 dies al mes (se suposen 22 dies laborables al mes). Així doncs, com que la contribució de la C-58 és molt més elevat, els resultats mensuals i anuals són positius i hi haurà estalvi en el consum de carburant.

Si agrupem els resultats obtinguts fins ara podem presentar els beneficis totals esperats d'aquesta infraestructura l'any 2043.

**Taula 6.23. Beneficis totals anuals de tenir els carrils BUS-VAO a la C-58 a partir de les dades del 2043**

Estalvi en congestió	7.165.804 €
Estalvi en consum de carburant	342.129 €
<b>Beneficis totals anuals</b>	<b>7.507.932 €</b>

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure, els beneficis totals anuals no han augmentat significativament als que hem trobat amb les dades del 2013 (taula 6.12) degut principalment a l'aparició de l'estalvi negatiu en congestió que es produeix en sentit sortida de Barcelona.

Pel que fa als costos que es generaran durant els 30 anys d'avaluació de la infraestructura són els mateixos que es presenten a la taula 6.13.

Amb aquests costos i beneficis ja estem en condicions de presentar el Valor Actual Net de la infraestructura que prendrà el valor:

$$VAN = -88.794.259 \text{ €}$$

Altra vegada aquest valor és negatiu i molt elevat i, tot i que s'ha trobat una lleugera millora respecte al VAN trobat amb les dades del 2013, segueix mostrant que amb les condicions de funcionament actual aquesta infraestructura no ens proporciona un valor acceptable com per dur-la a terme si estiguéssim en la fase de projecte. De la mateixa manera que en el cas anterior, els beneficis que s'estan utilitzant per calcular el VAN no són exactament els que tindrem al llarg dels 30 anys d'anàlisi ja que aquests són els que tindrem a partir de l'any 2028 (15 anys després de la seva posada en funcionament) degut a que s'ha suposat que el trànsit deixarà de créixer a partir d'aleshores.

Si fem una interpolació lineal dels beneficis entre els anys 2013 i 2028 podem trobar una estimació més acurada dels beneficis que tindrem cada any i, per tant, trobarem un VAN en concordança amb la realitat. Així, el VAN d'aquesta infraestructura podem determinar que és:

$$VAN = -87.170.711 \text{ €}$$

Com era d'esperar el VAN real de la infraestructura es troba entre els dos valors trobats utilitzant els beneficis del 2013 i els del 2043 ja s'ha calculat mitjançant els beneficis mitjos anuals entre aquests dos anys.

Com hem trobat a l'apartat 6.3.1, en cap dels dos anterior casos podem calcular la TIR de la infraestructura ja que durant els 30 anys d'anàlisi la diferència entre els beneficis i els costos és negativa i, per tant, no hi ha cap valor que ens pugui donar un VAN nul.





## **Capítol 7. Anàlisi d'alternatives**

### **7.1. INTRODUCCIÓ**

Una vegada hem analitzat la utilització dels carrils BUS-VAO de la C-58 considerant el funcionament que té actualment (BUS-VAO+2), es plantejaran una sèrie d'alternatives a la situació actual. Aquestes alternatives s'avaluaran amb les dades del 2013 i es compararan amb la situació de l'escenari base que s'ha utilitzat en els capítols anteriors on es considera la C-58 sense l'existència de la nova infraestructura.

Les alternatives que s'analitzaran seran les següents:

- Carrils centrals oberts a tot el trànsit que circula per la C-58, excepte vehicles pesats, amb l'horari d'obertura actual: de dilluns a dijous obert des de les 6h fins les 22h en sentit d'entrada a Barcelona, divendres des de les 6h fins les 13h en sentit d'entrada a Barcelona i divendres des de les 14h fins les 22h en sentit sortida de Barcelona.
- Carrils centrals bidireccionals, és a dir, tenir un carril en sentit d'entrada a Barcelona i un altre en sentit sortida de Barcelona des de les 6h fins les 22h amb la restricció de pas VAO+2 actual (turismes amb dos o més ocupants, autobusos, vehicles ecològics, motocicletes i vehicles per a persones amb mobilitat reduïda).

S'ha considerat aquesta última opció on els carrils són bidireccionals ja que actualment el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya ha informat a la població que té intenció de posar-la en funcionament i s'ha cregut adient fer un estudi dels seus resultats. Tot i així, hem de tenir en compte que en aquest cas caldrà fer una inversió extra per tal de canviar la senyalització existent a la infraestructura ja que està adequat només per tenir un únic sentit de circulació.

### **7.2. AVALUACIÓ DE LES ALTERNATIVES**

#### **7.2.1. Carrils centrals oberts a tot el trànsit**

La metodologia adoptada per obtenir els beneficis que ens proporcionaria aquesta alternativa ha estat la mateixa que s'ha exposat al capítol 5. En aquest cas però hem

hagut de considerar un volum de trànsit diferent ja que s'ha eliminat la restricció de pas pels carrils BUS-VAO dels dos o més ocupants. En aquest cas doncs, hem de considerar que tots els vehicles que circulen per la C-58 i volen anar a l'Avinguda Meridiana, o surten de la mateixa, són usuaris potencials d'aquests carrils. A l'*Estudi de previsió de demanda i condicions d'explotació del carril BUS-VAO de l'autopista C-58* realitzat per Mcrit i encarregat per l'empresa Tabasa, es va trobar que el volum de trànsit de la C-58 que es dirigia a l'Avinguda Meridiana era el 40% del total del trànsit diari d'aquesta via, mentre que els vehicles que provenen d'aquesta sortida de Barcelona i agafen la C-58 només representaven un 25% del total del trànsit diari. Així doncs, a falta de dades més concretes, es considerarà que en sentit d'entrada a Barcelona durant el matí circularia un 20% del trànsit total de la C-58 pels carrils centrals i durant la tarda l'altre 20%. I en sentit sortida de Barcelona el volum de trànsit que circularia pels carrils centrals serà el 12,5% de trànsit total que circula per la C-58 durant la tarda de divendres, ja que es considera que l'horari de funcionament de la infraestructura es manté com l'actual.

Com a escenari base s'utilitzaran els mateixos resultats obtinguts a l'apartat 6.2.1. (escenari base l'any 2013) ja que es calcularà la rendibilitat d'aquesta alternativa amb les dades de trànsit actuals.

A continuació es mostrarà la intensitat de trànsit que circularia per la C-58 (taula 7.1) i pels carrils centrals (taula 7.2) així com els Nivells de Servei que s'obtindrien en ambdues vies per cada franja horària i en els dos sentits de circulació.

**Taula 7.1. Intensitats horàries i Nivells de Servei de la C-58 si els carrils centrals estiguessin oberts a tot el trànsit l'any 2013**

Franja Horària	Intensitat Horària C-58 carrils BUS-VAO+2		Intensitat Horària C-58 carrils centrals oberts a tothom		Nivell de Servei	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	3.677	3.635	3.000	3.635	NIVELL C	NIVELL C
7h - 8h	6.403	5.995	5.591	5.995	NIVELL E	NIVELL E
8h - 9h	6.231	5.625	5.367	5.625	NIVELL E	NIVELL E
9h - 10h	5.142	5.213	4.325	5.213	NIVELL D	NIVELL D
10h - 11h	4.238	4.337	3.522	4.337	NIVELL C	NIVELL D
11h - 12h	4.356	4.161	3.587	4.161	NIVELL C	NIVELL D
12h - 13h	4.722	4.165	3.878	4.165	NIVELL C	NIVELL D
13h - 14h	5.343	4.811	4.367	4.811	NIVELL D	NIVELL D
14h - 15h	5.453	5.421	4.499	4.743	NIVELL D	NIVELL D
15h - 16h	5.499	5.409	4.546	4.733	NIVELL D	NIVELL D
16h - 17h	5.058	4.990	4.215	4.522	NIVELL D	NIVELL D
17h - 18h	5.552	5.811	4.683	5.346	NIVELL D	NIVELL E
18h - 19h	6.021	5.743	5.130	5.279	NIVELL D	NIVELL D
19h - 20h	5.646	5.223	4.765	4.841	NIVELL D	NIVELL D
20h - 21h	5.273	4.289	4.365	4.022	NIVELL D	NIVELL D
21h - 22h	4.217	3.183	3.449	2.952	NIVELL C	NIVELL C
22h - 23h	2.777	2.057	2.223	1.808	NIVELL B	NIVELL B

*Font: Elaboració pròpia*

**Taula 7.2. Intensitats horàries i Nivells de Servei dels carrils centrals si estiguessin oberts a tot el trànsit l'any 2013**

	Intensitat Horària carrils BUS-VAO+2		Intensitat Horària carrils centrals oberts a tothom		Nivell de Servei	
Franja Horària	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	73		750		NIVELL A	
7h - 8h	586		1.398		NIVELL B	
8h - 9h	477		1.342		NIVELL B	
9h - 10h	264		1.081		NIVELL B	
10h - 11h	164		880		NIVELL A	
11h - 12h	128		897		NIVELL A	
12h - 13h	125		969		NIVELL A	
13h - 14h	116		1.092		NIVELL B	
14h - 15h	172		1.378	678	NIVELL B	NIVELL A
15h - 16h	184	1	1.392	676	NIVELL B	NIVELL A
16h - 17h	211	178	1.291	646	NIVELL B	NIVELL A
17h - 18h	302	299	1.434	764	NIVELL B	NIVELL A
18h - 19h	391	290	1.571	754	NIVELL B	NIVELL A
19h - 20h	311	309	1.459	692	NIVELL B	NIVELL A
20h - 21h	184	308	1.337	575	NIVELL B	NIVELL A
21h - 22h	95	191	1.056	422	NIVELL B	NIVELL A
22h - 23h	1	9	681	258	NIVELL A	NIVELL A

*Font: Elaboració pròpia*

Si comparem aquestes dues taules amb les obtingudes pel cas dels carrils BUS-VAO+2 podem veure com per la C-58 ha millorat considerablement el Nivell de Servei de la via a conseqüència de disminuir el Nivell de Servei dels carrils centrals. Això és perquè el volum de trànsit que en aquestes circumstàncies agafaria els carrils centrals seria molt més elevat que el que actualment pot fer-ho. A més a més, tot i que el Nivell de Servei dels carrils centrals seria més baix, podem considerar que el seu funcionament seria sent acceptable i, per tant, seria una bona mesura per reduir la congestió de la via. Tot i així, amb aquesta solució es perdria una de les raons per la qual es va construir la infraestructura ja que no s'aconseguiria fomentar la conducció sostenible amb l'augment de l'ús del transport públic i dels ocupants per vehicle.

Una vegada obtingudes les dades de trànsit d'aquestes vies ja estem en condicions de calcular els costos derivats de la congestió del corredor. Tot i que pugui semblar que els vehicles que circulin pels carrils centrals pateixin una certa congestió pels Nivells de Servei trobats, la velocitat mitjana a la que circularien en aquestes condicions seguiria sent a la velocitat lliure real i, per tant, no hi haurà costos addicionals de congestió ocasionats en aquesta calçada. Així doncs, els costos de congestió només vindran donats

per la congestió a la C-58. Es mostraran els resultats d'aquests costos a la taula 7.3 per cada sentit de circulació.

**Taula 7.3. Cost de congestió a la C-58 si els carrils estiguessin oberts a tot el trànsit l'any 2013**

	Cost en hores		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	45	106	1.014	2.364
Al mes	998	2.328	22.309	52.012
A l'any	11.981	27.933	267.705	624.142

*Font: Elaboració pròpia*

Si comparem aquests resultats amb els obtinguts a la taula 6.5 podem veure com els costos de congestió es reduirien dràsticament si s'optés per augmentar la capacitat de la C-58 obrint els carrils centrals a tot el trànsit. Podem veure-ho també a la propera taula on es mostra l'estalvi en congestió que es donaria si comparem aquests costos amb els que tindríem si no haguéssim construït la nova infraestructura.

**Taula 7.4. Estalvi en el cost de congestió a la C-58 amb els carrils centrals oberts a tot el trànsit l'any 2013**

	Estalvi en hores		Estalvi en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	2.120	59	49.678	1.521
Al mes	46.644	1.309	1.092.921	33.460
A l'any	559.734	15.705	13.115.048	401.522

*Font: Elaboració pròpia*

En aquest cas l'estalvi en el cost de congestió és positiu en ambdós sentits de circulació i, per tant, es generaran beneficis anuals en els dos sentits. A més a més, com era d'esperar l'estalvi és molt més elevat ja que el cost en congestió del corredor en aquestes condicions és molt més baix que en el cas de no disposar d'aquesta infraestructura. Així doncs, si el nostre objectiu fos reduir considerablement la congestió aquesta seria una opció de funcionament molt recomanable.

Pel que fa al cost derivat del consum de combustible s'han obtingut els resultats que s'exposen a la taula 7.5. Es mostraran els resultats del cost total, és a dir, la suma del cost derivat del consum de carburant del trànsit de la C-58 i del dels carrils centrals.

**Taula 7.5. Cost del consum de carburant del corredor (C-58 i carrils centrals) l'any 2013 si els carrils centrals estiguessin oberts a tot el trànsit**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	30.333	26.802	22.218	19.634
Al mes	640.652	559.743	469.238	409.891
A l'any	7.687.829	6.716.919	5.630.860	4.918.687

*Font: Elaboració pròpia*

Observem que els resultats obtinguts del cost de combustible en aquest escenari són molt semblants als obtinguts en el cas tenir els carrils BUS-VAO+2 (taula 6.7). Aquest resultat era d'esperar ja que, tot i canviar les condicions d'utilització de la nova infraestructura, el volum de trànsit que passa pel corredor és el mateix i la única cosa que varia és la velocitat a la que circulen els vehicles. En millorar les condicions de circulació, els costos totals obtinguts són lleugerament inferiors als que hem obtingut amb les dades reals del 2013. Així doncs, l'estalvi total en consum de combustible que es produeix pel fet de disposar dels carrils centrals oberts a tot el trànsit també és molt semblant al que havíem obtingut anteriorment. Es mostra l'estalvi total del corredor en consum de combustible a la següent taula 7.6.

**Taula 7.6. Estalvi en el consum de carburant al corredor amb l'existència dels carrils centrals oberts a tot el trànsit l'any 2013**

	Estalvi en litres		Estalvi en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	894	380	655	277
Al mes	46.350	38.257	33.977	28.158
A l'any	556.203	459.090	407.724	337.892

*Font: Elaboració pròpia*

Agrupant els resultats de l'estalvi en euros de la congestió i del consum de carburant podem presentar els beneficis totals de tenir els carrils centrals oberts a tots el trànsit del corredor respecte a l'escenari base. Aquests beneficis totals es mostren a la següent taula 7.7.

**Taula 7.7. Beneficis totals anuals de tenir els carrils centrals oberts a tot el trànsit l'any 2013**

Estalvi en congestió	13.516.570 €
Estalvi en consum de carburant	745.616 €
Beneficis anuals totals	14.262.186 €

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure aquests beneficis són molt superiors als obtinguts amb el funcionament BUS-VAO+2 de l'any 2013, però també són superiors als obtinguts mitjançant el trànsit estimat pel 2043. Així doncs, aquest funcionament ens donaria uns beneficis més elevats fins i tot si el trànsit es mantingués constant durant els propers 30 anys.

A continuació calcularem el Valor Actual Net de la infraestructura amb els beneficis anuals trobats i considerant els mateixos costos que s'han considerat en el casos anteriors (taula 6.11) ja que se suposa que no cal incórrer en costos addicionals.

$$VAN = 4.176.902 \text{ €}$$

Com podem veure el VAN d'aquest sistema de funcionament és positiu i, per tant, aconseguiríem superar els costos amb els beneficis d'aquesta alternativa en els 30 anys d'anàlisi. A més a més, en aquesta ocasió sí que podríem calcular la Taxa Interna de Rendibilitat que hem obtingut que hauria de ser del 7%, valor que és més alt al que s'ha considerat com a taxa social de descompte (6%).

### 7.2.2. Carrils centrals bidireccionals

La metodologia seguida per obtenir els resultats que ens proporcionaria aquest sistema de funcionament en aquest cas és diferent a la adoptada en els casos anteriors ja que el sistema s'assemblarà més a una carretera amb un carril de circulació per cada sentit que a una autopista de dos carrils. Es seguirà el procediment descrit al Manual de Capacitat per aquest tipus de carreteres que es detalla a l'Annex II.

S'ha considerat que la intensitat de trànsit que circula en sentit d'entrada a Barcelona és la mateixa a la que circula actualment amb el comportament BUS-VAO+2, amb la única diferència que només ho podrà fer utilitzant un carril de circulació. Pel que fa al sentit sortida de Barcelona s'ha considerat que durant la tarda la intensitat seguirà sent la que hi ha actualment els divendres. Pel trànsit que circula durant el matí en canvi, s'ha calculat la proporció que hi ha entre el sentit entrada i sortida durant la tarda, i s'ha aplicat la mateixa proporcionalitat pel trànsit del matí.

Aquest trànsit que s'ha afegit als carrils centrals durant els matins en sentit sortida de Barcelona caldrà restar-los del trànsit de la C-58 ja que seran vehicles que ja no aniran per aquesta calçada.

Una vegada obtingut el trànsit ja estem en condicions de calcular el Nivell de Servei de les diferents vies que es detalla a les taules 7.8 i 7.9 a continuació:

**Taula 7.8. Intensitats horàries i Nivells de Servei de la C-58 amb carrils centrals bidireccionals l'any 2013**

	Intensitat Horària C-58 amb carrils BUS-VAO+2		Intensitat Horària C-58 amb carrils centrals bidireccionals		Nivell de Servei	
Franja Horària	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	3.750	3.635	3.677	3.566	NIVELL C	NIVELL C
7h - 8h	6.989	5.995	6.403	5.442	NIVELL F	NIVELL E
8h - 9h	6.708	5.625	6.231	5.174	NIVELL F	NIVELL E
9h - 10h	5.406	5.213	5.142	4.964	NIVELL D	NIVELL D
10h - 11h	4.402	4.337	4.238	4.181	NIVELL D	NIVELL D
11h - 12h	4.484	4.161	4.356	4.040	NIVELL D	NIVELL C
12h - 13h	4.847	4.165	4.722	4.047	NIVELL D	NIVELL D
13h - 14h	5.459	4.811	5.343	4.702	NIVELL D	NIVELL D
14h - 15h	5.624	5.421	5.453	5.259	NIVELL D	NIVELL D
15h - 16h	5.683	5.410	5.499	5.409	NIVELL D	NIVELL D
16h - 17h	5.269	5.168	5.058	4.990	NIVELL D	NIVELL D
17h - 18h	5.854	6.110	5.552	5.811	NIVELL E	NIVELL E
18h - 19h	6.412	6.033	6.021	5.743	NIVELL E	NIVELL E
19h - 20h	5.957	5.532	5.646	5.223	NIVELL E	NIVELL D
20h - 21h	5.456	4.597	5.273	4.289	NIVELL D	NIVELL D
21h - 22h	4.312	3.374	4.217	3.183	NIVELL D	NIVELL C
22h - 23h	2.778	2.066	2.777	2.057	NIVELL B	NIVELL B

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem observar els Nivells de Servei que presenta la C-58 en cas de tenir els carrils bidireccionals són els mateixos als que hem trobat per a l'escenari 1 (situació actual) ja que el trànsit és el mateix a excepció del sentit sortida de Barcelona en que, al haver disminuït el volum de circulació per tenir els carrils bidireccionals, hi ha una hora del dia en que el Nivell de Servei és millor que en el cas actual.



**Taula 7.9. Intensitats horàries i Nivells de Servei dels carrils centrals si fossin bidireccionals l'any 2013**

	Intensitat Horària carrils BUS-VAO+2		Intensitat Horària carrils centrals bidireccionals		Nivell de Servei	
Franja Horària	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
6h - 7h	73		73	69	NIVELL E	NIVELL E
7h - 8h	586		586	554	NIVELL F	NIVELL F
8h - 9h	477		477	451	NIVELL F	NIVELL F
9h - 10h	264		264	249	NIVELL F	NIVELL F
10h - 11h	164		164	155	NIVELL F	NIVELL F
11h - 12h	128		128	121	NIVELL F	NIVELL F
12h - 13h	125		125	118	NIVELL F	NIVELL F
13h - 14h	116		116	110	NIVELL F	NIVELL F
14h - 15h	172	1	172	162	NIVELL F	NIVELL F
15h - 16h	184	174	184	174	NIVELL F	NIVELL F
16h - 17h	211	178	211	178	NIVELL F	NIVELL F
17h - 18h	302	299	302	299	NIVELL F	NIVELL F
18h - 19h	391	290	391	290	NIVELL F	NIVELL F
19h - 20h	311	309	311	309	NIVELL F	NIVELL F
20h - 21h	184	308	184	308	NIVELL F	NIVELL F
21h - 22h	95	191	95	191	NIVELL E	NIVELL F
22h - 23h	1	9	1	9	NIVELL E	NIVELL E

*Font: Elaboració pròpia*

En aquest cas observem que els Nivells de Servei que experimentarien els carrils bidireccionals són molt dolents. Aquest fet s'ha produït ja que el volum de trànsit que circula cada hora per aquesta via, tenint en compte que només hi ha un carril de circulació per cada sentit, és un volum massa elevat. A més a més, s'ha suposat que els autobusos agafarien aquesta variant per arribar a l'Avinguda Meridiana i també que no hi hauria zones d'avançament en tot el tram. Aquest últim factor és força determinant ja que els autobusos circulen a una velocitat més lenta i es formarà una cua de vehicles al seu darrera que disminuirà notablement el Nivell de Servei de la infraestructura ja que no tenen possibilitat d'avançar-los.

Així doncs, els resultats obtinguts amb aquesta alternativa ens proporcionarien els mateixos resultats pel cas de la C-58 però empitjoraria la circulació pels nous carrils i, com veurem a la següent taula 7.10, el cost de congestió augmentarà considerablement ja que tindrem la col·laboració negativa de la congestió d'aquests carrils que en els altres casos estudiats no teníem.

**Taula 7.10. Cost de congestió al corredor (C-58 i carrils centrals) si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013**

	Cost en hores		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	1.402	432	42.031	20.867
Al mes	30.836	9.512	924.678	459.070
A l'any	370.035	114.148	11.096.134	5.508.843

*Font: Elaboració pròpia*

Tal com s'esperava els costos de congestió derivats d'aquest funcionament són força més elevats als trobats per la situació actual del 2013 (taula 6.5) degut a l'augment de la congestió als carrils centrals. A continuació es mostrarà l'estalvi en congestió del corredor en aquestes circumstàncies en base a la congestió de l'escenari base.

**Taula 7.11. Estalvi en el cost de congestió a la C-58 si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013**

	Estalvi en hores		Estalvi en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	769	- 267	8.774	- 16.972
Al mes	16.918	- 5.867	193.033	- 373.392
A l'any	203.013	- 70.399	2.316.399	- 4.480.701

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure en aquestes condicions de funcionament dels carrils BUS-VAO l'estalvi deriva de la congestió de la vida és pitjor que en els altres casos estudiats. En sentit d'entrada a Barcelona seguiríem tenint un estalvi en la congestió, mentre que en sentit sortida de Barcelona tindríem un estalvi negatiu. Hem de destacar a més a més que l'estalvi negatiu que es produeix en sentit sortida de Barcelona és molt elevat i superior a l'estalvi positiu en l'altre sentit de circulació. Així doncs, podem preveure que els beneficis totals anuals derivats d'aquesta alternativa seran força baixos, arribant a ser negatius si aquesta pèrdua en els beneficis no es compensa amb els beneficis derivats de l'estalvi en el consum de combustible. Abans de presentar els resultats però, haurem d'exposar els resultats dels costos de congestió derivats del consum de combustible, que es presentaran a la següent taula 7.12.

**Taula 7.12. Cost del consum de combustible al corredor si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013**

	Cost en litres		Cost en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	30.661	26.503	22.458	19.416
Al mes	667.671	568.620	489.023	416.394
A l'any	8.012.052	6.823.439	5.868.281	4.996.723

*Font: Elaboració pròpia*

Com ja és recurrent, el cost del consum de combustible al que hem trobat als casos anteriors analitzats del 2013 ja que el volum total de trànsit que passa per la via és el mateix i l'únic factor que fa variar lleugerament aquest consum de combustible és la velocitat de circulació. D'aquí que apareguin petites diferències, però el factor més important ha quedat demostrat que és el volum de trànsit.

A la taula 7.13 es mostrarà l'estalvi en el consum de combustible derivat de tenir aquest funcionament a la nova infraestructura i que, com és de suposar, serà semblant a l'estalvi trobat en les altres alternatives.

**Taula 7.13. Estalvi en el consum de combustible al corredor si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013**

	Estalvi en litres		Estalvi en euros	
	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona	Sentit Entrada a Barcelona	Sentit Sortida de Barcelona
Al dia	567	679	415	496
Al mes	19.332	29.381	14.192	21.655
A l'any	231.980	352.570	170.303	259.855

*Font: Elaboració pròpia*

Agrupant l'estalvi en euros derivat de la congestió i del consum de combustible podem detallar quins serien els beneficis anuals que es produirien si es dugués a terme aquest tipus de funcionament. Es mostra aquest valor a la següent taula 7.14:

**Taula 7.14. Beneficis totals anuals de tenir els carrils centrals bidireccionals l'any 2013**

Estalvi en congestió	-2.164.303 €
Estalvi en consum de carburant	430.158 €
<b>Beneficis anuals totals</b>	<b>-1.734.144 €</b>

*Font: Elaboració pròpia*

Com podem veure els beneficis anuals seran negatius ja que l'augment del cost de congestió en sentit sortida de Barcelona és molt elevat i més gran que la resta de beneficis que podem extreure d'aquest tipus de funcionament de la via. Així doncs, vistos aquests resultats no caldrà que calculem el VAN ni la TIR ja que al no tenir beneficis mai no és possible tenir un VAN positiu, ni millor que els que hem trobat fins ara.



## Capítol 8. Conclusions

Els nous carrils BUS-VAO de la C-58 han estat una infraestructura polèmica des de la seva posada en funcionament. Una vegada analitzada la seva influència en el trànsit del corredor de la C-58 es poden extreure diverses conclusions de la seva utilitat.

En primer lloc hem de dir que la influència que tenen els nous carrils BUS-VAO sobre la circulació del corredor és molt limitada ja que el volum de trànsit que agafa aquesta nova infraestructura és molt baix i pràcticament no fa disminuir el nivell de congestió de la C-58.

Un dels aspectes més importants a destacar de la repercussió dels nous carrils sobre la congestió és el fet que la circulació pels carrils BUS-VAO en sentit sortida de Barcelona causa més desavantatges que avantatges al corredor. Tot i que durant l'any 2013 gràcies a la circulació dels autobusos, el balanç econòmic d'aquesta via hagi estat positiu, hem vist en l'anàlisi dels 30 anys que la situació anirà empitjorant any rere any si no s'augmenta el nombre d'autobusos o d'usuaris dels mateixos arribant a causar una considerable pèrdua de temps i diners en congestió pels usuaris de la via. Això fa doncs que arribem a la conclusió de que, si es vol seguir amb el funcionament BUS-VAO+2 determinat fins ara, una possibilitat per augmentar la utilitat de la infraestructura pels usuaris sigui tenir els carrils oberts en sentit d'entrada a Barcelona tots els dies i totes les hores de la setmana.

No hem de perdre de vista que els resultats obtinguts pel Valor Actual Net han estat negatius tant si hi ha com si no hi ha creixement del trànsit i en cap cas, si seguim amb aquest sistema de funcionament dels carrils BUS-VAO, obtindrem els beneficis socials i econòmics suficients per superar els costos tan elevats que ha suposat la construcció d'aquesta infraestructura.

Fent a més a més una comparació de les dades de trànsit actuals amb les esperades als estudis previs a la seva construcció, veiem com la previsió de trànsit era molt més positiva a les dades reals que s'han obtingut durant aquest any però una de les causes d'aquesta mala previsió ha estat la situació econòmica que ha patit els últims anys el nostre país. Tot i així, no hem de passar per alt el fet que suposant un creixement del trànsit pels pròxims anys tampoc s'ha arribat a un balanç positiu entre els costos i beneficis de la infraestructura i, per tant, caldria que el trànsit fos molt més superior per tal de justificar l'alt cost d'aquests nous carrils.

Una manera que tindria la Generalitat de Catalunya per treure un profit raonable de la infraestructura seria, tal com hem vist, augmentar la capacitat del corredor i obrir els carrils centrals a tot el trànsit de la C-58. Aquesta solució faria millorar considerablement la congestió de la via i, a més a més, s'obtindria un VAN positiu però, a canvi, es perdria la intenció implícita que té aquesta nova infraestructura de promoure un desplaçament més responsable i sostenible.

Per altra banda, l'alternativa que s'està plantejant actualment de tenir els carrils bidireccionals no tindrà una repercussió positiva en el comportament de la via i, si afegim el fet que requerirà una despesa extra per tal d'adaptar els carrils a aquest sistema de funcionament, aquesta opció hauria de quedar totalment descartada. Tot i així, si s'evités la circulació dels autobusos pels carrils centrals i es disminuís la quantitat de vehicles que puguin ralentir la circulació per aquests, possiblement s'aconseguirà millorar la congestió esperada als carrils centrals en aquestes circumstàncies. Però hem de tenir en compte també que si el volum de trànsit que viatja actualment per la nova infraestructura és el mateix, sobretot en sentit d'entrada a Barcelona, el nivell de congestió de la C-58 no millorarà i a més a més s'empitjorarà el nivell de circulació dels carrils centrals. Així doncs, aquesta és una opció més dolenta de la que es té actualment ja que no es milloraria la capacitat de la C-58 i s'empitjoraria la capacitat actual dels nous carrils.

Per finalitzar només ens queda dir que, encara que els beneficis que pot comportar aquesta infraestructura als usuaris de la via en les hores de més trànsit del dia (hores punta) siguin positius, la resta d'hores del dia els nous carrils no representen un augment significatiu en els beneficis dels usuaris del corredor i, per tant, seria recomanable prendre mesures al respecte, ja sigui modificant els requisits de pas o el funcionament de la infraestructura.

## Referències bibliogràfiques

ATM (2013), Enquesta de mobilitat en dia feiner. Autoritat del Transport Metropolità.

Bickel, P., Friedrich, R., Burgess, A., Fagiani, P., Hunt, A., De Jong, G., Laird, J., Lieb, C., Lindberg, G., Mackie, P., Navrud, S., Odgaard, T., Ricci, A., Shires, J., Tavasszy, L. (2006), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*. IER.

De Rus, G. (2009), *La medición de la rentabilidad social de las infraestructuras de transporte*. Investigaciones Regionales 14.

De Rus, G., Betacor, O., Campos, J., Eugenio, J.L., Socorro, P., Matas, A., Raymond, J.Ll., González-Savignat, M., Brey, R., Nombela, G., Benavides, J., Compte, A., (2010), *Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte*. CEDEX.

Fernández de Villalta, E. (2013), *Apuntes de tràfic*. Apunts ETSECCPB. UPC

García, L., Torregrosa, A., Àlvarez, Ò., Boscá, J.E., Camisón, C., Cantos, P., Escobar, G., Escribá, F.J., Fernández, J.I., Ferri, J., Goerlich, F., Murgui, V.J., Monfort, V., del Saz, S., Puertas, R., Taltavull, P., Usach, J., Vegara, A., Aleixandre, F., Pérez, E.M., Servera, D. (2002), *Valoración económica de los efectos de la autopista A-7 en la Comunidad Valenciana. Informe Ejecutivo*. AUMAR. Instituto de Economía Internacional.

Integrated Transport Economics and Appraisal Division (2001), *The COBA Manual*. Department for Transport. England.

MCRIT (2007), *Estudi de previsió de demanda i condicions d'explotació del carril BUS-VAO de l'autopista C-58*. TABASA.

MCRIT (2010), *Guia per l'avaluació de projectes de transport*. Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2014), *Precios de carburantes y combustibles*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Riera, P., Nájera, T., García, L. (2001), *Estudi dels efectes socioeconòmics de l'eix d'Horta-Cerdanyola. Resum Executiu*. TABASA.

## **Altra bibliografia de consulta**

<http://territori.scot.cat>

<http://www.ine.es>

<http://gencat.cat>

Estació de presa de dades: 8-SMD-3 BUS-VAO. Dades Any 2013.

Estació d'aforament 101806608 – Ripollet (Permanent) C-58 PK 6+002. Dades Any 2013

Estacions de presa de dades 9-ETD-1, 10-ETD-1, 11-ETD-1 C-58 Dades Any 2013



## **Índex de Taules**

Taula 3.1.	Taxa d'actualització recomanada pel 2010
Taula 3.2.	Període d'anàlisi recomanat per un anàlisi cost-benefici
Taula 3.3.	Ocupació mitjana dels vehicles recomanada pel 2010
Taula 3.4.	Ocupació mitjana dels vehicles de la RMB recomanada pel 2013
Taula 3.5.	Valor en euros del temps de viatge recomanat pel 2010
Taula 3.6.	Valor en euros del temps de viatge actualitzat pel 2013
Taula 3.7.	Consum i cost del combustible recomanat pel 2010
Taula 3.8.	Cost del combustible recomanat pel 2013
Taula 3.9.	Costos de manteniment i explotació recomanats pel 2010
Taula 5.1.	Nivell de Servei segons la densitat equivalent de la via
Taula 5.2.	Factors d'Hora Punta de la C-58 si no hi hagués carrils BUS-VAO l'any 2013
Taula 5.3.	Percentatge de vehicles pesats de la C-58 per cada sentit de circulació (any 2013)
Taula 5.4.	Principals magnituds que es tenen en compte durant l'anàlisi
Taula 5.5.	Factors d'Hora Punta del carril BUS-VAO l'any 2013
Taula 5.6.	Factors d'Hora Punta de la C-58 l'any 2013
Taula 6.1.	Nivells de Servei que es registrarien l'any 2013 a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO
Taula 6.2.	Cost de congestió a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO l'any 2013
Taula 6.3.	Cost del consum de carburant a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO l'any 2013
Taula 6.4.	Nivells de Servei que es registren l'any 2013 als carrils BUS-VAO
Taula 6.5.	Nivells de Servei que es registren l'any 2013 a la C-58

Taula 6.6.	Cost de congestió a la C-58 amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2013
Taula 6.7.	Cost del consum de carburant als carrils BUS-VAO l'any 2013
Taula 6.8.	Cost del consum de carburant a la C-58 amb els carrils BUS-VAO en funcionament l'any 2013
Taula 6.9.	Cost del consum de carburant del corredor (C-58 i carrils BUS-VAO) l'any 2013
Taula 6.10.	Estalvi en el cost de congestió a la C-58 amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2013
Taula 6.11.	Estalvi en el consum de carburant al corredor amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2013
Taula 6.12.	Beneficis totals anuals de tenir els carrils BUS-VAO a la C-58 a partir de les dades del 2013
Taula 6.13.	Costos totals en 30 anys de tenir els carrils BUS-VAO a la C-58
Taula 6.14.	Intensitats horàries i Nivells de Servei estimats de la C-58 si no existissin els carrils BUS-VAO+2 l'any 2043
Taula 6.15.	Nivells de Servei estimats de la C-58 si amb l'existència dels carrils BUS-VAO+2 l'any 2043
Taula 6.16.	Nivells de Servei estimats dels carrils BUS-VAO+2 l'any 2043
Taula 6.17.	Cost estimat de congestió a la C-58 si no hi haguessin els carrils BUS-VAO l'any 2043
Taula 6.18.	Cost estimat de congestió del corredor amb el funcionament actual l'any 2043
Taula 6.19.	Estalvi en el cost de congestió a la C-58 amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2043
Taula 6.20.	Cost del consum de carburant de la C-58 sense l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2043
Taula 6.21.	Cost del consum de carburant del corredor (C-58 i carrils BUS-VAO) l'any 2043
Taula 6.22.	Estalvi en el consum de carburant al corredor amb l'existència dels carrils BUS-VAO l'any 2043

---

Taula 6.23.	Beneficis totals anuals de tenir els carrils BUS-VAO a la C-58 a partir de les dades del 2043
Taula 7.1.	Intensitats horàries i Nivells de Servei de la C-58 si els carrils centrals estiguessin oberts a tot el trànsit l'any 2013
Taula 7.2.	Intensitats horàries i Nivells de Servei dels carrils centrals si estiguessin oberts a tot el trànsit l'any 2013
Taula 7.3.	Cost de congestió a la C-58 si els carrils estiguessin oberts a tot el trànsit l'any 2013
Taula 7.4.	Estalvi en el cost de congestió a la C-58 amb els carrils centrals oberts a tot el trànsit l'any 2013
Taula 7.5.	Cost del consum de carburant del corredor (C-58 i carrils centrals) l'any 2013 si els carrils centrals estiguessin oberts a tot el trànsit
Taula 7.6.	Estalvi en el consum de carburant al corredor amb l'existència dels carrils centrals oberts a tot el trànsit l'any 2013
Taula 7.7.	Beneficis totals anuals de tenir els carrils centrals oberts a tot el trànsit l'any 2013
Taula 7.8.	Intensitats horàries i Nivells de Servei de la C-58 amb carrils centrals bidireccionals l'any 2013
Taula 7.9.	Intensitats horàries i Nivells de Servei dels carrils centrals si fossin bidireccionals l'any 2013
Taula 7.10.	Cost de congestió al corredor (C-58 i carrils centrals) si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013
Taula 7.11.	Estalvi en el cost de congestió a la C-58 si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013
Taula 7.12.	Cost del consum de combustible al corredor si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013
Taula 7.13.	Estalvi en el consum de combustible al corredor si els carrils centrals fossin bidireccionals l'any 2013
Taula 7.14.	Beneficis totals anuals de tenir els carrils centrals bidireccionals l'any 2013
Taula A.1.	Nivell de Servei segons el percentatge de demora i la velocitat mitjana de recorregut



## **Agraïments**

Vull agrair al tutor d'aquest treball final de grau, l'Àlvar Garola Crespo, per l'interès i la informació que m'ha proporcionat des del primer dia que li vaig plantejar la idea del que volia fer, i especialment agrair-li l'ajuda i els consells que m'ha donat al llarg de tot el treball ja que sense aquests el desenvolupament de la idea no hagués arribat als resultats obtinguts.

Voldria donar les gràcies a tots als amics i companys que m'han escoltat sempre que ho he necessitat i que han fet petites aportacions al projecte d'una manera o altra. En aquest punt vull fer menció especial a l'Alejandro Pareja Pérez pel seu suport incondicional que m'ha servit d'ajuda per seguir avançant en tot moment.

També m'agradaria agrair a l'Antoni Rabascall Pérez l'atenció i l'ajuda que em va brindar els últims moments i el seu gran interès pel meu projecte.

Finament voldria agrair al meu pare haver-me proporcionat els recursos necessaris per obtenir la informació i a la meva mare per haver-me ajudat sempre que ho he necessitat al llarg de tot el procés. I volia agrair-los especialment a ells el suport i la confiança que m'han proporcionat durant tot el temps que he estat treballant en aquest projecte i sempre, sense l'educació i l'exemple que m'han donat no hagués estat possible arribar fins aquí.



# **ANNEXOS**





## Annex I. Valors recomanats pels elements d'un Anàlisi Cost-Benefici

### - Temps de viatge de mercaderies

Valor real	En aquest tipus de viatges, a banda dels costos de personal també s'han de tenir en compte el funcionament del vehicle, el temps de demora de la càrrega transportada i el valor de l'estucatge. Així doncs, caldrà fer diferents valoracions segons el tipus de transport.
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor mitjà viari: 3,23€/h·Tm o 25,4€/h·camió</li> <li>- Valor mitjà ferrocarril: 1,58€/h·Tm</li> </ul>
Actualització	Segons el deflactor global de l'economia.

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

### - Costos de funcionament

Valor real	Cada vehicle té uns costos de funcionament associats al nombre de quilòmetres recorreguts per la infraestructura. Els valors recomanats són els següents.		
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	Els costos d'operació mecànica dels vehicles per vehicle·km, sense tenir en compte el carburant, són:		
	Operació mecànica	Turismes	Vehicles pesants
	Conservació	0,06	0,76
	Lubricants	0,00	0,01
	Pneumàtics	0,01	0,08
	Total	0,07	0,85
Actualització	Segons el deflactor global de l'economia.		

*Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.*

- Risc i cost de la sinistralitat

Valor real	<ul style="list-style-type: none"><li>- Caldrà fer una aproximació segons les dades d'accidentalitat de cada tipus de via. En el cas de no conèixer les dades de la via s'utilitzaran les aproximacions següents.</li><li>- El cost de sinistralitat està associat al cost de restitució de les persones i vehicles afectats</li></ul>				
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<ul style="list-style-type: none"><li>- Risc d'accidentalitat segons el tipus de via</li></ul>				
	Tipus de via	Accidents per milió de veh/km	Morts per accident	Ferits greus per accident	Ferits lleus per accident
	Autopista	0,04	0,12	0,65	1,13
	Carretera de doble calçada	0,06	0,13	0,66	1,11
	Carretera de calçada única	0,19	0,10	0,60	0,95
	Via preferent	0,08	0,14	0,14	1,09
	<ul style="list-style-type: none"><li>- El cost d'aquesta sinistralitat és:</li></ul>				
	Vehicles afectats			1.809€/vehicle	
	Ferits lleus			16.720€/ferit	
	Ferits greus			217.154€/ferit	
Morts			1.661.294€/mort		
Actualització	<ul style="list-style-type: none"><li>- El risc d'accidentalitat caldrà actualitzar-lo segons les dades dels organismes responsables del trànsit, en el cas de Catalunya la Direcció General de Trànsit.</li><li>- El cost de la sinistralitat s'actualitzarà segons el deflactor global de l'economia.</li></ul>				

Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.

- Emissions i costos de les emissions de gasos contaminants de vehicles lleugers i pesants.

Valor real	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cada vehicle té un consum de carburant diferent segons el tipus de combustible, la cilindrada, el pes i la velocitat a la que es circula. Per això, es fa servir un valor mitjà pels vehicles lleugers i un altre pels vehicles pesants segons la velocitat de circulació.</li><li>- Els costos per evitar les emissions dels gasos contaminants es poden obtenir dels valors recomanats per la Unió Europea.</li></ul>																																																																					
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<div><ul style="list-style-type: none"><li>- Els factors d'emissió de vehicles recomanats són:</li></ul><table><tr><td></td><td colspan="2">CO<sub>2</sub></td><td colspan="2">NO<sub>x</sub></td><td colspan="2">PM10</td></tr><tr><td>Velocitat</td><td>Lleugers</td><td>Pesants</td><td>Lleugers</td><td>Pesants</td><td>Lleugers</td><td>Pesants</td></tr><tr><td>&lt; 45 km/h</td><td>180,20</td><td>723,74</td><td>0,34</td><td>2,40</td><td>0,04</td><td>0,17</td></tr><tr><td>45 – 55 km/h</td><td>134,63</td><td>559,35</td><td>0,25</td><td>1,78</td><td>0,03</td><td>0,14</td></tr><tr><td>55 – 65 km/h</td><td>127,56</td><td>532,89</td><td>0,22</td><td>1,6</td><td>0,03</td><td>0,14</td></tr><tr><td>65 – 75 km/h</td><td>112,88</td><td>544,79</td><td>0,21</td><td>1,56</td><td>0,03</td><td>0,13</td></tr><tr><td>75 – 85 km/h</td><td>110,94</td><td>571,62</td><td>0,22</td><td>1,53</td><td>0,03</td><td>0,13</td></tr><tr><td>85 – 100 km/h</td><td>114,95</td><td>613,36</td><td>0,24</td><td>1,54</td><td>0,03</td><td>0,12</td></tr><tr><td>&gt;100 km/h</td><td>140,83</td><td>741,62</td><td>0,33</td><td>1,69</td><td>0,05</td><td>0,12</td></tr></table></div> <div><ul style="list-style-type: none"><li>- El cost per evitar les emissions d'aquests gasos al medi ambient són:</li></ul><table><tr><td>CO<sub>2</sub></td><td>28€/tona</td></tr><tr><td>NO<sub>x</sub></td><td>2.893€/tona</td></tr><tr><td>PM10</td><td>17.353€/tona</td></tr></table></div>		CO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>		PM10		Velocitat	Lleugers	Pesants	Lleugers	Pesants	Lleugers	Pesants	< 45 km/h	180,20	723,74	0,34	2,40	0,04	0,17	45 – 55 km/h	134,63	559,35	0,25	1,78	0,03	0,14	55 – 65 km/h	127,56	532,89	0,22	1,6	0,03	0,14	65 – 75 km/h	112,88	544,79	0,21	1,56	0,03	0,13	75 – 85 km/h	110,94	571,62	0,22	1,53	0,03	0,13	85 – 100 km/h	114,95	613,36	0,24	1,54	0,03	0,12	>100 km/h	140,83	741,62	0,33	1,69	0,05	0,12	CO <sub>2</sub>	28€/tona	NO <sub>x</sub>	2.893€/tona	PM10	17.353€/tona
	CO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>		PM10																																																																	
Velocitat	Lleugers	Pesants	Lleugers	Pesants	Lleugers	Pesants																																																																
< 45 km/h	180,20	723,74	0,34	2,40	0,04	0,17																																																																
45 – 55 km/h	134,63	559,35	0,25	1,78	0,03	0,14																																																																
55 – 65 km/h	127,56	532,89	0,22	1,6	0,03	0,14																																																																
65 – 75 km/h	112,88	544,79	0,21	1,56	0,03	0,13																																																																
75 – 85 km/h	110,94	571,62	0,22	1,53	0,03	0,13																																																																
85 – 100 km/h	114,95	613,36	0,24	1,54	0,03	0,12																																																																
>100 km/h	140,83	741,62	0,33	1,69	0,05	0,12																																																																
CO <sub>2</sub>	28€/tona																																																																					
NO <sub>x</sub>	2.893€/tona																																																																					
PM10	17.353€/tona																																																																					
Actualització	<ul style="list-style-type: none"><li>- Es podria considerar una reducció de les emissions.</li><li>- Els costos per evitar les emissions de gasos contaminants es poden actualitzar utilitzant el deflactor global de l'economia.</li></ul>																																																																					

Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.

- Costos simplificats de la contaminació de vehicles lleugers i pesants

Valor real	<ul style="list-style-type: none"><li>- Si s'estima la composició mitjana del parc de vehicles i la velocitat mitjana de circulació d'aquests, es troba un valor simplificat del cost de la contaminació de vehicles lleugers i pesants.</li></ul>					
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<ul style="list-style-type: none"><li>- El cost per evitar les emissions d'aquests gasos al medi ambient són:<table><tr><td>Vehicles lleugers</td><td>14,0€/1.000km</td></tr><tr><td>Vehicles pesants</td><td>43,8€/1.000km</td></tr></table></li></ul>		Vehicles lleugers	14,0€/1.000km	Vehicles pesants	43,8€/1.000km
Vehicles lleugers	14,0€/1.000km					
Vehicles pesants	43,8€/1.000km					
Actualització	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aquests valors es poden actualitzar utilitzant el deflactor global de l'economia, mentre no es disposi d'altres dades.</li></ul>					
Valor de l'indicador actualitzat pel 2013	<ul style="list-style-type: none"><li>- El cost per evitar les emissions d'aquests gasos al medi ambient són:<table><tr><td>Vehicles lleugers</td><td>14,1€/1.000km</td></tr><tr><td>Vehicles pesants</td><td>44,1€/1.000km</td></tr></table></li></ul>		Vehicles lleugers	14,1€/1.000km	Vehicles pesants	44,1€/1.000km
Vehicles lleugers	14,1€/1.000km					
Vehicles pesants	44,1€/1.000km					

Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.

- Consum del sòl

Valor real	- Es mesura el valor de les pèrdues ambientals anuals segons els diferents ecosistemes i tipus de sòl que es destrueixen.																
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<table><tr><td>Bosc</td><td>3.383€/ha</td></tr><tr><td>Prats</td><td>205€/ha</td></tr><tr><td>Conreus</td><td>1.981€/ha</td></tr><tr><td>Àrees humides</td><td>26.153€/ha</td></tr><tr><td>Aigües continentals</td><td>1.750€/ha</td></tr><tr><td>Bufer ambiental</td><td>7.738€/ha</td></tr><tr><td>Àrees verdes urbanes</td><td>4.888€/ha</td></tr><tr><td>Urbà/periurbà/cremat</td><td>0€/ha</td></tr></table> <p>* La mitjana ponderada segons la distribució de sòls de Catalunya és 2.983€/ha anuals</p>	Bosc	3.383€/ha	Prats	205€/ha	Conreus	1.981€/ha	Àrees humides	26.153€/ha	Aigües continentals	1.750€/ha	Bufer ambiental	7.738€/ha	Àrees verdes urbanes	4.888€/ha	Urbà/periurbà/cremat	0€/ha
Bosc	3.383€/ha																
Prats	205€/ha																
Conreus	1.981€/ha																
Àrees humides	26.153€/ha																
Aigües continentals	1.750€/ha																
Bufer ambiental	7.738€/ha																
Àrees verdes urbanes	4.888€/ha																
Urbà/periurbà/cremat	0€/ha																
Actualització	- Aquests valors es poden actualitzar utilitzant el deflactor global de l'economia, mentre no es disposi d'altres dades.																

Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.

- Impacte acústic

Valor real	- Cost que suposa reduir el soroll fins a un nivell acceptable. Si no es disposa del valor exacte es pot fer una estimació segons els següents valors.									
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<table><tr><td>Vehicle privat</td><td>4,54€/1.000vehicles-km</td></tr><tr><td>Autobús</td><td>10,20€/1.000vehicles-km</td></tr><tr><td>Camions mercaderies</td><td>16,32€/1.000vehicles-km</td></tr><tr><td>Furgonetes mercaderies</td><td>7,31€/1.000vehicles-km</td></tr></table>		Vehicle privat	4,54€/1.000vehicles-km	Autobús	10,20€/1.000vehicles-km	Camions mercaderies	16,32€/1.000vehicles-km	Furgonetes mercaderies	7,31€/1.000vehicles-km
Vehicle privat	4,54€/1.000vehicles-km									
Autobús	10,20€/1.000vehicles-km									
Camions mercaderies	16,32€/1.000vehicles-km									
Furgonetes mercaderies	7,31€/1.000vehicles-km									
Actualització	- Aquests valors es poden actualitzar utilitzant el deflactor global de l'economia, mentre no es disposi d'altres dades.									

Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.

## - Costos d'inversió

Valor real	<ul style="list-style-type: none"><li>- Xifra d'inversió que apareix al pressupost del projecte.</li><li>- En el cas de no existir pressupost, utilitzar el cost mitjà per km d'una infraestructura de característiques semblants.</li><li>- En el cas de no tenir dades més precises utilitzar els valors recomanats a continuació.</li></ul>
Valor de l'indicador recomanat pel 2010	<div><div><div><div><div></div><div>Actuació</div></div><div><div>Tipus de via</div><div></div></div><div><div>Calçada</div><div></div></div><div><div>Terreny pla</div><div></div></div><div><div>Terreny ondulat</div><div></div></div><div><div>Terreny muntanyós</div><div></div></div></div><div><div><div>Nova</div><div><div>Autopista</div><div></div></div><div><div>Via preferent</div><div><div>Doble</div><div>Única</div></div></div><div><div>Carretera convencional</div><div><div>Doble</div><div>Única</div></div></div></div><div><div><div>Condicionament</div><div><div>Carretera convencional</div><div>Via preferent</div></div><div><div>Única</div><div>Doble</div></div></div></div><div><div><div>Desdoblament</div><div><div>Autopista</div><div>Via preferent</div><div>Carretera convencional</div></div><div><div></div><div>Doble</div><div>Doble</div></div></div></div></div><div><div><div>3,00</div><div>3,75</div><div>4,50</div><div>2,50</div><div>3,13</div><div>3,75</div><div>2,00</div><div>2,40</div><div>2,80</div><div>1,50</div><div>1,80</div><div>2,10</div><div>1,00</div><div>1,15</div><div>1,30</div><div>0,60</div><div>0,69</div><div>0,78</div><div>1,20</div><div>1,44</div><div>1,68</div><div>1,50</div><div>1,88</div><div>2,25</div><div>2,25</div><div>2,81</div><div>3,38</div><div>1,88</div><div>2,34</div><div>2,81</div><div>1,13</div><div>1,35</div><div>1,58</div></div></div><div><ul style="list-style-type: none"><li>- Cost de construcció de via convencional en terreny pla i rural: 2M€/km</li><li>- Multiplicador del cost segons el terreny i l'actuació:</li></ul></div><div><ul style="list-style-type: none"><li>- Cost de les obres de fàbrica (per calçada): Viaductes 7M€/km i túnels 9M€/km</li><li>- Els costos anteriors corresponen a calçades de dos carrils. En el cas de tenir-ne tres o més caldrà fer servir un factor d'ajust tal que</li></ul><div><div>Factor d'ajust =</div><div><div><div>nombre de carrils per calçada</div><div>2</div></div></div></div></div></div></div>
Actualització	Segons el deflactor global de l'economia.

Font: Guia per l'avaluació de projectes de transport, Mcrit 2010.

## **Annex II. Metodologia de càlcul del Nivell de Servei i velocitats mitjanes de circulació per una carretera de dos carrils**

A continuació es descriurà la metodologia utilitzada per calcular els Nivells de Servei i les velocitats mitjanes de circulació pel cas en que tenim els carrils centrals de la C-58 bidireccionals. Per així, s'utilitzarà el procediment descrit pel Manual de Capacitat per carreteres de dos carrils ja que és el tipus de via que més s'assembla al nostre cas.

En primer lloc hem de tenir en compte que en aquest tipus de vies el Nivell de Servei depèn de la circulació en ambdós sentits ja que depenen l'un de l'altre. Així doncs, el Nivell de Servei s'estudia pel conjunt de la calçada.

En segon lloc cal considerar en quin tipus de via ens trobem ja que el Manual de Capacitat fa una distinció entre les carreteres de Classe I i les de Classe II. Defineix les carreteres de Classe I com aquelles que formen part de les xarxes primàries amb funció principal de mobilitat i en la que els conductors esperen viatjar a una velocitat relativament alta. En canvi, les carreteres de Classe II són aquelles que formen part de les xarxes locals amb funció principal d'accessibilitat i en la que els conductors no esperen viatjar necessàriament a una velocitat alta. Com es pot deduir, en el nostre cas es tracta d'una carretera de Classe I ja que els usuaris d'aquesta via esperen viatjar a velocitat alta i té una funció bàsica d'afavorir la mobilitat del corredor.

Així doncs, com es tracta d'una carretera de Classe I el Manual de Capacitat ens diu que per caracteritzar els Nivells de Servei de la via caldrà considerar la velocitat mitjana de recorregut i el percentatge de demora, que és el percentatge de temps que un vehicle circula a menys de 3 segons del vehicle que el precedeix.

A continuació es mostra una taula de correspondència entre aquests elements i el Nivell de Servei de la carretera (taula A.1).

**Taula A.1. Nivell de Servei segons el percentatge de demora i la velocitat mitjana de recorregut**

Nivell de Servei	Percentatge del temps de demora	Velocitat mitjana de recorregut (km/h)
A	$\leq 35$	$> 90$
B	$> 35 - 50$	$> 80 - 90$
C	$> 50 - 65$	$> 70 - 80$
D	$> 65 - 80$	$> 60 - 70$
E	$> 80$	$\leq 60$

Font: Manual de Capacitat

En primer lloc caldrà trobar el percentatge de demora de la via que es pot calcular segons la següent expressió A.1:

$$\%TD = 100 * (1 - e^{-0,000879 * IPE}) + f_{r/pa} \quad (A.1)$$

On

IPE és la Intensitat Punta Equivalent (veh/h)

$f_{r/pa}$  és el factor d'ajust per l'efecte del repartiment entre sentits i de les zones de prohibit avançar

La principal diferència entre aquest mètode i l'explicat al Capítol 5 per autopistes és que haurem de calcular dues IPE, una per obtenir el percentatge de demora i una altra per obtenir les velocitats mitjanes de recorregut.

La IPE es calcularà en ambdós casos mitjançant la següent fórmula A.2 però s'obtindran dos valors diferents per cada IPE que vulguem obtenir.

$$IPE = \frac{IH}{FHP * f_{vp} * f_t} \quad (A.2)$$

On

IH és la intensitat horària de cada franja (veh/h)

FHP és el Factor d'Hora Punta dels 15 minuts

$f_{vp}$  és el factor d'equivalència en vehicles lleugers

$f_t$  és el factor d'equivalència a terreny pla

El Factor d'Hora Punta dels 15 minuts s'obté de la mateixa manera que pel cas de les autopistes, utilitzant l'expressió 5.3, per ambdues IPE.

El factor d'equivalència en vehicles lleugers el podem calcular mitjançant la mateixa expressió que pel cas de les autopistes (expressió 5.4) però en aquest cas el valor de l'equivalent en vehicles lleugers (E) s'obté a partir de les intensitat per cada sentit de circulació i la intensitat per un sol carril, i a més a més del tipus de terreny. En el nostre



cas aquest factor prendrà el valor d'1,1 per obtenir la velocitat mitjana de recorregut i d'1,0 pel percentatge de temps de demora.

Pel que fa al factor d'ajust pel tipus de terreny trobem que per ambdós casos prendrà el valor d'1,0.

Una vegada tenim aquests valor ja podem calcular la IPE que ens donarà el percentatge del temps de demora. Encara ens quedarà obtenir el factor d'ajust que depèn del repartiment de carrils i les zones de prohibit avançar. Aquest factor està determinat per una taula de doble entrada al Manual de Capacitat i que no es detallarà ja que és molt extensa. En el nostre cas el repartiment entre sentits caldrà calcular-lo a partir de les intensitats de circulació horàries estimades i es suposa que no hi ha zones on està permès l'avançament en els 6,7km de recorregut ja que seria perillós.

Així doncs, ja estarem en condicions de calcular el percentatge del temps de demora per cada franja horària.

La velocitat mitjana de recorregut es pot obtenir mitjançant la següent expressió A.3:

$$VM = VL - 0,0125 * IPE - f_{pa} \quad (A.3)$$

On

VL és la velocitat lliure (km/h)

IPE és la Intensitat Punta Equivalent (veh/h)

$f_{pa}$  és el factor d'ajust per efecte de les zones de prohibit avançar

En aquest tipus de vies la velocitat lliure de circulació s'obté com:

$$VL = VLB - f_{ls} - f_a \quad (A.3)$$

On

VLB és la velocitat lliure bàsica (km/h)

$f_{ls}$  és el factor d'ajust per amplada del carril i voral

$f_a$  és el factor d'ajust pel nombre d'accessos

La velocitat lliure bàsica es prendrà com a 90 km/h ja que trobem un tram de la nova infraestructura on la circulació està restringida a 100 km/h mentre que un altre està restringida a 80 km/h.

El factor d'ajust per amplada de carril i voral reduirà la velocitat lliure en 2,8 km/h ja que l'amplada del carril és de 3,5 metres i la del voral 1,5 metres.

El factor d'ajust pel nombre d'accessos no redueix la velocitat lliure ja que no hi ha cap accés en tot el recorregut de la infraestructura, només a l'inici i al final.

La IPE es calcularà tal com s'ha indicat anteriorment tenint en compte els factors trobats per la velocitat mitjana de circulació.

Pel que fa al factor d'ajust per l'efecte de les zones de prohibit avançar també caldrà trobar-lo mitjançant un quadre de doble entrada que apareix al Manual de Capacitat però que no s'explicitarà en aquest text degut a la seva extensió.

Una vegada tenim el percentatge del temps de demora i la velocitat mitjana de recorregut ja podrem calcular els Nivells de Servei per cada franja horària que s'han detallat al Capítol 7 on es fa l'anàlisi de funcionament de tenir els carrils centrals bidireccionals.

La velocitat mitjana de recorregut també ens proporcionarà el temps mitjà que triga un vehicle a recórrer els 6,7 km i que ens permetrà obtenir el temps de més que els vehicles circulen en congestió per la via.

