



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

Solucions per la implementació de l'Eurovinyeta a Catalunya. Sistema de classificació ORT

Treball realitzat per:

Joan Alavedra i Mas

Dirigit per:

Sr. Àlvar Garola Crespo

Grau en:

Enginyeria Civil

Barcelona, 23 de setembre de 2016

Departament d'Infraestructura, Transport i Territori

TREBALL FINAL DE GRAU

Títol: Solucions per la implementació de l'Eurovinyeta a Catalunya. Sistema de classificació
ORT

Autor: Joan Alavedra i Mas

Tutor: Sr. Àlvar Garola Crespo

Paraules clau: Eurovinyeta, Vies d'alta capacitat, Tarificació, Open Road Tolling, rendibilitat

RESUM

La tarificació de Vies d'Alta Capacitat (VAC) a Europa és una tendència a l'alça, que es regula i s'orienta a través de la Directiva Europea del Transport i l'*European Electronic Toll Service* (EETS), la qual promou polítiques de cobrament electrònic comuns amb la voluntat d'unificar esforços. Les directives més recents recomanen incloure les externalitats en el càlcul de les tarifes i una tarificació basada en la distància recorreguda.

Tindre un sistema de tarificació actualitzat fa necessari disposar d'una tecnologia d'identificació i control, l'*Open Road Tolling* (ORT) o anomenat de manera comuna *free-flow* permet a qualsevol tipus de vehicle pagar per a l'ús d'una xarxa viària, sense la necessitat de desaccelerar ni aturar-se. Aquest mètode comporta una sèrie d'avantatges enfront a l'actual sistema de cobrament, d'entre ells milloren els temps de viatge reduint costos de congestió, i permeten un control de gestió i d'execució molt més automatitzat.

Per a gaudir d'aquests beneficis, en la tesina s'opta per utilitzar una tecnologia àmpliament consolidada. El *Dedicated Short-Range Communications* (DSRC), (també conegut Espanya com a "Via-T", a Portugal com a "Via Verde" o a Itàlia com a "Autostrade"), és un sistema de reconeixement de vehicles que utilitza una *On-Board Unit* (OBU), "tele-tag". A aquesta se l'hi incorporaria una altra tecnologia anomenada *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) per a l'execució (*enforcement*) i identificació de vehicles que no disposin d'OBU.

En primer lloc, per calcular una tarifa per a Catalunya és convenient contextualitzar-la amb la d'altres països europeus i avaluar-ne el sistema de tarificació aplicat, cercant similituds i àmbits de millora en les respectives gestions. S'utilitzaran paràmetres bàsics de l'economia del país, així com dades sobre les seves vies tarifcades, per tal de que siguin útils per a una posterior comparació amb les dades catalanes.

En segon lloc es realitzarà l'anàlisi dels costos de les VAC usant la "Guia d'avaluació de projectes de transport" del Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Catalunya i de la guia del "Sistema d'avaluació d'inversions en transport" del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya. A tal efecte es tindran en compte les seves externalitats (costos d'accidents i costos ambientals) i els costos d'infraestructura (costos de manteniment, costos de construcció, costos de gestió i costos d'implementació).

A partir d'un escenari inicial és realitza un anàlisi de sensibilitat dels paràmetres per veure i entendre com afecten les variables al model de tarificació i la seva incidència en el preu per quilòmetre dels vehicles lleugers i pesants.

Al resultat dels anàlisi de sensibilitat anteriors s'afegeixen les consideracions finals sobre el transvasament de fluxos d'usuaris entre vies tarifcades i no tarifcades i els drets adquirits de les vies concessionades. La tarificació permet finançar el manteniment de la xarxa de carreteres i crear un fons d'inversió en projectes vinculats al transport, a més a més de promoure un justa distribució de costos entre usuaris a fi efecte d'obtenir una millora en la gestió de la demanda.

Title: Solutions for the introduction of the Eurovignette in Catalonia. ORT classification system

Author: Joan Alavedra Mas

Tutor: Sr. Àlvar Garola Crespo

Keywords: Eurovignette, High capacity roads, Pricing, Open road tolling, profitability

ABSTRACT

The monetization of high capacity routes (HCR) in Europe is an upward trend, which is regulated and oriented by the European Transport Directive and the European Electronic Toll Service (TSEs), which promote common electronic payment policies with the aim of unifying efforts. The latest guidelines recommend the inclusion of externalities in the computation of tariffs and a pricing based on the distance traveled.

In order to have an updated system, identification and control technologies are needed. The Open Road Tolling (ORT) or so called free-flow enables any vehicle to pay for the use of a road network, without the need to slow down or stop. This method involves a series of advantages over the current payment system, among them, the improvement of the travel time by reducing congestion costs and allowing a much more automated management control and execution. In order to take advantage of these benefits, a widely established technology has been chosen. The Dedicated Short-Range Communications (DSRC) (also known in Spain as "Via-T" in Portugal as "Via Verde" or in Italy as "Autostrade") is a vehicle based recognition system which uses an On -Board Unit (OBU), "tele-tag". It also incorporates a technology called Automatic Number Plate Recognition (ANPR) in order to reinforce the recognition of those vehicles that do not have OBU.

First of all, in order to calculate the pricing it is convenient to contextualize and compare between other European countries and evaluate the pricing system applied in each one, looking for similarities and improvements in their own management systems. Basic economic parameters are used, as well as data on its pricing routes in order to be used for later comparisons with the Catalan data.

Secondly, for carrying out analyzes of the HCR costs it is required to use the "Guia d'avaluació de projectes de transport" from the Civil Engineering school of Catalonia and the manual of "Sistema d'avaluació d'inversions en transport" from the Department of Territory and Sustainability of the Generalitat of Catalonia. It is required to take into account the social costs (environmental costs and accident costs) as well as infrastructural costs (maintenance costs, construction costs, management costs and implementation costs).

After pricing and costs obtained in the previous stage, next step is the parametric sensitivity analysis. Seeing and understanding how variables affect the pricing model and its impact on the price per kilometer on the light and heavy vehicles is mandatory.

From the obtained results of the sensitivity analysis there are added final considerations on the user's flow exchange between pricing applied on roads and non-applied. Furthermore it is also explained the acquired rights of toll companies. Pricing roads help financing the maintenance of the road network and to create a fund to invest in transport projects, as well as promoting a fair distribution of costs among the users with the will to improve in the management of the demand.

AGRAÏMENTS

A l'Àlvar per als seus consells i ajuda rebuda durant el període de desenvolupament.

A la família i amics, per el seu recolzament i paciència en aquest trajecte universitari.

A la Laura, per donar-me ànims incondicionalment.

INDEX

Introducció	1
Estat d'art de l'Eurovinyeta	2
Antecedents i normativa actual	3
Paràmetres del sistema tarifari	5
Objectius de la tarificació per ús	5
Tarificació vial	7
Aspectes rellevants de la tarificació vial	7
Costos d'infraestructura	9
Costos socials o externalitats	9
Costos ambientals	10
Costos d'accidentalitat	11
Peatge Electrònic Europeu	12
Tecnologies EETS	12
Dedicated short-range communication (DSRC)	16
Rendiment	16
DSRC en multicarril free-flow	16
precisió i protecció de dades.....	17
cicle de vida i costos d'avaluació	18
Interoperabilitat i capacitat d'adaptació a EETS	18
Anàlisi SWOT	19
Automatic Number Plate Recognition (ANPR)	20
Evidències.....	20
Rendiment	20
Precisió i protecció de dades.....	21
Cicle de vida i costos d'avaluació	22
Interoperabilitat i capacitat d'adaptació a EETS	22
Anàlisi SWOT	22
Estat de tarificació vial en diferents països Europeus	25
Esquema tarifaria de la xarxa de carreteres d'Europa	27
Introducció d'anàlisi de la tarificació vial	28
Austria	30
Sistema de tarificació	30
Balanç de la tarificació vial	31
Eslovàquia	33
Sistema de tarificació	33
Balanç de la tarificació vial	35
Hongria	37
Sistema de tarificació	37
Balanç de la tarificació vial	38

Portugal.....	40
Sistema de tarificació	40
Balanç de la tarificació vial	41
Catalunya	44
Sistema de tarificació	44
Tarificació vehicles	45
Comparativa de les variables	46
km VAC/ m .M € PIB PPA.....	49
10 M veh-km/m. M € PIB PPA	49
km VAC/10 M habitants	49
M € IIEE /M € PIB PPA	50
M € IIEE/ 10 m veh-km	50
10M veh-km/km VAC	51
M T-km/km VAC	51
Avaluació socioeconòmica de la xarxa de vies d'alta capacitat a catalunya	56
Introducció	56
Anàlisi de guies cot-benefici existents.....	57
Anàlisi Cost-Benefici (ACB) de les vies d'alta capacitat	62
Descripció de la xarxa	63
Consideracions prèvies.....	67
Legislació sobre la tarificació.....	67
Les instal·lacions existents	68
Usuaris ocasionals	68
Costos de gestió	68
Temps d'implementació.....	69
Costos d'infraestructura	70
Costos de manteniment.....	70
Costos de construcció	78
Costos d'implementació i gestió	82
Externalitats o costos socials	84
Cost d'accidentalitat.....	84
Cost del canvi climàtic.....	86
Cost de la pol·lució	86
Anàlisi de resultats.....	88
Anàlisi de sensibilitat.....	94
Escenari 1	95
Escenari 2	97
Escenari 3	99
Escenari 4	101
Consideracions finals.....	103
Canvis de fluxos degut a la tarificació	103
Drets adquirits les vies concessionades.....	105

Conclusions	107
Bibliografia.....	109
Fonts de dades i llocs webs consultats	111
Anexos	

INDEX DE FIGURES

Figura 1. Estructura de peatge. Font: Xarxa Penedès	4
Figura 2. Representació de la taxa Pigou. Font:	10
Figura 3. Capacitat de la carretera depenent de la tecnologia DSRC aplicada. font: villalonga i dancso, 2010.....	17
Figura 4. Funcionament del dsrc i l'anpr. font: cerny, 2008	17
Figura 5. Funcionament de l'ANPR. Font: Traffic infratech, 2013.....	20
Figura 6. Tecnologia recomanada en funció del vehicle i la via tarificada. Font: (Nielsen, 2015).....	24
Figura 7. Tarificació de vehicles pesants a la UE. Font: European Comission 2012	25
Figura 8. Tarificació de vehicles lleugers a la UE. Font: European Comission (2012).....	26
Figura 9. Tarificació vial a nivell Europeu. Font: Fundació CETMO (2015)	28
Figura 10. Ingressos derivats de la tarificació vial. Font: Informe Asfinag, 2015	32
Figura 11. Balanç anual de la concessionària austríaca. Font: Informe Asfinag, 2015	32
Figura 12. Vies tarificades per a vehicles lleugers. Font: NDS, 2015.....	33
Figura 13. Evolució de la xarxa tarificada per a vehicles pesants. Font: Fundació META, 2015.....	34
Figura 14. Evolució del benefici de les xarxes d'alta capacitat. Font: Estradas de Portugal, 2014.....	42
Figura 15. Costos d'operació per trams. Font: Fundació CETMO, 2013.....	43
Figura 16. Vies d'alta capacitat (VAC) a Catalunya. Font: VIACAT, 2016.....	44
Figura 17. Comparació de la taxa EURO a vehicles pesants. Font: Impacte econòmic de la implantació de l'Eurovinyeta als països perifèrics de la Unió Europea (Marc Solsona)	47
Figura 18. Indicadors segons PIB PPA de cada país. Font: Producció pròpia.....	49
Figura 19. Indicadors segons la longitud de les VAC de cada país. Font: Elaboració pròpia	50
Figura 20. Coeficient entre impostos especials i el PIB PPA de cada país. Font: Elaboració pròpia	52
Figura 21. Coeficient entre costos d'operació i ingressos totals de cada país. Font: Elaboració pròpia	52

Figura 22. Recaptació de les vies tarifcades entre els quilòmetres tarifcats. Font: Elaboració pròpia.....	53
Figura 23. Recaptació per ús (€/km). Font: IFT	54
Figura 24. Recaptació per temps (€/any). Font: IFT	54
Figura 25. Ingressos de peatges explícits del 2010 al 2014. Font: <i>Informe 2014 sobre el sector de autopistas de peaje en España</i> (Ministeri de Foment).....	66
Figura 26. Costos d'explotació entre el 2010 al 2014. Font: Informe 2014 sobre el sector de autopistas de peaje en España (Ministeri de Foment)	67
Figura 27. Costos del manteniment ordinari i extraordinari. Font: <i>Avaluació del cost de rescat de les concessions de les autopistes i vies en règim de peatge de la Generalitat de Catalunya, 2012</i>	70
Figura 28. Taula de costos de manteniment per quilometratge. Font: SAIT, 2014.....	72
Figura 29. Xarxa viaria d'alta capacitat a Europa. Font: European Road Federation, 2012	74
Figura 30. Cost de manteniment de la xarxa viaria completa. Font: ITF	75
Figura 31. Cost de manteniment de la xarxa viaria d'alta capacitat. Font: ITF	75
Figura 32. Inversió en carreteres per administracions (m€ i %PIB). Font: RACC, 2012.....	78
Figura 33. Cost de construcció de la xarxa viaria completa. Font: ITF	80
Figura 34. Cost de construcció de les vies d'alta capacitat catalanes. Font: Elaboració pròpia.....	81
Figura 35. Components del cost extern total. Font: (Cañadas, <i>Costes de operación del tráfico en la carretera, 2007</i>)	84
Figura 36. Desglossament percentual del vehicles lleuger. Font: Elaboració pròpia.....	90
Figura 37. Desglossament percentual del vehicle pesant. Font: Elaboració pròpia.....	91
Figura 38. Evolució dels costos per vehicles lleugers. Font: Elaboració pròpia	93
Figura 39. Evolució dels costos per vehicles pesants. Font: Elaboració pròpia.....	93
Figura 40. Tarificació de vehicles lleugers segons l'accidentalitat. Font: Elaboració pròpia	95
Figura 41. Tarificació de vehicles pesants segons l'accidentalitat. Font: Elaboració pròpia	96
Figura 42. Tarificació de vehicles lleugers segons contaminació. Font: Elaboració pròpia.	97
Figura 43. Tarificació de vehicles pesants segons contaminació. Font: Elaboració pròpia.	98

Figura 44. Tarificació de vehicles lleugers segons inversió en construcció. Font: Elaboració pròpia.....	99
Figura 45. Tarificació de vehicles pesants segons inversió en construcció. Font: Elaboració pròpia.....	100
Figura 46. Tarificació de vehicles lleugers segons costos de gestió i implementació. Font: Elaboració pròpia.....	102
Figura 47. Tarificació de vehicles lleugers segons costos de gestió i implementació. Font: Elaboració pròpia.....	102
Figura 48. Vies no concessionades paral·leles a peatges explícits. FONT: RACC, 2015.....	103
Figura 49. Vies en règim de concessió. Font: Departament de Territori i Sostenibilitat, 2015.....	105

INDEX DE TAULES

Taula 1. Tarificació segons viabilitat. Font: (Independent Transport Commission , 2013) ..	8
Taula 2. Resum de les tecnologies per la tarificació. Font: Elaboració pròpia	15
Taula 3. Anàlisi SWOT de la tecnologia DSRC. Font: (The European Electronic Toll Service (EETS), 2011).....	19
Taula 4. Anàlisi SWOT de la tecnologia ANPR. Font: (The European Electronic Toll Service (EETS), 2011).....	23
Taula 5. Esquema tarifari europeu 2016. Font: Producció pròpia	27
Taula 6. Titularitat de la xarxa viària catalana. Font: VIACAT 2014.....	63
Taula 7. Vies d'alta capacitat. Font: VIACAT, 2014	63
Taula 8. Tipologia de les vies d'alta capacitat. Font: VIACAT, 2014.....	64
Taula 9. Distribució del peatge explícit. Font: VIACAT, 2014.....	64
Taula 10. Distribució del peatge a l'ombra. Font: VIACAT, 2014.....	64
Taula 11. Intensitat de circulació mitjana diària (vehicle/dia). Font: VIACAT, 2014.....	65
Taula 12. Intensitat de circulació anual (vehicles-km en milions). Font: VIACAT, 2014.....	65
Taula 13. Intensitat de circulació anual (vehicles-km en milions). Font: Elaboració pròpia	65
Taula 14. Balanç resumit dels peatges explícits. Font: VIACAT, 2013	65
Taula 15. Balanç resumit dels peatges a l'ombra. Font: VIACAT, 2013.....	66
Taula 16. Inversió i amortització dels peatges explícits. Font: Informe 2014 sobre el sector de autopistes de peaje en España (Ministeri de Foment)	71
Taula 17. Cost anual del manteniment segons criteri de la Guia de Camins. Font: Elaboració pròpia.....	72
Taula 18. Costos de manteniment segons SAIT. Font: Elaboració pròpia.....	73
Taula 19. Descripció de països europeus. Font: EUROSTAT.....	73
Taula 20. Ratis d'inversió en manteniment dels països europeus (% sobre PIB). Font: ITF	76
Taula 21. Cost del manteniment de les vies d'alta capacitat catalanes. Font: Elaboració pròpia.....	77
Taula 22. Resultats finals dels 3 mètodes. Font: Elaboració pròpia	77

Taula 23. Ratis d'inversió en construcció dels països europeus (% sobre PIB). Font: Elaboració pròpia.....	79
Taula 24. Construcció anual basada amb la progressió històrica 2006-2009. Font: Elaboració pròpia.....	81
Taula 25. Països i els costos operatius del sistema de tarificació. Font: CETMO, 2015.....	82
Taula 26. Risc accidentalitat en carreteres. font: guia per a l'avaluació de projectes de transport (2010).....	85
Taula 27. Cost unitari per tipologia d'accidents. Font: SAIT, 2014.....	85
Taula 28. Cost marginal del canvi climàtic en €/ct/veh-km. Font: SAIT, 2014.....	86
Taula 29. Costos del canvi climàtic (€). Font: Elaboració pròpia.....	86
Taula 30. Cost marginal de la pol·lució en €/ct/veh-km. Font: SAIT, 2014.....	87
Taula 31. Cost de la pol·lució. Font: Elaboració pròpia.....	87
Taula 32. Tarifes del 2014 en els peatges de la generalitat i l'estat. Font: VIACAT, 2013....	88
Taula 33. Resum de costos, tarificació per ús i per any. Font: Elaboració pròpia.....	89
Taula 34. Desglossament percentual per tipus de cost. Font: Elaboració pròpia.....	90
Taula 35. Desglossament €/veh-km per tipus de cost. Font: Elaboració pròpia.....	92
Taula 36. Tarificació per ús amb un 20% de costos de gestió i un cost d'implementació major. Font: Elaboració pròpia.....	101

INTRODUCCIÓ

Aquesta tesina té la intenció d'introduir la tarificació d'ús a les Vies d'Alta Capacitat (VAC) a Catalunya, a partir de les similituds i experiències d'altres països europeus i dels manuals referents en l'avaluació de costos en les infraestructures del transport. A més també vol servir d'ajuda a la presa de decisions per qualsevol agent que hagi d'aplicar polítiques de mobilitat.

Per tot això, en primer lloc s'ha realitzat un estat d'art de l'Eurovinyeta i s'han plantejat els fonaments de la tarificació per ús de les carreteres, on se'n descriuen els paràmetres que defineixen el sistema de tarificació vial així com el objectius que persegueix. Tot seguit s'ha descrit els costos socials rellevants derivats dels transport en carretera, els efectes que provoca la tarificació vial sobre el territori i per últim és descriuen les tecnologies existents per la implementació d'un sistema de tarificació per ús. Tota aquesta informació situarà el context amb el qual es vol treballar i demostrarà la importància de la tarificació teòrica per a les administracions i la societat que la sustenta.

Després s'ha realitzat una avaluació del estat tarifari en altres països europeus: Àustria, Eslovàquia, Hongria i Portugal, tenen un dimensionament econòmic i social similar a part d'una xarxa de carreteres que en permet comparar-los per igual. Amb l'objectiu de cercar similituds i àmbits de millora en les respectives gestions, s'afegiran les magnituds macroeconòmiques i de la xarxa de carreteres catalana.

Finalment, en base a les Directives Europees, es planteja un model de tarificació viària per Catalunya usant manuals d'avaluació del cost-benefici (ACB) en les infraestructures del transport. Tot i que la xarxa catalana de carreteres és molt heterogènia, ja que esta conformada per diferents tipologies de vies i règims de concessió i no concessió, s'estimaràn les tarifes assumint la no concessió de carreteres en tot el territori i una intensitat de circulació anual en totes les VAC

Per entendre el comportament del model tarifari es realitzarà un anàlisi de sensibilitat sobre aquelles variables amb més pes a la tarifa, és a dir, els costos d'accidentalitat, els costos de contaminació i els costos d'infraestructura. Aquest últim serà modificat amb la intensió de donar cobertura a un fons d'inversió per a temes relacionats amb el transport.

Basant la tarificació en la directiva més recent, la Directiva Europea 2011/76/CE, els objectius d'aquesta tesina són tres: Internalitzar per part dels usuaris els costos socials produïts per el transport en carretera, actualitzar la base tecnològica amb la implementació d'un sistema de *free-flow* i finançar les infraestructures a través de la tarifa.

ESTAT D'ART DE L'EUROVINYETA

L'*Eurovignette* o com aquí més es coneix, Eurovinyeta, sorgeix de la necessitat de països centreeuropeus, com Àustria o Suïssa que davant la situació estratègica i el seu elevat trànsit de mercaderies, decideixen instaurar un impost per gravar als vehicles que circulin per les seves carreteres. D'aquesta manera la taxa cobreix bona part del manteniment d'infraestructures i costos de construcció de noves vies.

La Directiva 1993/89/CE de la Comissió Europea va introduir el concepte de l'Eurovinyeta, un element identificatiu, a través del qual plantejava la necessitat de fiscalitzar els vehicles de mercaderies i industrials (pesants), i proposava una tarifa en conceptes d'ús d'infraestructura.

El funcionament era ben senzill, els usuaris dels països promotors enganxen la vinyeta al vidre del vehicle. D'aquesta manera es podien distingir els vehicles pesants que havien pagat la vinyeta dels que no. La validesa era temporal i podia variar de dies, setmanes o fins a un any. Avui en dia, aquesta Directiva a evolucionat i en la totalitat els vehicles pesants són tarificats basats en el quilometratge que fan i no en el temps.

No obstant, són molts els països que han decidit tarificar el vehicles lleugers usant vinyetes temporals, ja sigui en format electrònic o a través d'una vinyeta física.

ANTECEDENTS I NORMATIVA ACTUAL

A principis del 1971 la Comissió Europea, seguint instruccions del Parlament Europeu, va establir una política de tarificació d'infraestructures amb la intenció de que cada mode de transport assumís tots els costos econòmics i socials que origina el desenvolupament de la seva activitat. A partir de llavors es van anar publicant una sèrie de documents englobats en els anomenats Llibres Blancs¹ i Llibres Verds².

- El primer en publicar-se en l'àmbit d'infraestructures terrestres va ser el *Futur de la política comú de transports (1992)*, on s'assenyalava a l'usuari com a principal causant dels desequilibris modals i ineficients del transport per no assumir la totalitat del costos que generaven.
- El 1995 es publica un Llibre Verd en el que s'avança cap a una tarificació més equitativa i eficaç del transport.
- L'any 1998 es publica un segon Llibre Blanc anomenat: *Tarifes justes per l'ús d'infraestructures*. En aquest es planteja l'estratègia gradual per un marc comú de tarificació del transport en la UE. L'aplicació dels principis de tarificació d'infraestructures comporta problemes de llibertat de circulació i la reintroducció de barreres internes, tot i això segons la comissió, en competència nacional la fixació dels preus per a les infraestructures viàries.
- Finalment el 2001, és pública el tercer Llibre Blanc, *La política del transport de cara al 2010: L'hora de la veritat*. Es relata la necessitat de tarificar les infraestructures de transport integrant costos de congestió i d'impacte ambiental per ús i divergeix dels sistemes de tarificació tradicionals dissenyats per finançar la infraestructura.³

Els diferents règims de finançament a l'Estat té com a conseqüència el falsejament de la competència en el transport comercial. La conclusió que s'extreu del Llibre Blanc és la necessària homogeneïtzació de la xarxa de carreteres per evitar una falta de competitivitat o d'unitat de mercat, d'on deriva la discussió per igualar el sistema de finançament.

Paral·lelament a les publicacions de la Comissió Europea sobre la política de tarificació per ús, la publicació de la primera Directiva Europea de l'Eurovinyeta data del 1993.

- Directiva 1993/89/CE on es planteja la necessitat de començar a gravar vehicles industrials de més de 12 tones dedicats al transport de mercaderies.
- La Directiva 1999/62/CE, determina l'aplicació de taxes a vehicles pesats de transport de mercaderies per la utilització de certes infraestructures.
- La Directiva 2006/103/CE, es modificada en l'àmbit de política de transport degut a l'adhesió de Bulgària i Romania a l'UE. No especifica un mètode per quantificar els costos externs.

¹ Llibres Blancs són documents que contenen propostes d'acció de la UE en un camp específic.

² Llibres Verds són documents els quals el seu objectiu és el d'iniciar un procés de consultes a escala europea.

³ Tota la tesina està basada en la tarificació per ús doncs és la recomanada per la Comissió Europea.

- La Directiva 2011/76/UE, aplicació de la taxa per costos externs, que es suma a la taxa d'infraestructura, va en funció de la categoria EURO i es recolza en els arguments publicats al Llibre Blanc de l'any 2011.

La directiva de l'Eurovinyeta afirma que per un correcte desenvolupament d'una política de transport més sostenible, els preus del sector han de reflectir amb major fidelitat els costos de contaminació atmosfèrica, acústica i lumínica provocada pel trànsit, la congestió i el canvi climàtic; per això, proposa gravar majors impostos per qui més contamina i a l'inrevés. No obstant això, les condicions d'aplicació han de ser conformes al Tractat de Funcionament de la Unió Europea, en el qual prohibeix qualsevol tracte discriminatori al trànsit internacional per evitar una distorsió de la competitivitat.



Figura 1. Estructura de peatge. Font: Xarxa Penedès

PARÀMETRES DEL SISTEMA TARIFARI

A fi i efecte d'una optimització de la tarifa s'identificaran els elements que intervenen en el sistema viaria combinant-los per poder obtenir l'objectiu marcat. Aquests paràmetres són els següents:

- Depenent de la tipologia de la via.
Es pot aplicar una tarifa a tota la xarxa de carreteres, les autopistes, les autovies i vies preferents de doble calçada, vies desdoblades, vies preferents, nacionals, regionals, etc.
- Depenent del vehicle.
Es pot aplicar una tarifa a tots els vehicles en la seva totalitat, només als vehicles lleugers o bé només els pesants (a partir de 3,5 t, 7,5 t o 12 t).
- Depenent de la tipologia de taxa.
Existeixen tarifes basades en el quilometratge realitzat o tarifes basades en la temporalitat.
- Depenent de la tecnologia aplicada.
Existeixen diverses metodologies per duu a terme un control de pagament i accés a la infraestructura: clàssica vinyeta, reconeixement per ones de radiofreqüència (DSRC), geo-posició a través del GNSS, càmeres de reconeixement de matrícules (ANPR), etc.
- Depenent del gestor.
La gestió d'una infraestructura pot realitzar-la tan una empresa públic, mitjançant una associació públic-privada (PPP), o a través d'una concessió de vies a una empresa privada.

OBJECTIUS DE LA TARIFICACIÓ PER ÚS

La tarificació vial té com a objectiu final la millora de la qualitat de vida dels individus i cerca d'una major equitat en la imputació dels costos del transport per carretera. Els efectes es descriuen a continuació:

- Reduir l'impacte mediambiental del transport de mercaderies per carretera, per exemple reduint les emissions de gasos i partícules contaminants. La decisió dels usuaris estarà influenciada per una millor imputació dels costos reals d'aquest mode de transport. Això comportarà uns beneficis en eficiència doncs els vehicles que més contaminin i desgastin la infraestructura hauran de pagar més. També promou una renovació del parc automobilístic cap a vehicles menys contaminants
- Millorar l'eficiència i racionalitzar el transport per carretera de manera que es produeixi una regulació de la demanda, que evolucioni cap a una situació més eficient, per exemple reduint el numero de viatges sense mercaderies y augmentant la càrrega transportada, millorar el trànsit entre diferents franges horàries, etc.
- Alliberar recursos per finançar noves infraestructures necessàries per l'aplicació d'una política del transport sostenible. A més a més de permetre generar una fons estable de recursos per el finançament d'infraestructures de carreteres o

projectes de transport sense haver de comprometre partides pressupostaries de les administracions públiques.

- Cobrir els costos de les externalitats generades per el transport de carretera com la contaminació atmosfèrica, acústica, accidents o congestió. Amb això s'aconseguirà disminuir els trajectes, els quals els costos socials siguin superiors als beneficis generats.
- Traslladar als usuaris (també als estrangers) els costos d'infraestructura, enlloc de finançar les vies a través dels impostos de tots els ciutadans encara que alguns d'aquests no en facin cap ús. Aquest benefici aporta equitat, de manera que s'assigna el cost d'infraestructura a aquells que se'n beneficien.

TARIFICACIÓ VIAL

Els models de finançament d'infraestructures així com les posteriors tasques de manteniment comporten enes despeses que són ineludible per a la societat. És per això, que una adequada tarificació de les seves infraestructures com poden ser carreteres ja siguin de peatge explícit, de peatge a l'ombra o de vies no concessionades sempre han sigut motiu de discussió; tant per aquells usuaris que estan a favor de que l'administració en pagui els costos o bé aquells usuaris que són partidaris d'un pagament per ús.

La discussió podria ésser eterna, però, ja des de temps més llunyans el concepte de pagament a conviscut en diferents societats, els Romans per exemple, usaven un peatge no per sufragar costos de manteniment sinó com a taxa comercial, per als béns que transportaven els comerciants. Les infraestructures eren finançades pel poble que es volia beneficiar del trànsit generat gràcies a la via romana construïda. A l'Edat Mitjana eren les regions feudals, que rebien els tributs del poble per a ser defensats i poder duu a terme activitat econòmica i comercial en el territori.

Arribats a la segona meitat del segle XVIII, amb Adam Smith com a precursor de les idees lliberals que influenciaven en part a les institucions de l'època, aquests pagaments van començar a associar-se a un concepte més econòmic i van convertir-se en un instrument per finançar la conservació i explotació de les obres públiques. Aquesta transformació de caràcter conceptual dóna resposta al que entem avui en dia per peatge. Una taxa que han de pagar els usuaris per fer un ús de la infraestructura en concepte de despeses d'utilització i manteniment.

Enfront aquest repte, a mesura que el trànsit internacional de mercaderies de països com Suïssa o Àustria va anar augmentant, l'entrada en escena d'una taxa que reduís despeses d'infraestructura va ser un punt d'inflexió en la política de tarificació de la Unió Europea, la qual, a partir del pensament de què cada mode de transport ha de finançar-se per ell mateix, fomenta la competitivitat com la base d'optimització de moltes operacions de transport. La raó, un desgast exponencial de la xarxa de carreteres acaba resultant en partides pressupostaries molt elevades, forçant a països amb un alt trànsit de vehicles estranger a finançar constantment les seves infraestructures malmeses.

ASPECTES RELLEVANTS DE LA TARIFICACIÓ VIAL

La correcta tarificació vial obra la porta a la gestió de la demanda de transport. Un concepte que va lligat amb la distribució de l'espai vial (com a recurs finit), la prioritització de modes de transport públics o d'alta capacitat i la restricció d'accessos a certes zones o vies en determinades hores o dies. Tot i això, les mesures esmentades molts cops resulten insuficients per a la regulació de l'oferta i el nivell de servei.

L'ús d'incentius de preus pot ajudar a racionalitzar la capacitat de la xarxa, considerant que totes les etapes són monitoritzaries (l'elecció del modo de transport, elecció de la ruta, el destí, etc.) i que la fixació de preus pot donar lloc a un *re-routing* mitjançant la incorporació del cost marginal social en el transport privat.

Aquest quantia ha de se proporcional al cost monetari del temps de viatge addicional imposada per un conductor als altres conductors així com els costos de contaminació o accidents.

El plantejament d'aquest treball parteix de la premissa d'una xarxa viària catalana sense peatges, amb una circulació lliure entre autopistes, autovies i altres vies d'alta capacitat.

Amb aquesta hipòtesi es pretén fer una diferenciació entre els objectius que persegueix la tarificació vial d'un peatge (finalitats econòmiques) i la tarificació per ús (finalitats de gestió de demanda); tal i com mostra la taula a continuació:

Tarificació amb finalitat econòmica	Tarificació amb finalitat de gestió de demanda
Generació de fons	Reducció de períodes puntes de trànsit
Maximització dels ingressos i recuperació dels costos específics	Estratègia de gestió de la demanda de viatges
Ingressos destinats a projectes de infraestructura vial	Ingressos no destinats a projectes de infraestructura vial
Evitar la desviació de fluxos a rutes alternatives	Tarifes variables amb la intenció de maximitzar els desplaçaments a altres modes i vies.

Taula 1. Tarificació segons viabilitat. Font: (Independent Transport Commission , 2013)

La tarificació vial proposada pretén utilitzar les taxes per finançar el manteniment i millora e les infraestructures per fomentar un ús més racional d'aquestes. Aquesta nova modalitat d'ingressos pot esdevenir un reforç per el sistema de transport públic i per tant interessa la màxima recaptació possible per destinar part dels pressupostos a altres finalitats.

Anàlogament, un escenari on no és tarifiquin els vehicles lleugers no s'aplica en aquesta tesina perquè pot provocar una reducció del transport pesant (per reorganització sectorial o aprofitament de càrrega) sense que necessàriament comporti una reducció en paral·lel dels efectes externs atribuïts al transport de pesants⁴. Segons aquest document la tarificació s'ha d'aplicar a tots els modes de transport, considerant la tarifa específica a través de la fiscalitat específica.

⁴ *La reducción de los costes externos en el transporte terrestre de mercancías*, TRANSYT, 2010

COSTOS D'INFRAESTRUCTURA

Els costos d'infraestructura es poden classificar en:

- Costos de construcció, són de curt-mitjà termini i elevats.
- Costos de manteniment de carreteres (desgast del paviment, senyalització, prevenció d'accidents, etc.).
- Costos de gestió, són aquells que s'apliquen per executar sistema de tarificació. Inclou els costos de personal i equipament (*back-office*).
- Costos d'implementació, són aquells que s'apliquen a l'inici o amb diferents anualitats per la instauració i posada a punt per el funcionament del sistema de tarificació.

Els costos de construccions tenen una transcendència relativa un cop finalitzada l'obra, ja que no s'incrementarà el seu cost per molt que després passin més o menys vehicles, i per tant, el seu cost marginal serà zero. En canvi, els costos de conservació requereixen manteniment constant degut, en gran part, al manteniment de la xarxa viària. Dos són els motius principals en els desperfectes ocasionats al paviment; el gruix de la capa i el trànsit pesant. La configuració més desfavorable seria aquell en que es disposa de poc gruix en el paviment i hi circulen vehicles pesants amb pocs eixos (*Newbery, 1990*).

De l'informe META (2012), utilitzant les relacions fonamentals entre la intensitat horària diària, la càrrega dels vehicles per eix i el desgast del paviment, es deriven dos enfocaments diferents: Des del punt de vista d'enginyeria, *Ozby et al. (2002)* i des de l'econòmic de *Small, Winston y Evans (1989)*.

COSTOS SOCIALS O EXTERNALITATS

Per aconseguir el màxim benefici social han de ser els usuaris qui paguin per aquells costos socials marginals que sorgeixen de l'ús de la infraestructura, ja que els usuaris sols no podrien fer front a una despesa tan majúscula com la que suposa la construcció de l'obra. Aquest paper el realitza l'administració, que en concordança amb els seus valors d'equilibri territorial i equitat, finança les obres socialment més justes.

Així doncs, partint d'aquesta base, el sistema de tarificació més eficient és aquell que té en compte els sobre costos que genera l'entrada d'un nou usuari en el sistema, és a dir, el cost social marginal.

Els costos d'operació, com és lícit, venen sufragats per el mateix usuari. Tot i això, la resta d'externalitats repercuteixen en la societat en forma de contaminació atmosfèrica, contaminació acústica o accidents (*Newbery, 1990*) i (*Lussich, 2012*). Mitjançant la inserció d'una taxa als vehicles generadors d'aquestes externalitats s'evita la realització d'aquells viatges en els que els costos social són majors als beneficis generats, la qual cosa acaba sent positiva per el conjunt de la societat.

El primer en proposar aquest concepte va ser Arthur Pigou, al 1912. D'aquí el nom de taxa de Pigou, en honor a la seva proposta d'afrontar les externalitats. A través d'aquest gràfic explicatiu cost/intensitat es pot apreciar que a mesura que augmenta el volum de vehicles per hora el cost mitjà que sufraga cada usuari augmenta també.

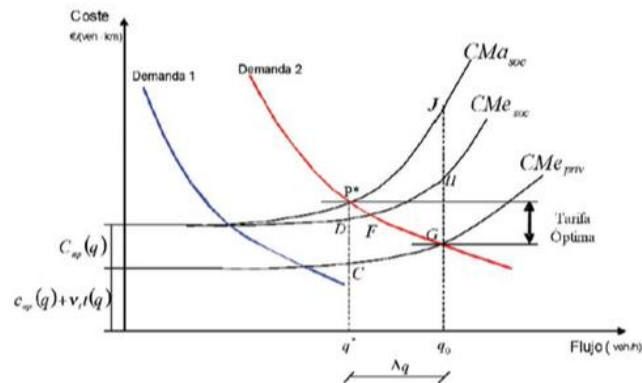


Figura 2. Representació de la taxa Pigou. Font:

Com es pot apreciar, les corbes del cost mitjà d'operació social (CM_{esoc}) i el cost marginal social (CM_{asoc}) són coincidents quan el transit no és molt elevat, i per tant, serà nul·la la tarificació mitjançant cost marginal. No obstant, a mesura que la intensitat augmenta, apareix el cost marginal esmentat anteriorment.

Si es defineix una intensitat q^* el cost mitjà de cada usuari per desplaçar-se correspon al cost marginal social i no se'n deriva cap cost. Ara bé, al augmentar la intensitat de $q_0 > q^*$, el $CM_{asoc} > CM_{esoc}$ i per tant es necessari afegir una tarifa per arribar a un equilibri econòmic. Aquesta queda definida entre la intersecció de la corba de la demanda i la corba de CM_a .

COSTOS AMBIENTALS

Per costos ambientals s'entén la contaminació derivada de l'explotació d'una xarxa viària, ja sigui contaminació de l'aire per emissions de gasos contaminants, la contaminació acústica, afectació en el paisatge i impacte visual, contaminació de sòls i aigua o contaminació lumínica a la nit. En general, els costos ambientals no estan taxats tot i que existeixen estimacions de costos⁵(poden variar depenent de la secció de la carretera així com de la situació geogràfica). El mercat més regulat al respecte és el de CO₂, on s'estableix preu per tona emesa a l'atmosfera basat en la premissa de l'oferta i la demanda.

Les emissions, per exemple, tenen dependència directa amb el volum de trànsit que hi hagi, el tipus de motor o la velocitat mitjana de la secció escollida, que a la vegada està

⁵ Mètode de despesa en mitigació, mètode de valoració contingent, etc. (Valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación, 2004)

relacionat amb el nivell de congestió i de servei de la carretera. Així doncs, és clar que un augment de congestió comporta una disminució de servei i un augment de les emissions de gasos.

La tarificació per costos ambientals és un dels millors recursos per orientar els usuaris a fer un ús responsable i racional del transport. Aquesta taxa es constitueix en funció del nivell d'emissions de cada vehicle, sent superior quan més emissions hi ha, prenent internalitzar els costos derivats de la contaminació.

Aquesta política col·labora a configurar a llarg termini un parc automobilístic que contami menys, i per tant, sigui més rentable per l'usuari i per al conjunt de la societat. L'Eurovinyeta, de fet, és en el seu origen una manera de sufragar els costos ambientals de vehicles més pesants i contribuir en la prevenció de fenòmens a nivell global com l'efecte hivernacle.

COSTOS D'ACCIDENTALITAT

Per costos d'accidentalitat s'entén aquells que deriven d'accidents de trànsit que repercuteixen de forma negativa en vides humanes i en l'estat del benestar. La pèrdua de vides humanes, els ferits, els danys materials, etc. tenen un cost operacional per a les asseguradores així com per al teixit productiu.

Segons *Theory and Practice of Excise Taxation* (Newbery, 2005), es va estimar que el 83% d'accidents amb fatalitat produeixen una externalitat per a la societat, en números absoluts al voltant de 17 mil milions de lliures esterlines. D'aquests al voltant del 30% va ser pagat per asseguradores, però la resta van ser sufragats per l'estat (sistema sanitari, policia, bombers, etc.) i s'inclou a l'actualitat en els costos per carreteres.

El veritable estudi a realitzar és l'estimació del cost marginal en termes d'accidentalitat, que suposa cada vehicle de més que circula per les carreteres. Aquesta accidentalitat, es pot abordar des de dues vessants, tractant-se d'una vida salvada (disposició a pagar per reduir el risc) o bé des del prisma d'una vida perduda (estimació de la pèrdua de productivitat que sofrirà l'estat)

Així doncs, i com *Newbery* ja va comentar, la manera més òptima de gestionar aquestes externalitats és repercutint sobre aquells que utilitzen les infraestructures, ja que no tindria sentit fer participar a la resta de la societat del cost marginal d'uns pocs (tot i que els costos d'infraestructura estan sufragats per l'estat).

PEATGE ELECTRÒNIC EUROPEU

Des de l'any 2012, la recaptació d'impostos per l'ús de carretera era vigent en 12 països de la Unió Europea per a vehicles privats i en 22 països per a transport de mercaderies pesades. En total són uns 72.000 Km de carretera dels quals aproximadament el 60% utilitzen el sistema de peatge electrònic. A nivell nacional, aquests sistemes de peatge són interoperatius, permeten un control més efectiu i segur de les infraestructures. A nivell europeu però no estan coordinats, el que suposa una barrera constant en el desenvolupament de la xarxa viària europea i la gestió més homogènia d'aquest mercat intern.

Seguint la política europea, es va crear una comissió (Directive 2004/52/EC) per intentar solucionar la fragmentació existent. La creació de l'European Electronic Toll Service (EETS) vol permetre als usuaris pagar els peatges i impostos d'ús a través d'un únic operador de peatges utilitzant una sola unitat universal de reconeixement per cotxe.

TECNOLOGIES EETS

Actualment existeixen 6 sistemes de recollida de peatges:

1. Automatic Number Plate Recognition (ANPR), tecnologia avançada que utilitza càmeres de vídeo-gravació per a la identificació de vehicles. És una tecnologia madura que no requereix d'unitat a bord (OBU). Està estesa per tota l'Unió Europea i requereix d'estandardització de matricules per arribar al 100% d'interoperabilitat.
2. Dedicated short-range communications (DSRC), tecnologia basada en ones de curta freqüència entre equipament fixe en la carretera i un dispositiu mòbil instal·lat a l'automòbil. Una tecnologia molt usada en el marc europeu que utilitza OBU de preus econòmics (2-10 euros)
3. Radio Frequency Identification (RFID), sistema de peatge més utilitzat als Estats Units d'Amèrica per identificar el vehicles a través de ones de radio. Té nivells de rendiment similars a la tecnologia DSRC però no està massa implementat a l'Unió Europea. L'OBU té un preu relatiu de 1 euro.
4. Global Navigation Satellite Systems (GNSS), és una tecnologia innovadora que permet utilitzar la posició del vehicle per mesurar el quilometratge que s'ha realitzat i aplicar els recàrrecs en funció dels quilòmetres. Quasi no requereix equipament de carretera però el preu per OBU és al voltant de 100 euros.
5. Tachograph-based tolling, aquest sistema és el que s'utilitza a Suïssa, permet comptabilitzar el quilòmetres recorreguts basat en l'odòmetre del propi vehicle. No infringeix temes de privacitat però no està molt extens.
6. Mobile communications (GSM and smartphones) tolling systems, encara es troba en procés de desenvolupament però té un futur prometedori. No requereix cap dispositiu a bord i per tant té un preu inicial més baix que altres tecnologies. No obstant la tecnologia no s'ha desenvolupat del tot encara i costa adaptar-se degut a la constant de canvi en el mercat telefònic.

Totes aquestes tecnologies difereixen en termes de rendiment, cost de manteniment, precisió, avaluació i interoperativitat. Totes les opcions excepte el tacògraf i les GSM mostren precisions de l'ordre de 99%. També s'ha de tenir en compte la protecció de dades en tecnologies com ANPR o GNSS perquè permet el seguiment del vehicle en tot moment, en canvi tecnologies com DSRC, RFID no semblen afectar la privacitat.

La falta d'estandardització en les matrícules de la Unió Europea i la falta de cooperació entre països integrants per crear una base de dades amb totes les matrícules internacionals suposa un gran repte a l'hora d'aconseguir la interoperabilitat internacional.

Un resum de les diferents tecnologies de tarificació vial es la taula que es troba a continuació. Tot seguit es fa una explicació més curosa sobre les principals tecnologies que s'utilitzaran en el sistema de tarificació plantejats a Catalunya. El primer DSRC per aquells vehicles d'ús habitual de la xarxa d'alta ocupació. La segona, ANPR per aquells vehicles d'ús ocasional o estrangers de pas, en qualsevol dels dos casos s'haurà de registrar el vehicle i el seu ocupant per poder fe un ús de la via. Sinó és el cas s'usarà com *enforcement* la tecnologia de reconeixement de matrícules ANPR.

	Principi de pagament per ús	Directives europees (Estàndard interoperable	Operació i sistema control	Compatibilitat	Infraestructura de control de compliment	Preferències per a cada sistema	Cost de gestió
Vinyeta física	No	No	No	No	És discriminatòria depenent de l'origen de l'usuari	Si	Autoritzacions temporals	Entre totes és la més econòmica. El cost de vigilància serà elevat
Automatic Number Plate Recognition (ANPR)	Si	No	Si és estàndard, però s'adapta millor en un esquema de peatges oberts.	Costos moderats (selecció de vehicles)	Difícilment escalable a nivell europeu	Si	Performance condicionat per el tractament d'imatges.	No requereix tants costos de instal·lació en equipaments i no necessita OBU
Radio Frequency Identification (RFID)	Si	No	Si, però s'adapta millor en un esquema de peatges oberts.	Moderat (volum d'usuaris)	No és compatible amb el Via-T	Si	Poc instaurat a Europa	No està àmpliament implementat a EU i per això el cost seria superior a altres tecnologies
Dedicated short-range Communications (DSRC)	Si	Si	Si	Moderat (volum d'usuaris)	Compatible amb el Via-T	Si	Elevat cost en instal·lació de equipament de carreteres	La tecnologia més adoptada, requereix instal·lació costos

								d'equipament en carreteres
Global Navigation Satellite Systems (GNSS)	Si	Si	Si	Complex (volum d'usuaris)	Fàcilment desplegable a xarxes extenses	Si	Elevat cost per dispositiu i problemes de privacitat.	No necessita infraestructura en carreteres però si una elevada inversió inicial així com un <i>back-office</i>
Tarificació basada en el tacògraf	Si	Si	No, El tacògraf no es pot configurar per diferents països	Complex (volum d'usuaris)	Difícilment escalable a nivell europeu	Si	Control exhaustiu a les fronteres	Cada vehicles necessita un tacògraf així com un control sobre aquests. Poc usat a excepció de Suïssa
Comunicacions mòbil (GSM i telèfons mòbils)	Si	Si	Si	Costos moderats (volum d'usuaris)	Fàcilment desplegable a xarxes extenses	Si	Poc desenvolupada	Tecnologia molt immadura, alts costos inicials i poca fiabilitat

Taula 2. Resum de les tecnologies per la tarificació. Font: Elaboració pròpia

DEDICATED SHORT-RANGE COMMUNICATION (DSRC)

La tecnologia DSRC es basa en una comunicació bidireccional entre un equip fixe instal·lat a la carretera (RSE) i un dispositiu mòbil, on-board unit (OBU) instal·lat al vehicle. Avui en dia és la tecnologia més àmpliament usada en sistemes de peatge ETC, i per tant es considerada na tecnologia madura i provada. S'ha aplicat des de una àrea urbana, como a un cordo d'una àrea metropolitana o per tarificar els vehicles pesants. No obstant, no pot mesurar distàncies a no ser que hi hagi dos punts en una mateixa carretera.

RENDIMENT

DSRC consisteix en la transmissió de microones entre el dispositiu del vehicle i l'antena receptora de la carretera. LA instal·lació és fa en uns pòrtics metàl·lics tal i com es pot veure a la **figura 1**. S'utilitza com a principal mètode per tarificar i identificar els vehicles en punts específics del recorregut. El camp de comunicacions inalàmbric té un abast de fins a 20 metres entre el RSE i l'OBU, per això s'ha utilitzat des de Via-T, fins a carrils *free-flow*.

EL dispositiu OBU té associat un usuari enregistrat amb un compte bancari que s'utilitza per tan en mètode de prepagament (usat per usuaris ocasionals) o postpagament. L'OBU també emmagatzema dades del vehicles (matricula i categoria) que s'utilitza per calcular l'import a pagar. Aquesta tecnologia també es pot aplicar a una velocitat relativament alta.

Addicionalment també es pot utilitzar sensors de classificació que resulten de molta utilitat si hi ha vehicles de múltiples eixos o amb remolcadors. El funcionament és ben senzill quan un vehicles passa a través del pòrtic es detectat per l'antena i s'identifica. Un cop identificat es carrega el pagament al compte i s'envia a la central d'informació que procedeix a la transacció.

Existeixen dos tipus de esquemes per a la tarificació: peatge obert o peatge tancat. En un esquema obert, s'instal·len diferents punt s de reconeixement i el vehicle es detectat cada cop que passa per aquest. En un esquema tancat, l'usuari es registra cada cop que entra i surt de la xarxa i paga cop n'ha sortit. La distància es calcula entre els punts d'entrada i sortida.

El procés de identificació és completament automàtic i la precisió de lectura d'un OBU típicament se situa entre 99,999%. L'únic error de lectura que pot succeir es si l'OBU està mal col·locat o si no té bateria. El conductor es informat que la transacció s'ha realitzat correctament quan s'emet un "bip" de l'OBU al passar per sota del pòrtic. A més a més DSRC necessita complementar-se amb alguna ala tecnologia per comprovar que la informació de l'OBU sobre el vehicle correspon a la realitat.

DSRC EN MULTICARRIL FREE-FLOW

Quan s'aplica la tecnologia DSRC en un peatge no requereix al vehicle que s'aturi però si que requereix al vehicles reduir la seva velocitat. L'aplicació de DSRC en un pòrtic supera les restriccions de velocitat. Com s'il·lustra en la següent taula, la tecnologia de ORT millora substancialment la intensitat de trànsit i capacitat de la carretera reduint les congestions provocades pels peatges amb alts volums de trànsit.

Source	Road capacity (Vehicles/hour per lane)		
	ETC with barriers	ETC without barriers	Multilane free-flow
Villalonga (2010)	650-750 vehicles/hour per lane	1,200 vehicles/hour per lane	n.a.
Dancso (2008)	500-600 vehicles/hour per lane	1,000 vehicles/hour per lane	3,000 vehicles/hour per lane

Figura 3. Capacitat de la carretera dependent de la tecnologia DSRC aplicada. font: villalonga i dancso, 2010

Per una tarifació basada en la distància, la xarxa de carreteres es divideix en seccions amb punts d'entrada i sortida. El pòrtic s'instal·la a cada sentit de la carretera, d'aquesta manera recapten de manera separada a cada secció.

Aquesta tecnologia també s'ha aplicat amb èxit en nuclis urbans. Per exemple Singapur, un cas pioner de taxa de congestió. Aquesta tecnologia es va implementar amb l'objectiu d'alleugerir la cogestió diària al entre de la ciutat. Altres exemples són a Melbourne o Sud-Àfrica.

Inicialment, la tecnologia DSRC en *free flow* només identificava vehicles a una velocitat molt limitada, els anys de experiència però han millorat l'equipament fins a una velocitat de 180 km/h amb coordinació de càmeres d'enforcement (ANPR).

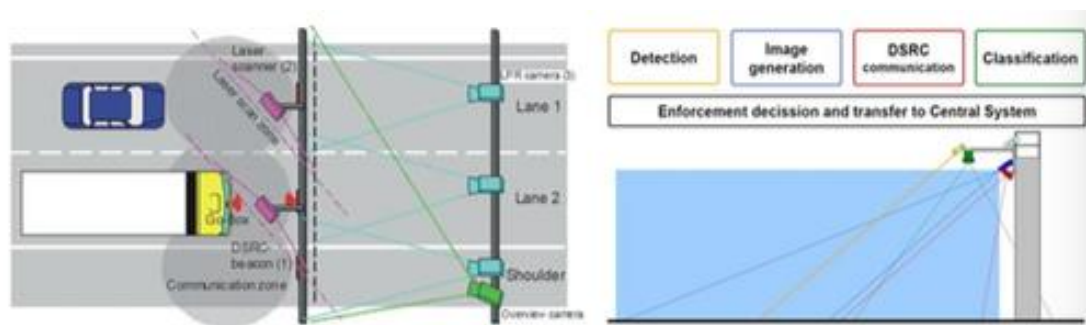


Figura 4. Funcionament del dsrc i l'anpr. font: cerny, 2008

PRECISIÓ I PROTECCIÓ DE DADES

La alta precisió i prestacions de la tecnologia DSRC, inclús en condicions meteorològiques adverses, es un actiu molt valorat entre les concessionàries i companyies de peatges. El rati d'efectivitat tendeix a 100% com es pot comprovar en països com Àustria (99,9%), la República Txeca (99,7%), Polònia (99,9%), etc.

A més a més no afecten de manera significativa la privacitat ni la violació de dades ja que la localització del vehicles és coneguda només quan traspasa algun dels pòrtics equipats. Tanmateix el sistema requereix que l'usuari ompli dades personals a l'OBU per assegurar el compliment de la normativa local en la protecció de dades. Per exemple Àustria, van desenvolupar el sistema de DSRC juntament amb una llei de protecció de dades i Grècia l'Autoritat encarregada de vetllar per la protecció de dades permet a les concessionàries

emmagatzemar dades de violadors de 3 mesos fins a 5 anys si es necessari per motius legals.

CICLE DE VIDA I COSTOS D'AVUACIÓ

El sistema de DSRC generalment utilitza OBUs d'entre 5 i 10 euros amb una vida útil de 5 a 10 anys per motius de bateria. Un preu molt inferior als OBUs que requereix el sistema de GNSS (prop de 100€).

Per altra banda els costos de instal·lació de pòrtics i equipament d'antenes (RSE) són més elevats. Inicialment aquest cost pot variar significativament depenent de la longitud de la via que es vol tarificar. Un exemple és el cas austríac, amb moltes similituds al cas català tant per quilometres de xarxa de carreteres que es vol tarificar com per condicions macroeconòmiques del país. El cost d'implementació va ser al voltant de 750 milions d'euros en uns 2.180 km amb uns ingressos de prop de 1.000 milions d'euros anualment. En canvi, un altre país amb menys intensitat de trànsit com la República Txeca van tindre un cost d'implementació d'uns 900 milions d'euros en tan sols 1.200 km amb uns ingressos anuals de 245 milions d'euros.

La rendibilitat del sistema en diferents països pot ser molt canviant, ja que depèn de la longitud de la xarxa, de la intensitat mitjana i fins i tot de la optimització del sistema (costos de gestió). Per això la tecnologia DSRC és especialment rentable quan s'utilitza per molts cotxes i amb el mínim de divisions vials per cobrir (Q-Free, 2013).

INTEROPERABILITAT I CAPACITAT D'ADAPTACIÓ A EETS

La interoperabilitat a nivell nacional no ha esdevingut un problema major en cap moment, des del Via-T a Espanya, el TELEPASS a Itàlia, la Via Verde a Portugal o el TIS-PL a França en són exemple. Tot i així, i encara a dia d'avui, no hi ha interoperabilitat entre els estats membre. Actualment un percentatge significatiu de peatges d'Europa utilitzen el mateix DSRC estàndard (EN15509). Aquest fet ha permès l'establiment d'acords bilaterals en projectes pilots en països com Espanya, que és un ferm impulsor de la tecnologia DSRC. Actualment té acords amb el govern portuguès per a la utilització dels OBUs espanyols a tota la xarxa portuguesa, així com amb França i Itàlia en determinades carreteres com l'A-63 i l'A-64. En els països escandinaus també ha sorgit un sistema anomenat *EasyGo*, on hi ha interoperabilitat entre Suècia, Dinamarca, Noruega i més recentment també Àustria.

Aquesta tecnologia ha estat senyalada com una de les més adaptables per la EETS, i es molt probable que s'adopti un tractat únic per a tots els països sobre el funcionament d'aquesta. No obstant encara no existeix una doble interoperabilitat⁶ entre països tot i la creació del projecte RCI⁷ per part de la Unió Europea.

⁶ La interoperabilitat en un sol sentit ja s'ha assolit a dia d'avui i permet utilitzar un OBU creat en el primer país a el segon; no obstant no permet que un OBU creat en el segon país o pugui fer al primer país.

⁷ El RCI (Road Charging Interoperability) és un projecte impulsat per la Unió Europea amb l'objectiu de poder usar un sol OBU en qualsevol tarificació vial d'Europa.

ANÀLISI SWOT

L'anàlisi SWOT –de l'acrònim anglès *strengths, weaknesses, opportunities, i threats*— també conegut com anàlisi DAFO és un mètode de planificació estratègica per a avaluar les debilitats, amenaces, fortaleces i oportunitats d'un projecte. Consisteix en una anàlisi que diferencia entre els factors interns (fortaleces i debilitats) d'una organització i els factors externs d'aquesta (oportunitats i amenaces).

Fortaleces

Debilitats

<ul style="list-style-type: none"> ○ Tecnologia àmpliament adoptada, senzilla i acceptada entre els estats membre. ○ Proposada per l'EETS sota la Directiva 2004/52/EC. ○ Alta fiabilitat i rendiment, amb poc senyal d'interferències. ○ Gran nombre d'OBUs actualment en ús. ○ OBUs econòmics amb un cost d'operació més baix (comparat al GNSS). ○ Vàlid en zones vials subterrànies com túnels i pàrquings. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Necessitat d'instal·lació de pòrtics amb equipament al llarg de la xarxa. ○ Cost elevat en inversió i manteniment de les infraestructures. ○ Dificultat de modificar la xarxa tarifada un cop s'ha implementat. ○ Més costos en una xarxa de carreteres amb moltes interseccions. ○ Pot derivar en un cost d'expropiacions elevat.
<h3>Oportunitats</h3>	<h3>Amenaces</h3>
<ul style="list-style-type: none"> ○ L'OBU pot derivar en altres serveis de valor afegit com el pagament de pàrquings o ferris. ○ Fàcilment més interoperatiu entre concessions privades. ○ Un control més exhaustiu sobre el sistema de tarifació i beneficis per les administracions. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ La creació d'un <i>back-office</i> centralitzat pot ser política i econòmicament inviable. ○ Poc rendible en situacions d'intensitat de transit baixes. ○ La coordinació entre els estats membres per a la transacció electrònica pot comportar problemes de justificació legal.

Taula 3. Anàlisi SWOT de la tecnologia DSRC. Font: (The European Electronic Toll Service (EETS), 2011)

AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION (ANPR)

La utilització de càmeres de vídeo per la identificació de vehicles és una tecnologia madura i desenvolupada, en anglès Automatic Number Plate Recognition (ANPR) és utilitzada en escenaris de molta congestió urbana, com a Milà, Londres o Estocolm, tot i que també existeixen exemples fora de nuclis urbans com podria ser l'autopista ETR407 de Toronto. L'ANPR s'implementa majoritàriament per tasques d'execució i control de pagaments.

EVIDÈNCIES

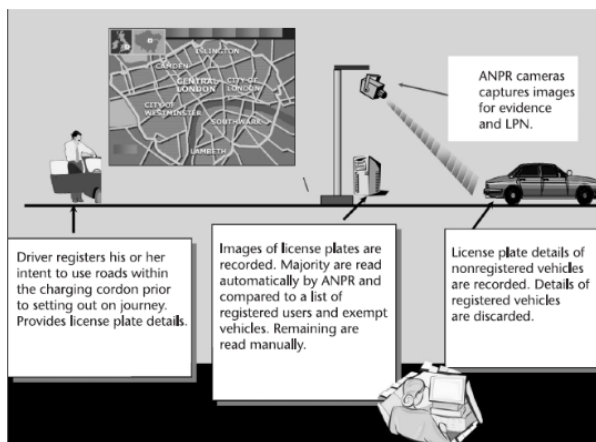
ANPR és útil per a l'execució i justificació de factures, ja que les imatges de vehicles són l'estratègia més comuna per identificar els usuaris que no han pagat el servei de peatge. La major part de la legislació d'aplicació en pagaments es basa en imatges que compleixin amb els requisits criminals històrics (per tindre una prova a qualsevol dubte raonable), fins i tot els pagaments nuls. A més, hi ha un procediment establert per a l'aplicació d'altres infraccions de trànsit, com per exemple, l'estacionament o l'excés de velocitat, que es basen en una base de dades nacional per a vehicles i conductors la qual cada Estat membre ja disposa. Per tant, l'aplicació de la manca de pagament de peatges o taxes ha seguit un procés similar.

No obstant, no hi ha hagut encara una voluntat suficient per crear una base de dades amb les matrícules i conductors europeus.

RENDIMENT

Aquest sistema funciona a través de les càmeres (muntades en pals a la vora de la carretera o pòrtics) prenent fotos de les matrícules dels vehicles que condueixen a través del punt de detecció. El programari de reconeixement òptic de caràcters, en anglès *Optical Character Recognition* (OCR) llegeix la matrícula del vehicle i el sistema ho verifica en una llista de registres per identificar el vehicle i aplicar un càrrec al propietari o al conductor. L'usuari és cobrat sense necessitat d'instal·lar cap tele-tag (OBU), ja sigui a través d'un compte registrat abans o pagaments individuals pel seu ús.

El procés d'OCR es pot implementar en les càmeres *in situ* (càmera integrada i ANPR) o en una central d'operacions. En el primer cas, tot el procés es pot realitzar des de la carretera



en temps real. Les dades poden ser emmagatzemades a l'armari de la càmera per a la posterior recuperació, o s'envien a una oficina de nou per al processament addicional. En aquest últim cas les imatges de les càmeres es transmeten a un ordinador central que duu a terme el procés OCR. El procés de *back-office* també pot requerir un control manual addicional, per tal de millorar la precisió de la interpretació de matrícula.

Figura 5. Funcionament de l'ANPR. Font: Traffic infratech, 2013

L'execució contra els usuaris morosos es pot dur a terme de dues maneres principalment: en forma de càrrecs addicionals per pagament endarrerit o altres penalitzacions per falta de pagament. Tot i les accions anteriors, segueixen existint algunes formes d'evasió, sobretot en relació a les matrícules clonades o alterades. Com s'ha esmentat anteriorment, la manca d'harmonització dels dissenys de plaques de matrícula i els estàndards ANPR a nivell internacional poden produir la pèrdua d'ingressos, especialment pels evasors de peatge estrangers. En aquests casos, la identificació de plaques de matrícula estrangera no es pot aconseguir per via automatitzada, de manera que la verificació manual és necessària tot i que resulta en majors costos d'operació.

PRECISIÓ I PROTECCIÓ DE DADES

Actualment les càmeres més avançades arriben a una taxa de lectura automàtica de fins al 99% quan es munta en pòrtics de calçades unidireccionals. No obstant això, les taxes de lectura poden ser més baixes. Per exemple, el 98% és el nivell de servei admissible de lectura mínima a Dartford Crossing (Highways Agency (UK), 2012); 97% a Estocolm (Q-lliure, 2013); o millor que el 90% a Londres (TFL, 2009). Per tal de millorar la taxa de detecció i precisió de lectura, cal fer front a alguns reptes tècnics:

- Plaques reflectants - no totes són retro-reflectants -.
- Plaques brutes, sobretot en la part posterior de camions.
- El mal temps, incloent la boira, la pluja i la neu.
Plaques de llicència de diferents tipus, fonts i colors a causa de la falta de normalització entre països.
- Les similituds entre algunes lletres i números a les matrícules.
- Insuficient control de la llum ambient en les posicions de la càmera.

Aquestes circumstàncies fan de l'ANPR menys del 100% fiable, de manera que els processos de OCR secundaris i la comprovació manual de plaques de matrícula és una opció molt vàlida per a corregir aquests errors. La utilització de les mesures de confiança, classificadors de vehicles, el mètode d'"empremtes" i post-processament d'imatges pot reduir la necessitat d'intervenció manual. Per garantir que no es cometen errors, però, és una pràctica habitual comprovar les imatges del vehicle infractor manualment abans d'emetre un avís d'execució - això pot crear una sinergia amb les operacions d'aplicació i reduir el grau en què la comprovació manual té costos addicionals.

Tot i això també existeix un problema de protecció de dades on els conductors i passatgers del vehicle podrien ser identificats a través d'aquest sistema. Hi ha diferents requisits en els Estats membres, de manera que no hi ha un únic enfocament que s'adapti a tots. Per exemple, a Alemanya, la imatge ha de captar qui està conduint, però als Països Baixos el conductor no pot ser capturat. Al Regne Unit l'evidència requereix la ubicació del voltant del vehicle també per ser capturat dins d'una "perspectiva general d'imatge" perquè la prova sigui robusta; això vol dir que no és factible per reduir la imatge només en la zona que envolta la placa de matrícula.

Per tant, la qüestió clau és la inconsistència en els requisits i estàndards entre els Estats membres.

CICLE DE VIDA I COSTOS D'AVALUACIÓ

L'ús de l'ORT com el principal sistema ETC implica la no necessitat d'usar un dispositiu en el vehicle i no hi ha pòrtics addicionals per a l'aplicació. A més, el sistema està majoritàriament automatitzat, amb cost extra depenent del grau de comprovació manual de les imatges al *back-office*. La tecnologia d'ORT en general, implica menys costos operatius que altres sistemes ETC, perquè són necessaris menys equipaments a la carretera (RSE). No obstant això, depenent de la qualitat del registre de dades, serà imprescindible mantenir la base de dades nacional del registre de vehicles i conductors al dia; la qual cosa pot comportar un augment dels costos operatius.

La manca d'una base de dades i registre de vehicles i conductors a nivell europeu és probablement un dels majors obstacles per a l'ús de l'ORT. Tot i això, per als Estats membres en els quals hi ha només uns pocs vehicles estrangers, la hipòtesi de negoci per a la resolució d'aquest problema pot no ser significatiu.

INTEROPERABILITAT I CAPACITAT D'ADAPTACIÓ A EETS

L'ETR 407 mostra que l'ORT és fàcilment interoperable amb altres tecnologies de peatge electrònic quan totes les operacions de peatge són gestionats per una única operadora. No obstant, la manca d'estandardització de la matrícula, i els desafiaments en matèria de cooperació dels Estats membres que participen en l'establiment d'una base de dades internacional de matrícules, fan de l'ORT un dels mitjans més difícils per aconseguir la interoperabilitat internacional.

D'altra banda, l'adaptabilitat pot no ser possible, ja que actualment estan fora de l'àmbit d'aplicació de la Directiva 2004/52 / CE, que només identifica els sistemes que figuren en el capítol anterior⁸. No obstant això, en el context interurbà, el peatge de vídeo es recomana com la millor tecnologia per a propòsits d'aplicació, a causa de la seva eficàcia demostrada en tot el món. A més, ANPR generalment es fa servir com una tecnologia ETC en els règims de peatge urbà.

ANÀLISI SWOT

L'anàlisi SWOT –de l'acrònim anglès *strengths, weaknesses, opportunities, i threats*— també conegut com anàlisi DAFO és un mètode de planificació estratègica per a avaluar les debilitats, amenaces, fortaleces i oportunitats d'un projecte. Consisteix en una anàlisi que diferencia entre els factors interns (fortaleces i debilitats) d'una organització i els factors externs d'aquesta (oportunitats i amenaces):

⁸ Es parla de la tecnologia DSRC o bé la tecnologia GNSS.

Fortaleses

Debilitats

<ul style="list-style-type: none"> ○ Tecnologia sòlida en sistemes de peatge d'autopistes i taxa de congestió. ○ No hi ha necessitat d'obtenir un dispositiu per a l'interior del vehicle o d'una infraestructura costosa. ○ Pot esdevenir un estalvi en costos gràcies al processament automàtic, subjecte a la posada a un punt i a mètodes de processament secundaris. ○ Major rendibilitat quan es combina amb altres tecnologies, subjecte a costos addicionals. ○ El sistema pot ser implementat gradualment. ○ No hi ha restriccions de rendiment pel que fa a la velocitat del vehicle. ○ Ràpida generació de beneficis. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Requereix matrícules de bona qualitat. ○ Susceptible a la mala il·luminació i les condicions climàtiques adverses. ○ L'accés a les dades del vehicle actualitzades - Registre local o nacional de vehicles. ○ El cost de la comprovació manual pot augmentar els costos operatius. ○ Requereix configuració i ajustaments òptims, així com un lloc ideal per oferir un rendiment d'alta qualitat. ○ Adequat per donar suport a les polítiques de taxació relativament simples.
<h3>Oportunitats</h3>	<h3>Amenaces</h3>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Millores contínues en la qualitat de la càmera de vídeo. ○ Majors volums de trànsit suportats, a mesura que la tecnologia avança. ○ Sempre es requereix per a l'execució. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Manca d'estandarització dels requisits d'evidència i lleis de privacitat dels Estats membres. ○ Tecnologia no proposta per la Directiva 2004/52/ETC per EETS. ○ La manca d'estandardització de les plaques de matrícula. ○ La comprovació manual necessària per a l'eficàcia màxima, subjecte a modificacions.

Taula 4. Anàlisi SWOT de la tecnologia ANPR. Font: (The European Electronic Toll Service (EETS), 2011)

A continuació es mostren les tecnologies més adequades per tarificar els vehicles lleugers i pesants segons el tipus de carretera (figura 6).

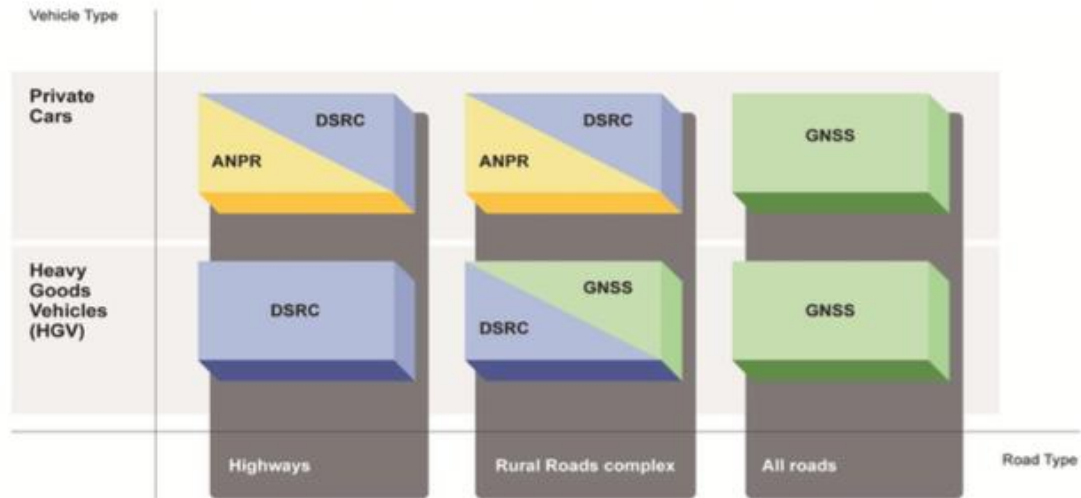


Figura 6. Tecnologia recomanada en funció del vehicle i la via tarificada. Font: (Nielsen, 2015)

ESTAT DE TARIFICACIÓ VIAL EN DIFERENTS PAÏSOS EUROPEUS

L'objectiu d'aquest apartat és el de fer un repàs a la situació de tarificació vial de països de la Unió Europea. Per fer-ho s'utilitzarà els mapes publicats per la Comissió Europea el Juny del 2012, en el que es mostra gràficament els països diferenciats per el tipus de taxa que apliquen a vehicles lleugers i pesants. Amb això es pretén analitzar els sistemes tarifaris dels diferents països en termes de tarifa, xarxa tarifcada i vehicles afectats.

La tendència general es que els camions paguin per ús de carreteres (quilometratge) substituint taxes temporals de circulació. El preu per quilòmetre recorregut també es major ja que són els que més contaminen i més desgast provoquen a la carretera.

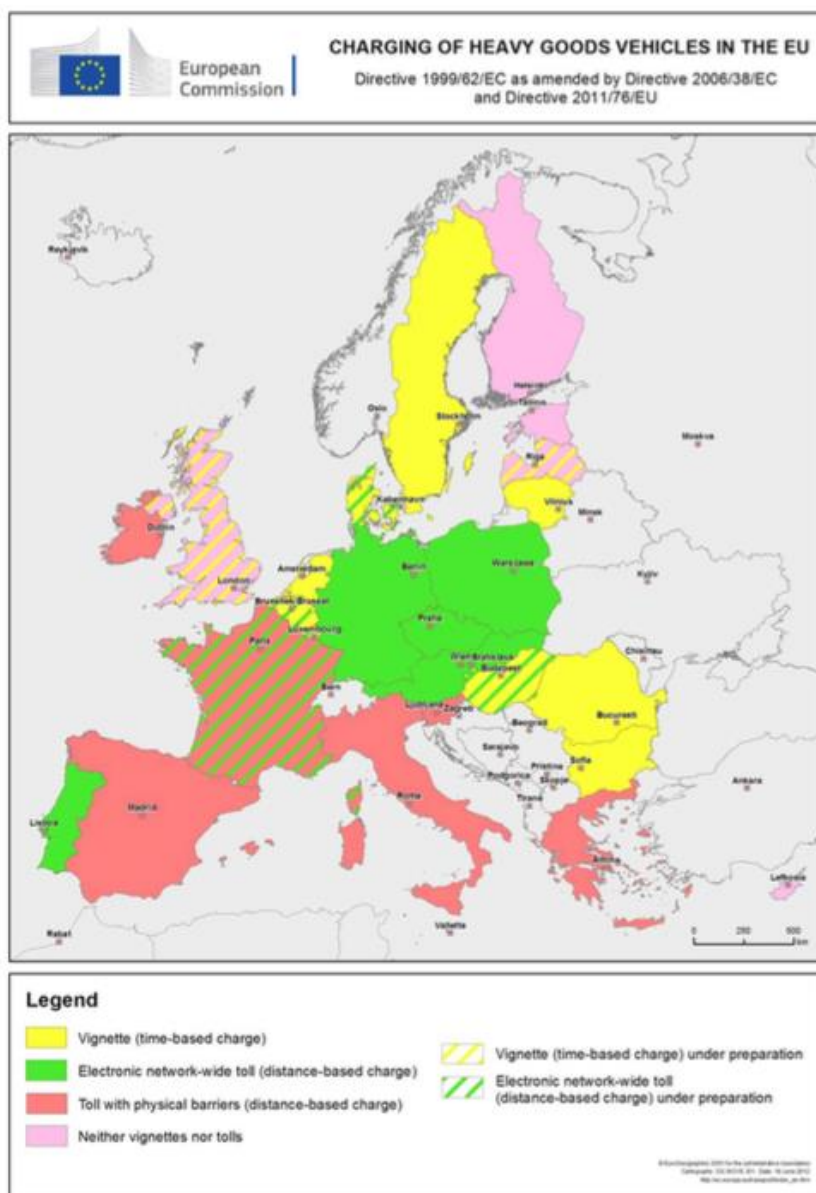


Figura 7. Tarificació de vehicles pesants a la UE. Font: European Commission 2012

Dins l'àmbit de l'anàlisi polític, sembla ser que podrien distingir-se tres respecte a l'esquema tarifari aplicat als vehicles pesants: peatges en una ampla xarxa d'autopistes concessionades (barreres), taxa per accedir a la xarxa (adhesius amb dret a ús) o taxa per ús de la xarxa (tarificació per distància recorreguda).

Suïssa i Noruega no apareixen pintats al no ser Estats membre de la UE.

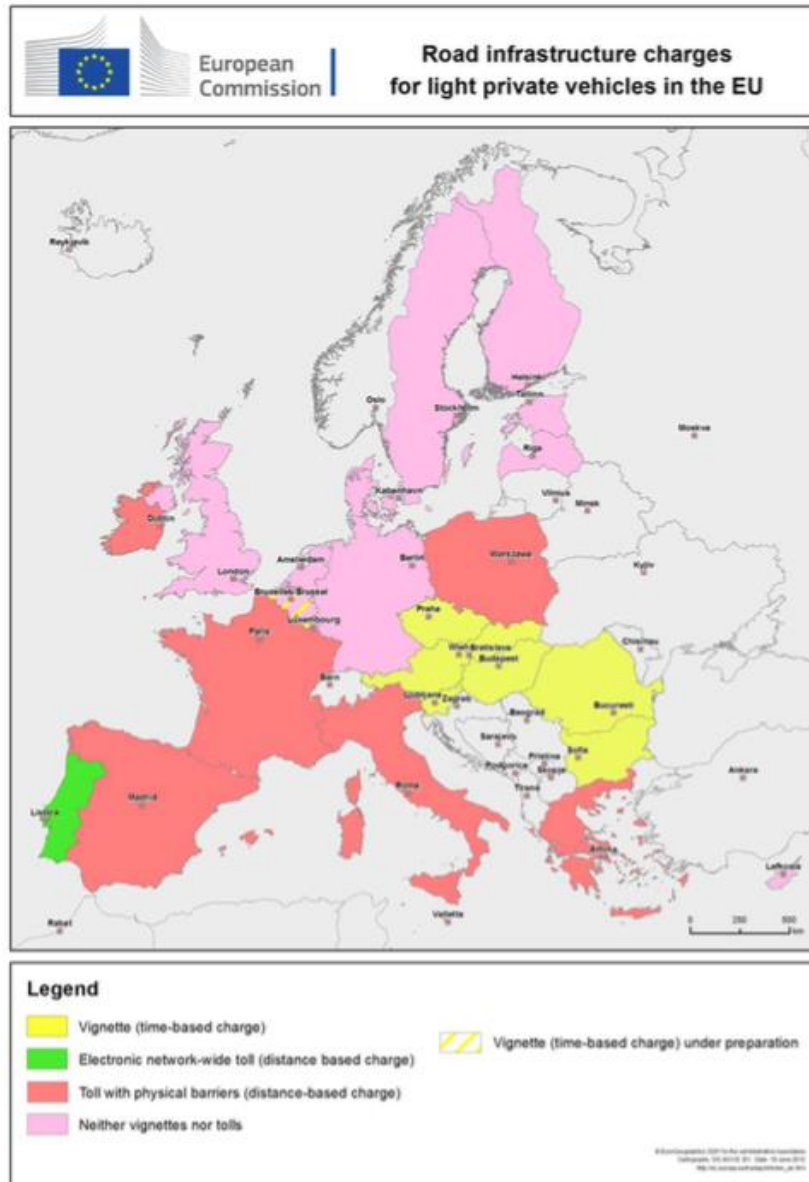


Figura 8. Tarificació de vehicles lleugers a la UE. Font: European Commission (2012)

ESQUEMA TARIFARIA DE LA XARXA DE CARRETERES D'EUROPA

	Vehicles lleugers	Vehicles pesants
Tarifa plana per dret d'ús (Directiva 62/1999)	Romania i Hongria apliquen vinyeta electrònica, amb registre de la matrícula (ANPR), enlloc dels adhesius. Aquest 2016 Eslovàquia a començat a usar la vinyeta electrònica.	Suècia, Dinamarca, Holanda, Bèlgica i Luxemburg comparteixen una Eurovinyeta 62/1999 comú, que els permet una interoperabilitat entre països.
	Àustria, Eslovàquia, Eslovènia, Bulgària, Eslovènia, Suïssa y República Txeca apliquen vinyeta nacional adhesiva als vehicles lleugers.	Regne Unit, Letònia i Romania tenen un sistema de vinyeta electrònica nacional per a camions.
Tarificació per quilometratge en modalitat "free flow"	Portugal aplica peatge DSRC a tots els vehicles que circulen per les antigues autovies SCUT (abans peatge a l'ombra) (Sem Custos para o Utilizador)	Suïssa, Alemanya, Eslovàquia i Hongria apliquen tarificació GNSS a vehicles pesants. Àustria, República Txeca, Eslovènia, Polònia apliquen tarificació DSRC als vehicles pesants.
	Noruega i Irlanda tenen nombroses vies amb peatge concessionat funcionant amb <i>free flow</i> .	
Peatges concessionats amb barreres	França, Espanya, Grècia i Itàlia tenen nombroses vies de peatge amb barreres (manual amb opció electrònica)	França, Espanya, Polònia, Grècia i Itàlia tenen peatges explícits en algunes vies principals
	Alemanya, Holanda, Regne Unit i Polònia tenen algun peatge puntual no classificat com a tarificació per ús.	

Taula 5. Esquema tarifari europeu 2016. Font: Producció pròpia



Figura 9. Tarificació vial a nivell Europeu. Font: Fundació CETMO (2015)

INTRODUCCIÓ D'ANÀLISI DE LA TARIFICACIÓ VIAL

Un cop vist els sistemes tarifaris usats per altres països ens centrarem en quatre països en concret, de manera que de forma representativa donar una idea del seu funcionament i de les raons que van portar els països a escollir un sistema envers l'altre:

1. Àustria, amb una xarxa de dimensions molt similar a la catalana utilitza tecnologia *Dedicated short-range communications* (DSRC) per a vehicles pesants combinada amb tecnologia *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) i vinyeta adhesiva per a vehicles lleugers.
2. Eslovàquia, utilitza el sistema de navegació (GNSS) per a vehicles pesants, la qual cosa donarà un enfocament més obert de com les altres tecnologies funcionen.
3. Hongria, país de recent entrada a la UE amb un ferm compromís per tarificar les seves carreteres, utilitza GNSS per a vehicles pesants i vinyeta electrònica per a vehicles lleugers.
4. Portugal, ferm propulso de les tecnologies de radiofreqüència (DSCR) combinat amb la tecnologia de reconeixement de matrícules (ANPR), tarifica tots els seus vehicles amb la mateixa tecnologia de tarificació.

Es fixen ara uns paràmetres comuns entre tots els països esmenats per poder fer una comparativa més transparent i entenedora. Catalunya també forma part de la comparativa de països per determinar la seva capacitat en tarificació.

- Competitivitat territorial (GSI), és un índex introduït per el Fòrum Econòmic Mundial, intenta resumir les principals característiques estructurals que expliquen el creixement potencial d'un país a llarg termini tot equiparant la competitivitat amb la productivitat que un país pot aconseguir. 1 és la nota més baixa i 7 és la nota més alta.
- PIB nominal i PIB per càpita, és el concepte més usat per explicar la dimensió de la economia d'un país. El PIB Nominal és valor monetari de tots els béns i serveis que produeix un país en el mateix any d'anàlisi, en canvi el PIB per càpita és el valor monetari que tracta de mesura la riquesa repartida disponible.
- PIB a valors de la Paritat del Poder Adquisitiu (PPA), indica la suma de tots els béns i serveis produïts per un país en un any, relacionats amb la cotització de preus amb els mercats financers.
- Densitat de població (total d'habitants per els km²), és un valor representatiu per conèixer el nivell d'ocupació territorial.
- Índex logístic, desenvolupat per el Banc Mundial, aquest indicador mostra la logística del comerç internacional en la economia mundial. Sent 1 la nota més baixa i 5 la nota més alta, i on queda ben evidenciada la relació entre infraestructura, comerç i transport.
- Tarificació del combustible, la política europea sobre tarificació vial subratlla la necessitat de fiscalitzar el costos externs així com els costos d'inversió i manteniment, tot i això partim que cada país té una fiscalització diferent(impostos de matriculació, de circulació, etc). S'ha agafat el preu del combustible a Catalunya com a base per a comparar-ho amb altres països.
- Impostos especials (IIEE), són tributs que recauen sobre productes específics i graven en una fase única, la fabricació i la importació. Els béns i productes que tributen són:
 - Impostos especials sobre el carbó.
 - Impostos especials sobre determinats mitjans de transport.
 - Impostos de fabricació: begudes alcohòliques, begudes fermentades, hidrocarburs, tabac i electricitat.

Nota: La informació sobre els milions de tones per quilòmetre i els milions de vehicles per quilòmetre extrets de bases de dades europees (EUROSTAT i IFT) comptabilitzen els països sencers sense fer una distinció amb les vies d'alta capacitat. De tota manera s'agafa com a representatives, ja que les vies d'alta capacitat suporten la majoria del trànsit del país.

AUSTRIA

La xarxa de carreteres d'Àustria està formada per 35.371 quilòmetres dels quals 1.719 són autopistes i correspon a l'entitat austríaca *Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFiNAG)* duu a terme el manteniment, finançament i gestió. No tenen cap subvenció provenint de l'estat per la qual cosa tot el seu finançament deriva dels ingressos del sistema tarifació (vinyeta adhesiva, peatge espacials alpins, tarifació per ús als vehicles pesants). En total són 2.183 km. que l'administració austríaca ha decidit tarifcar, perquè són els vials que tenen més flux de vehicles del país.

SISTEMA DE TARIFICACIÓ

Actualment es poden distingir dos sistemes de tarifació ben diferenciats: per una banda la vinyeta adhesiva per a vehicles lleugers, basat en al tarifació per temps i per altra banda un sistema DSRC basat en la distància per a vehicles pesants.

Tarificació vehicles inferiors a 3,5 t.

Des de el 1997 vehicles que tenen un pes inferior a 3,5 t (motocicletes, automòbils,

caravanes i remolcs) requereixen una vinyeta adhesiva per poder usar les autopistes (*A-Autobahn*) i autovies (*S-Schnellbahn*) que representen el 4,6% del total.

Tarificació vehicles superiors a 3,5 t.

EL 2004 és va introduir un nou sistema de tarifació basat en la distància recorreguda per als vehicles (LKW-Maut) de més de 3,5 t. (autobusos, camions, tractors, tràilers remolcadors, etc.) per a les vies d'alta capacitat inclosos també peatges transalpins de preu explícit degut principalment a externalitats ambientals. La tarifació de vehicles superiors a un pes de 3,5 t s'aplica al 6,2% de la xarxa total austríaca.

La tarifa depèn del número de eixos, la categoria d'emissió del vehicle i el tipus de carretera i està dissenyada per cobrir costos d'infraestructura, inclosos els deutes heredats en infraestructura de carreteres. Cada dos anys és realitza una actualització de la tarifa assegurant un impacte positiu en les externalitat i sobre la neutralitat dels ingressos.

Context del país

PIB Nominal (M€)	337.286
PIB PPA (M€)	404.293
PIB per capità	47.300
I. Logistic	3,64
GCI	5,2
IIEE (amb IVA, M€)	5471
Gasoil	91%
Densitat (hab/km ²)	102

Esquema de tarifació vial

Xarxa Tarifcada	Autopistes i autovies
Tecnologia utilitzada	DSRC
Vehicles subjectes	v-3,5t /v+3,5t ⁹
Any inicial	1997 (vinyeta), 2004 (DSRC)
Operador del sistema	Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFiNAG)
Cost d'operació	6,2-11,2%
% V. estrangers	15-50%
% VEHICLES PESANTS. estrangers	30%

⁹ Els autocars estan inclosos en la tarifació per a vehicles pesants.

El vehicle usuari utilitza una unitat OBU que integra les següents tecnologies:

- Tecnologia DSRC, serveix per enviar un senyal a través d'ones a l'antena receptora i crear un registre del vehicle al seu pas.
- Tecnologia ANPR, s'utilitza per a la lectura automàtica de les matrícules per a la vigilàncies i control del sistema de pagament. Per tarifcar aquells vehicles lleugers o pesants que no tenen una vinyeta o bé un OBU.

El sistema de tarificació inclou dues alternatives de pagament en funció de cada necessitat. Depenent la regularitat amb la qual l'usuari en faci ús: la vinyeta adhesiva pot tindre una validesa de 10 dies per aquells usuraris més esporàdics o fins a 1 any.

BALANÇ DE LA TARIFICACIÓ VIAL

Durant l'any 2015 la vinyeta adhesiva a recaptat al voltant d'uns 449.271

M d'€ (un increment del 4,7% anual respecte el 2014) i la tarificació per distancia a vehicles pesants a recaptat 1.252.531 M d'€ (un increment del 1% anual respecte el 2014). En matèria d'enforcement (ANPR) s'ha recaptat 30.793 M d'€ (un increment del 4,5% anual respecte el 2014). La xifra total d'ingressos ascendeix fins a 2.312.091M d'€ (un increment del 2% anual respecte el 2014).

Els costos operatius del sistema *LKW-Maut* eren del 10% l'any 2011 i actualment es situen a prop del 4% dels ingressos, mentre que els gestos de vigilància i compliment ascendeixen un 12% respecte als mateixos. L'OBU que utilitzen els vehicles pesants costa 5€ sense cap subvenció. Per altra banda també podem apreciar que els costos de gestió i material van descendint a mesura que s'optimitza el sistema.

Infraestructura terrestre

VAC (km)	Total	1.719
	Tarificat	1.618 (101 són peatge explicit)
Vies (km)	Nacionals	10.013
	Regionals	23.639
	Tarifada	565
M t-km		24.437
M veh-km		77.178
Tarifa Lleugers (M€)		449
Tarifa Pesants (M€)		1.253

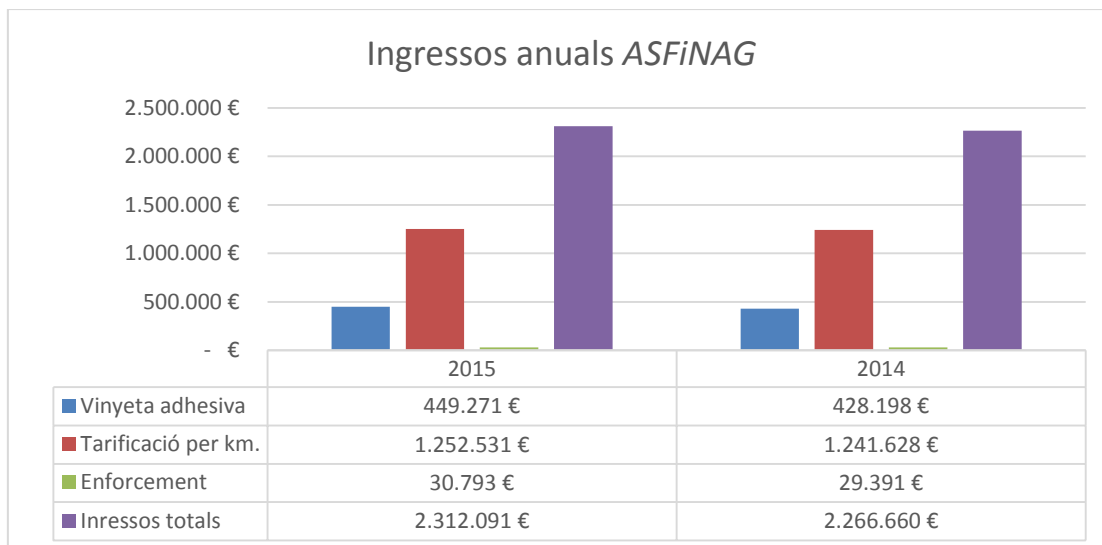


Figura 10. Ingressos derivats de la tarificació vial. Font: Informe Asfinag, 2015

A dia d'avui és pot afirmar que l'aplicació de la tarificació ja sigui tot un èxit. Tot i això el rerefons polític i les grans discussions amb la seva veïna Suïssa va encara les polítiques europees durant uns anys per trobar una solució a l'increment de vehicles pesats per creuar els Alps. La empresa provada de titularitat pública, ASFINAG, va ser creada per absorbir el deute estatal; acompanyat d'una reducció de la xarxa estatal en titularitat (repartició entre els diferents *landers*), va resultar ser un èxit que a dia d'avui no necessita de fons governamentals addicionals.

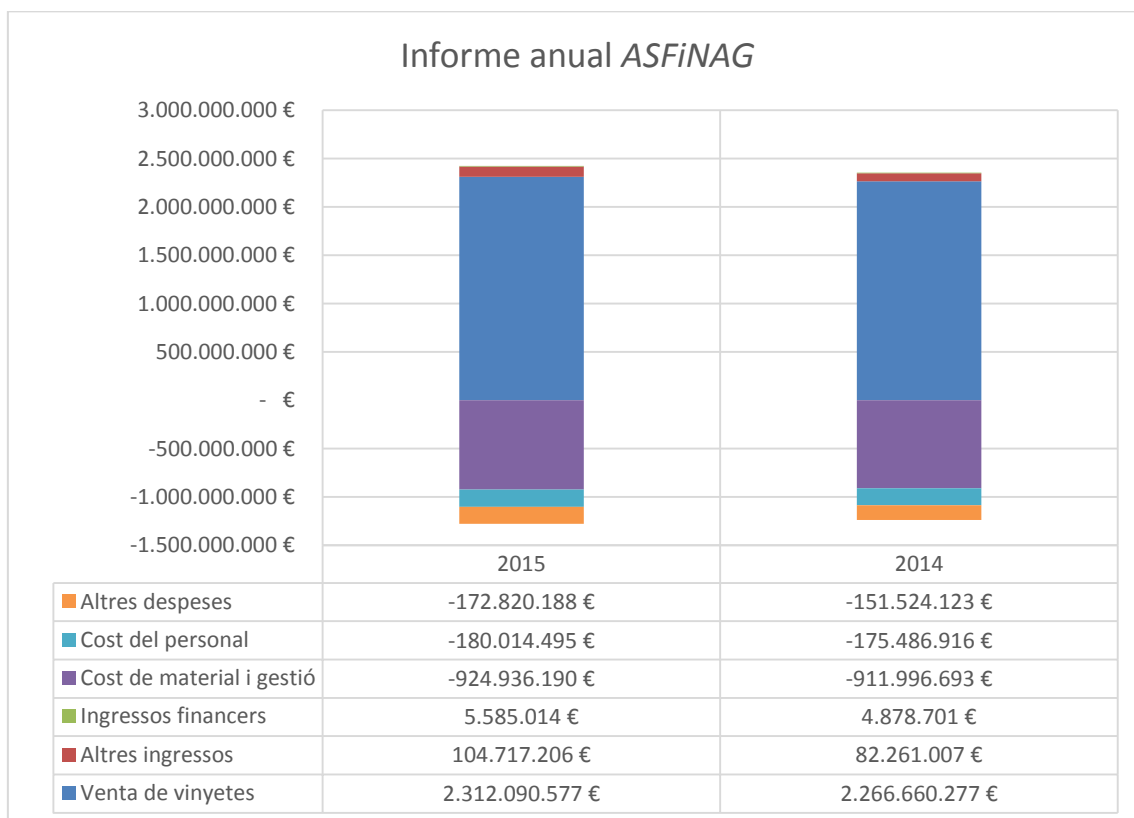


Figura 11. Balanç anual de la concessionària austríaca. Font: Informe Asfinag, 2015

ESLOVÀQUIA

La xarxa de carreteres d'Eslovàquia està formada per 17949 km. de les quals 419 km. són autopistes i correspon a *Národná diaľničná spoločnosť (NDS)* duu a terme el manteniment i gestió del total de la xarxa. En total són 17769 km. que l'administració

eslovaca ha decidit tarifcar per poder tindre fonts suficients pel manteniment i reducció d'externalitats a les carreteres.

SISTEMA DE TARIFICACIÓ

Actualment es poden distingir dos sistemes de tarificació ben diferenciats: per una banda la vinyeta adhesiva per a vehicles lleugers i per altra banda un sistema GNSS basat en la distància recorreguda per a vehicles pesants. Cal destacar la recent instauració de la vinyeta electrònic aquest 2016 que permet un control més precís sobre els vehicles. La recaptació la fa una empresa pública anomenada *Eznamka* i de moment s'ha instaurat en 607 km. de la xarxa tarifcada. En canvi per a la tarificació a vehicles pesants la recaptació la fa una empresa anomenada *Myto*.

Context del país

PIB Nominal (M€)	78.071
PIB PPA (M€)	160.998
PIB per capità (€)	29.700
I. Logistic	3,54
GCI	4,1
IIEE (amb IVA, M€)	1478
Gasoil	103%
Densitat (hab/km ²)	10



Figura 12. Vies tarifcades per a vehicles lleugers. Font: NDS, 2015

Tarificació vehicles inferiors a 3,5 t.

Aquells vehicles que tenen un pes inferior a 3,5 t (motocicletes, automòbils, caravanes i remolcs) i també els autocars requereixen de la vinyeta adhesiva o electrònica per poder usar les vies tarifcades que representen el 99% i el 3,4% del total respectivament.

La implementació de la vinyeta adhesiva es va efectuar l'any 2005 i permet tarifcar els vehicles lleugers i pesants per a subvencionar els costos d'infraestructura i els costos socials generats en la utilització de la xarxa. L'import de la vinyeta varia en temps, actualment per a vehicles lleugers, el període anual costa 50€, el mensual costa 14€ i amb una validesa de 10 dies costa 10€. Per el mateix preu també es pot fer *on-line* la vinyeta electrònic.

Tarificació vehicles superiors a 3,5 t.

EL 2010 és va introduir un nou sistema de tarificació basat en la distància recorreguda per als vehicles de més de 3,5 t. (camions, tractors, tràilers remolcadors, etc.). La xarxa tarifada és la mateixa que la dels vehicles lleugers i conté vies d'alta capacitat, xarxa nacional i regional. Any 2013 la xarxa tarifcada era de tan sols 2.400 Km. (un 15% respecte la total), però a partir del 2014 la xarxa tarifcada s'amplia de forma significativa fins a dia d'avui on representa el 99% del total. En total 17.770 Km que s'atribueix en gran mesura gràcies ala flexibilitat que ofereix la tecnologia del GNSS enfront a la tecnologia DSRC per exemple.

Per fer-ho possible el vehicle de l'usuari utilitza una unitat OBU (proporcionada per *Q-free* i *Siemens*) amb tecnologia híbrida. La instal·lació es obligatòria per aquells vehicles nacionals i registra la posició dels vehicle mitjançant la posició de GPS i la compara amb el model de la xarxa vial.

Esquema de tarificació vial

<i>Xarxa Tarifcada</i>	Autovies i xarxa nacional
<i>Tecnologia utilitzada</i>	GNSS
<i>Vehicles subjectes</i>	v-3,5t /v+3,5t ¹⁰
<i>Any inicial</i>	2005 (vinyeta), 2010 (GNSS), 2016 (e-vinyeta)
<i>Operador del sistema</i>	Národní diaľničná spoločnosť (NDS)
<i>Cost d'operació</i>	10-12%
<i>% V. estrangers</i>	OBU 70%, recaudació 43%
<i>% vehicles pesants. estrangers</i>	24%

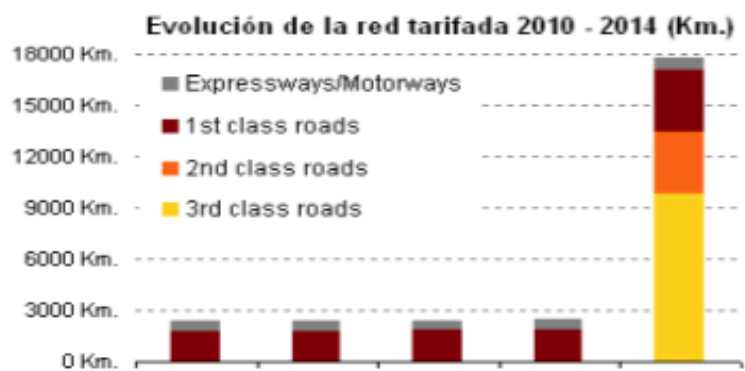


Figura 13. Evolució de la xarxa tarifcada per a vehicles pesants. Font: Fundació META, 2015

¹⁰ Els autocars estan inclosos en la tarificació per a vehicles lleugers.

Característiques de l'OBU:

- Tecnologia GNSS, serveix per determinar la ubicació del vehicle a la xarxa de
- carreteres i saber el número de quilometres de vials tarificats.
- Tecnologia DSRC, s'utilitza per a la transmissió de dades entre l'OBU i els subsistemes recol·lectors de dades situats a la xarxa.
- Tecnologia ANPR, s'utilitza per a la lectura automàtica de les matrícules per a la vigilàncies i control del sistema de pagament.

Infraestructura terrestre

VAC(km)	Total	419
	Tarificada	419
Vies (km)	Nacionals	3.545
	Regionals	13.985
	Tarifada	17.350
M tones-km		33.540
M veh-km		18.133
Tarifa Lleugers (M€)		56
Tarifa Pesants (M€)		183

La tarifa depèn del número de eixos i la categoria d'emissió del vehicle (la mitjana és de

0,16 €/km). El control de vigilància i el compliment del sistema es duu a terme per l'operador *SkyToll* en cooperació amb la policia.

Per fer-ho el sistema de control disposa de 6 pòrtics fixes en autopistes, 40 vehicles de control equipats amb càmeres ORT, 75 operaris de la companyia *SkyToll* a més a més de l'ajuda de la policia.

El sistema de tarificació permet dues alternatives de pagament en funció de cada necessitat:

- El prepagament a través del qual només es podrà accedir a la xarxa un cop s'hagi fet el pagament (dóna accés a un OBU temporal per creuar el camí).
- El postpagament en el que el pagament de les factures és realitzarà a finals de mes, per fer-ho l'operador necessitarà un aval conforme l'usuari pagarà a finals de mes (orientat a usuaris més freqüents).

Gràcies a la tecnologia usada el sistema té molta flexibilitat per gestionar el creixement del volum de transport de mercaderies i l'extensió de la xarxa de carreteres. Compleix amb el requisits de la directiva de serveis europeus EETS i de interoperabilitat.

BALANÇ DE LA TARIFICACIÓ VIAL

Els costos d'implementació de la tarificació per distància van ser de 800 milions d'€, tot i això està justificat ja que l'ingrés provinent del trànsit de vehicles pesants estrangers és aproximadament del 45%. S'estima que el cost del sistema de control i *enforcement* és de l'ordre del 15% dels costos operacionals totals i que són coberts per la recaptació del frau

en el sistema. L'eficàcia de recaptació però supera el 98,91% (contractual) i els fons són gestionats per *NDS*.

En termes d'eficiència l'últim any del qual es tenen informes, el 2014, indica una disminució dels ingressos del frau que es situa en 90 mil €, tot i això no han disminuït el número de violadors la qual cosa indica l'augment del trànsit estranger i la complexitat legal per cobrar a vehicles ocasionals.

Respecte els ingressos de la tarificació per distància, augmenten interanualment un 10% des del 2010 situant-se per sobre de 180 milions d'€ el 2014. Els ingressos de la tarificació de la vinyeta adhesiva es situen en el 56 milions d'€ el 2014 amb un augment del 4% interanual des del 2010.

HONGRIA

La xarxa de carreteres d'Hongria està formada per 31.698 quilometres dels quals 1.516 km. són autopistes i correspon a *State Motorway Management Co. Ltd.* duu a terme el manteniment i gestió, una empresa pública. En total són 7.713 km. que l'administració hongaresa ha decidit tarificar, ja que són el quilometratge més utilitzat per al vehicle privat i el transport de mercaderies.

SISTEMA DE TARIFICACIÓ

Utilitzen dos sistemes de tarificació ben diferenciats: per una banda la vinyeta electrònica per a vehicles lleugers basat en l'ús per temps i per altra banda un sistema GNSS basat en la distància recorreguda per a vehicles pesants.

Tarificació vehicles inferiors a 3,5 tones

Aquells vehicles que tenen un pes inferior a 3,5 t (motocicletes, automòbils, caravanes i remolcs) i també els autocars requereixen de la vinyeta electrònica per poder usar les vies d'alta capacitat tarificades que representen el 4,7% del total.

La implementació a partir del 2008 de la vinyeta electrònica permet crear una base de dades de tots els cotxes matriculats i tindre un control de registres dels vehicles autoritzats. L'avantatge de la vinyeta electrònica és que es pot comprar *on-line*, eliminant els costos d'impressió i distribució de la vinyeta física. Existeixen fins a 5 tipus de vinyeta depenent del numero de passatgers, el pes del vehicle i el temps de validació (10 dies, mensual o anual).

Tot i que l'*State Motorway Management Co. Ltd.* és l'encarregat del seguiment en el compliment de vinyetes electròniques i comprovar les dades de pagament utilitzant el *backoffice*; la responsable de la recaptació és l'Autoritat Nacional del Transport, Carretes, Ferrocarrils i Direcció de la Marina. També utilitzen lectors de matrícula (ANPR) per a tasques d'execució, tant càmeres de control fixe com vehicles amb càmeres mòbils instal·lades i vehicles de transport.

Tarificació vehicles superiors a 3,5 t

El 2013 és va introduir un nou sistema de tarificació basat en la distància recorreguda per als vehicles de més de 3,5 t. (camions, tractors, tràilers remolcadors, etc.) per a VAC i per a vies nacionals tarificades que representen en total el 24,3% de la xarxa hongaresa.

Context del país

PIB Nominal (M€)	108.748
PIB PPA (M€)	258.444
PIB per capità	26.200
I. Logistic	3,18
GCI	4,3
IIEE (amb IVA, M€)	2.718
Gasoil	93%
Densitat (hab/km ²)	106

La tarifa depèn del número de eixos, la categoria d'emissió del vehicle i el tipus de carretera per on circula. Es va designar a una empresa privada de participació 100% pública, *National Toll Payment Services PLC (NÚSZ Zrt.)*, responsable de la recaptació de les tarifes per distància així com de tots els serveis que van lligats intrínsecament al sistema. Per fer-ho el vehicle usuari utilitza una unitat OBU amb tecnologia híbrida:

- Tecnologia GNSS, serveix per determinar la ubicació del vehicle a la xarxa de carreteres i saber el número de quilometres de vials tarificats.
- Tecnologia GPRS/GSM, s'utilitza per a la transmissió de dades entre l'OBU i els subsistemes recol·lectors de dades.
- Tecnologia ANPR, s'utilitza per a la lectura automàtica de les matrícules per a la vigilàncies i control del sistema de pagament.

El sistema de tarificació inclou dues alternatives de pagament en funció de cada necessitat. Depenent la regularitat amb la qual l'usuari en faci ús:

- Conductors freqüents,
Els conductors que utilitzen amb freqüència la xarxa tarificada se'ls recomanen l'ús d'un OBU. Per això serà necessari escollir un proveïdor de serveis i registrar amb un compte d'usuari. Els operadors són els encarregats de facilitar l'OBU als usuaris i aquests hauran d'abonar un preu per l'OBU. Tot i això val a dir que no hi ha cap finançament per part de l'estat hongarès per l'adquisició d'un OBU.
- Conductors ocasionals,
Prèviament hauran d'haver adquirit un abonament per l'ús de la via, i per tant fer un preregistre del numero de la matricula, codi del país, tamany del vehicle, etc. A més a més dóna l'opció de comprar el tiquet abans de 30 dies d'usar-lo o demanar el reemborsament en cas de no usar-se.

Esquema de tarificació vial

<i>Xarxa Tarificada</i>	Autopistes i vies nacionals
<i>Tecnologia utilitzada</i>	GNSS
<i>Vehicles subjectes</i>	v-3,5t /v+3,5t ¹¹
<i>Any inicial</i>	2000 (vinyeta), 2008 (e-vinyeta), 2013 (GNSS)
<i>Operador del sistema</i>	State Motorway Management Co. Ltd
<i>Cost d'operació</i>	7%
<i>% Vehicles estrangers</i>	Quilometratge 46%, recaptació 50%
<i>% Vehicles Pesats estrangers</i>	45%

BALANÇ DE LA TARIFICACIÓ VIAL

Tot i això actualment els ingressos del sistema no són suficient per cobrir els costos totals. És complicat imposar tarifes que aconseguixin recuperar costos fixes com el

¹¹ Els autocars estan inclosos en la tarificació per a vehicles lleugers.

manteniment i la construcció, tot i això els costos de operacions solen descendir quan a partir d'uns anys d'ajustaments s'optimitza el sistema.

Durant el primer any d'ús de tarificació per distància (2013-2014) es van recaptar uns 530 M d'€, en canvi l'any anterior amb un tarificació temporal els vehicles pesats van recaptat unes 7 vegades menys, de l'ordre de 73 M d'€, la qual cosa demostra l'efectivitat del nou sistema de tarificació per ús.

Al voltant de dos terceres parts de la recaptació és van realitzar en les vies d'alta capacitat (un 20% de la xarxa total). Encara que pugui semblar un cost de gestió significativament

menor el no comptabilitzar la xarxa nacional entre les vies tarifcades, el contraria podria provocar *re-routing* entre els usuaris.

La taxa interanual de recaptació des de el 2003 ha augmentat aproximadament un 6% per any i segons *NÚSZ Zrt.* la recaptació entre vehicles estrangers també és eficient tenint en compte que actualment el 52% d'ingressos provenen de vehicles estrangers envers el 48% de vehicles nacionals.

Entre les dades que s'extreu de l'informe del Juliol del 2014, el *backoffice* esta tenint dades positives:

- Mitjana de tiquets venuts al mes: 654.500 tiquets.
- Vehicles registrats i no registrats en el sistema: 371.000 vehicles
- Mitjana de declaracions de seccions de peatge al mes: 22.713.000 declaracions.
- Mitjana de comprovacions per el sistema e control al mes: 2.600.000 comprovacions.

Infraestructura terrestre

VAC (km)	Total	1.516
	Tarificat	1.200
Vies (km)	Nacionals	6.824
	Regionals	23.358
	Tarificada	6.513
<i>M tones-km</i>		38.353
<i>M veh-km</i>		35.867
<i>Tarifa Lleugers (M€)</i>		123
<i>Tarifa Pesants (M€)</i>		536

PORTUGAL

La xarxa de carreteres de Portugal està formada per 13.692 quilometres dels quals 2.988 quilometres són autopistes i autovies; d'aquests 971 km. corresponen a la xarxa SCUT ("sem custo para o utilizador") que equivaldria al peatge a l'ombra, mètode en el que una empresa privada finança i gestiona com a concessionària però es el govern qui paga per cada vehicle circulat en compte de l'usuari individual.

La gestió i manteniment de la xarxa de carreteres és de l'empresa pública *Estradas de Portugal*. En total són 971 km. que l'administració portuguesa ha decidit tarificar i 2017 km. que resten com a concessió. Actualment les vies que estan tarificades van ser les SCUT d'aquí que a partir d'ara se les anomeni exSCUT.

SISTEMA DE TARIFICACIÓ

Actualment hi ha un sol sistema de tarificació en les vies exSCUT: el sistema DSRC funciona tant en vehicle lleugers com en vehicles pesants. La implementació de la tecnologia DSRC (sistema de pòrtics *free-flow*), es va duu a terme a partir del 2010 amb un sistema de cobrament exclusivament electrònic. Després al 2011 es van anar afegint diferents

seccions fins a conformar el total de 971 km.

Aquells vehicles que tenen un pes inferior a 3,5 t (motocicletes, automòbils, caravanes i remolcs) i un pes superior a 3,5 t. (camions, tractors, tràilers remolcadors, etc.) podran circular per les vies de peatge explícit així com les exSCUT que representen en total el 22% de la xarxa portuguesa.

Ambdós requereixen un OBU per a poder ser identificats per els lectors DSRC. Sinó es disposa d'un OBU seran identificats per les càmeres de l'ANPR i rebran una factura per a realitzar el pagament en un període determinat.

Context del país

PIB Nominal (M€)	179.369
PIB PPA (M€)	289.791
PIB per càpita (€)	27.800
I. Logistic	3,37
GCI	4,5
IIEE (amb IVA, M€)	2310
Gasoil	128%
Densitat (hab/km ²)	113

Esquema de tarificació vial

Xarxa Tarificada	exSCUT i peatges explícits
Tecnologia utilitzada	DSRC
Vehicles subjectes	v-3,5t /v+3,5t ¹²
Any inicial	2010
Operador del sistema	Estradas de Portugal
Cost d'operació	25%
% V. estrangers	9-19%
% vehicles Pesants estrangers	n/d

¹² Els autocars estan inclosos en la tarificació per a vehicles pesants.

La tarificació per quilòmetre depèn de la categoria del vehicle, per exemple:

1. Categoria 1, aquells vehicles que tenen una altura menor a 1,10 m des de l'eix principal i sense tenir en compte el número de eixos.
2. Categoria 2, 3 i 4, aquells vehicles que mesurin més de 1,10 metres i tinguin entre 2, 3 o 4 eixos. El seus preus es multipliquen respectivament respecte la categoria 1 per 1.76, 2.25, 2.50.

Aquestes vies exSCUT coexisteixen amb autopistes de peatge explícit (concessions de peatge convencionals amb pagament manual, màquines de pagament automàtic i el carril "Via Verde" (similar al "Via T"). En aquestes vies hi ha 3 formes de pagament: manual, targeta bancària o a través de "Via Verde"; aquesta última funciona a través d'un OBU, la tecnologia present és:

El vehicle usuari utilitza una unitat OBU i integra les següents tecnologies:

- Tecnologia DSRC, serveix per enviar un senyal a través d'ones a l'antena receptora i crear un registre del vehicle al seu pas.
- Tecnologia ANPR, s'utilitza per a la lectura automàtica de les matrícules per a la vigilància i control del sistema de pagament. Per tarificar aquells vehicles lleugers o pesants que no tenen una vinyeta o bé un OBU.

Infraestructura terrestre

<i>VAC (km)</i>	Total	2.988
	Tarificada	971 (2.017 km són de peatge)
<i>Vies (km)</i>	Nacionals	6.284
	Regionals	23.358
	Tarifada	-
<i>M t-km</i>		36.835
<i>M veh-km</i>		54.600
<i>Tarifa vehicles lleugers (M€)</i>		53
<i>Tarifa vehicles pesants (M€)</i>		132
<i>Concessió (M€)</i>		62

El gran avantatge de tota la xarxa és que ambdós infraestructures (peatges amb concessions i exSCUT) utilitzen "Via Verde", és a dir, la tecnologia DSRC. L'OBU pot ser permanent o temporal i pot estar vinculat a la targeta bancària o a una targeta prepagament anònima. Tot i això tan els dispositius permanents com el *Via Verde Visitor* serveixen en els dos models d'infraestructura. Per a les matrícules estrangeres o d'ús ocasional s'ha implementat la tecnologia d'enforcement ANPR.

BALANÇ DE LA TARIFICACIÓ VIAL

El trànsit de les exSCUT el 2012 va caure el trànsit diari entre el 18-48% aproximadament respecte el 2011 segons l'últim estudi del *Instituto da Mobilidade e dos Transportes*

(2014). La raó es troba en la mala gestió i planificació a l'hora d'implementar aquest nou sistema.

La implementació de la tarificació vial forçada per la crisi econòmica com a mesura de reducció de despeses en els pressupost públic mitjançant contractes PPP (public-private partnership). Al passar d'un peatge a l'ombra a un peatge explícit molt usuaris van decidir utilitzar vies nacionals per estalviar-se la tarifa tot i que són menys segures, aquest fenomen conegut com *re-routing* succeeix quan no es tarifiquen de forma efectiva totes les vies d'alta capacitat que hi ha en un territori.

Les dos entitat autoritzades per distribuir OBUs són "Via Verde" i "Correios da Portugal" (CTT). El dispositiu pot estar vinculat a un targeta bancaria o simplement de prepagament. L'organisme responsable de la recaptació és l'*Autoritat Tributaria i Aduanara de Portugal*, però la gestió dels peatges i el control i compliment del sistema recau sobre les diferents concessionàries. En el cas de les exSCUT són : Ascendi, Vialivre i PortVias.

La tarifa depèn del número de eixos, la categoria d'emissió del vehicle i el tipus de carretera. El percentatge d'usuaris estrangers també varia depenen de la via i per norma general el sud tindrà més estrangers circulant que el nord, és per això que les vies exSCUT han implementant opcions que permeten pagar usos puntuals amb certes limitacions.

Els ingressos l'any 2012 van ser de 211,9 M d'€ i el 2013 van ser de 240,2 M d'€, el 2014 261,7 M d'€ dels quals 185,3 M d'€ provenen de les exSCUT i el 62 M d'€ restants dels peatges amb concessió.

Tot i això el cost de la gestió és molt alt respecte els seus homòloga europeus, de l'ordre de 29% dels ingressos el 2012. Tot i això i gracies a les renegociacions dels contractes de concessió juntament amb la optimització i l'augment de trànsit el 2013 es va reduir fins al 25% dels ingressos.

El 2014 els costos de personal eren un 4% més baixos que el 2013 situant-se a 33,3 M d'€.

El cas portuguès requereix d'un anàlisi més detallat que el fet en aquest comparació ja que és un cas en el que les diferents concessions i els seus contractes tenen un pes especials i reben diferents compensacions depenent de la disponibilitat de la via i el transit.

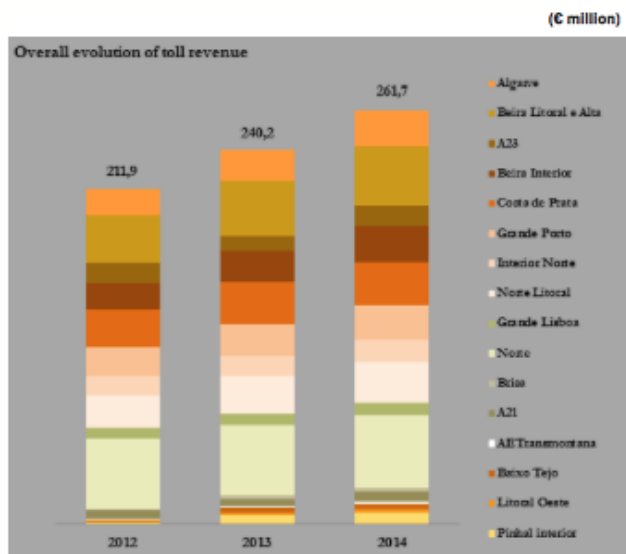


Figura 14. Evolució del benefici de les xarxes d'alta capacitat. Font: Estradas de Portugal, 2014

Costes de cobro / Ingresos

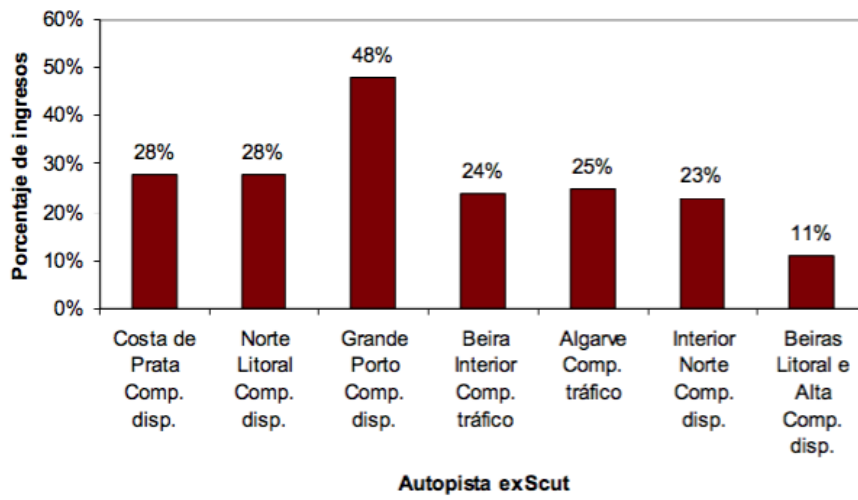


Figura 15. Costos d'operació per trams. Font: Fundació CETMO, 2013

CATALUNYA

La xarxa de carreteres de Catalunya està formada per 12.094 quilometres. La distribució de titularitats varia entre aquelles que pertanyen a l'Estat Espanyol i aquelles que pertanyen a la Generalitat de Catalunya. Depèn de l'Estat espanyol 1.842 km. De carreteres dels quals 868 km. Són vies d'alta capacitat. Per altra banda de la Generalitat en depenen 10.253 km. Dels quals 777 km són vies d'alta capacitat.

En total són 1.645 km. Que es plantegen com a hipòtesi de tarifació per poder tindre fonts suficients pel manteniment i reducció d'externalitats a les carreteres.

SISTEMA DE TARIFICACIÓ

El sistema tarifari plantejat en aquest treball és molt similar al portuguès. Si bé no existiria unes vies tarifades i unes altres amb concessió sinó que totes serien tarifades, la tecnologia emprada per a vehicles lleugers i vehicles pesants seria la mateixa. Sistema DSRC recolzat amb càmeres lectores de matrícula (ANPR). Per tant serà necessari per al usuari tindre un OBU instal·lat al vehicle. Ambdós sistemes tarifaries són basats en la tarifació per ús.

Context del país

PIB Nominal (M€)	204.666
PIB PPA (M€)	214.927
PIB per càpita (€)	27.600
I. Logistic	3,77
GCI	4,6
IIEE (amb IVA, M€)	1297
Gasoil	100% ¹³
Densitat (hab/km2)	234



Esquema de tarifació vial

Xarxa Tarifcada	Vies d'alta capacitat
Tecnologia utilitzada	DSRC
Vehicles subjectes	v-3,5t /v+3,5t ¹⁴
% V. estrangers	
% vehicles pesants. estrangers	

Figura 16. Vies d'alta capacitat (VAC) a Catalunya. Font: VIACAT, 2016

¹³ Tota la fiscalitat de la gasolina s'ha basat en base percentual respecte a les taxes de Catalunya.

¹⁴ Els autocars estan inclosos en la tarifació per a vehicles pesants.

L'OBU podrà ser permanent o temporal i ésser vinculada a la targeta bancària o a una targeta prepagament anònima. Per a les matricules estrangeres o d'ús ocasional s'ha

implementat la tecnologia d'*enforcement* ANPR. Tot i que seria igual de vàlid usar una vinyeta electrònica per als vehicles lleugers, seguint les directives europees, un sistema tarifari basat en la distància és molt més eficaç i just i per això, tot aprofitant les infraestructures del DSRC dels vehicles pesants també s'utilitzaria en vehicles lleugers

TARIFICACIÓ VEHICLES

Infraestructura terrestre

VAC (km)	Total	1.645
	Tarificat	1.645
Vies (km)	Nacionales	6.291
	Regionales	4.158
	Tarifada	-
M t-km		49.399
M veh-km		35.066

Aquells vehicles que tenen un pes inferior a 3,5 t (motocicletes, automòbils, caravanes i remolcs) seran tarificats com a vehicles lleugers i vehicles amb un pes superior a 3,5 t. (autobusos, camions, tractors, tràilers remolcadors, etc.) com a pesants.

Ambdós requereixen un OBU per a poder ser identificats per els lectors DSRC. Sinó es disposa d'un OBU seran identificats per les càmeres de l'ANPR i rebran una factura per a realitzar el pagament en un període determinat.

COMPARATIVA DE LES VARIABLES

En aquest capítol s'analitzaran les relacions i similituds entre les mateixes variables econòmiques i estadístiques presentades en l'apartat anterior. El principal objectiu d'aquesta comparació és demostrar si els països estudiats segueixen un patró en la tarificació viària i si tot i que els sistemes emprats són diferents, els resultats poden ser similars. Una altra meta d'aquest projecte és l'estudi de l'evolució tarifària per cada país comprovant els seus costos operacionals així com els seus ingressos i despeses. Com que les dimensions entre els cinc països comparats són bastant similars és compararan les inversions fetes en el sector de les infraestructures i els models tarifaris més eficients.

De la revisió dels models tarifaris emprats als diferents països cal tenir en consideració que cada estratègia implantada respon a factors i circumstàncies concretes, per tant, la decisió d'afrontar diferents objectius pot ser diversa: substituir o complementar els impostos al combustible, obtindrà recursos financers o internalitzar les externalitats.

La major part dels països amb tarificació vial són països amb menys de 15 milions d'habitants i amb un PIB per càpita de l'ordre dels 29.000 €, excepte Àustria on el PIB per càpita és situat als 47.000€. En els països centreeuropeus el trànsit de pas és molt significatiu (entre un 15% de recaptació per tarificació a vehicles pesants segons les vies), en canvi Portugal és el cas contrari, degut a la seva ubicació perifèrica, com Espanya o Itàlia.

Una forma de plantejar una estratègia financera és la d'assolir l'eficàcia financera, entenent com a tal la relació entre l'obtenció de finançament per a costos d'infraestructura i la recaptació de les tarifes. Si es considera les infraestructures sense un cost d'externalitat (al marge de la societat) es pot quantificar la capacitat de generar suficients ingressos respecte les despeses. Una conseqüència financera per exemple és la sobredotació de les vies d'alta capacitat que pot generar un llastre econòmic adelantant-se a la capacitat vial. Tot i això des de la UE s'instà a centrar esforços en la reducció d'externalitats com per exemple, reduir la sinistralitat, augmentar el nivell de servei, etc. Per fer-ho, crear vies d'alta capacitat noves millora la traça i visibilitat de moltes vies antigues i conseqüentment redueix el nombre de sinistralitats que tants costos suposa per l'administració.

Com bé s'ha dit anteriorment cada país ha escollit un sistema de tarificació i tecnologia que creia més oportú per ell mateix, aquesta decisió podria haver estat influenciada per el plaç de les concessions vigents, contractació d'un *back-office*, els costos associats al canvi de paradigma tecnològic, etc. Les tecnologies disponibles permeten suportar diferents estratègies de tarificació vial. En general el cost marginal de la infraestructura associat a la circulació, s'assignen segons categoria de vehicle. Dependrà d'un ampli desplegament en tecnologia fa que la tarificació per distància sigui eficient només per a vehicles pesants. Tot i això en la majoria dels casos s'opta per una tarificació per dret d'ús temporal als vehicles lleugers i així evitar costos tecnològics als vehicles.

Aquesta mesura pot resultar acceptable en països centreeuropeus en que el percentatge de

vehicles estrangers és elevat perquè resulta ser una forma de recuperar els costos per ús. Però la estratègia de tarificació més justa és la de contemplar diferents contribucions als costos, segons, numero equivalent de vehicle lleugers, numero de eixos equivalents o pes brut del vehicle.

Països com Àustria i Hongria han optat per segmentar els vehicles pesants de més de 3,5 tones per numero de eixos, assumint que a major pes menor numero de eixos i més desats a les infraestructures (*Newbery*). En canvi Eslovàquia han decidit afegir una altra segmentació als vehicles superiors a 12 tones i per tant aquells vehicles superiors a 12 tones seran segmentats per numero de eixos i aquells vehicles inferiors no.

Tots els països estudiants han segmentat la taxa en funció de la categoria EURO d'emissions dels vehicles; considerant grups d'emissions i atribuint els preus més elevats a aquelles categories que suposen una major emissió. La Normativa Europea sobre Emissions, promoguda per la *Directiva Europea 69/2009* reuneix una sèrie de requisits per regular els límits acceptables en els vehicles de circulació a la Unió Europea. En el cas de vehicles pesants, és classifiquen de EURO 0 (major nombre de emissions) fins EURO VI (menor nombre d'emissions).

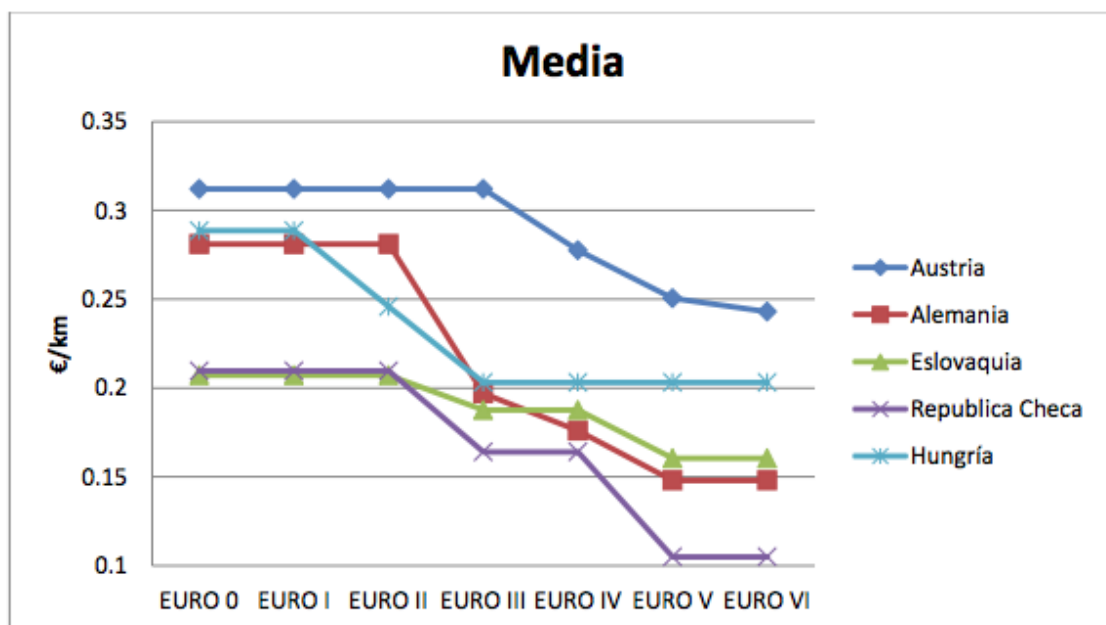


Figura 17. Comparació de la taxa EURO a vehicles pesants. Font: Impacte econòmic de la implantació de l'Eurovinjeta als països perifèrics de la Unió Europea (Marc Solsona)

La diferència entre taxes es mínima, i es pot observar que països com Àustria i Hongria tenen una taxa més estricta que contribueix a la extinció del parc automobilístic més vell. En canvi Eslovàquia és un país on la taxa d'emissions repercuteix en menor mesura.

Aquelles tarificacions subjectes a condicionants tecnològics suggereixen una major tarificació de vies d'alta capacitat i pocs quilometres. Tot i això Hongria i Eslovàquia usant la tecnologia de GNSS han tarificat nombroses vies de diferent categoria i amb una recaptació mitjana elevada en vehicles pesants (0,66 M€/km Àustria, 0,45 Hongria, 0,44 Eslovàquia, etc.). No

obstant estratègies menys sofisticades poden aconseguir un acceptable equilibri entre costos operatius i precisió.

Un plantejament plausible seria el vincular el concepte de vinyeta d'ús només als vehicles estrangers amb poca recaptació de fons. Però tot sembla indicar que el rebuig o l'acceptació d'una oferta de vinyeta va més lligada a la política de preus i la conveniència que a la eficiència.

Aparentment també la tarificació a través de DSRC requereix de pòrtics i infraestructura la qual cosa pot crear sinergies en la gestió del transit i permetre aprofitar aquesta infraestructura fixa dels pòrtics per instal·lar altra matèria com càmeres, radars, etc. La tecnologia ANPR tampoc es queda enrere i genera moltes oportunitats en el camp de reconeixement de matrícules, doncs es pot enllaçar amb la base de dades, vinculant l'auto declaració del quilometratge el compliment de les ITV, els impostos de circulació, etc.

És de vital importància considerar els efectes derivats de la redistribució del trànsit com a conseqüència d'una tarificació a determinats vehicles o a determinades vies. Un clar exemple és Portugal amb la redistribució de transit que va sofrir al passar de SCUT (peatge a l'ombra) a peatge explícit (free-flow); Eslovàquia i Hongria són dos països que han decidit tarificar també la xarxa regional i nacional per evitar justament aquest efecte invers en la sinistralitat i capacitat de les carreteres.

Catalunya podria tindre un equilibri interessant entre la recaptació del vehicle lleuger així com la recaptació al vehicle pesant ja que la seva ubicació al pas fronterer fa que hi hagi un elevat nombre de tones en moviment i de vehicles estrangers en comparació a la resta d'Espanya.

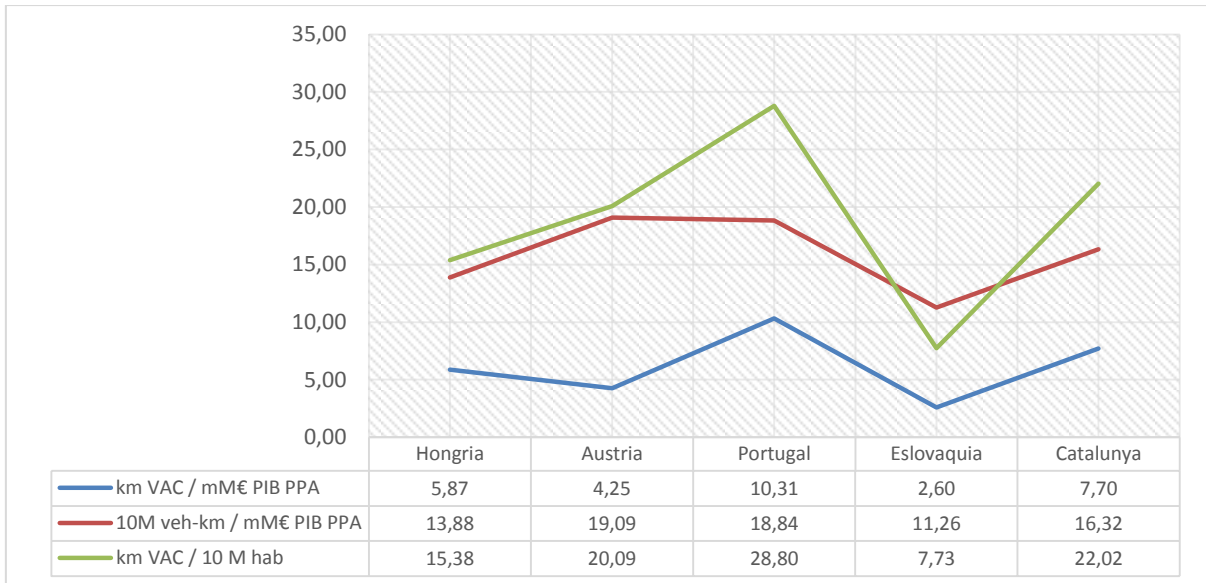


Figura 18. Indicadors segons PIB PPA de cada país. Font: Producció pròpia

km VAC / M.M € PIB PPA

Aquest rati pretén mostrar una similitud entre l'ordre de magnitud de la xarxa d'infraestructures dels països analitzats. Com es pot apreciar, tots ells mostren resultats més o menys similars. Portugal és el país amb un coeficient més elevat degut a que és el país que més quilòmetres de vies d'alta capacitat té per davant d'Àustria, entre exSCUT i carreteres de peatge explícit. Catalunya també té un rati elevat ja que la suma de xarxa i autopistes conformen bona part del mapa de carreteres. En canvi Eslovàquia té una xarxa de vies d'alta capacitat molt més reduïda, en sintonia amb el seu PIB.

10 M VEH-KM / M.M € PIB PPA

Aquest rati indica la intensitat de vehicles anuals en milions a tota la xarxa de carreteres depenen del poder adquisitiu del país. Els resultats són molt uniformes entre ells. El país amb més intensitat de circulació és Àustria seguit per Portugal, que també reflexa el rati més elevat. Per altra banda Eslovàquia i Hongria són el cas oposat, països amb un PIB inferior i una intensitat menor, el que podria ser un reflex del desenvolupament d'un país.

km VAC / 10 M HABITANTS

Aquest indicador és molt útil ja que s'observa el desenvolupament d'infraestructures d'un país depenen del volum de població. En aquest cas es pot observar dos casos extrems, per una part Portugal amb un rati més elevat que la mitjana suggereix que existeix més quilòmetres de vies d'alta capacitat per habitant que a la resta de països. Aquesta situació fa que molts trams de vies no siguin rentables a nivell d'ingressos a més a més d'elevat els costos de manteniment i reduït consegüentment els beneficis.

En canvi països encara receptors d'inversions del fons de competitivitat europeu com Hongria i Eslovàquia mostren un dèficit d'infraestructures viàries per el volum de la seva població, Eslovàquia n'és un cas molt accentuat amb tan sols 419 km de vies d'alta capacitat.

Catalunya mostra un nivell molt equilibrat entre quilòmetres de vies d'alta capacitat per habitants. Tot i això la poca homogeneïtzació de la xarxa de carreteres provoca una segregació d'intensitats que no es pot apreciar en aquest gràfics.

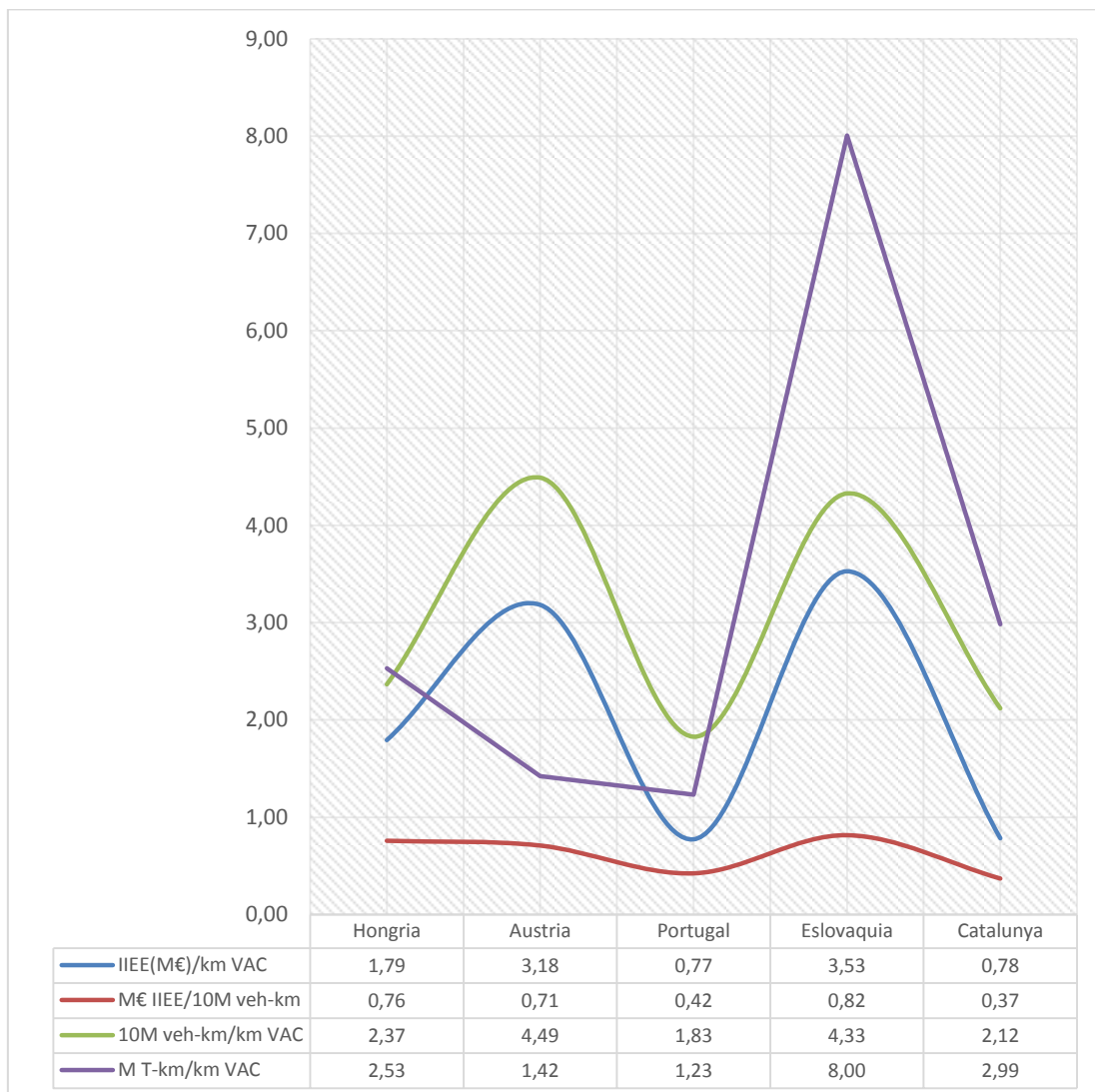


Figura 19. Indicadors segons la longitud de les VAC de cada país. Font: Elaboració pròpia

M € IIEE / M € PIB PPA

Aquest rati recull la diferencia enter aquells països que recapten més per impostos especials respecte els quilometres de vies d'alta capacitat. Àustria és el país on la tarificació per IIEE és més elevada, amb 5.471 milions d'euros. En canvi tot i que Eslovàquia resulti ser el rati més elevat d'entre els països, la raó és els pocs quilometres de xarxa d'alta capacitat, ja que només recapta 1.478 milions d'euros. Catalunya i Portugal segueixen patrons molt similars en ordre de magnitud i se situen en la part baixa de la taula amb una recaptació inferior per quilòmetre. La raó és que Portugal té una xarxa més extensa i Catalunya té poca recaptació d'impostos especials.

M € IIEE / 10 M VEH-KM

Aquest rati és el coeficient dels impostos especials amb la intensitat de vehicles de la xarxa de carreteres, països que tenen més retribucions dels impostos especials i per exemple reben més trànsit transfronterer de vehicles rodats com els països centrals, poden recaptar més en hidrocarburs i tarificació de vehicles. Tot i que la intensitat anual entre països és diferent el rati es molt similar el que significa que segueixen paràmetres comuns en política de tarificació en funció de la riquesa de la població.

10M VEH-KM/KM VAC

Aquest rati pretén mostrar la dotació d'infraestructures d'alta capacitat per el volum d'intensitat que circula per la xarxa d'alta capacitat. En un primer cop d'ull es pot apreciar com països com Àustria i Eslovàquia tenen un rati superior, la qual cosa significa que tenen molta intensitat de vehicles per el quilometratge de carreteres existent. També és un argument més per a justificar la necessitat de tarificació de la xarxa viaria. En canvi països com Hongria, Portugal i Catalunya, mostren un rati inferior el que significa menys densificació de la xarxa de carreteres. Aquest rati també ajuda a identificar països com Portugal que tenen una clara sobredotació d'infraestructures viaries amb un balanç encara negatiu per part de les concessionàries. A Catalunya una homogeneïtzació de la xarxa ajudarà a optimitzar trajectes que fins ara es feien per criteris econòmics més que per criteris de temps i seguretat.

M T-KM/KM VAC

Si el rati anterior ens indicava el nivell de trànsit que assolien anualment la xarxa de vies d'alta capacitat d'un país, amb aquest rati es pot observar la relació de tones quilòmetre absorbides per les vies d'alta capacitat. Aquells països amb un coeficient elevat indicarà que tenen una falta d'infraestructures viaries per absorbir tota la demanda del transport de mercaderies. El país amb més volum de trànsit de mercaderies és Hongria seguit per Eslovàquia. Aquest últim, amb una xarxa de vies d'alta capacitat reduïda va decidir tarificar també altres vies nacionals i regionals i obtenir beneficis del constant pas de vehicles pesants. Tot i això respecte les vies d'alta capacitat té un coeficient molt alt el que demostra una vegada més la manca de carreteres d'alta capacitat del país i comporta problemes de seguretat i capacitat a la resta de la xarxa viaria. La poca integració del transport per ferrocarril de Portugal fa que moltes de les seves mercaderies circulin per la xarxa viaria a diferencia d'Àustria que és l'últim país en transport viaria de mercaderies. Catalunya també es troba en una posició avantatjosa ja que la seva situació fronterera amb França fa que sigui un país de pas de mercaderies des d'Espanya i Portugal i conseqüentment la tarificació de vehicles pesants serà un factor a tenir en compte en la tarificació de carreteres.

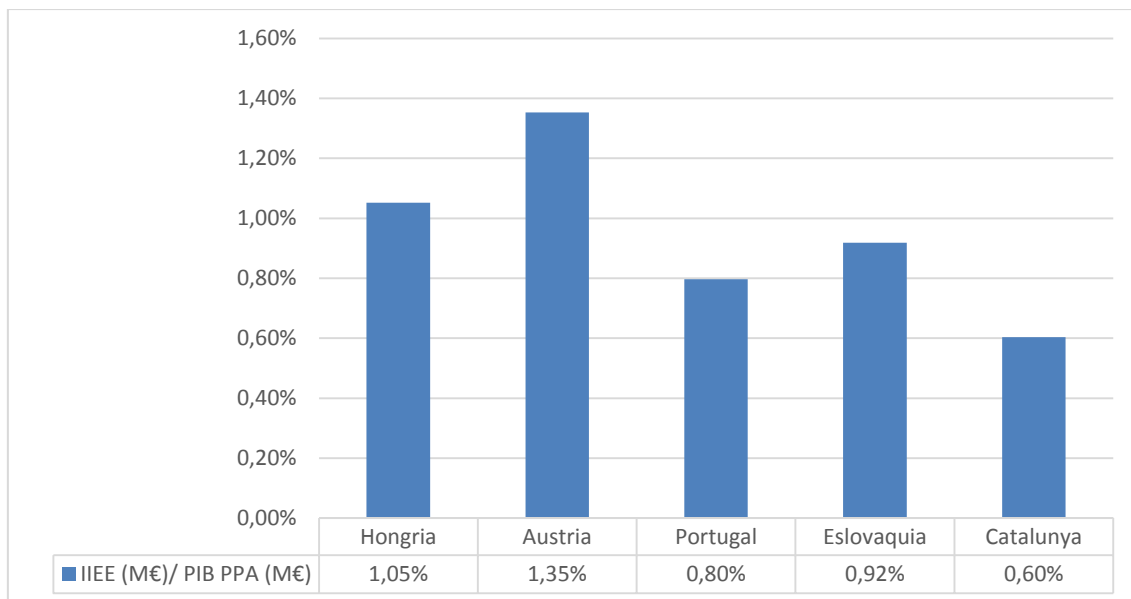


Figura 20. Coeficient entre impostos especials i el PIB PPA de cada país. Font: Elaboració pròpia

Aquest taula pretén mostrar quin és el nivell de recaptació dels impostos especials respecte el PIB del poder adquisitiu de la seva població. Aquest percentatge mostra el nivell de recaptació relatiu per tant, aquells amb un percentatge més elevat implicaran un nivell de recaptació major respecte aquells que tenen un percentatge menor. El primer de tots, Àustria és el país amb major PIB i recaptació per impostos especials, el cas oposat és Catalunya amb menor recaptació. Tot i que els impostos especials engloben altres conceptes que no estan relacionats amb la tarificació vial; la taxa de circulació i hidrocarburs en forma part i amb aquests gràfics es vol donar una idea general de la taxació del transport terrestre.

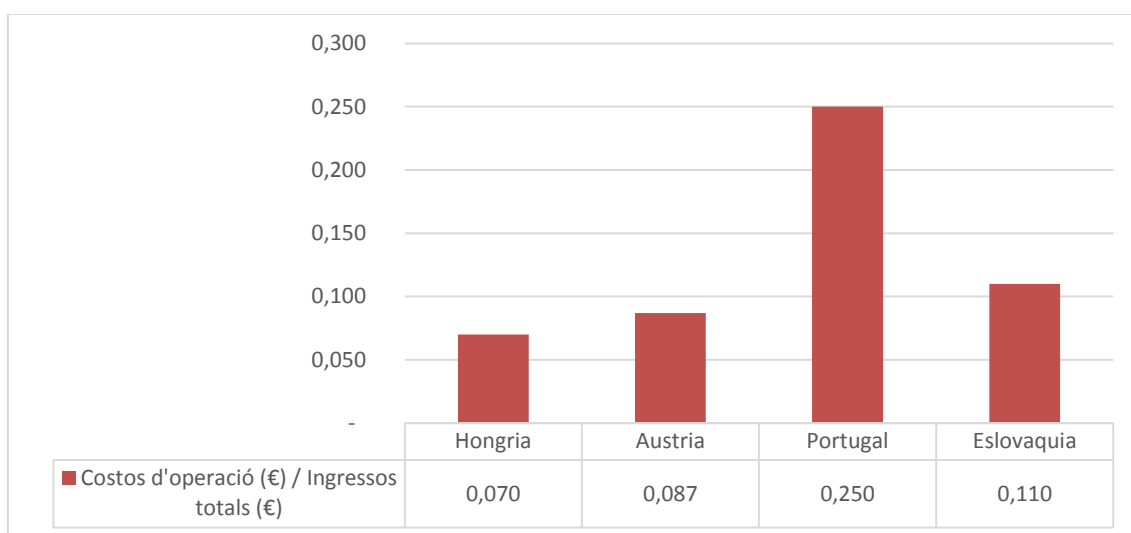


Figura 21. Coeficient entre costos d'operació i ingressos totals de cada país. Font: Elaboració pròpia

El coeficient dels costos d'operació o gestió entre els ingressos totals mostra el percentatge dels costos de gestió del sistema de tarificació en el balanç total. Dels països seleccionats, es pot apreciar que Hongria, Àustria i Eslovàquia tenen un sistema de

tarificació molt optimitzat on els costos de gestió tan sols són un 10% aproximadament del balanç total. En canvi a Portugal, els costos d'operació són molt elevats fet que indica un cop més l'alt nombre de vies a mantenir per la poca intensitat de vehicles que hi circula.

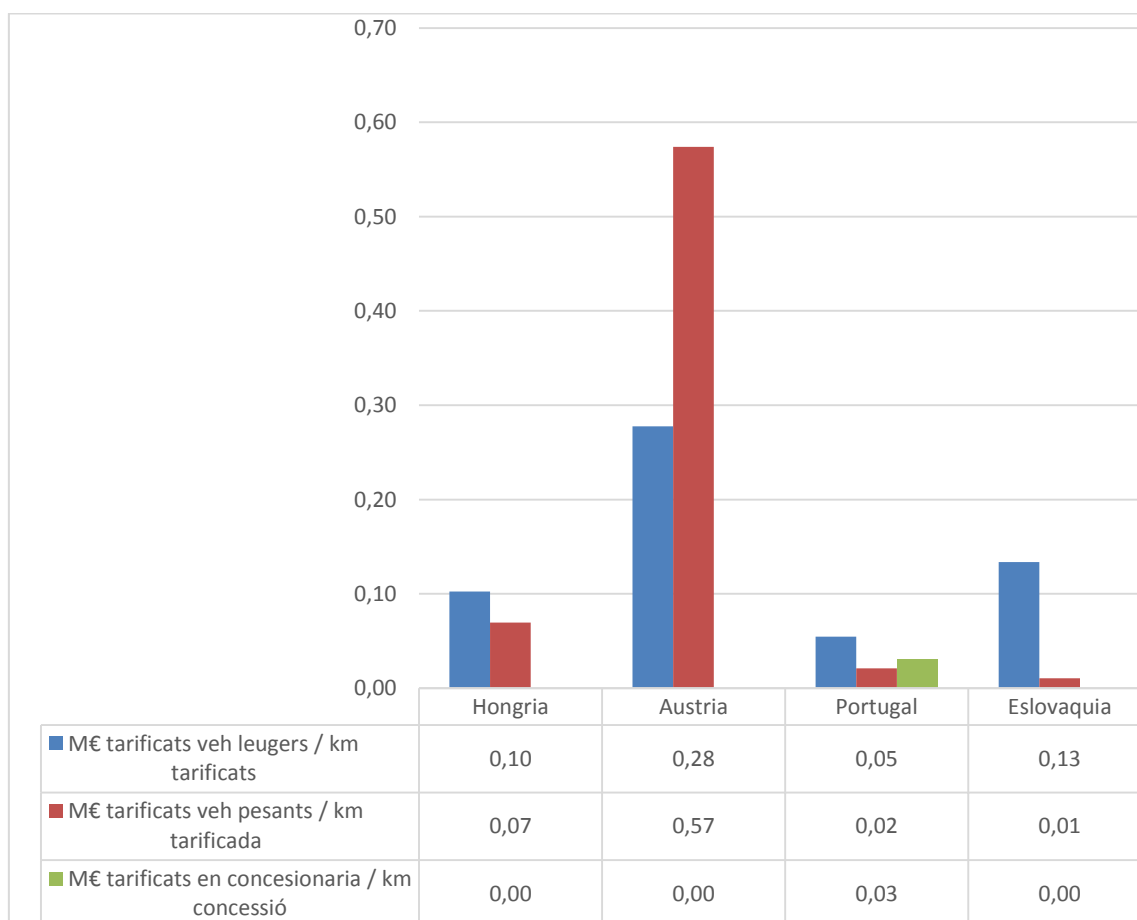


Figura 22. Recaptació de les vies tarifades entre els quilòmetres tarifats. Font: Elaboració pròpia

Per conèixer el nivell de recaptació entre països diferents es decideix fer-ho de manera proporcional dividint la via tarifada en cada situació. Cal tindre en consideració que no serà el mateix per a països centreeuropeus amb un nombre elevat de tones per quilòmetre i vehicles pesants estrangers que països de la perifèria que no tenen un volum de mercaderies i vehicles pesants de pas tant alt. També és important comentar que no és el mateix coeficient en el cas de vehicles lleugers i vehicles pesants ja que cada país decideix tarifcar les vies en funció del seu parc automobilístic.

Per ordre de magnitud el país amb més recaptació en vehicles pesants és Àustria, amb un sistema molt optimitzat. No és dels països amb més transport de mercaderies (inferior en tones per quilòmetre envers els altres països) però rep molt trànsit estranger de pas cap a altres països. També és Àustria el país que més recapta en vehicles lleugers tot i que el seu sistema es tarificació encara funcioni amb vinyeta adhesiva. La justificació de tals ingressos és el preu per quilòmetre en vehicles pesants molt superior a altres països (el 2012 era 0,35 €/km) així com el preu per temps de 1.400 €/any. Àustria també té menys quilometres de xarxa tarifcada el que el permet optimitzar els recursos del sistema i

autofinançar la seva xarxa de carreteres sense necessitat de partides pressupostaries de l'estat per al seu manteniment.

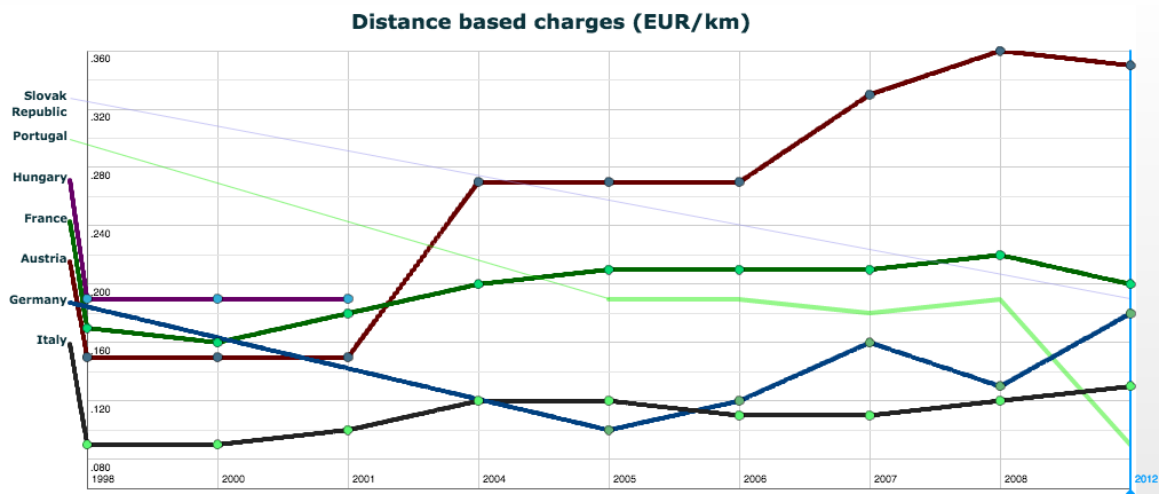


Figura 23. Recaptació per ús (€/km). Font: IFT

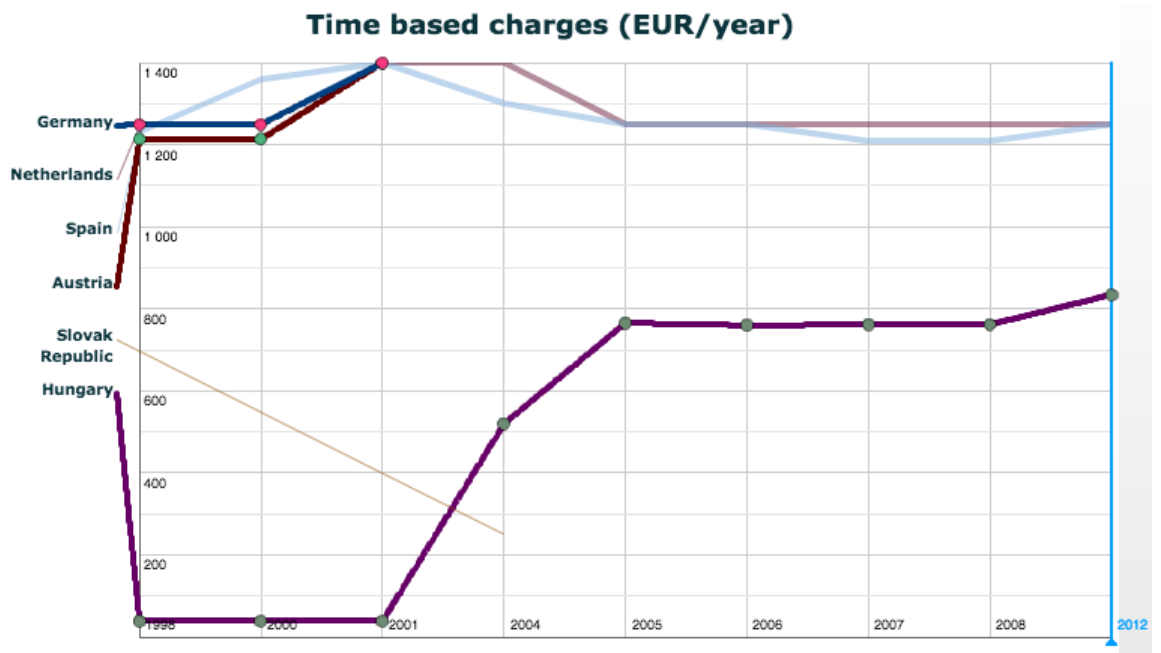


Figura 24. Recaptació per temps (€/any). Font: IFT

En segona i tercera posició en el rànquing de recaptació per tarificació per ús són Hongria i Eslovàquia, amb una tarificació de 0,19 €/km el 2012. La tarificació per temps és més diversa mentre Hongria el 2012 era de 835€/any, Eslovàquia era de 250€/any el 2004. Tot i això els ratis són baixos degut a que la xarxa tarificada és molt més elevada en comparació a Àustria. Una de les principals raons per tarificar quasi tot la xarxa de carreteres en aquests països és per evitar el *re-routing* de vehicles pesants a vies secundaris, causant de congestió i disminució dels nivells de seguretat vial.

Per últim Portugal, amb un sistema vial lluny de ser homogeni i un cost per km d'uns 0,09 €/km, és el país amb menys recaptació de tots. La veritat és que com hem vist

anteriorment té masses vies d'alta capacitat per la demanda que té. El que suposa una sobredotació d'infraestructures a part del *re-routing* en vies amb traçat alternatiu.

Evidentment aquest gràfic no vol dir que uns ho facin bé i altres malament, simplement reflexa la realitat de cada país per les seves vies, algunes altament sol·licitades tenen més recaptació altres com Portugal que segueixen encara avui en números vermells després d'una mala gestió i inversió en infraestructures viares en la època de la recessió.

AVALUACIÓ SOCIOECONOMICA DE LA XARXA DE VIES D'ALTA CAPACITAT A CATALUNYA

INTRODUCCIÓ

Les infraestructures del transport proporcionen una millora de la mobilitat a la població, promou l'economia a nivell macroeconòmic i microeconòmic i genera benestar social a nivell local ja que entre altres millora la accessibilitat d'una regió d'influència i permet a la seva economia desenvolupar-se i comunicar-se. Per això les infraestructures de transport es veuen com a una millora en general envers a la situació prèvia i per tant requereix d'una gran quantitat de recursos econòmics.

Per això i per aconseguir que el cost d'una infraestructura sigui l'adequat per proporcionar el màxim de beneficis al llarg de la seva vida útil, es imprescindible realitzar un anàlisi cost benefici i determinar si és adequat i avantatjós construir una nova infraestructura.

En aquest capítol s'analitzarà l'anàlisi cost benefici (ACB) que és una tipologia d'anàlisi de les tantes que existeixen. Per fer-ho s'analitzaran diversos manuals de diferents regions culturals per comprendre les diferències entre diversos paràmetres i criteris de decisió.

El problema més angulosa a l'hora de fer una inversió en infraestructures del transport és la incertesa que genera la demanda. Si això sumem l'alt cost que tenen aquests projectes, és molt convenient saber quina és la millor opció per invertir. Aquesta diferència entre opcions d'inversió s'anomena el cost d'oportunitat, el valor econòmic que perd la societat per la construcció d'una infraestructura respecta altres alternatives plausibles.

Això se li suma la poca disposició de les administracions a gastar diners públics en infraestructures fa que la rendibilitat econòmica sigui un factor clau tant en el sector públic com en el sector privat. Per tant i per analitzar els costos del model de tarificació d'una xarxa catalana hipotètica s'analitzarà el projecte *ex-ante* (abans de realitzar-se) i comprovarem si els costos d'infraestructura i de externalitat seran inferiors al benefici social i econòmic de implementar-lo.

ANÀLISI DE GUIES COT-BENEFICI EXISTENTS

L'aplicació de l'anàlisi ACB en projectes de transport apareix al Regne Unit al segle XIX. Actualment i gràcies a aquesta tradició saxona una de les millors guies de transports, **COBA User Manual (Cost Benefit Analysis)** compara els costos derivats de la construcció de carreteres amb els beneficis proporcionals pels usuaris.

El 2004 la UE va iniciar el desenvolupament d'una manual d'avaluació de projectes de transport per harmonitzar les directrius dels manuals ja existents i el 2006 amb el nom de **HEATCO (Harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assesment)**, va sortir a la llum.

Al 2010 Espanya per la seva part, i a través del Ministeri de Foment en col·laboració amb CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas), va desenvolupar el *Manual de evaluación económica de proyectos de transporte*. En la comparació correspon a la columna amb les sigles **MMF**. A Catalunya encarregat pel Col·legi de Camins, Canals i Ports i desenvolupat per Mcrit es pot seguir la *Guia per l'avaluació de projectes de transport*. En la comparació correspon a la columna amb les sigles **GCCP**. Tot i això aquest manual va molt lligat amb el creat el 2015 per el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat, el SAIT (*Sistema d'Avaluació d'Inversió en Transport*), del qual s'ha extret bona part de les taules de valors actualitzades que ja menciona amb anterioritat la guia del Col·legi. El procediment d'avaluació és quasi idèntic i a més inclou taules *input-output* que permeten fer un balanç de cost-benefici molt més visual.

	COBA	HEATCO	GCCCP	MMF
<i>Abast del manual</i>	Enfocat a l'avaluació socioeconòmica de projectes exclusivament de carreteres	Dirigits a qualsevol projecte de transport (carreteres, vies ferroviàries, vies aèries, etc.)		
<i>Escenari base</i>	Escenari base és aquell que es troba al llarg de tot el període d'avaluació (Considerant la infraestructura del moment d'anàlisi però afegint les diverses actuacions que s'hi hauran de fer)			
<i>Duració del període d'avaluació</i>	Màxim 60 anys	Màxim 40 anys	Entre 20-30 anys	No determina període concret (normalment entre 20-30 anys)
<i>Valor monetari amb el que es comparen els costos beneficis</i>	Valoració dels elements segons preu de mercat (consideració del valor basat en la disposició a pagar dels usuaris de la infraestructura)	Utilització dels preus de factors (consideració de valors més regulars)	Valoració dels elements segons preu de mercat (consideració del valor basat en la disposició a pagar dels usuaris de la infraestructura)	
<i>Taxa social de descompte</i>	Utilització de la taxa social de descompte temporal	Utilització de la taxa social de descompte temporal o taxa social de descompte comuna d'un 5% aprox.		Utilització de la taxa social de descompte temporal
<i>Motius de viatge</i>	Diferència entre: 1.Gestió; 2.Desplaçament cap a la feina o des de la feina; 3.Altres	Diferència entre: 1.Feina; 2.No feina; 3.Transit de béns comercials	Diferència entre: 1.Gestions i negocis; 2.Treball i estudis; 3.Compres; 4.Lleure	Diferència entre: 1.Feina; 2.No feina; 3.Transit de béns comercials

<i>Valor estalvi de temps de viatge¹⁵</i>	Valors en penics/hora per cada passatger del vehicle i per cada vehicle agafant la mitjana de passatgers	Valors en euros/hora i en euros/hora ajustats per PPA	Valors en euros/hora per cada tipus de motiu de viatge i valor mitjà si no es disposa del motiu	Valors en euros/hora i en euros/hora ajustats per PPA
<i>Definició dels costos operatius dels vehicles</i>	Valors pel consum de combustible	Valors pel consum de combustible i manteniment del vehicle		
<i>Risc d'accidentalitat</i>	S'avalua 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	S'avalua amb el valor monetari que s'estalvia per cada sinistre evitat en costos de seguretat i costos econòmics directes i indirectes derivats del sinistre		
<i>Costos que comporten a la societat la contaminació acústica i el medi ambient</i>	No s'inclouen	Valoració monetària segons els decibels emesos pels vehicles	Valoració monetària segons els decibels emesos pels vehicles. Costos mitjos relacionats amb cada tipus de vehicle	

¹⁵ Tots els manuals tenen taules de valors referencia. La diferència resideix en el detall del tipus de viatge a realitzar.

<p><i>Costos d'inversió</i>¹⁶</p>	<p>Inclou el biaix d'optimisme (error que es preveu en una inversió <i>ex-ante</i> segut al sobrecost que pateixen molt pressupostos). Conté també valors de referència a afegir a la inversió estimada d'infraestructura. Inclou el cost de la demora provocada en els usuaris de les infraestructures properes a la del projecte. Descripció quantitativa d'alguns costos de manteniment que caldria tenir en compte</p>	<p>Inclou el biaix d'optimisme (error que es preveu en una inversió <i>ex-ante</i> segut al sobrecost que pateixen molt pressupostos). Conté també valors de referència a afegir a la inversió estimada d'infraestructura. Inclou el cost de la demora provocada en els usuaris de les infraestructures properes a la del projecte. Inclou costos de manteniment de forma qualitativa</p>	<p>Indica el percentatge que representen els costos de manteniment sobre els costos d'inversió</p>	<p>Inclou el biaix d'optimisme (error que es preveu en una inversió <i>ex-ante</i> segut al sobrecost que pateixen molt pressupostos). Conté també valors de referència a afegir a la inversió estimada d'infraestructura. Inclou el cost de la demora provocada en els usuaris de les infraestructures properes a la del projecte. Inclou costos de manteniment de forma qualitativa</p>
<p><i>Criteri de decisió</i></p>	<p>Considera que el Valor Actual Net (VAN) i el el rati cost-benefici (RCB) 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</p>	<p>Considera 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'annualitat, 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</p>	<p>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</p>	<p>Considera 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</p>

¹⁶ Tots els manuals segueixen els mateixos procediments a l'hora de calcular els costos d'inversió. Tot i això hi ha lleugeres diferències entre elles (vegis punts exposats).

Vist els diferents enfocaments que segueixen les guies cal fer èmfasi en el tractament d'incertesa que tenen els quatre manuals. Tots ell coincideixen que és molt difícil analitzar el nivell de l demanda de passatgers en els pròxims anys com altres aspectes com el preu del combustible, el valor del tems, etc. I per tant el fet de duu a terme un estudi de sensibilitat per saber com influeix en el resultat por tindre molta repercussió.

Per últim comentar que d'entre les quatre guies només la del Ministeri de Foment té un enfocament més teòric sense presentar una metodologia detallada ni una eina informàtica que complementi l'anàlisi teòric.

La gran diversitat entre guies queda constatada en aquesta taula on s'aprecien els diferents enfocaments de l'anàlisi ACB. Tot i això, i per proximitat a nivell nacional, tant en valors aproximats com en metodologia a seguir, s'utilitzarà la guia del Col·legi de Camins, Canals i Ports a l'hora d'analitzar aquest projecte.

ANÀLISI COST-BENEFICI (ACB) DE LES VIES D'ALTA CAPACITAT

L'anàlisi cost-benefici avalua la rendibilitat (econòmica i/o social) del projecte respecte als beneficis socials que comporta. Aquesta quantificació monetària dels costos directes, indirectes i socials permetrà conèixer l'abast del projecte i saber-ne els seus pros i contres.

Des de la nostra perspectiva la guia d'ACB proporciona uns valors molt orientatius sobre la magnitud dels costos i permet estipular una tarifa orientativa per a poder cobrir-los tots. Aquests costos es pretenen sufragar a partir d'una tarificació vial justa entre vehicles pesants i lleugers. Els preus clar dependran de la demanda de la infraestructura i del seu ús en km.

Hipòtesis:

- Els vehicles pesants no es classifiquen segons la directiva europea de contaminació EURO perquè entre altres coses no es disposa de les fonts per conèixer aquests vehicles en vies d'alta capacitat no concessionades catalanes. No obstant seria ideal poder segregar els vehicles per el numero de eixos i nivells de contaminació.
- Tot i la decisió de tarificar les vies d'alta capacitat seria interessant fer un anàlisi en vies nacionals mb un recorregut paral·lel a les vies d'alta capacitat. Això permetrà conèixer de primera mà els fluxs d'usuaris entre carreteres.
- Tots els ratis de càlcul de costos són de l'any 2014, per actualitzar-los és necessari multiplicar per l'Index de Preu de Consum (IPC) del 2016. Sorprenentment l'IPC és de 0,0 entre els períodes de l'Agost del 2014 fins l'Agost del 2016 a Catalunya, per la qual cosa els preus ja es condirant actualitzats.

DESCRIPCIÓ DE LA XARXA

L'anàlisi de costos sobre la xarxa catalana és farà en vies d'alta capacitat entre elles vies concessionades (vies de peatge explícit i vies de peatge a l'ombra) i vies no concessionades. La titularitat d'aquestes es reparteix entre la Generalitat de Catalunya, l'administració central de l'Estat i les diputacions.

Titular	Vies d'Alta Capacitat 2014	%	Total Xarxa Viària 2014	%
<i>Generalitat de Catalunya</i>	762,3	46%	6.081	13%
<i>Estat espanyol</i>	866,8	52%	1.794	48%
<i>Administració local</i>	25,7	2%	4.201	1%
Total	1.654,8	100%	12.076	100%

Taula 6. Titularitat de la xarxa viària catalana. Font: VIACAT 2014

Vies d'Alta Capacitat 2014	Km	%
Vies concessionades	1.018,3	61,80%
<i>Peatge explícit</i>	675,0	41,0%
<i>Peatge a l'ombra</i>	343,3	20,8%
Vies no concessionades	636,5	38,2%
Total	1.654,8	100%

Taula 7. Vies d'alta capacitat. Font: VIACAT, 2014

La tipologia de la via en les VAC (vies alta capacitat) es divideix majoritàriament entre autopistes i autovies (incloses preferents de doble calçada).

Tipologia de via	Km	%
<i>Autopista</i>	688,8	41,6%
<i>Autovia o via preferent de doble calçada</i>	776,1	46,9%
<i>Carretera desdoblada</i>	103,7	6,3%

<i>Via preferent d'una calçada</i>	86,2	5,2%
Total	1.654,8	100%

Taula 8. Tipologia de les vies d'alta capacitat. Font: VIACAT, 2014

Un cop fets a la idea del dimensionament de la xarxa i la tipologia, s'aprofundeix en les vies concessionades per descriuen les seves dimensions així com la titularitat de les diferents vies que les conformen.

Peatge explícit, 2014		Km	%
Total		675	100
Grup Abertis	Acesa	386,9	57,3
	Aucat	49,6	7,4
	Aumar	87,3	12,9
	Invicat	71,4	10,6
Grup Cintra+Grup Abertis	Autema	40,5	6
BTG Pactual+Grup Abertis	Túnels Barcelona -Cadí	39,2	5,8

Taula 9. Distribució del peatge explícit. Font: VIACAT, 2014

Peatge a l'ombra, 2014		Km	%
Total		343,3	100
Grup Cedinsa	Cedinsa Llobregat	39,5	11,5
	Cedinsa Ter	49	14,3
	Cedinsa Transversal	152,2	44,3
	Cedinsa Aro	27,8	8,1
Grup Iridiem	Eix Diagonal	64,7	18,8
	Reus- Alcover	10,2	3

Taula 10. Distribució del peatge a l'ombra. Font: VIACAT, 2014

El següent pas és quantificar el numero de vehicles que circulen per les VAC i per fer-ho s'utilitza l'informe anual de l'observatori viari de Catalunya (VIACAT, 2013) que és la versió més recent.

Any	Peatge explícit	Peatge a l'ombra	Vies no concessionades	Total
2013	29.692	14.865	36.780	29.229
2014	30.492	15.861	43.938	30.667

Taula 11. Intensitat de circulació mitjana diària (vehicle/dia). Font: VIACAT, 2014

Any	Peatge explícit	Peatge a l'ombra	Vies no concessionades	Total
2013	7.316	1.861	8.408	17.585
2014	7.513	1.986	8.951	18.450

Taula 12. Intensitat de circulació anual (vehicles-km en milions). Font: VIACAT, 2014

El percentatge de vehicles pesants que circula per les vies d'alta capacitat s'ha extret d'una ponderació entre els anys 2003 i el 2010 aplicada a la titularitat de les vies. A les vies estatals correspon a un 17,93% de vehicles pesants, a les de la Generalitat un 7,86% i a la xarxa local un 8,66%. Ponderant pel pes en quilometres a la xarxa d'alta capacitat resulta ser un 12,51% de vehicles pesants finals.

2014	Vehicles lleugers	Vehicles Pesants
<i>Total</i>	16.141.117.185	2.308.882.815

Taula 13. Intensitat de circulació anual (vehicles-km en milions). Font: Elaboració pròpia

Per acabar i abans de començar a calcular els diferents costos d'infraestructura i costos socials de la xarxa viària catalana; és interessant afegir taules sobre els ingressos, les despeses d'explotació dels peatges explícits així com dels peatges a l'ombra. També s'inclouen les inversions realitzades en la construcció de les vies concessionades ja que s'utilitzaran per a calcular costos de manteniment. De les vies no concessionades no s'ha pogut obtenir dades d'inversió netes.

<i>Peatge explícit, 2013</i>	Ingressos peatge (M€)	Despeses d'explotació (M€)	Despeses de personal (M€)
<i>Total</i>	702,03	65,12	30,54
<i>Generalitat de Catalunya</i>	263,08	26,76	30,54
<i>Administració General de l'Estat</i>	438,96	38,36	n/d

Taula 14. Balanç resumit dels peatges explícits. Font: VIACAT, 2013

<i>Peatges a l'ombra, 2013</i>	<i>a</i>	Ingressos (cost per a l'administració) (M€)	Despeses conservació	Inversió inicial (M€)
Total		118,5	621,0	1.750,7

Taula 15. Balanç resumit dels peatges a l'ombra. Font: VIACAT, 2013

Si s'analitza la tendència entre els anys 2010 i 2014 les gràfiques obtingudes mostren que són les autopistes que estan en titularitat de l'Estat les que tenen un paper principal en la xarxa viària catalana, només tot sumant les empreses de Aucat, Autema, Invicat, Aumar i Túnel Barcelona-Cadí igualen en proporció els ingressos i despesa generats per Acesa.

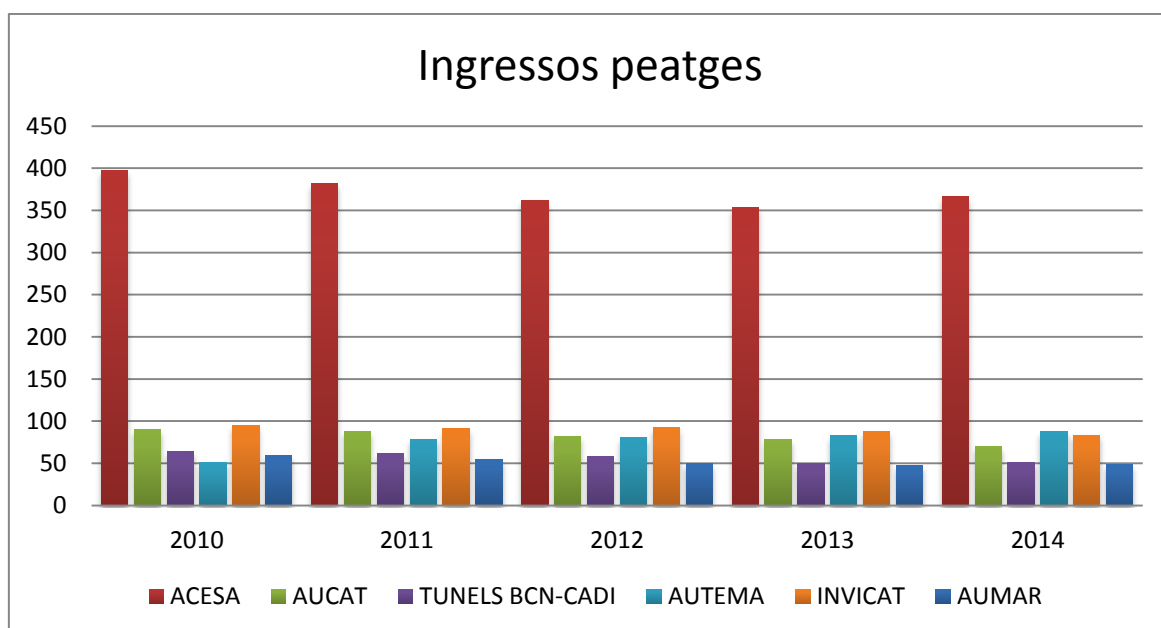


Figura 25. Ingressos de peatges explícits del 2010 al 2014. Font: Informe 2014 sobre el sector de autopistas de peaje en España (Ministeri de Foment)

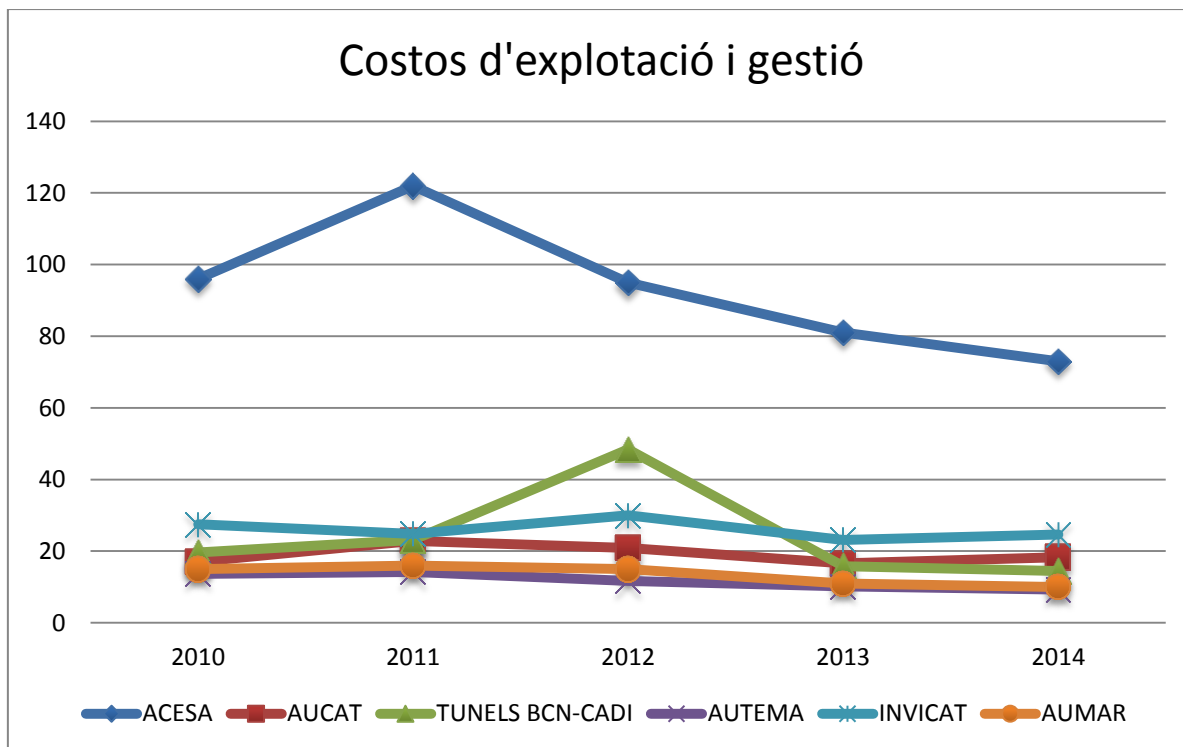


Figura 26. Costos d'explotació entre el 2010 al 2014. Font: Informe 2014 sobre el sector de autopistas de peaje en España (Ministeri de Foment)

CONSIDERACIONS PRÈVIES

En l'aplicació d'una nova tecnologia acompanyada per una nova tarificació de carreteres hi ha com a mínim 3 aspectes a considerar:

- Un canvi de paradigma en l'ús de les vies pot reduir la comprensió dels usuaris de les carreteres i augmentar el risc de generar violacions no intencionades.
- L'adaptació del marc legal que acompanyi la tecnologia per a poder duu a terme l'execució i el compliment de la nova infraestructura.
- La discontinuïtat entre carreteres de pagament i altres vies d'alta capacitat pot crear desequilibris en la capacitat de les vies. Per això la hipòtesi de partida de una xarxa viària uniforme no accentuarà les diferències entre vies de pagament i no pagament.

LEGISLACIÓ SOBRE LA TARIFICACIÓ

Històricament, tant a Catalunya com a Espanya la provisió de fons per a la creació i manteniment de carreteres ha sigut a través d'impostos generals en comptes de tarifes diferenciades per ús. Altres formules com les concessions a empreses privades per fer peatges o el mètode alemany en forma de peatge a l'ombra han permès a les

administracions públiques duu a terme altres infraestructures viaries cap dalts per a la vertebració del territori així com la seva gestió i manteniment.

No obstant, i sense voler entrar en massa detall cal esmentar que la condició jurídica del pagament per ús pot ser a través d'una taxa (impost) o bé a través d'un preu públic. La decisió d'escollir-ne una o l'altre suposa implicacions del tipus econòmic-administratives diferents.

Per exemple a Suïssa la tarificació està subjecta a una taxa i com a tal estarà subjecta a l'IVA, ara bé, a Àustria prefereix la opció de preu públic. La major diferència és que els impostos són bàsicament un instrument per finançar els pressupostos públics, la qual la autoritat té el dret de recaptació i control, tot i que l'operativa pot ser externalitzada; en canvi un preu públic es defineix com aquell import que està íntimament relacionat amb l'ús d'un servei, i pot ser recaptat tant per una autoritat com per una organització privada. Tot i que pugui semblar un tema menor és de vital importància definir quin tipus de marc jurídic es vol seguir, afecta directament molt aspectes com el dret a cobrament, el poder de compliment, etc.

LES INSTAL·LACIONS EXISTENTS

Tot i els avanços constants en matèria de noves tecnologies, no resulta fàcil migrar d'un paradigma en funcionament a un altre més modern pel simple fet de que molts cops els sistemes existents, amb les tecnologies pertinents, indueixen a plaços de concessions vigents, costos per canviar d'una tecnologia viable a una altra més avançada o la absència de criteris d'avaluació de la tecnologia en el mateix contracte.

Al mateix temps, les concessionàries d'autopistes de peatge, que s'han fet càrrec dels costos tecnològics poden considerar que l'acció més raonable és la de amortitzar les inversions fins a que quedin obsoletes (demolicions, remodelacions, back-office, desamortitzacions etc.)

USUARIS OCASIONALS

El sistema plantejat (ja present a altres països) té un nivell de complexitat molt comprensible i senzill, que a la pràctica és totalment compatible amb una gestió dels usuaris ocasionals. La idea més general que se'n desprèn és la següent. Per aquells usuaris diaris els quals han de res de forma assídua es recomanaria adquirir un OBU, per la resta d'usuaris esporàdics el reconeixement de matricules hauria de ser suficient. d'aquest manera s'assegura el compliment del tractat de Viena del 1968 que estipula que qualsevol vehicle internacional té dret a circular per carretera si es compleixen els requisits. El Dret Comunitari també prohibeix una tarifa diferenciadora entre aquells que utilitzen OBU i aquells que són usuaris ocasionals.

COSTOS DE GESTIÓ

La solució “free-flow” requereix de la instal·lació de pòrtics (punts tecnològics) a la xarxa de carreteres. La tarificació dels moviments del usuaris serà tant o més precisa quant major sigui el número de pòrtics instal·lats. Però al augmentar el número de punt de cobrament també augmentarà la inversió inicial de forma proporcional el que conclouria en una xarxa que molt poques administracions podrien permetre's.

La solució regeix en trobar l'equilibri entre els punts de cobrament i el nivell de servei. És a dir, determinar el cost-eficient del nivell de servei ja que qualsevol variació del nivell de servei pot ser un important cost afegit que provocaria el augmentar els recursos telemàtics, suport tècnic, atenció al client, etc.

Tot i això el punt crític resideix en els costos operatius ja que aquests poden ésser molt més superiors als costos d'implementació. El factor crític del cost operatiu són els processos que no estan automatitzats i per tant necessiten intervenció manual:

- Els usuaris ocasionals generen pocs ingressos i requereixen una infraestructura costosa, punts de venda així com cost unitari per transacció.
- Les operacions de *back-office* són imprescindibles així com costoses especialment si hi ha un elevat nombre d'operacions no automatitzades. Costos de gestió d'OBUs (provisió d'unitats, substitució d'averies, etc.) fins al control manual de violadors, generació d'avís, etc.
- Cada operació de pagament té un cost de transacció per part de les entitats financeres que acostuma a ser de l'ordre de 2-5% dels ingressos totals.

TEMPS D'IMPLEMENTACIÓ

Pel que respecte als temps d'implementació cal tindre en compte que la tarificació per ús requereix de temps; temps per a que el sistema entri en funcionament temps per ajustament tarifaris, temps per analitzar el *re-routing* dels cotxes, per ajustar el sistema d'*enforcement*, etc. En el cas del sistema que es planteja aquí, DSRC+ANPR, requereix del temps d'instal·lació de tots els pòrtics i els pertinents tests per aconseguir el nivells de fiabilitat estipulats contractualment.

En el millor dels casos, una xarxa de 12.000 km. Han de coexistir uns 300 pòrtics, un cada 60 km. En zones interurbanes i cada 4 km. En zones urbanes. Seria necessari també al voltant de 2 anys per a que el sistema es trobes operatiu a nivell de maquinari; durant aquest temps també és interessant adaptar el arc legal, software de comunicacions, processament de dades i factures, etc. (META 2012).

No serà tractat en aquest estudi l'acceptació de la tarificació vial, que és sens dubte un dels punts més importants per al correcte funcionament i al mateix temps un dels principals obstacles a nivell públic. Es considera que és nivell més institucional i polític explicar el per què és important tarifca la xarxa i al mateix temps quins són els beneficis socials que se n'extreuen.

COSTOS D'INFRAESTRUCTURA

Són tots aquells costos d'inversió d'infraestructura que caldrà considerar a l'hora de construir una infraestructura nova i de qualitat. Bàsicament està format per dos tipologies: els costos de manteniment, els costos de construcció i els costos d'exploració o gestió.

Evidentment també hi ha altres costos ha tenir en compte com podrien ser expropiacions, adquisició de material i maquinari, etc. Tots aquests són costos interns del projecte que caldrà considerar en la seva totalitat.

COSTOS DE MANTENIMENT

Els costos de manteniment són aquells que s'assumeix per mantenir la qualitat de la infraestructura durant el període d'avaluació del projecte. Aquest cost és intern i ha de ser cobert per la xarxa viària tarifada. Per al càlcul del manteniment s'han realitzat 3 mètodes diferents de quantificació per quilòmetre lineal:

1. Seguint les indicacions de la Guia del Col·legi de Camins, Canals i Ports, es planteja un cost ordinari que s'haurà d'abonar cada any i un cost de manteniment extraordinari cada 10 anys. El cost de manteniment ordinari serà l'1% de la inversió de la infraestructura i el cost de manteniment extraordinari serà del 5% de la inversió. Per evitar el màxim d'errors ens els càlculs s'ha optat per calcular els costos de manteniment en 25 anys i d'aquesta manera incloure els costos ordinaris i extraordinaris de manera homogènia en el temps d'avaluació. Aquesta estratègia també es va adoptar en l'estudi *Avaluació del cost de rescat de les concessions de les autopistes i vies en règim de peatge de la Generalitat de Catalunya* (Àlvar Garola, 2015). On es va analitzar el cost de rescatar les vies en règim de peatge de la Generalitat de Catalunya basats en el caire financer i el caire administratiu. També es va calcular el cost que tindria el manteniment de les vies fins al final de la seva amortització d'on s'extreu la següent figura.

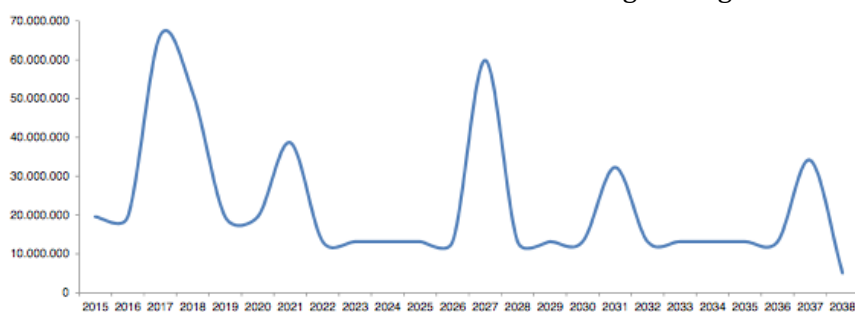


Figura 27. Costos del manteniment ordinari i extraordinari. Font: Avaluació del cost de rescat de les concessions de les autopistes i vies en règim de peatge de la Generalitat de Catalunya, 2012

<i>Operadors</i>	Inversió autopista (m€)	Amortització (m€)	% amortitzat	Any de revisió
<i>Acesa</i>	2.185.885	1.372.975	62,8%	2021
<i>Aucat</i>	507.525	278.967	55,0%	2023
<i>Aumar</i>	348.296	288.707	82,9%	2019
<i>Invicat</i>	666.785	485.121	72,8%	2021
<i>Autema</i>	477.012	-	0,0%	2037
<i>Túnel Barcelona - Cadí</i>	382.039	30.562	8,0%	-

Taula 16. Inversió i amortització dels peatges explícits. Font: Informe 2014 sobre el sector de autopistas de peaje en España (Ministeri de Foment)

Utilitzant les inversions obtingudes de les vies concessionades es pot fer el càlcul teòric dels costos de manteniment. Tot i això a les vies no concessionades no s'ha pogut obtenir valors de les inversions realitzades així que per calcular la resta dels 636,5 km de vies d'alta capacitat s'ha optat per fer una ponderació del manteniment de les vies concessionades (81,90 m€/km) i homòlogament es calcula el cost de manteniment per a les vies no concessionades.

Vies	Km	Cost manteniment 2015-2038 (M€)
<i>Aucat</i>	49,6	167
<i>Invicat</i>	71,4	220
<i>Autema</i>	40,5	157
<i>Túnel Barcelona -Cadí</i>	39,2	126
<i>Acesa</i>	386,9	721
<i>Aumar</i>	87,3	115
<i>Peatge a l'ombra</i>	343,3	578
<i>Total vies concessionades</i>	1018,2	2.085
<i>Vies no concessionades</i>	636,5	1.303,27
<i>Total manteniment en 25 anys (M€)</i>		3.388,28
Total manteniment anual a VAC (M€)		135,53

Total manteniment anual lineal (m€/km)	81,90
---	--------------

Taula 17. Cost anual del manteniment segons criteri de la Guia de Camins. Font: Elaboració pròpia

2. Seguint les indicacions de l'informe: *Sistema d'Avaluació d'Inversions en Transport (SAIT)*, es planteja la quantificació de la xarxa viària a través d'uns paràmetres extrets de la següent figura 26.

Tipologia d'infraestructura	Ordinari	Extraordinari
Autopista	33.000€/km-any	130.000€/km -10 anys
Carretera convencional	16.500€/km-any	65.000€/km - 10 anys
Carretera local	7.100€/km-any	
Incrementos		
Vialitat invernall	12.400€/km-any	
Túnel	398.231€/km-any	

Figura 28. Taula de costos de manteniment per quilometratge. Font: SAIT, 2014

El període d'avaluació serà el mateix que en el primer cas, 25 anys. Depenent de la tipologia de carretera s'ha agrupat en autopistes si són: autopistes, autovies i vies preferents de doble calçada, i les carreteres desdoblades i vies preferents d'una calçada s'han avaluat com a carreteres convencionals.

Al no tindre dades quantitatives de el nombre de quilometres de túnels en vies d'alta capacitat així com d'aquelles que requereixen un manteniment especial al hivern; primer s'ha fet un càlcul sense considerar-ne cap dels dos. El total de manteniment anual per quilòmetre lineal era de 40.758 m€/km.

Tot i això aquest no és un càlcul real ja que no té en compte la diversitat de les vies, i s'ha optat per realitzar una hipòtesi versemblant al suposar que un 7% de les vies d'alta capacitat són túnels i que un 15% requereix de vialitat invernall. Els resultats es mostren a la taula següent.

Vies	Km	Cost manteniment 2015-2038 (€)
<i>Aucat</i>	49,6	50.542.400
<i>Invicat</i>	71,4	72.756.600
<i>Autema</i>	40,5	41.269.500
<i>Túnels Barcelona -Cadí</i>	39,2	39.944.800
		-
<i>Acesa</i>	386,9	394.251.100
<i>Aumar</i>	87,3	88.958.700
<i>Tunels (7%) + vialitat invernall (15%)</i>		1.230.185.353

<i>Peatge a l'ombra</i>	343,3	349.822.700
<i>Total vies concessionades</i>	1018,2	1.037.545.800
<i>Vies no concessionades</i>	446,6	455.085.400
	189,9	193.508.100
<i>Total vies no concessionades</i>	636,5	648.593.500
<i>Total manteniment en 25 anys (€)</i>		2.916.324.653
<i>Total manteniment anual a VAC (€)</i>		116.652.986
<i>Total manteniment anual lineal (€/km)</i>		70.494

Taula 18. Costos de manteniment segons SAIT. Font: Elaboració pròpia

- El tercer mètode està basat en diferents països de la Unió Europea i percentatges sobre la inversió en construcció i manteniment respecte el seu PIB nominal. La informació prové del International Transport Forum (ITF), una associació sense ànim de lucre que vetlla per la integritat i el bon desenvolupament dels països que en formen part.

Els països analitzats tenen una dimensió de la xarxa d'alta capacitat molt diferent així com unes condicions econòmiques diverses per la qual cosa a vegades les dades no seran representatives.

<i>País</i>	PIB 2014 (€)	km VAC
<i>Àustria</i>	337.286.000.000	1.719
<i>França</i>	2.181.064.000.000	11.882
<i>Alemanya</i>	3.032.820.000.000	12.917
<i>Hongria</i>	108.748.000.000	1.516
<i>Italià</i>	1.636.371.700.000	6.758
<i>Països Baixos</i>	676.531.000.000	2.758
<i>Portugal</i>	179.369.000.000	971
<i>Eslovàquia</i>	78.071.000.000	419
<i>Espanya</i>	1.081.190.000.000	15.048
<i>Regne Unit</i>	2.575.719.200.000	3.756

Taula 19. Descripció de països europeus. Font: EUROSTAT

A nivell estatal la xarxa viària d'alta capacitat espanyola és la més extensa de la Unió Europea. El creixement des de 1985 s'ha sostingut en les vies d'alta capacitat que ha augmentat en dimensió fins a 13.310 km l'any 2012, una xifra dotze vegades superior a la del 1985, en detriment de les carreteres convencionals que van reduir els seu quilometratge gairebé 1.700 km. En el mateix període les autopistes de peatge també van augmentar fins a 3.025 km. (RACC, 2102)

Amb aquestes xifres Espanya és un dels països capdavanter a escala internacional per sobre del que li correspondria des d'una perspectiva a nivell de renda i desenvolupament. Tot i això i com es veurà més endavant Espanya no és un dels països que més inversió en manteniment fa respecte a la seva longitud de xarxa, el que pot comportar una disminució del nivell òptim de servei.

Xarxa viària d'alta capacitat a la UE, any 2010
Longitud i proporció sobre xarxa secundària

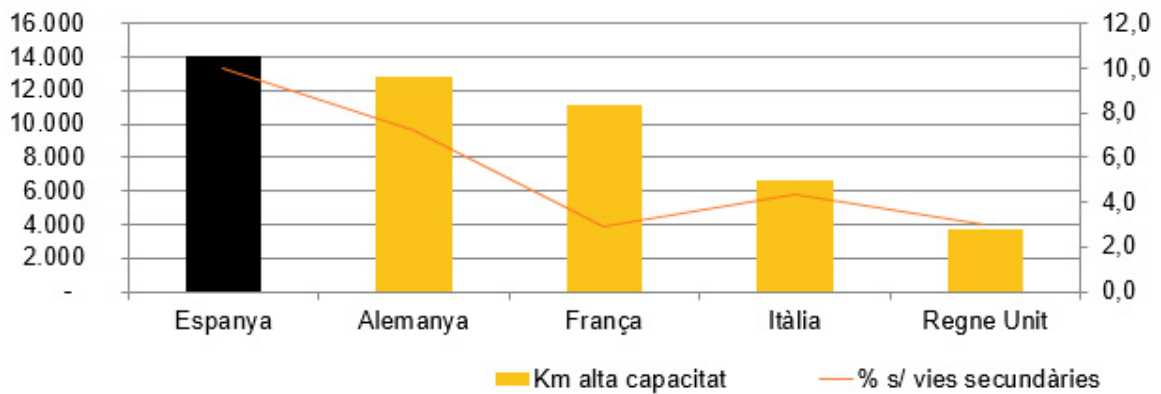


Figura 29. Xarxa viària d'alta capacitat a Europa. Font: European Road Federation, 2012

Per entendre de forma visual la inversió en manteniment dels països europeus s'adjunten dos figures que mostren les inversions en manteniment per a tota la xarxa (figura 30) I les inversions en manteniment de les vies d'alta capacitat (figura 31).

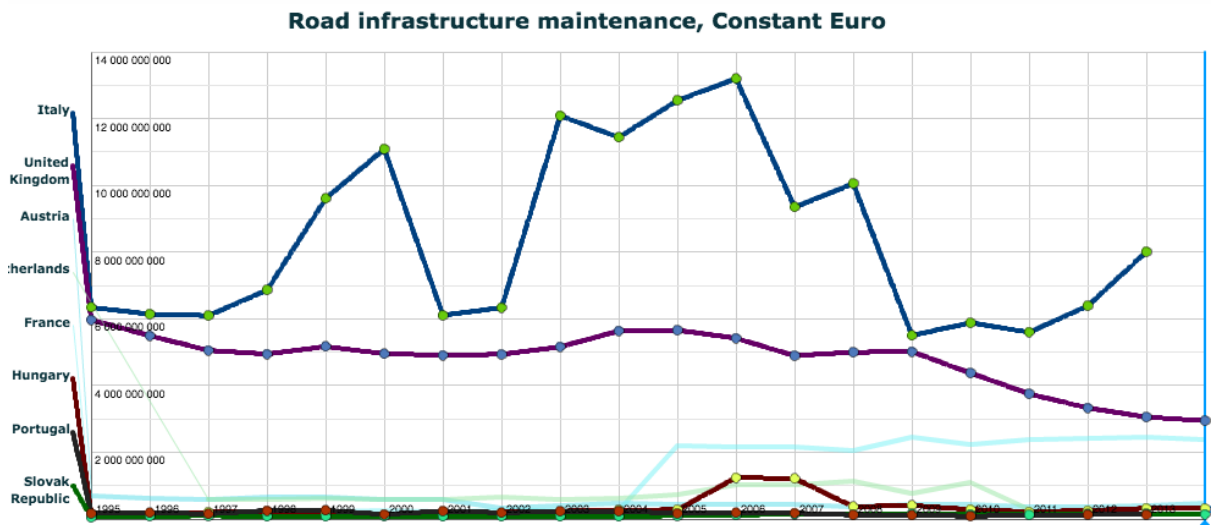


Figura 30. Cost de manteniment de la xarxa viària completa. Font: ITF

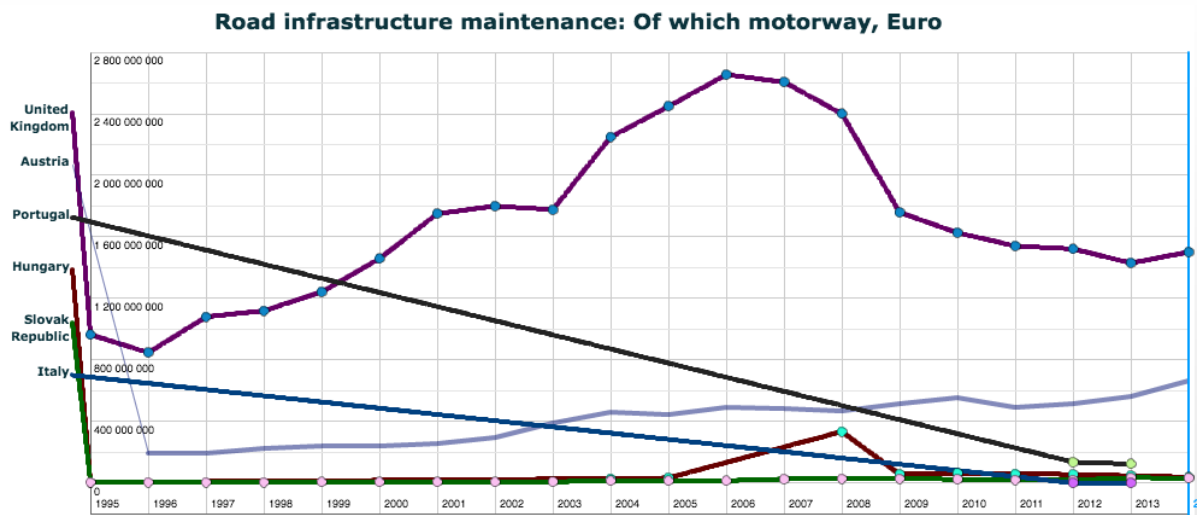


Figura 31. Cost de manteniment de la xarxa viària d'alta capacitat. Font: ITF

Un cop vist les inversions en el manteniment d'infraestructures viàries en valors absoluts, es calcularà el manteniment relatiu respecte el PIB nacional de cada país (taula 19).

Països de dimensions més reduïdes com Àustria i Holanda fan una aportació en termes de cost de manteniment inferior respecte a la resta però de quasi més de la meitat respecte al seu PIB. El Regne Unit també està al capdavant d'inversions en manteniment i això l'avalua com un dels països europeus amb millor seguretat viària segons el RACC (2012). Itàlia també ha fet un esforç desorbitat per millorar la seva xarxa de carreteres situant la inversió en manteniment per sobre que la inversió en construcció.

Països com Àustria i Portugal destinen una majoria del cost de manteniment al manteniment de vies d'alta capacitat. El Regne Unit (37,72%) i després Hongria (19,14%) segueixen la llista de països amb més inversió de manteniment en vies d'alta capacitat. La raó del perquè Hongria no inverteix tant és pel fet que les seves VAC són de construcció més recent envers per exemple a les històriques de Àustria (81,77%).

País	Cost de manteniment VAC respecte el total	Cost de manteniment xarxa total viària
<i>Àustria</i>	81,77%	0,15%
<i>França</i>	n/d	0,06%
<i>Alemanya</i>	n/d	n/d
<i>Hongria</i>	19,14%	0,35%
<i>Italià</i>	0,00%	0,50%
<i>Països Baixos</i>	n/d	0,11%
<i>Portugal</i>	75,70%	0,10%
<i>Eslovàquia</i>	13,09%	0,14%
<i>Espanya</i>	n/d	0,19%
<i>Regne Unit</i>	37,72%	0,17%

Taula 20. Ratis d'inversió en manteniment dels països europeus (% sobre PIB). Font: ITF

Així doncs per als costos de manteniment de la xarxa catalana d'alta capacitat s'opta per emmirallar-se en països de dimensions territorials, PIB Nominal i longitud de la xarxa viària similars. Entre els analitzats, Àustria i Holanda destinen 0,15% i 0,11% del seu PIB al manteniment de carreteres respectivament. Per altra banda Hongria podria ser un país de referència, però la encara recent incorporació a la Unió Europea (2004) així com el seu exponencial creixement en infraestructures viàries gràcies als crèdits del Banc d'Inversions Europeu; fan que el percentatge d'inversions respecte el seu PIB sigui sobrevalorat durant aquest període.

Lògicament el grau de desenvolupament econòmic i la xarxa preexistent poden explicar les diferències entre països, però probablement només de manera parcial. La qual cosa reafirma la singularitat del model català i espanyol de planificació i execució d'infraestructures de transport respecte la resta de veïns europeus. El repte rau en ajustar un nivell de servei i qualitat que permeti mantenir un balanç

entre manteniment i seguretat vial. Inicialment es considerarà que un 0,15% del PIB català anirà destinat a inversions de manteniment de carreteres (sense distingir titularitats).

Per a poder fer una distinció clara entre quin percentatge de les inversions van destinades a les vies d'alta capacitat i quin percentatge va destinat a la resta de la xarxa s'utilitzarà la guia SAIT, la qual ja fa menció del imports del manteniment per tipologia de carretera (figura 4).

La ponderació dels costos de manteniment de vies d'alta capacitat respecte la resta de la xarxa indica que un 35,79% de les inversions en manteniment s'haurien de destinar a les vies d'alta capacitat mentre que el 64,21% hauria d'anar destinat a la resta de la xarxa.

Les vies d'alta capacitat tot i representar el 13,7% del total de la xarxa de carreteres en longitud, té uns costos de manteniment més elevats degut a les altes prestacions que requereixen.

La raó principal per la que s'escull fer ús de la SAIT és que les dades sobre manteniment de les VAC de la resta de països europeus són molts disperses i no lideren a una conclusió, la qual cosa significa que cada país s'adapta inverteix segons les seves necessitats.

Inversió total en manteniment (€)	306.999.000
Total manteniment anual a VAC (€)	109.898.993
Total manteniment anual a la resta de la xarxa (€)	197.100.007
Total manteniment anual lineal (€/km)	66.412

Taula 21. Cost del manteniment de les vies d'alta capacitat catalanes. Font: Elaboració pròpia

Vist els 3 mètodes de càlcul dels costos de manteniment de carreteres, s'ha de prendre una decisió sobre quin és mètode d'anàlisi més adequat per interpretar els costos.

Per a prendre aquesta decisió es té en compte la inversió en l'àmbit de les infraestructures del transport a Catalunya. El retràs en les inversions autonòmiques juntament amb la poca inversió en manteniment de l'Estat en aquest últim període de crisi conclou amb la idea d'una infradotació de les partides pressupostaries en manteniment. Per aquesta raó s'ha optat per escollir el mètode 1 (amb el preu més elevat per quilòmetre) com els més representatiu a l'hora de fer l'anàlisi dels costos a les vies d'alta capacitat.

	Total manteniment anual lineal (€/km)	Total manteniment anual a VAC (€)
Mètode 1	81.902	135.531.399
Mètode 2	70.494	116.652.986
Mètode 3	66.412	109.898.993

Taula 22. Resultats finals dels 3 mètodes. Font: Elaboració pròpia

COSTOS DE CONSTRUCCIÓ

Els costos de construcció són aquells que s'assumeix per construir una nova infraestructura del transport en un territori en concret. Aquests costos han de ser interns i incloure altres costos associats com les exportacions, bases salarials, estudis previs, maquinari, etc. No obstant és important remarcar que aquests costos no han de servir íntegrament per a la construcció doncs s'entenen més aviat com un fons per a la inversió del transport.

Degut a aquest plantejament tan obert els costos de construcció haurien de estar definits per objectius, doncs seran fonamentals per a duu a terme qualsevol projecte de millor en el marc de la mobilitat. Des de aquest punt de vista, els costos constructius també seguiran les línies d'inversió respecte el PIB que altres països de la Unió Europea han fet.

Històricament l'Estat espanyol ha invertit en construcció i manteniment per sobre de la mitjana europea, fins a un 0,57% del PIB entre el 1987 i el 2012. En èpoques de recessió però, la inversió al sector s'ha vist afectada i des del 2009 fins al 2011 la inversió disminueix un 0,15% del PIB aproximadament(figura 32). Raó per la qual algunes obres vials s'han vist endarrerides i fins i tot suspeses a mitja execució.

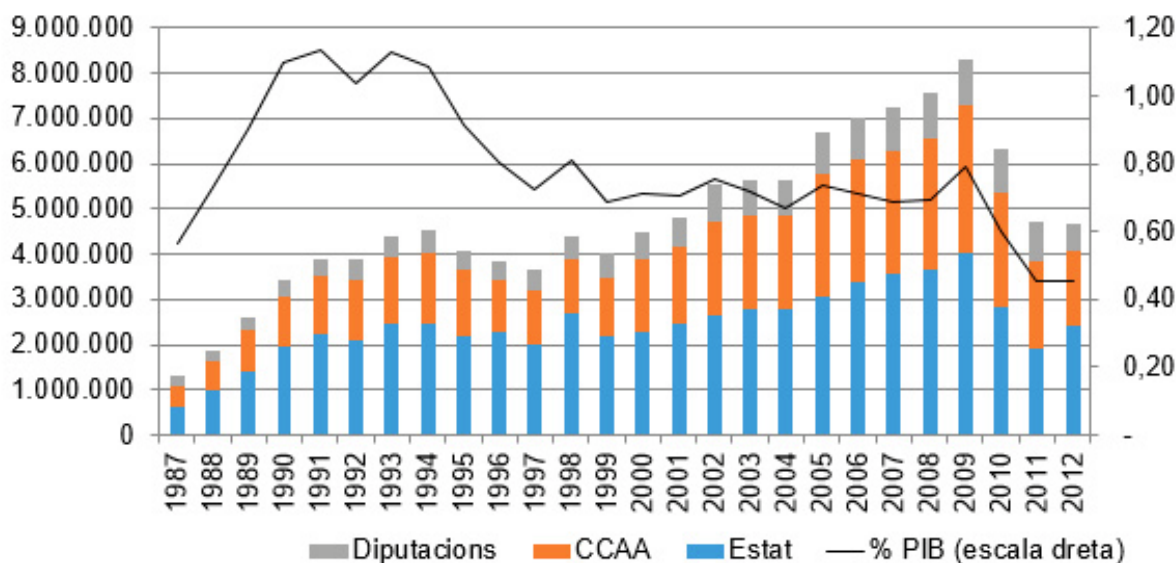


Figura 32. Inversió en carreteres per administracions (m€ i %PIB). Font: RACC, 2012

A nivell europeu però els costos d'inversió en construcció de carreteres han sigut més moderats i països de la mateixa magnitud que Espanya han invertit un 41% en el cas d'Itàlia on un 37% en el cas de Alemanya. (taula 23).

País	Cost de construcció VAC respecte el total	Cost de construcció xarxa total viària
<i>Austria</i>	86,32%	0,16%
<i>France</i>	17,50%	0,51%
<i>Germany</i>	n/d	0,37%
<i>Hungary</i>	70,68%	0,49%
<i>Italy</i>	33,50%	0,41%
<i>Netherlands</i>	n/d	0,28%
<i>Portugal</i>	69,11%	0,66%
<i>Slovak Republic</i>	68,68%	0,42%
<i>Spain</i>	n/d	0,57%
<i>United Kingdom</i>	37,33%	0,22%

Taula 23. Ratis d'inversió en construcció dels països europeus (% sobre PIB). Font: Elaboració pròpia

A l'hora de comparar els països per les inversions en les vies d'alta capacitat, veiem molts països amb una inversió superior al 60% respecte al total. Les raons poden ser diverses; per exemple Àustria que degut a la seva situació geogràfica de pas de mercaderies ha d'invertir en vies d'alta capacitat per evitar el col·lapse de mercaderies al seu país, cosa que li comportaria un efecte negatiu en la economia. Hongria i Eslovàquia són països que com bé s'ha comentat abans, reben el fons de competitivitat europeu per la qual cosa han decidit destinar bona part de les inversions al desenvolupament de vies ràpides. Portugal, va destinar molt fons al desenvolupament d'una xarxa de altes prestacions, que resulta ser deficitària i a provocat més d'un problema per al deute estatal.

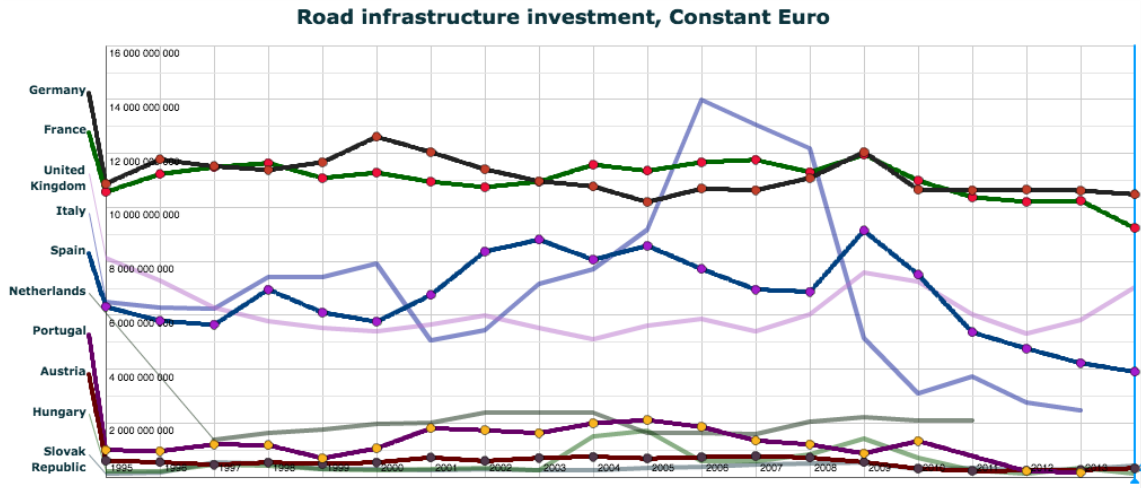


Figura 33. Cost de construcció de la xarxa viària completa. Font: ITF

S'escull un percentatge molt similar al que planteja Àustria i per tant se suposa que un 0,15% PIB anirà destinat al fons d'inversió per al transport. Dit això, s'ha de decidir si aquest fons es subdividirà entre quilòmetres de vies d'alta capacitat i quilòmetres de la resta de la xarxa o bé es finançarà íntegrament a través de la tarifa.

Una bona hipòtesi seria la relació entre les inversions de les vies d'alta capacitat i la resta de la xarxa en un període històric. L'Estat espanyol destina a la xarxa de carreteres estatal entre un 9% i un 11% del total pressupostat, una xifra molt significativa si es té en compte que el PIB català és una cinquena part del PIB espanyol (Ministerio de Fomento, 2013). Des de aquest punt de vista ja es pot intuir que qualsevol mitjana històrica en inversió serà inferior a la resta de les comunitats.

La mitjana històrica s'ha fet escollint en dates de bonança econòmica entre 2006 i 2009. Cal tindrè en compte que la xarxa de carreteres rep subvencions de les diferents administracions ja que la titularitat de les vies d'alta capacitat és diferent (taula 24).

S'obté que la xarxa de vies d'alta capacitat rep el 30,53% del total de les inversions a la xarxa de carreteres. Es realitza els càlculs de les inversions en carretera a partir d'aquesta xifra tot i que s'assumeix una infradotació en el pressupost òptim. En l'apartat de sensibilitat s'estudiarà el comportament de la tarifa a un increment del fons destinat a les inversions del transport i si s'hauria d'augmentar el volum d'inversió.

	Mitjana d'inversions a construcció de carreteres (m€)	% VAC respecte el total de la xarxa	Mitjana d'inversions a construcció de VAC (m€)
<i>Xarxa de carreteres dependent de la Generalitat de Catalunya</i>	203.968,3	12,5%	25.569,0
<i>Xarxa de carreteres dependent de l'Estat</i>	247.457,8	48,3%	119.563,2
<i>Xarxa de carreteres dependent de les diputacions</i>	24.416,0	0,6%	149,4
Total construcció anual (M€)	475.842,0		159.655.104

Taula 24. Construcció anual basada amb la progressió històrica 2006-2009. Font: Elaboració pròpia

La inversió total proposada respon a una intenció de millorar les infraestructures del transport de forma constant a mesura que el PIB Nominal vagi augmentant. La recuperació d'aquests costos d'infraestructura vindrà determinada per els estudis i les necessitats que l'administració consideri oportuns, lògicament s'escapen de l'abast d'aquest treball, per la qual cosa, per a la seva avaluació, s'ha seguit el procediment analògic amb l'adopció d'una hipòtesis versemblant.

<i>Inversió total en construcció</i>	306.999.000
<i>Total manteniment anual a VAC (€)</i>	93.731.303
<i>Total manteniment anual a la resta de la xarxa (€)</i>	213.267.697
<i>Total manteniment anual VAC (€/km)</i>	56.642

Figura 34. Cost de construcció de les vies d'alta capacitat catalanes. Font: Elaboració pròpia

COSTOS D'IMPLEMENTACIÓ I GESTIÓ

Els costos de gestió fan referència a tota la implementació i operativitat del sistema de tarificació. És un dels costos més importants a considerar ja que la seva correcta implementació suposa un èxit o un fracàs per a tota la tarificació.

Des d'un punt de vista europeu els costos de gestió són molt diversos depenent dels anys d'experiència en la matèria. El que és innegable és que a través dels anys el sistema es va optimitzant i s'aconsegueix un un percentatge de cost de gestió respecte els ingressos d'entre el 10-20%.

	Hongria	Àustria	Portugal ¹⁷	Eslovàquia
<i>Any implementació</i>	20120	2004	2010	2013
<i>% Cost d'operació respecte els ingressos</i>	7,0%	8,7%	25,0%	11,0%

Taula 25. Països i els costos operatius del sistema de tarificació. Font: CETMO, 2015

Segons un estudi de la CETMA del 2012 a Espanya el cost d'implementació estimat per un sistema de tarificació basat en tecnologia DSRC seria de 0,020€/veh-km. A aquest preu s'afegeix unes prestacions estimades de 300 pòrtics, cada 60 km en zones interurbanes i cada 4 km si es troben en zones urbanes.

Països on també s'aplica tarificació a través de DSRC com Àustria, té un sistema d'uns 400 pòrtics instal·lats per sentit (800 en total) en 2.180 km de xarxa tarificada, d'entre els quals 100 pòrtics també integraven tecnologia ANPR d'*enforcement*. La República Txeca, amb tecnologia DSRC, té 170 pòrtics en 970 km de xarxa tarificada. Com més pòrtics per quilòmetre més eficaç i precisa serà la xarxa de tarificació, però per altra banda més complexa i cara; l'èxit roman en un sistema equilibrat.

Per als costos d'implementació s'ha consultat segons el butlletí d'obra del projecte constructiu de la remodelació del peatge al pont de Humber (Yorkshire) al Regne Unit, on també apliquen pòrtics amb *free-flow*. La instal·lació de d'un pòrtic per sentit en una carretera de dos carrils per sentit està al voltant de 90.000€. Si s'afegeix el equipament tecnològic com l'antena receptora de DSRC, les càmeres ANPR, i càmeres de seguretat, el preu és de 200.000 € per dos carrils en el mateix sentit. El *back-office* també és una part crucial per el correcte funcionament de les operacions. Segons el butlletí d'obra, i donada la hipòtesis que ja existeix una edificació per acollir el *back-office*, de manera primitiva és calcula que els equipaments i tecnologies necessàries per una IMD d'uns 30.000 vehicles/diaris rondan entre uns 400.000 – 600.000 €.

¹⁷ Portugal és un cas apart degut als seus problemes de integració amb la xarxa concessionada i la mala gestió duta a terme en èpoques de crisi

Vist l'ordre de magnitud es decideix seguir les indicacions del META, 2012. S'actualitza el preu d'implementació de 0,020 €/veh-km al IPC del actual (1,7%) tenim un resultat de 0,02034 €/veh-km, per la intensitat de circulació anual de les vies d'alta capacitat del 2014 s'obté un cost d'implementació de 375.273.000 d'euros. Aquest import es divideix en anualitats amb l'objectiu de pagar tota el deute en 10 anys vista des de el seu inici.¹⁸

Com ja s'ha vist en capítols anteriors, Àustria va tindre un cost d'implementació de 750 milions d'€ per la tarificació de prop de 2.180 km de carreteres d'alta capacitat, on es van distribuir OBUs per un preu total de 533.000 euros (5€/unitat). Dividit per la seva intensitat anual en vies d'alta capacitat suposa un preu de 0,034 €/veh-km, quasi un 59% més del preu estipulat pel META.¹⁹

Per últim però no menys important són els costos de gestió anuals. Segons experiències europees aquests costos acostumen a ser elevats els anys inicials des de la seva implementació i milloren a mesura que es va optimitzant el sistema. A Alemanya per llei els costos d'operació no poden superar el 20% dels ingressos de la xarxa tarifada. I com s'ha vist a la taula 25, la tendència i la intenció dels països és aconseguir costos de gestió pròxims al 10% dels ingressos.

Es decideix assumir un 15% de cost de gestió per a la tarificació de la xarxa tot i que com ja s'ha comentat aquest percentatge pot disminuir envers els anys. Aquest cost inclou els costos financers del cobrament de la taxa per quilòmetre, costos de manteniment del *back-office* i equipaments tecnològics així com els costos laborals dels treballadors.

¹⁸ Tot i que no s'ha considerat en la hipòtesis, es rellevant comentar que al pagament d'una deute a llarg termini també ha d'incloure un percentatge d'interessos per part de l'entitat(s) financera(es).

¹⁹ Més endavant es farà un anàlisi de sensibilitat prenent com hipòtesi aquests costos d'implementació

EXTERNALITATS O COSTOS SOCIALS

Són tots aquells costos que tenen un efecte negatiu sobre la societat i per tant l'administració. Els prèviament esmentats són: costos d'accidentalitat, costos de medi ambient i costos de canvi climàtic.

També es podrien haver quantificat altres costos com el soroll, l'efecte barrera, ocupació del territori, impacte paisatgístics, contaminació aqüífers, etc. Però segons INFRAS (2000) aquests últims costos no representen ni una quarta part del cost social total.

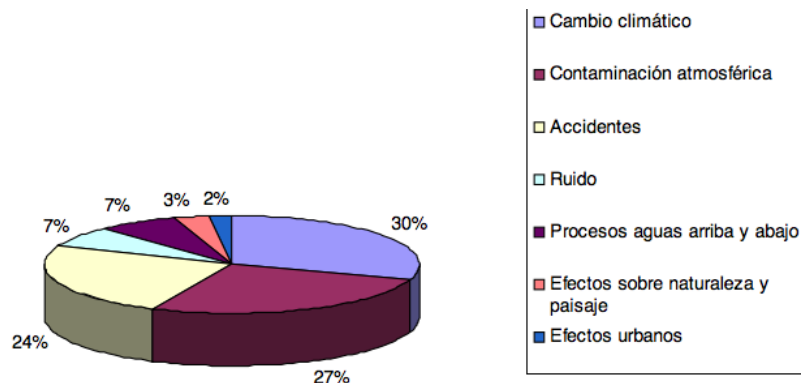


Figura 35. Components del cost extern total. Font: (Cañadas, Costes de operació del tràfic en la carretera, 2007)

Com ja s'ha mencionat amb anterioritat, s'han usat dades del *Sistema d'Avaluació d'Inversions en Transport (SAIT)*, per a les quantificacions ambientals i el costos d'accidentalitat. Per saber la probabilitat de sinistralitat en vies d'alta capacitat s'ha optat per *Guia per a l'avaluació de projectes de Transport*.

COST D'ACCIDENTALITAT

El risc d'accidentalitat i els costos que comporta són de difícil valoració perquè considera els costos materials, els costos per ferit i els costos per mort. Els últims dos són especialment difícils ja que es tracta d'un bé intangible. Per duu a terme la quantificació d'accidents en les vies d'alta capacitat s'ha usat el risc de sinistralitat que ofería la guia GCCP, que tot i no tenir valors actuals de les probabilitats, és més que suficient per mesurar de forma relativa el número d'accidents en les vies tarifícades. (taula 22)

Tipus de via	Accidents per milió de veh/km	Mort	Ferits greus	Ferits lleus
<i>Autopista</i>	0,04	0,12	0,65	1,13
<i>Autovia o via preferent de doble calçada</i>	0,06	0,13	0,66	1,11
<i>Via preferent d'una calçada</i>	0,08	0,14	0,67	1,09
<i>Carretera desdoblada</i>	0,19	0,1	0,6	0,95

Taula 26. Risc accidentalitat en carreteres. font: guia per a l'avaluació de projectes de transport (2010)

Els costos per accidents tenen associat costos hospitalaris, rehabilitació o fins i tot la pèrdua de producció futura per una administració. La següent taula quantifica el cost per a l'administració que suposa els accidents, des de un vehicle afectat, fins a la mort dels seus ocupants.

Per poder tarifcar de forma més justa depenent del tipus de vehicles que circula cal saber quin tant per cent s'implica en els accidents de vehicles pesants. S'ha extret el percentatge en un interval del 2011-2015 de l'*Anuari Estadístic d'Accidents de Trànsit a Catalunya*. En vies d'alta capacitat els vehicles pesants representen un 5% dels vehicles afectats per accidents, un 2% en accidents amb ferits lleus, un 4% en accidents amb ferits greus i un 5% en accidents amb morts.

Preu unitari	Total	Total VL	Total VEHICLES PESANTS
28.886,00 €	35.154.262,000 €	34.451.176,760 €	703.085,240 €
288.501,00 €	209.740.227,000 €	201.350.617,920 €	8.389.609,080 €
3.300.356,00 €	448.848.416,000 €	426.405.995,200 €	22.442.420,800 €
<i>Total</i>	693.742.905,000 €	662.207.789,9 €	31.535.115,1 €

Taula 27. Cost unitari per tipologia d'accidents. Font: SAIT, 2014

COST DEL CANVI CLIMÀTIC

El cost marginal del canvi climàtic és diferent depenent de la zona on et trobis ja que no serà el mateix la contaminació produïda en una zona urbana que en l'autopista ja que les velocitats i acceleracions també seran diferents. El cost que suposa reduir les emissions de CO₂ es calcula amb la contribució del trànsit sobre l'efecte hivernacle. Per fer-ho quantificable s'utilitza la taula que s'adjuntarà a continuació on es classifica per tipus de vehicles.

Tipus de vehicle	Urbà	Suburbà	Rural	Autopista
<i>Turisme</i>	1,04	0,65	0,68	0,75
<i>Mercaderies lleugeres</i>	1,22	0,78	1,06	0,92
<i>Mercaderies pesants</i>	2,44	1,93	1,82	2,04
<i>Autobús</i>	3,1	2,24	2,04	2,48

Taula 28. Cost marginal del canvi climàtic en €/ct/veh-km. Font: SAIT, 2014

No hi ha dades suficients per discernir entre la tipologia de vehicles que circula en les vies d'alta ocupació. Tot i que és podria usar el parc automobilístic, no seria representatiu de la seva freqüència d'ús i per tant s'opta per una optimització de càlculs en aquest sentit. Es farà una mitjana entre els turismes i les mercaderies lleugers (<3,5t) i entre els autobusos i mercaderies pesants (>3,5t).

Tipus Vehicle	Autopista	Total (€)
<i>Vehicles lleugers</i>	0,835	134.778.328
<i>Vehicles pesants</i>	2,26	52.180.752

Taula 29. Costos del canvi climàtic (€). Font: Elaboració pròpia

COST DE LA POL·LUCIÓ

El cost marginal de la pol·lució inclou tots aquells costos que provoquen els gasos contaminants, entre ells, els més tarificats, CO₂, SO₂, NO_x i el PM10. Els efectes negatius sobre la salut humana deriven en costos al sistema sanitari, costos hospitalaris, mèdics i reducció de l'esperança de vida.

Evidentment també es fa un distinció entre la tipologia del vehicle així com la zona de circulació.

Tipus de vehicle	Urbà	Suburbà	Rural	Autopista
<i>Turisme</i>	1,89	1,13	0,73	0,83

<i>Mercaderies lleugeres</i>	5,07	2,24	1,24	1,28
<i>Mercaderies pesants</i>	11,2	6,84	5,17	5,07

Taula 30. Cost marginal de la pol·lució en €/ct/veh-km. Font: SAIT, 2014

Seguint la mateixa justificació que en el cost marginal del canvi climàtic s'ha optat per una simplificació entre vehicles lleugers i pesants i la circulació per autopista que en la seva majoria són les vies amb més intensitat.

Tipus Vehicle	Autopista	Total (€)
<i>Vehicles lleugers</i>	1,055	170.288.786
<i>Vehicles pesants</i>	5,07	117.060.359

Taula 31. Cost de la pol·lució. Font: Elaboració pròpia

ANÀLISI DE RESULTATS

Un cop s'han obtingut els costos totals del sistema de tarificació de carretes d'altres prestacions. S'analitzaran amb detall alguns dels seus valors per entendre el resultat obtingut així com poder fer un anàlisi de més llarg termini sobre la tendència d'aquests costos.

Abans de tot però, s'explicarà com s'ha realitzat la repartició de costos de manteniment, costos de construcció i costos de gestió i implementació entre els vehicles lleugers i els vehicles pesants.

La repartició d'aquests costos es poden fer de dos maneres diferents, la primera és una mitjana ponderada entre la intensitat de circulació dels vehicles lleugers i els vehicles pesants i la segona és a partir del desgast que aquest vehicles provoquen a la xarxa de carreteres.

Degut a una absència d'acord en el món de l'enginyeria sobre el desgast de diferents tares, els càlculs d'aquest desgast es farà a partir de les tarifes de les vies de peatge explícits, ja que les concessionàries ja han inclòs a dins les tarifes dels seus peatges els costos que impliquen el transit d'un vehicles lleuger i el de un vehicle pesants. A més a més aquestes tarifes sempre van actualitzant-se en funció de la intensitat mitjana i per tant es considerar un rati més que fiable.

<i>Via</i>	Tarifa 2014 (dia feiner HP) (€/km)		
	Lleuger	Pesants	
Total	0,105	0,2025	
	Lleugers	Pesants	Pesants 2
<i>Total</i>	0,105	0,179	0,226
<i>Generalitat de Catalunya</i>	0,132	0,233	0,291
<i>Administració General de l'Estat</i>	0,078	0,126	0,16

Taula 32. Tarifes del 2014 en els peatges de la generalitat i l'estat. Font: VIACAT, 2013

Un cop fet això ja es pot donar per completada la tarificació de les vies d'alta capacitat catalanes. No obstant, i per analitzar tots els casos es calcularà tan la tarificació per ús (€/veh-km) com per temps (€/any), aquest últim serà un preu unitari obtingut segons el parc automobilístic de Catalunya el 2014. També es fan taules percentuals per observar quins són aquells costos que fan incrementar la tarifa i fer-ne un anàlisi.

	Vehicles lleugers	Vehicles pesants	Total
<i>Cost accidentalitat (€)</i>	662.207.790	31.535.115	693.742.905
<i>Cost pol·lució (€)</i>	170.288.786	117.060.359	287.349.145
<i>Cost canvi climàtic (€)</i>	134.778.328	52.180.752	186.959.080
<i>Cost manteniment (€)</i>	46.279.015	89.252.385	135.531.400
<i>Cost construcció (€)</i>	32.005.811	61.725.492	93.731.303
<i>Cost d'implementació (€)</i>	12.814.200	24.713.100	37.527.300
<i>Cost gestió (€)</i>	186.771.870	66.435.389	253.207.259
<i>Total costos (€)</i>	1.245.145.800	442.902.592	1.688.048.392
<i>Tarificació per ús (€/veh-km)</i>	0,0771	0,1918	0,0915
<i>Tarificació per temps (€/h)</i>	376	483	399

Taula 33. Resum de costos, tarificació per ús i per any. Font: Elaboració pròpia

La decisió sobre quin model de tarificació impera a la xarxa és una decisió que ha de prendre l'administració pertinent. Des de aquest punt de vista, i com ja s'ha vist amb anterioritat, la tarificació per ús és molt més equitativa i per tant grava més entre aquells vehicles que contaminen i desgasten el paviment més.

Aquesta decisió ve fonamentada en dos raons: La primera és el fet que el desgast del vehicle pesants és molt superior al vehicle lleuger i per tant és molt més eficaç conèixer el nombre de quilometres d'un pesant que d'un lleuger doncs la taxa del pesant és superior. La segona raó té a veure amb els costos de gestió, ja que el volum de vehicles lleugers molts cops encareix els costos de costos de vigilància i *enforcement*.

Per una altra banda el resultat obtingut és interessant ja que la tarifa per ús en vehicles lleugers és 2,79 cèntims inferior per vehicle-quilòmetre i 1,07 cèntims inferior per vehicle-quilòmetre en vehicles pesants respecte la mitjana de les tarifes actuals als peatges explícits. La qual cosa i en vistes al futur, pot provocar una migració de transit a les vies d'alta capacitat.

	% Vehicles lleugers	% Vehicles pesants	% Total
<i>Cost accidentalitat</i>	53,18%	7,12%	41,10%
<i>Cost pol·lució</i>	13,68%	26,43%	17,02%
<i>Cost canvi climàtic</i>	10,82%	11,78%	11,08%
<i>Cost manteniment</i>	3,72%	20,15%	8,03%
<i>Cost construcció</i>	2,57%	13,94%	5,55%
<i>Costos d'implementació</i>	1,03%	5,58%	2,22%
<i>Cost gestió</i>	15,00%	15,00%	15,00%
<i>Total</i>	100,00%	100,00%	100,00%

Taula 34. Desglossament percentual per tipus de cost. Font: Elaboració pròpia

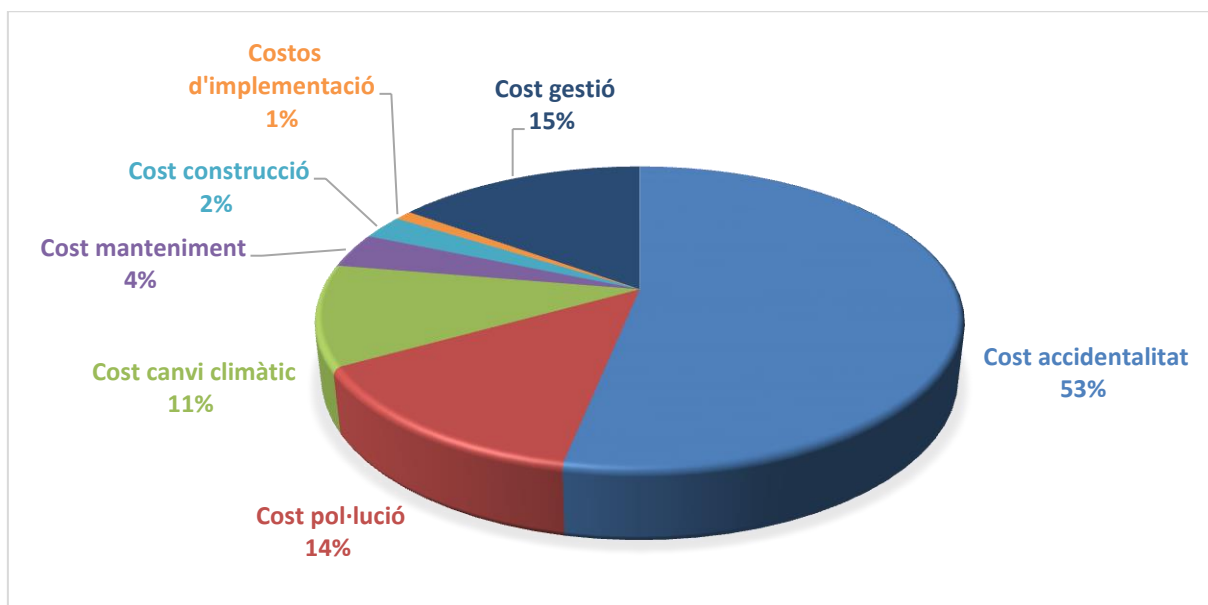


Figura 36. Desglossament percentual del vehicles lleuger. Font: Elaboració pròpia

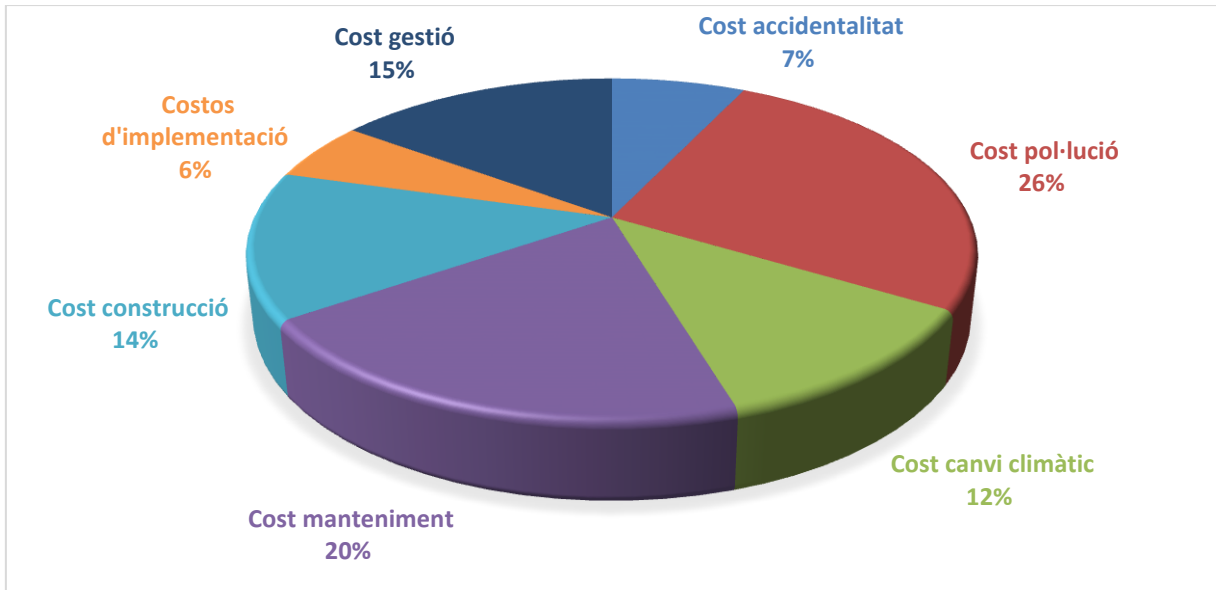


Figura 37. Desglossament percentual del vehicle pesant. Font: Elaboració pròpia

La taula 34 mostra de manera percentual quins costos són més influents en la tarificació de vehicles lleugers i pesants. De manera visual es pot apreciar en els dos gràfics el pes dels costos per vehicles lleugers i pesants (figura 36 i 37).

Per als vehicles lleugers els costos els costos d'accidentalitat suposen un 53,18%, els costos mediambientals són del 24, 50% i els costos d'infraestructura són el 22.32% restant. Per tant una reducció directa d'accidentalitats a la xarxa comportarà un benefici econòmic i social.

Per als vehicles pesants els costos d'accidentalitat en canvi es redueixen dràsticament fins al 7,12%, els costos mediambientals sumen el 38.21% (doncs són molt més contaminats) i els costos d'infraestructura ascendeixen fins al 54.67% degut a el desgast d'aquest vehicles en la carretera, ja esmentat anteriorment.

	Vehicles lleugers (€/veh-km)	Vehicles pesants (€/veh-km)	Total (€/veh-km)
<i>Cost accidentalitat (€)</i>	0,0410	0,0137	0,0376
<i>Cost pol·lució (€)</i>	0,0106	0,0507	0,0156
<i>Cost canvi climàtic (€)</i>	0,0084	0,0226	0,0101
<i>Cost manteniment (€)</i>	0,0029	0,0387	0,0073
<i>Cost construcció (€)</i>	0,0020	0,0267	0,0051
<i>Cost d'implementació (€)</i>	0,0008	0,0107	0,0020
<i>Cost gestió (€)</i>	0,0116	0,0288	0,0137
<i>Total costos(€)</i>	0,0771	0,1918	0,0915

Taula 35. Desglossament €/veh-km per tipus de cost. Font: Elaboració pròpia

Segons el *Colegio de Ingenieros de Camions* (CIC), les tarifes recomanades en base al 2007 situen la tarifa mitjana per ús d'infraestructures en 0.04 euros/km i la tarifa per als costos socials d'entre un 0,06 i un 0,11 euros per km. És a dir una tarifa mitjana d'aplicació d'entre 0,10 euros per km i 0,15 euros per km.

Segons el META, els valors de la tarifa en base al 2008, se situarien en funció de l'escenari, entre 0,09 euros per vehicle-km i 0.12 euros per vehicle-km per els vehicles lleugers i entre 0,11 euros per vehicle-km i 0,14 euros per vehicle-km per els vehicles pesants.

Com es pot comprovar els vehicles lleugers se situen per sota de la mitjana que recomanen aquest dos estudis i en canvi la tarificació per a vehicles pesants se situa per sobre de les recomanacions.

Hi ha dos possibles raons per explicar això, la primera és que les tarificacions comentades d'altres estudis estan dutes a terme a nivell espanyol i per tant la longitud de les vies d'alta capacitat, el percentatge de vehicles pesants i les intensitats de circulació seran diferents. La segona raó que pot explicar aquest xifres està relacionada amb la hipòtesi que el desgast dels vehicles pesants sigui el doble que el dels vehicles lleugers. A més a més en aquest estudi hi ha el cost d'implementació d'un nou sistema tecnològic, la qual cosa incrementa el preu unitari en vehicles lleugers i especialment en vehicles pesants.

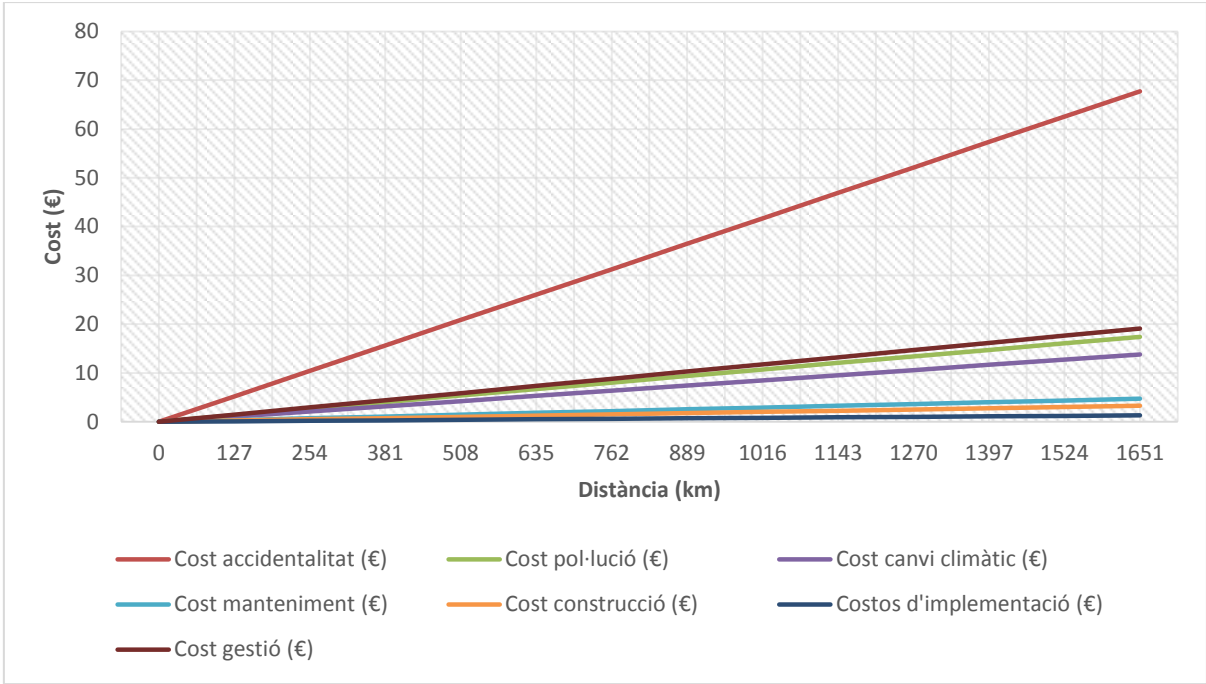


Figura 38. Evolució dels costos per vehicles lleugers. Font: Elaboració pròpia

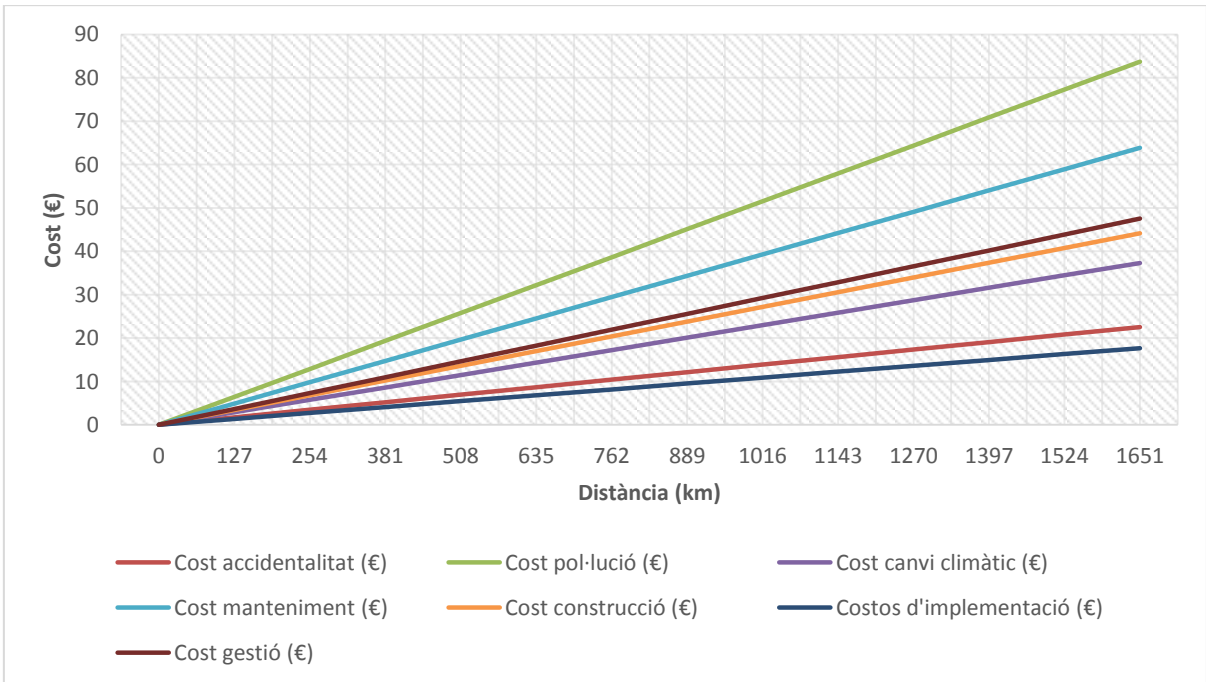


Figura 39. Evolució dels costos per vehicles pesants. Font: Elaboració pròpia

ANÀLISI DE SENSIBILITAT

En aquest apartat s'observarà la sensibilitat del model de tarificació vial calculat si es modifiquen diferents aspectes i hipòtesis que s'han assumit de partida. La idea és ben senzilla comprovar si el model reacciona correctament a diferents situacions que podrien donar-se durant la instauració i funcionament del sistema.

Per fer-ho es tindrà en compte diferents escenaris generats a partir de la hipòtesi inicial, E0 (escenari obtingut en l'apartat anterior). A continuació s'exposen els escenaris plantejats amb un anàlisi més exhaustiu de resultats:

- Escenari 1 (E1), es considera una disminució progressiva de l'accidentalitat. Des d'un 10 % fins a un 30% de reducció en dades de sinistralitat
- Escenari 2 (E2), es considera un augment progressiu dels costos de pol·lució i canvi climàtic. Des d'un 10% fins a un 30% d'augment en costos marginals per vehicle-quilòmetre.
- Escenari 3 (E3), es considera un augment dels fons disponibles per invertir en transport de les inversions destinades a la construcció de xarxes de carreteres d'alta capacitat. Des d'un 25% fins a un 100%
- Escenari 4 (E4), es considera uns costos de gestió inicials de l'ordre del 20% respecte els ingressos i uns costos de gestió finals de l'ordre del 10%. i amb l'aplicació d'uns nous costos d'implementació amb ratis similars als costos d'implementació d'Àustria repartits en 10 anys.

Tot i que s'il·lustren els percentatges representatius de cada cost de al tarifa a través de gràfics, les taules de càlculs es poden trobar als annexos.

ESCENARI 1

En el primer escenari es fa una hipòtesi sobre la reducció de l'accidentalitat en les vies d'alta capacitat. Cal tindre en consideració que el risc de sinistralitat emprat en l'escenari inicial forma part de la Guia de l'Avaluació de Projectes de Transport (GCCP) de l'any 2010 i que per tant, els valors del risc de sinistralitat calculats en l'actualitat haurien de seguir una tendència baixista de la mateixa manera que els accidents de trànsit disminueixen any rere any. És per això que, tot i que els percentatges de variació escollits no es fonamentin en res més que una elecció personal, la tarificació obtinguda no serà massa distant de la realitat.

La diferència entre la accidentalitat de vehicles lleugers i pesants és considerable. Com que els accidents són una de les majors externalitats per a la societat, són els vehicles lleugers aquells que tenen més accidents, i per tant seran també els primers beneficiats en una reducció directa del número de víctimes (figura 40).

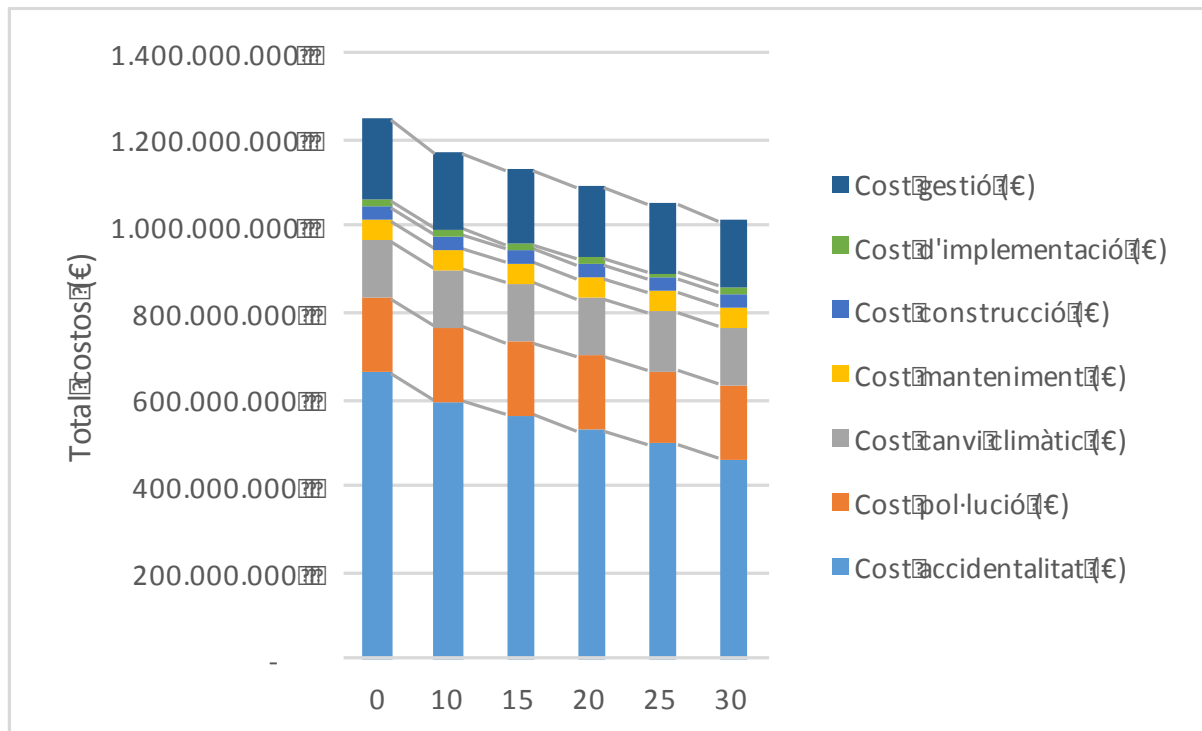


Figura 40. Tarificació de vehicles lleugers segons l'accidentalitat. Font: Elaboració pròpia

Tanmateix, aquests raonaments no són vàlids per als vehicles pesants, doncs la seva implicació en accidents en vies d'alta capacitat és escàs i per tant, la variació és quasi nul·la sense afavorir ni perjudicar la societat (Figura 41).

En el cas hipotètic d'una reducció de fins el 30% d'accidents al sistema, la tarificació als vehicles lleugers seria reduïda un 18,77% respecte la inicial i la tarificació als vehicles pesants tan sols seria reduïda un 2,51%.

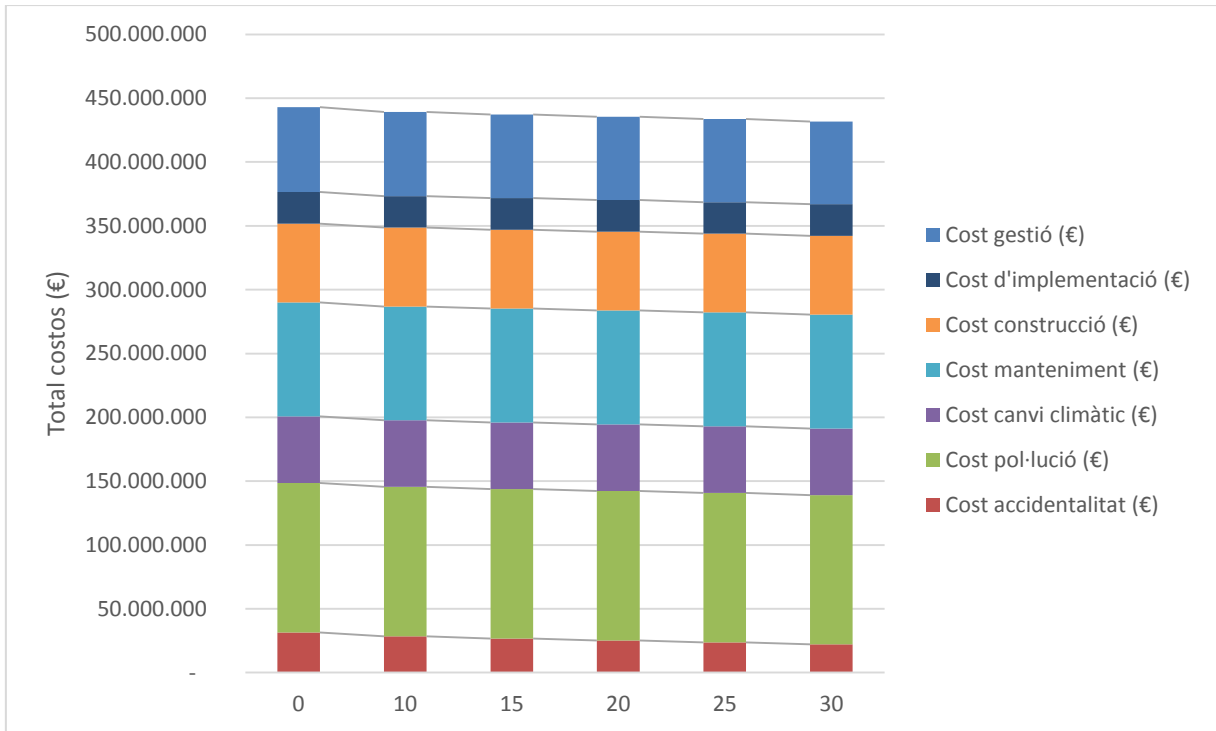


Figura 41. Tarificació de vehicles pesants segons l'accidentalitat. Font: Elaboració pròpia

ESCENARI 2

En aquest segon escenari és fa una hipòtesi d'augment de les tarifes de la pol·lució i canvi climàtic (aquest augment va reflexat en els preus per tona dels gasos d'efecte hivernacle i pol·lució), suposant uns nous criteris ambientals més estrictes ja sigui a nivell nacional o bé seguint criteris de valoració de la Unió Europea.

Per a vehicles lleugers els costos ambientals són aproximadament el 24,50% de la tarifa en l'escenari inicial. No obstant i suposant el pitjor dels escenaris, l'augment de les taxes fins a un 30% del pes del cost marginal de pol·lució i canvi climàtic, significaria un increment del 8.65% respecte el preu de l'escenari inicial (Figura 42).

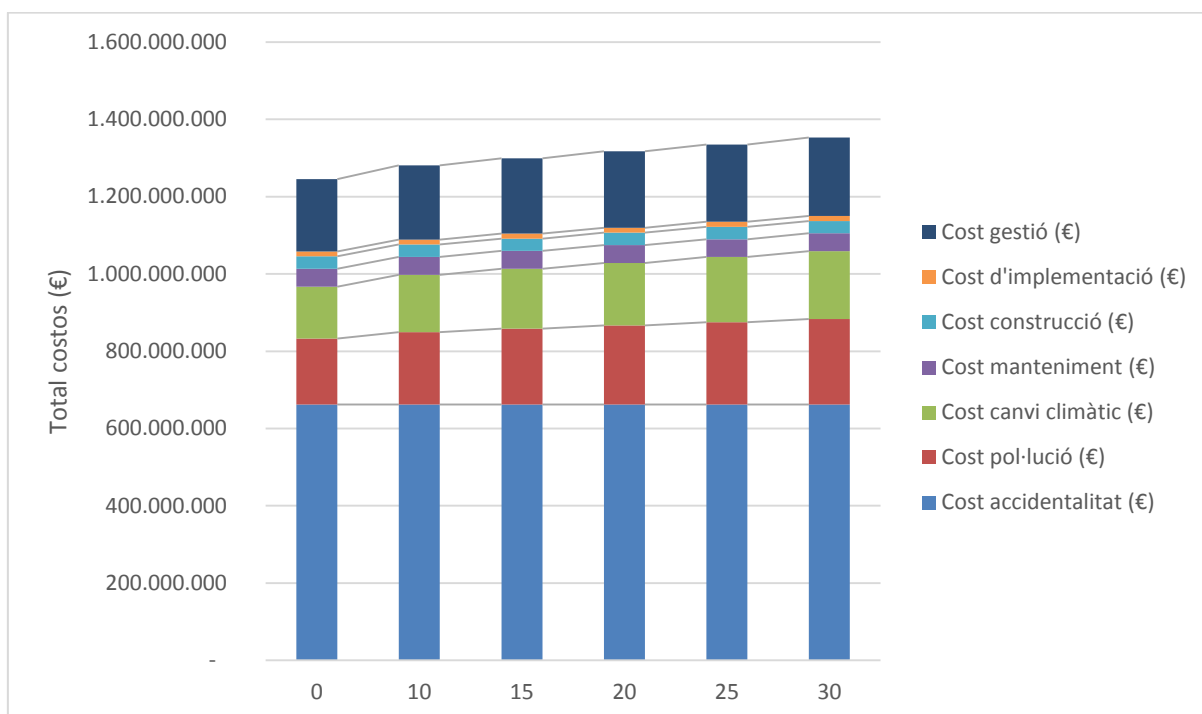


Figura 42. Tarificació de vehicles lleugers segons contaminació. Font: Elaboració pròpia

En els vehicles pesants el repartiment és diferent. Com que la premissa de que un vehicle pesant contamina més que un vehicle lleuger és certa, el percentatge de representació de la tarifa total és del quasi el 38.21%. En el cas hipotètic d'un augment de fins el 30% dels costos marginals de pol·lució i canvi climàtic al sistema, la tarificació vehicles pesants un s'incrementaria un 13,49 % respecte la tarifa inicial. (Figura 43)

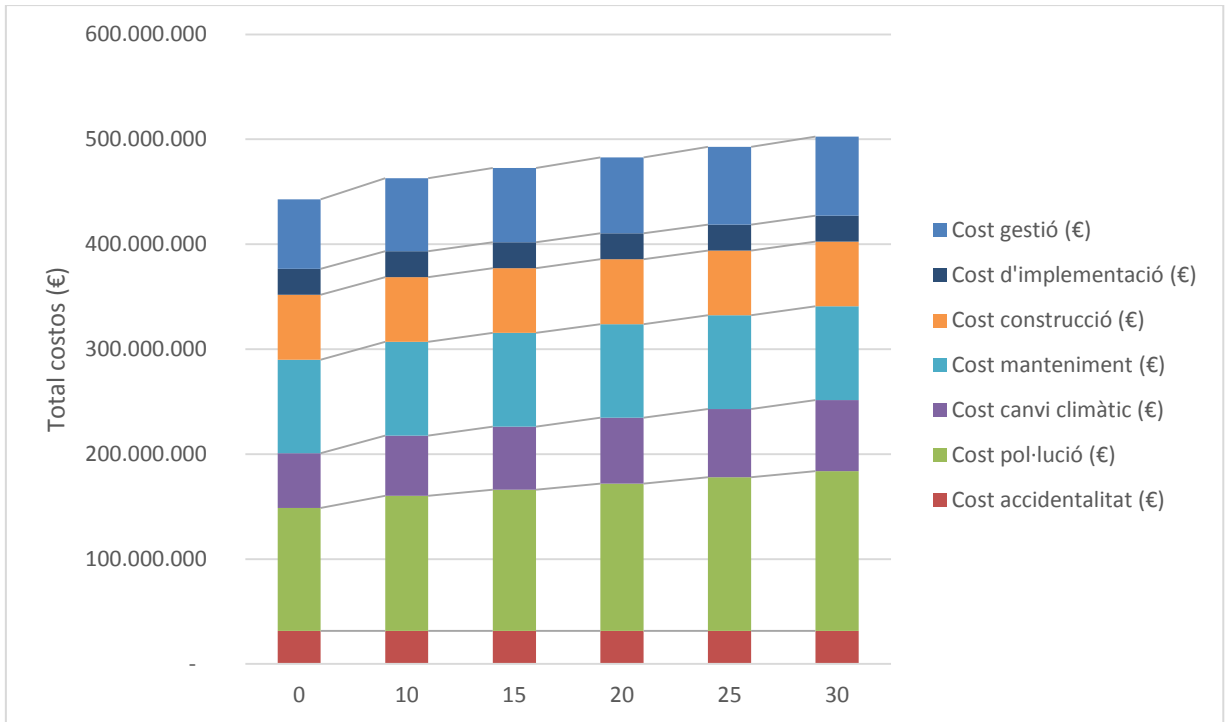


Figura 43. Tarificació de vehicles pesants segons contaminació. Font: Elaboració pròpia

ESCENARI 3

Com ja s'ha vist en l'apartat anterior es dedica un 0,3% del PIB nacional a infraestructures vials, no obstant la hipòtesi inicial era que només un terç del 0,3% va destinat a la construcció de infraestructures. Arribats aquest punt es voldria fer una reflexió sobre quin és l'import que s'ha de carregar en la tarificació, quin a l'administració i quin és el destí d'aquests diners.

Primer de tot, recordar que l'import seleccionat en l'apartat anterior per completar l'escenari final era el preu de referència històrica en les inversions catalanes, per la qual cosa podríem parlar d'un preu unitari baix ja que les inversions en matèria d'infraestructures del transport sempre han sigut insuficients. Per aquesta raó és planteja un increment progressiu del 25%, 50%, 75% i 100% dels costos de construcció de vies d'alta capacitat a la partida destinada als fons d'inversió per projectes de transport.

El segon aspecte rellevant és el fet que aquestes inversions en construcció de vies d'alta capacitat no han d'anar exclusivament destinades al món de la construcció d'infraestructures doncs, com comarca la Comissió Europea, també podrien anar destinades a altres polítiques relacionades amb el transport i que requereixin d'una inversió d'urgència (Figura 44).

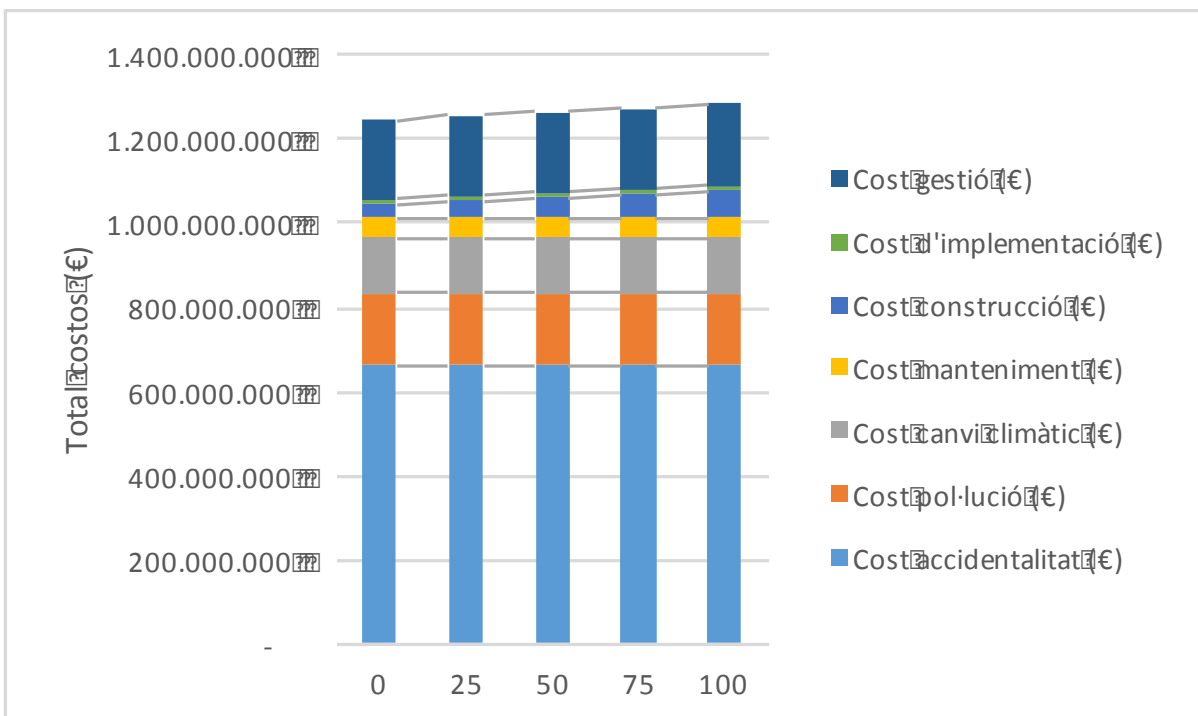


Figura 44. Tarificació de vehicles lleugers segons inversió en construcció. Font: Elaboració pròpia

Segons l'escenari inicial els cost de construcció en vehicles lleugers són d'un 2% respecte la tarificació total, un augment d'aquesta partida no influiria de manera significativa la tarifa. En canvi per a vehicles pesants els costos de construcció representen quasi el 14% de la tarificació. La raó és la distribució que segueix respecte al desgast provocat en carretera (figura 45).

En el cas hipotètic d'un augment de fins el 100% de les inversions en construcció al sistema, la tarificació als vehicles lleugers seria incrementada un 3,02% respecte la inicial i la tarificació als vehicles pesants un 16,40%. Un percentatge massa elevat i que podria donar lloc al fenomen del *re-routing*, on els vehicles pesants es desviarien a vies no tarifades, provocant pèrdues per al sistema i un augment dels riscos d'accidentalitat en les vies nacionals i regionals.

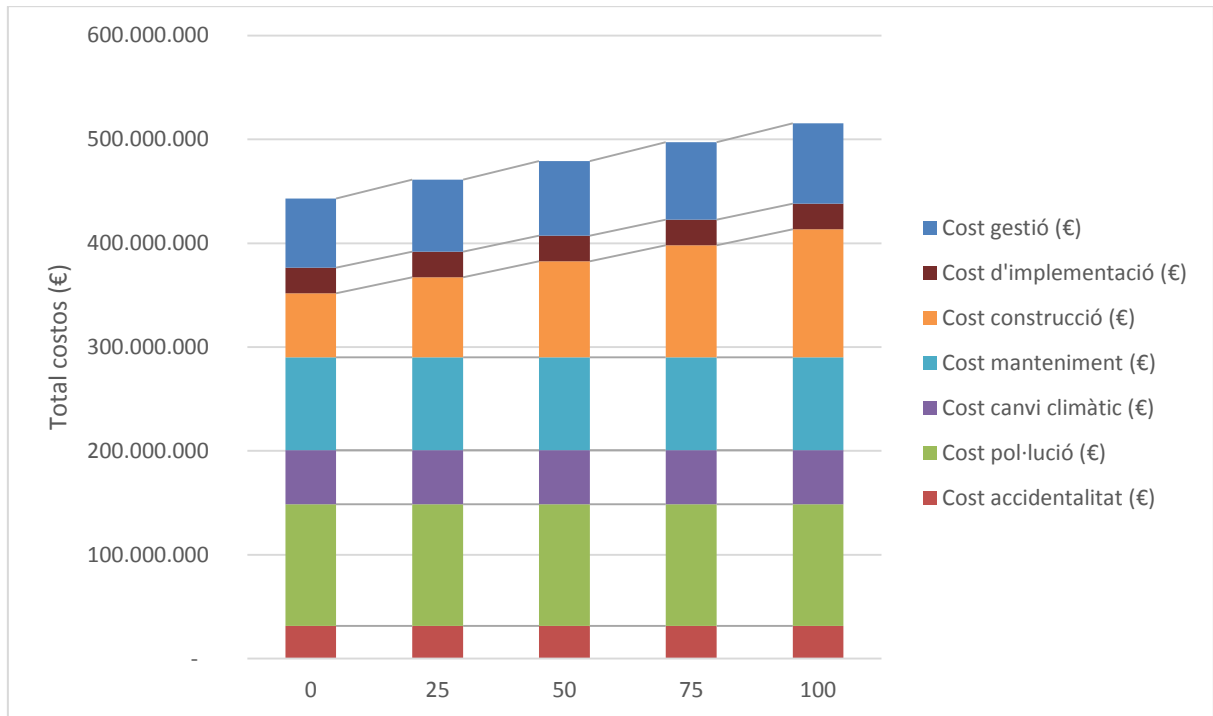


Figura 45. Tarificació de vehicles pesants segons inversió en construcció. Font: Elaboració pròpia

ESCENARI 4

Segons el model austríac el cost d'implementació del sistema de tarificació a Catalunya seria d'uns 627.300.000 d'euros (0,034 €/veh-km) amb 800 pòrtics d'antena DSRC i entre ells 100 pòrtics *d'enforcement per sentit* i 533.000 OBU's repartits inicialment a 5€ la unitat, que és divideixen en 10 anys. En aquest escenari s'agafaran aquest costos d'implementació i es farà una variació en els costos de gestió. La repartició entre vehicles lleuger i pesants segueix criteris de desgast del paviment tal i com s'ha argumentat en l'apartat anterior (taula 36).

	Vehicles lleugers	Vehicles pesants	Total
<i>Cost accidentalitat (€)</i>	662.207.790	31.535.115	693.742.905
<i>Cost pol·lució (€)</i>	170.288.786	117.060.359	287.349.145
<i>Cost canvi climàtic (€)</i>	134.778.328	52.180.752	186.959.080
<i>Cost manteniment (€)</i>	46.279.015	89.252.385	135.531.400
<i>Cost construcció (€)</i>	32.005.811	61.725.492	93.731.303
<i>Costos d'implementació (€)</i>	21.420.000	41.310.000	62.730.000
<i>Cost gestió (€)</i>	266.744.933	98.266.026	365.010.958
<i>Total costos (€)</i>	1.333.724.663	491.330.129	1.825.054.791
<i>Tarificació per ús (€/veh-km)</i>	0,082629018	0,212799942	0,098918959
<i>Diferència respecte EO (%)</i>	5,14%	14,34%	7,47%

Taula 36. Tarificació per ús amb un 20% de costos de gestió i un cost d'implementació major. Font: Elaboració pròpia

En el cas hipotètic d'un augment de fins el 20% en costos de gestió i amb costos d'implementació incrementats segons l'experiència austríaca, la tarificació als vehicles lleugers s'augmentaria un 5,14% respecte la inicial i la tarificació als vehicles pesants un 14,34%. En canvi per un costos de gestió ja optimitzats al voltant del 10% dels ingressos, la tarificació de vehicles lleugers seria menor en un 6,54% i els vehicles pesants seria major en un 1.64%.

És important mencionar que aquest escenari és molt plausible. Primer de tot degut al encariment del projecte constructiu, ja que normalment els costos d'implementació són més alts que els pressupostats des de un inici. I segon perquè els costos de gestió podrien ser el 20% dels ingressos des de un bon inici fins que el sistema s'estabilitzi i comenci a optimitzar-se. (Figura 46 i 47).

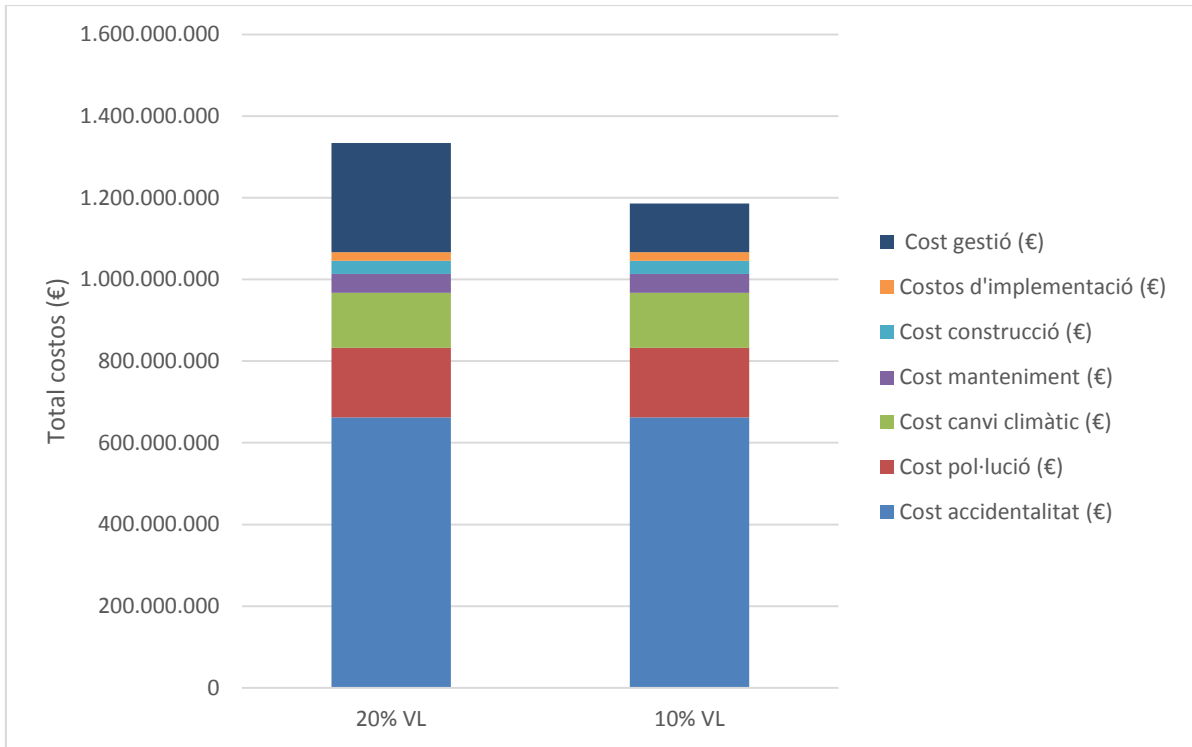


Figura 46. Tarificació de vehicles lleugers segons costos de gestió i implementació. Font: Elaboració pròpia

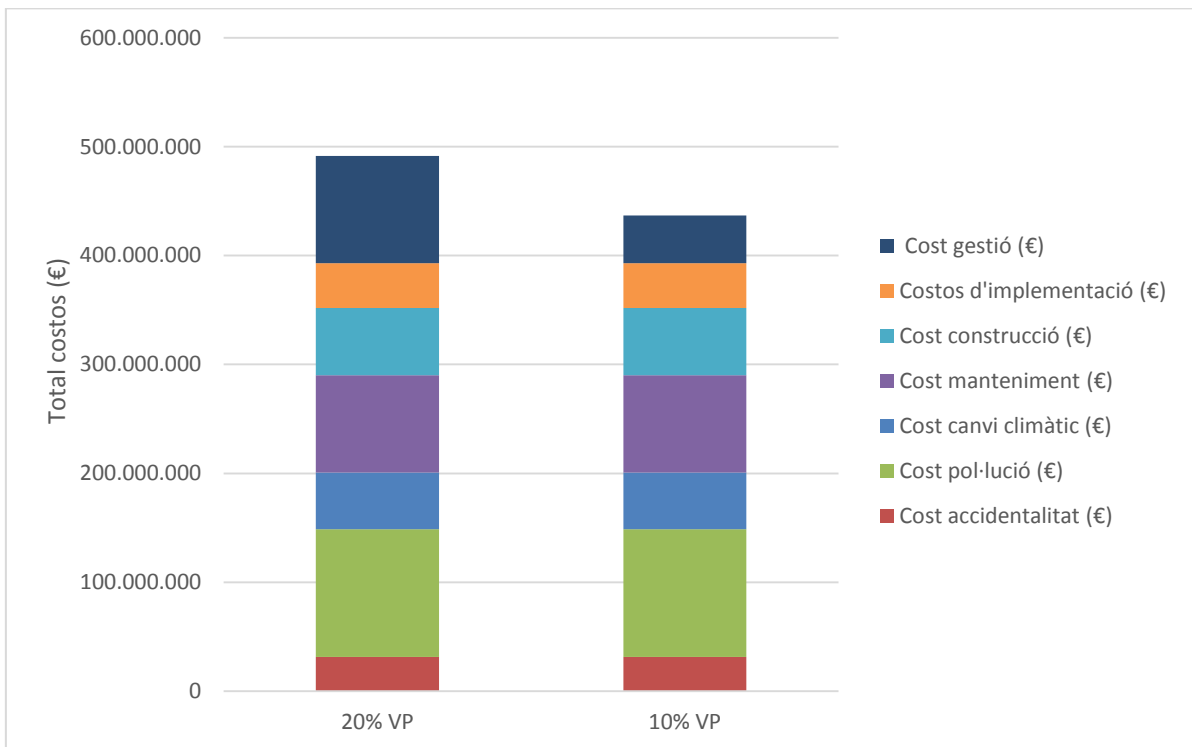


Figura 47. Tarificació de vehicles lleugers segons costos de gestió i implementació. Font: Elaboració pròpia

CONSIDERACIONS FINALS

CANVIS DE FLUXOS DEGUT A LA TARIFICACIÓ

Aquest fenomen ja es produeix actualment i de forma més intensa en aquelles vies no concessionades que tenen un recorregut paral·lel a vies concessionades. És el cas de l'AP-2 amb N-240 a les Borges Blanques o l'AP-7 amb N-340 a l'alçada de Torredembarra. (figura 48).

Hi ha usuaris que és desvien de la via d'alta capacitat a vies no tarifcades per evitar el pagament de la tarifa, sacrificant amb això estalvis de temps i millores condicions de seguretat i comoditat. No obstant és difícil que passin fluxos, per exemple de la AP7 a la N-II perquè l'AP7 té peatge, i és un tarifa de peatge més alta que la tarifa que es proposa inicialment. Per tant no hi hauria traspàs en aquesta direcció sinó potser a l'inrevés. Només es podria donar el trasbalsament des d'una autovia (sense peatge) a una carretera paral·lela, per exemple de la A2 a carreteres de la província de Lleida.

Aquesta reconversió del flux a vies no tarifcades també és molt present en vehicles pesants tal i com indica el RACC amb un estudi sobre la concentració de vehicles pesants del 2015. Segons aquest, tot i que la repartició modal entre autopistes i carreteres convencionals és més o menys similar, en les autopistes es solen donar només una quarta part dels accidents envers el 75% restant en carreteres convencionals.

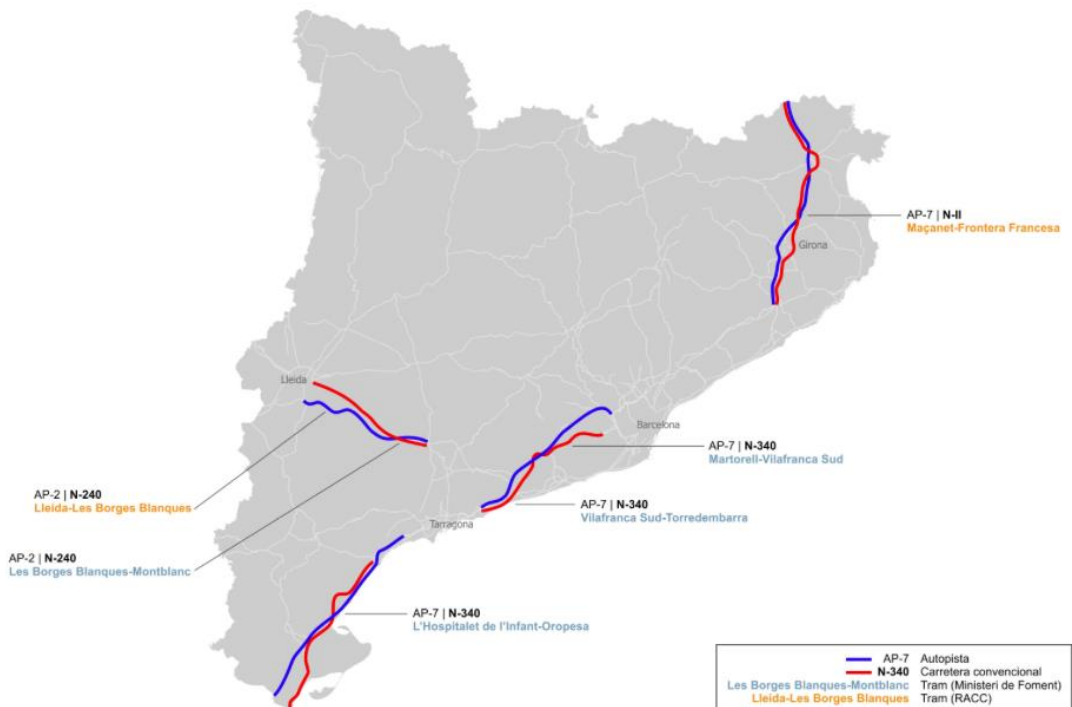


Figura 48. Vies no concessionades paral·leles a peatges explícits. FONT: RACC, 2015

Per altra banda però, cal comentar que aquesta conversió de fluxos serà menor de la esperada doncs moltes de les vies no concessionades d'alta capacitat passaran a ser ara

concessionades i per tant, aquells usuaris que antigament anaven per autovia per no pagar la tarifa tot i no ser el recorregut més òptim ara tindran l'opció d'anar per autopistes per el mateix preu, la qual cosa implicarà una millora en els temps de viatge. (Cambra de comerç de Barcelona, 2008).

Aquest flux migrant de vehicles fa que part d'aquest pagament per tarifa es compensi en millores del temps de viatge i no hauria d'afectar de manera significativa el quilometratge de les autopistes a excepció d'aquells peatges amb menys longitud (pot provocar una disminució del nivell de servei degut al increment de vehicles).

Segons l'estudi mencionat, eliminar els peatges²⁰ optimitzaria la xarxa i els usuaris podrien escollir el seu itinerari sense aquest condicionant. Això comportaria estalvis de temps significatius per descongestió de la xarxa viària i també una menor accidentalitat perquè les autopistes són més segures, es calcula una reducció de un 4% en accidents (morts, ferits greus i ferits lleus). Per altra banda, l'augment de la fluïdesa i, per tant, de la velocitat, faria augmentar el combustible i, en conseqüència les emissions contaminants (IET, 2003).

Segons l'estudi la supressió de peatges provoca un increment del trànsit a la xarxa viària de l'ordre del 5% respecte un escenari com l'actual, provocat bàsicament per el transvasament d'usuaris que optimitzen els seus recorreguts i una part d'usuaris del transport públic que passen al privat. Els autopistes són les principals afectades amb un augment del 27,8%, mentre que la resta de vies tenen disminucions d'entre el 4% i el 9%.

Conseqüentment produeix un estalvi de temps d'un 6%, gràcies a la desaparició de la distorsió que provoca el peatge. Tot i això també s'alerta del augment moderat de la congestió com a conseqüència d'un augment del ús del vehicles privat. Des de aquest punt de vista cal recordar que part de la tarifació vial va destinada a un fons d'inversions en transport que no té perquè ser íntegrament a la construcció i que pot afavorir el transport públic. D'altra banda, l'augment del trànsit a la xarxa viària fa que s'incrementi els costos operatius (3%), el consum de combustible (5%) i les emissions de CO₂ (5%) i NO_x (4,5%) i PM (5,3%).

Actualment, segons dades extretes de la guia del Col·legi de Camins, el valor del temps de la xarxa és de 0,092 euros/vehicle lleuger-km i 0,209 euros/vehicle pesant-km²¹. Per tan un cost directe d'aproximadament 1.969 milions d'euros. Al ser d'un ordre de magnitud tan gran qualsevol millora en temps de viatge afectarà de manera significativa el benefici social que es percep. Aquest càlcul també és homòleg als costos d'accidentalitat i contaminació en menor mesura.

²⁰ Tot i que la hipòtesi del treball no és la d'eliminar el peatge sinò d'ampliar la tarifa a totes les vies d'alta capacitat, la reacció que provocaria en el comportament dels usuaris es molt similar a l'acció d'eliminar aquesta dicotomia entre peatges i autovies.

²¹ Es considera l'horari laborable de vuit hores diàries.

DRETS ADQUIRITS LES VIES CONCESSIONADES

Aquest treball ha basat tot el seu desenvolupament sota la hipòtesi de que la xarxa de carreteres d'alta capacitat de Catalunya és lliure de peatges i d'ús gratuït per a tots els usuaris. Res més lluny de la realitat, actualment conviuen tres tipologies d'infraestructura del transport per carretera diferents: El primer són els peatges explícits (41%), dels quals els titulars són el Govern d'Espanya i la Generalitat de Catalunya. El segon són els peatges a l'ombra (21%), amb una única titularitat, la Generalitat de Catalunya. I per últim són les vies no concessionades (38%), les quals la titularitat esta repartida entre el Govern espanyol, la Generalitat de Catalunya i les diputacions i administracions locals.

El cost per a l'administració de rescatar la concessió varien depenent de la tècnica de valoració usada. Els més habituals en aquests casos són: els mètodes basats en el balanç, els mètodes basats en el compte de resultats, els mètodes basats en el descompte de fluxos futurs i els mètodes basats en valor de mercat. Els dos primers mètodes es basen en les dades comptables de les empreses concessionàries i el tercer es basa amb les previsions estratègiques que té l'empresa. El quart mètode seria el cas d'empreses que cotitzen en la bora i tenen un preu de mercat per acció; d'aquí es pot extrapolar i obtenir un valor global de l'empresa.

Cada concessió té uns terminis de finalització (Figura 49), i per tant, té dret a cobrar per cada vehicles que circula. L'homogeneïtzació del sistema de carreteres català comporta el rescat de les concessions en règim de peatge explícit i en ombra per part de l'administració. Així doncs hi ha dos modalitats de rescat: El rescat immediat on s'haurà d'abonar la diferencia fins l'any de finalització de la concessió o el rescat al final del període de concessió.

Via / Tram	Titularitat	Tipus de concessió	Societat concessionària	Finalització concessió
AP-7 Salou-Amposta	Estatat	Peatge explícit	AUMAR	2019
AP-7 La Jonquera-Salou	Estatat	Peatge explícit	ACESA	2021
AP-2 Lleida-Penedès	Estatat	Peatge explícit	ACESA	2021
C-32 Montgat-Blanes	Generalitat	Peatge explícit	INVICAT	2021
C-33 Barcelona-Montmeló	Generalitat	Peatge explícit	INVICAT	2021
C-16 Túnel del Cadí	Generalitat	Peatge explícit	Túnels Barcelona-Cadí	2037
C-16 Sant. Cugat-Manresa	Generalitat	Peatge explícit	AUTEMA	2036
C-32 Castelldefels-el Vendrell	Generalitat	Peatge explícit	AUCAT	2039
C-16 Túnels de Vallvidrera	Generalitat	Peatge explícit	Túnels Barcelona-Cadí	2037
C-16 Manresa-Berga	Generalitat	Peatge ombra	CEDINSA Llobregat	2038
C-14 Reus - Alcover	Generalitat	Peatge ombra	Reus - Alcover	2038
C-35 Maçanet - Platja d'Aro	Generalitat	Peatge ombra	CEDINSA d'Aro	2038
C-17 Vic - Ripoll	Generalitat	Peatge ombra	CEDINSA Ter	2039
C-25 Eix Transversal	Generalitat	Peatge ombra	Eix Transversal	2040
C-15 Eix Diagonal	Generalitat	Peatge ombra	Eix Diagonal	2042

Figura 49. Vies en règim de concessió. Font: Departament de Territori i Sostenibilitat, 2015

Segons l'article 288 de la Llei de Contractes del Sector Públic (11/2011), s'opta per valorar les concessions en base el valor dels actius que reverteixen en l'administració i els beneficis futurs. Tot i que no és l'objectiu d'aquest treball el càlcul dels actius i els valors futurs de totes les concessions a Catalunya si que es mencionarà l'informe del Prof. Àlvar Garola, *Avaluació del cost de rescat de les concessions de les autopistes i vies en règim de peatge de la Generalitat de Catalunya* (2015), on es calcula el valor de les vies de peatge que són concessió de la Generalitat²². Tot i això també faltarien les concessions de l'Estat, que aquestes representen un 70% del quilometratge total, i les vies de peatges a l'ombra de la Generalitat de Catalunya.

L'informe segueix dos estratègies per obtenir els valors de les concessionàries:

1. Per criteris de caire administratiu. Calculant el valor de la concessionària a través de la suma d'inversió neta (valor de l'actiu + càrrega financera diferida - amortitzacions - fons de reversió) més el lucre cessant (beneficis futurs que es deixen de percebre degut al rescat anticipat), i per tant planteja el rescat immediat de les vies concessionades sense tenir en compte el final del contracte.
2. Per criteris de caire financer. Es considera també que el valor de la concessió és la suma també de dos conceptes: el valor generat fins al moment i els fluxos futurs.

Dels diferents mètodes utilitzats es va escollir el criteri de caire administratiu amb els beneficis d'explotació dels últims 5 anys projectats i el criteri financer del flux lliure de caixa com els més robustos amb una taxa de descompte del 7% (criteri de mercat). El valor oscil·laria entre els 2.544 i els 2.770 milions d'euros²³.

També es va realitzar un càlcul dels costos laborals que tindria la gratuïtat²⁴ de les vies amb unes indemnitzacions que representarien entre 15 i 34 milions d'euros.

Vist aquest estudi i les finalitzacions de les concessions de titularitat estatal el 2019 i el 2021, seria una estratègia sòlida rescatar les vies concessionades per l'Estat al final del temps d'explotació, just quan el lucre cessant serà inferior, d'aquesta manera es farà un gran estalvi en les partides pressupostaries així com en la nova tarificació.

Ara bé, es recomana fer un estudi similar a aquelles vies concessionades sota un peatge a l'ombra doncs el temps de finalització del contracte és superior.

²² AUTEMA segueix la lògica de l'actiu financer que marca la seva pròpia comptabilitat i no formarà part ni dels càlculs de caire financer ni de caire administratiu.

²³ El valor real oscil·laria entre els 2.131 i els 2.306 milions d'euros si tenim en compte que INVICAT finalitza la seva concessió al 2021 també.

²⁴ La gratuïtat de la via també implica una pèrdua d'ingressos impositius corresponents a l'IVA i als impostos de societats.

CONCLUSIONS

Actualment i gràcies a la Directiva Europea 2011/76/CE sobre la tarificació i la Directiva EETS (*European Electronic Toll Service*), són poques les tecnologies que es recomanen per a una futura interoperabilitat entre països de la Unió Europea, d'entre elles la navegació per satèl·lit (GNSS) i el reconeixement per radiofreqüència (DSRC). Ambdues implementen tecnologia de reconeixement de matrícules (ANPR) per a tasques d'execució (*enforcement*). Per a poder realitzar una tarificació per ús calen totes les garanties que els vehicles seran reconeguts i tarificats i és per això que aquestes tecnologies s'haurien d'implementar a Catalunya si l'objectiu es tarificar les Vies d'Alta Capacitat (VAC). La tesina a optat per seleccionar una tecnologia àmpliament consolidada entre vehicles pesants i lleugers, la DSRC.

En aquest document s'ha realitzat un extens anàlisi dels diferents sistemes tarifaris en els països europeus per extreure'n similituds i particularitats respecte la xarxa de carreteres de Catalunya. S'ha d'entendre el context socioeconòmic de cada país on s'ha implementat, així com la seva situació geogràfica a Europa, doncs no és el mateix un país de la perifèria que un país centreeuropeu amb un alt volum en transport de mercaderies. S'ha comprovat que països de dimensions similar com Àustria, Eslovàquia o Hongria, basen el sistema de tarificació d'ús per a vehicles pesants superiors a 3,5 tones usant diferents tecnologies de cobrament (DSRC o GNSS), no obstant per a vehicles lleugers és manté una tarificació per temps. En canvi, Portugal (DSRC) tarifica tant a vehicles lleugers com a pesants per ús de la via, fent una repartició més equitativa de les externalitats.

La tarificació de les VAC requereix un volum d'informació extraordinari, i tindre en compte totes les variables en joc és una tasca molt extensa i complicada, per això s'han afirmat unes hipòtesis inicials abans de prosseguir amb els càlculs que limiten el model. La primera és la classificació de vehicles pesants doncs no s'ha fet una distinció entre aquells amb més tones i entre aquells més contaminants (EURO) tal i com indica la Unió Europea. En segon lloc i degut a la hipòtesi inicial de gratuïtat de la xarxa de carreteres no s'han considerat els drets adquirits pels peatges explícits i conseqüentment, es mereixedor d'un estudi previ. Per últim la hipòtesi sobre els fluxos canviants, ja que durant la tesina s'ha considerat la intensitat de circulació anual constant, tot i que també s'haurien de considerar en detall els fluxos de vehicles que es desviarien a carreteres secundàries. Tot i això, s'espera que sigui un percentatge residual en comparació amb el nombre de nous usuaris beneficiats per la millora de temps de viatge i comoditat.

La tarificació de les VAC ha de garantir una font de recursos estables per al finançament de les carreteres, per això, aquells usuaris que l'utilitzin contribuiran al pagament de les infraestructures (especialment aquells que siguin estrangers). A més a més l'homogeneïtzació de la xarxa (sense distincions entre vies concessionades i vies no concessionades) implicarà una optimització en el recorregut dels usuaris que afecta positivament en els temps de viatge.

La tarifa aplicable estarà formada per dos components principals, per una banda la taxa d'infraestructura (càlcul d'un cost mitjà del manteniment, construcció, gestió i implementació) i per l'altra banda taxa per els costos externs (serà un càlcul marginal dels costos d'accidentalitat i els costos mediambientals).

La rellevància dels costos d'accidentalitat per als vehicles lleugers i la importància dels costos de contaminació per als vehicles pesants, modificaria el preu de la tarifa de manera significativa, doncs són una bona part de la tarificació. També són importants els costos d'infraestructura, ja que permetran al sistema de manteniment i tarificació autofinançar-se sense la necessitat de rebre subvencions per part de l'administració. Tenint en compte que els costos de manteniment i implementació són anualitats fixes i en canvi, els costos de gestió i construcció poden anar variant en els anys depenent de la necessitat. Tot i que a la fi, els costos de gestió s'haurien d'optimitzar fins a situar-se en un 10% dels ingressos totals i els costos de construcció poden anar destinats a un fons d'inversió en temes relacionats amb el transports que permetria a l'administració competent finançar projectes de mobilitat.

Un dels principals efectes de la tarificació de vehicles pesants és l'optimització del trànsit de mercaderies per carreteres doncs hi haurà empreses que reduiran trajectes innecessaris augmentant la taxa de ocupació dels vehicles pesants. També pot existir la tendència de renovació en el parc automobilístic de vehicles pesants ja que segons la categoria d'emissions el preu de la tarifa serà més o menys elevat. No obstant, no s'ha fet cap referència sobre l'actual sistema d'impostos que taxa a vehicles pesants en impostos de circulació i impostos en els hidrocarburs. És evident que una nova tarificació en el parc automobilístic hauria d'implicar un replantejament del sistema impositiu per evitar precisament asfíxia econòmica i conseqüències en el transport de mercaderies a nivell nacional i internacional.

Així doncs aquest estudi és un element d'ajuda a la presa de decisions per aquells agents que vulguin fer polítiques de mobilitat, ja que en funció de les polítiques d'inversió, etc. es poden determinar una tarifes d'aplicació. Aquest primer pas en l'anàlisi d'una tarificació per ús, podria ampliar-se considerablement en un futur proper tenint en compte la fi de les concessions per a la xarxa de titularitat estatal i la intenció d'homogeneïtzar la tarificació de carreteres.

BIBLIOGRAFIA

- Departament de Territori i Sostenibilitat. (2014). *Observatori viari de Catalunya VIACAT*.
- (2011). *The European Electronic Toll Service (EETS)*. European Commission.
- (2014). *Informe 2013 sobre el sector de autopistas de peaje en España*. Madrid: [OE] Delegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje.
- (2015). *Sistema d'Avaluació d'Inversions en Transport (SAIT)*. Departament de Territori i Sostenibilitat.
- Bernet, M. S. (2014). *Impacte econòmic de la implantació de l'Eurovinyeta sobre el transport per carretera. Treball final de grau*. . Universitat Politècnica de Catalunya.
- Camarà de Comerç de Barcelona. (2008). *El sistema de peatges a Catalunya -anàlisi i evaluació d'estratègies*.
- Cañadas, J. (2007). *Costes de operación del tráfico en la carretera*.
- Cañadas, J. (2012). *Estudio económico de la tarificación de las infraestructuras de carreteras de España*.
- Cañadas, J. (2014). *Balance económico: fiscal, social y medioambiental del sector transporte de mercancías en España*. .
- CENIT, TRANSYT, UCM. (2011). *Modelo Español de Tarificación de Carreteras (META)*.
- Center for Urban Transportation Research. (2001). *The Feasibility of Open Road Tolling in Florida*.
- Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. (2010). *Adecuación del Sistema Español y su Aplicación en la Red Viaria*.
- Departament de Territori i Sostenibilitat. (2013). *Observatori viari de Catalunya VIACAT*.
- Eisses, S. (2007). *Security aspects of the EETS*. Europea Commission.
- European Commision. (2014). *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects*. European Union.
- European Commission. (2013). *Background document for the public consultation on the chargins of the use of road infrastructure*.
- Fundación CETMO. (2015). *Innovación en la gestión del transporte Externalidades del tráfico y fiscalidad del combustible*. Barcelona.
- Fundación CETMO. (2015). *ovar en la gestión del tarificación vial: transporte: aspectos clave y situación Fiscalidad del combustible para en diferentes países*. Barcelona.

- Garola, A. (2015). *Avaluació del cost de rescat de les concessions d'elles autopistes i vies en règim de peatge de la Generalitat de Catalunya*.
- Gleave, S. D. (2014). Technology options for the European Electronic Toll System (EETS).
- Humber Bridge Board. (2012). BO Humberbridge Tolling system.
- Independent Transport Commission . (2013). *The European experience of motorway vignette schemes for cars*. 2013.
- Lussich. (2012). *Road Pricing in Europe version 2.0*.
- Magriña, C. (2015). *Pago por uso de las carreteras. Treball de final de grau*. . Universitat Politècnica de Catalunya.
- MCrit. (2010). *Guia Avaluació d'Infraestructures del Transport*. Col·legi de Camins, Canals i Ports.
- Mosquera Casares, A. (2013). *Concesiones de Autopista de Peaje*. Subdirección General de explotación y gestión de red. Madrid: Subdirección General de explotación y gestión de red.
- Nielsen, J. (. (2015). *Technology for pricing policy - experiences with current schemes -*. Delft, CE.
- Oriol, J. (2013). Eurovinyeta: pagar per usar. *El Periódico*.
- Persad, D. K. (2007). *Toll Collection Technology and Best Practices* . Center for Transportation Research.
- RACC. (2015). *Concentració del trànsit pesant a les vies més segures*.
- UK Transportation Authority . (2006). *The COBA Manual*.
- Unidad responsable de la evaluación DG Política Regional Comisión Europea. (2003). *Guia del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión*. Ministeria de Fomento.

FONTS DE DADES I LLOCS WEBS CONSULTATS

ASFINAG. Empresa gestora de carreteres austríaques.

Estradas de Portugal. Gestora de las autopistes en Portugal. Eurostat.

Hungarian Transport Administration (KKK).

National Toll Payment Services PLC. Operadora del sistema de tarifació vial en Hongría.

NDS. Administració de carreteres a Eslovàquia. Operadora de vinyetes per a vehicles lleugers

SkyToll. Operadora del sistema de pagament por us a Eslovàquia.

World Economic Forum. The Global Competitiveness Reports.

International transport Forum(IFT). base de dades

IDESCAT, base de dades

EUROSTAT, base de dades