

Estudi d'identificació de trams de concentració d'accidents (TCA) de la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya (2016-2020)



Juliol 2022

Quadern d'infraestructures i mobilitat

70

 Generalitat de Catalunya
Departament de la Vicepresidència
i de Polítiques Digitals i Territori
Direcció General
d'Infraestructures de Mobilitat

Responsable de l'estudi

Laia Pou Reguant, Servei de Seguretat Viària i Sistemes de Gestió
Albert Gómez Ametller, Sub-direcció General d'Explotació Viària

Coordinació

Fèlix Burgos Campo
Abel Pineda Segarra

Equip redactor

Ingeniería de Tráfico, SL
Daniel Jordi Bibiloni
Joan Carmona Mercadé
Jordi Parés Estela

Col·laboració

Albert Bové Chic, Infraestructures de la Generalitat de Catalunya S.A.U.

Control de versions:

Versió núm. 1
Juliol 2022

Índex de continguts

1	Introducció	6
1.1	Presentació.....	6
1.2	Objectius.....	7
2	Metodologia.....	8
2.1	Mètode d'identificació i prioritziació.....	8
2.1.1	<i>Identificació dels TCA.....</i>	<i>8</i>
2.1.2	<i>Priorització dels TCA.....</i>	<i>9</i>
2.2	Paràmetres i bases de càlcul	10
2.3	Model estadístic de previsió d'accidents	12
2.3.1	<i>Hipòtesi de partida.....</i>	<i>12</i>
2.3.2	<i>Model lineal generalitzat.....</i>	<i>13</i>
2.3.3	<i>Validació i qualitat del model.....</i>	<i>15</i>
3	Identificació dels TCA.....	16
3.1	Determinació dels trams d'elevada accidentalitat	16
3.1.1	<i>Model lineal generalitzat amb distribució binomial negativa</i>	<i>16</i>
3.1.2	<i>Validació, interpretació i anàlisi gràfica dels models GLM.....</i>	<i>17</i>
3.2	Identificació i prioritziació dels TCA 2016-2020	18
3.2.1	<i>El cost social de les víctimes de trànsit.....</i>	<i>19</i>
3.2.2	<i>Anàlisi multicriteri.....</i>	<i>20</i>
3.2.3	<i>Resultats: identificació i prioritziació dels TCA 2016-2020</i>	<i>23</i>
4	Anàlisi dels TCA.....	26
4.1	Anàlisi i caracterització general de seguretat viària dels TCA	26
4.1.1	<i>Localització dels TCA en el territori.....</i>	<i>30</i>
4.2	Anàlisi històrica de l'evolució dels TCA.....	31
5	Conclusions	33

Índex de taules

Taula 1. Bases de càlcul dels TCA.....	10
Taula 2. Resum dels models lineals generalitzats (GLM)	15
Taula 3. Paràmetres dels models de regressió	17
Taula 4. Costos unitaris segons tipus de víctima (font: DGIM, 2021)	19
Taula 5. Relació entre tipus de víctimes i gravetat de l'accident (Font: DGIM, 2021)	20
Taula 6. Puntuació dels criteris de priorització de TCA.....	21
Taula 7. Funcions de transformació per a cada criteri	21
Taula 8. Participació de cada criteri sobre la combinació de criteris.....	22
Taula 9. Nombre de trams per nivell de TCA	25
Taula 10. Trams segons el tipus de via.....	26
Taula 11. Resum dels TCA identificats del nivell 1	26
Taula 12. Resum dels TCA identificats del nivell 2	27
Taula 13. Resum dels TCA identificats del nivell 3	27
Taula 14. Resum dels TCA identificats totals	27
Taula 15. Distribució dels TCA per àmbit territorial	28
Taula 16. Distribució dels TCA per àmbit de gestió	29
Taula 17. Distribució dels TCA per concessions	29
Taula 18. TCA històrics coincidents amb TCA 2016-2020.....	31
Taula 19. TCA reincidents entre els períodes 2009-2013 i 2016-2020	Error! No s'ha definit el marcador.

Índex de figures

Figura 1.	Esquema resum de l'anàlisi d'identificació i prioritització dels TCA	11
Figura 2.	Esquema del model estadístic de previsió d'accidents	12
Figura 3.	Histograma de freqüència d'accidents amb víctimes en trams d'1 km	14
Figura 4.	Histogrames resultants de les variables transformades	22
Figura 5.	Agrupació dels TCA en nivells, segons el % de trams acumulats	24
Figura 6.	Distribució dels TCA per àmbit territorial.....	28
Figura 7.	Comparativa distribució TCA i vehicles-quilòmetre per àmbit territorial	28
Figura 8.	Distribució dels TCA per àmbit de gestió	29
Figura 9.	Localització dels TCA a les carreteres de la Generalitat de Catalunya	30
Figura 10.	TCA identificats en períodes històrics	31
Figura 11.	TCA coincidents i reincidents	32

1 Introducció

1.1 Presentació

Aquest document, a partir del mètode dels valors observats, recull els trams de concentració d'accidents a les carreteres de titularitat de la Generalitat de Catalunya.

El concepte de *Tram de Concentració d'Accidents* o TCA s'utilitza per fer referència als punts de major perillositat d'una xarxa de carreteres; considerant com a tal aquells trams que presenten un risc notablement superior a la mitjana dels trams de característiques similars, i en el que previsiblement una actuació de millora de la infraestructura pot aportar una reducció significativa i eficaç de l'accidentalitat.

A partir d'aquesta mateixa definició existeixen diversos mètodes per calcular els TCA. Els procediments utilitzats per identificar els TCA basats en els valors observats prenen com a referència el nombre absolut d'accidents amb víctimes o bé un índex, que acostuma a ser el que relaciona el nombre d'accidents registrat en cada tram amb la intensitat de vehicles (IMD) que suporta.

Per a la identificació dels possibles trams de concentració d'accidents es realitzen dos càlculs: el primer, anomenat de freqüència, considera el nombre total d'accidents i el segon considera la gravetat dels accidents. En tots dos casos els paràmetres bàsics de càlcul són els accidents dels darrers cinc anys, la intensitat mitjana diària (IMD) i la segmentació de la xarxa en intervals d'aproximadament un quilòmetre de longitud.

El llistat final obtingut s'ordena seguint una prioritització que es defineix en base a un seguit de paràmetres de cada un dels trams, com la persistència que presenta com a TCA, la tendència a l'alça o a la baixa de l'accidentalitat o el cost social entre d'altres.

De la identificació d'aquests trams, i de la seva adequada prioritització, dependrà l'eficiència dels esforços futurs per millorar la seguretat viària. L'estudi, però, consisteix en una identificació purament estadística i no entra en l'anàlisi de la causa de l'accidentalitat observada. Els trams que s'identifiquen en aquest estudi serviran com a punt de partida per a posteriors anàlisis, que seran les que hauran de determinar sobre quin o quins dels factors que intervenen en els accidents s'han de treballar per millorar la sinistralitat observada: carretera, vehicle o conductor/a.

Les dades d'accidents que serveixen com a punt de partida han estat subministrades pel Servei Català de Trànsit a partir dels qüestionaris elaborats per la policia de la Generalitat -Mossos d'Esquadra- i per les corresponents policies locals quan l'accident té lloc en una travessera urbana.

Amb la finalitat d'obtenir una identificació més fiable dels TCA és important que la massa crítica d'elements amb què es treballa, en aquest cas el nombre absolut d'accidents, sigui prou alta per tenir valor estadístic. A més, cal tenir present que el nombre d'accidents que es produeixen en un tram durant un únic any pot estar sotmès a variacions aleatòries, degut a la mateixa naturalesa del fenomen de l'accidentalitat. Per aquests dos motius es consideren les dades d'accidentalitat dels cinc anys compresos en el quinquenni 2016-2020.

Es consideren per a l'anàlisi només els accidents amb resultat de víctimes mortals, ferits greus i/o ferits lleus. Els accidents sense víctimes no s'han tingut en compte en aquest estudi.

Es considera víctima mortal a tota persona que, com a conseqüència de l'accident, mor dins de les 24 hores posteriors a l'accident. Es considera ferit greu tota persona que, com a conseqüència de l'accident, rep assistència hospitalària amb un ingrés superior a 24 hores. I es considera ferit lleu tota persona que necessita atenció mèdica al lloc de l'accident o en un centre hospitalari sense ingrés superior a 24 hores.

El darrer any d'aquest període analitzat s'ha caracteritzat per la pandèmia provocada per la COVID-19 que, entre d'altres, ha obligat a aplicar restriccions de mobilitat, sobretot durant el segon trimestre de l'any. A menor mobilitat també disminueix l'accidentalitat, que en termes globals per a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya ha disminuït l'any 2020 respecte al 2019 en un 34,5%. Caldrà, per tant, relativitzar les disminucions que hagin pogut tenir lloc en aquest darrer any.

1.2 Objectius

L'objectiu principal de l'estudi és obtenir un llistat amb els principals trams de concentració d'accidents a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya.

Per assolir aquest objectiu es defineixen un seguit d'objectius parcials més concrets:

- Revisar i modificar quan escaigui la metodologia desenvolupada en els estudis dels quinquennis anteriors, remarcant aquells aspectes modificats o incorporats de nou.
- Aplicar la metodologia resultant a la xarxa de carreteres titularitat de la Generalitat de Catalunya amb data 31 de desembre de 2020, considerant els accidents que hi han tingut lloc durant els anys 2016 a 2020.
- Combinar les anàlisis per freqüència i per gravetat per tal d'obtenir el llistat definitiu.
- Ordenar el llistat de TCA mitjançant una prioritització en base a una sèrie de criteris prèviament definits que identifiquin aquells trams amb major risc i on, presumiblement, una intervenció a la via pot tenir un retorn més important quant a reducció en el nombre de víctimes.
- Identificar aquells territoris o tipus de carretera que presenta major concentració de TCA.

2 Metodologia

La metodologia que s'està aplicant a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya per al càlcul dels TCA, incorporant millores en cada un dels quinquennis que es van analitzant, presenta un recorregut de 16 anys. En els darrers anys s'han anat incorporant estudis més específics de TCA, com el de motos, el de frontals o el d'animals ungulats, per tal de detectar problemàtiques més específiques, si bé l'estudi de TCA general continua vigent.

En aquest capítol es descriu la metodologia utilitzada exclusivament per a l'anàlisi dels TCA.

2.1 Mètode d'identificació i priorització

La metodologia per obtenir els TCA es fonamenta en un doble procés:

- En primer lloc, en la identificació dels TCA mitjançant l'anàlisi de la divergència entre l'accidentalitat observada de cada tram de carretera i l'accidentalitat que, en valor mitjà i per les característiques de la via, s'espera.
- En segon lloc, es prioritza, és a dir, s'ordena el llistat obtingut en funció d'un valor estandarditzat producte de la combinació de diversos paràmetres.

2.1.1 Identificació dels TCA

El valor d'accidentalitat esperat a les carreteres s'obté a partir de l'anàlisi de la interrelació entre el fenomen de la sinistralitat i la intensitat de vehicles que circulen per la via (intensitat mitjana diària o IMD). Així, el model parteix de la hipòtesi que l'accidentalitat tendeix a créixer a mesura que la IMD augmenta.

Es realitza una doble anàlisi per comparar l'accidentalitat observada amb l'accidentalitat esperada en funció de les característiques de la via. La primera considera la freqüència dels accidents, és a dir, el nombre total d'accidents amb víctimes del període analitzat, mentre que la segona considera la gravetat dels accidents, és a dir, avalua de manera discreta els accidents en funció del resultat de les víctimes; mortals, greus i/o lleus, donant més importància als accidents de més gravetat.

Els trams de la xarxa a comparar responen a una partició de la xarxa en segments d'1 km. No obstant, per evitar l'efecte que produeix l'acumulació d'accidents en els hectòmetres +000 i +500, el primer tram de cada carretera té una longitud de 700 metres, sent els trams posteriors d'1 km de longitud, anant de l'+700 al 2+700 i així successivament.

El procés automàtic de tramificació de la xarxa pot generar en ocasions trams de 2 km aproximadament. En aquests casos aquests trams de 2 km es parteixen en dos trams d'igual longitud, independentment que s'iniciïn a l'hectòmetre +700. Aquest fenomen succeeix en carreteres que presenten moltes discontinuïtats entre trams que pertanyen a la Generalitat de Catalunya i d'altres que no, com és el cas de la carretera C-245.

Amb la tramificació definida i l'anàlisi de la relació entre l'accidentalitat i la intensitat de trànsit s'obté una llista de trams que destaquen o bé per la freqüència de l'accidentalitat, per la seva gravetat, o bé per ambdós motius (freqüència i gravetat). D'aquesta combinació se'n deriva la classificació en TCA de primer ordre (ho són de gravetat i de freqüència) i de segon ordre (ho són només en una de les dues categories).

2.1.2 **Priorització dels TCA**

El llistat obtingut s'ordena en base a una priorització que es defineix per la combinació de 5 factors. S'atorga una valoració a cada factor, la suma dels quals dona un "total estandarditzat".

- ordre (primer o segon ordre),
- reincidència en altres períodes d'estudi,
- tendència (favorable o desfavorable),
- cost social de l'accidentalitat,
- i diferència amb els valors esperats d'accidentalitat (per freqüència i gravetat) per a trams de característiques similars als analitzats.

Els trams que conformen el percentil 25 de la suma del camp "total estandarditzat" són considerats TCA de nivell 1. Els trams que aglutinen del percentil 50 al 25 es consideren els de nivell 2. I els que aglutinen del percentil 75 al 50 són considerats trams de nivell 3.

La resta de trams queden en "stand by" per tenir en compte el factor de la reincidència com a TCA en futurs estudis.

2.2 Paràmetres i bases de càlcul

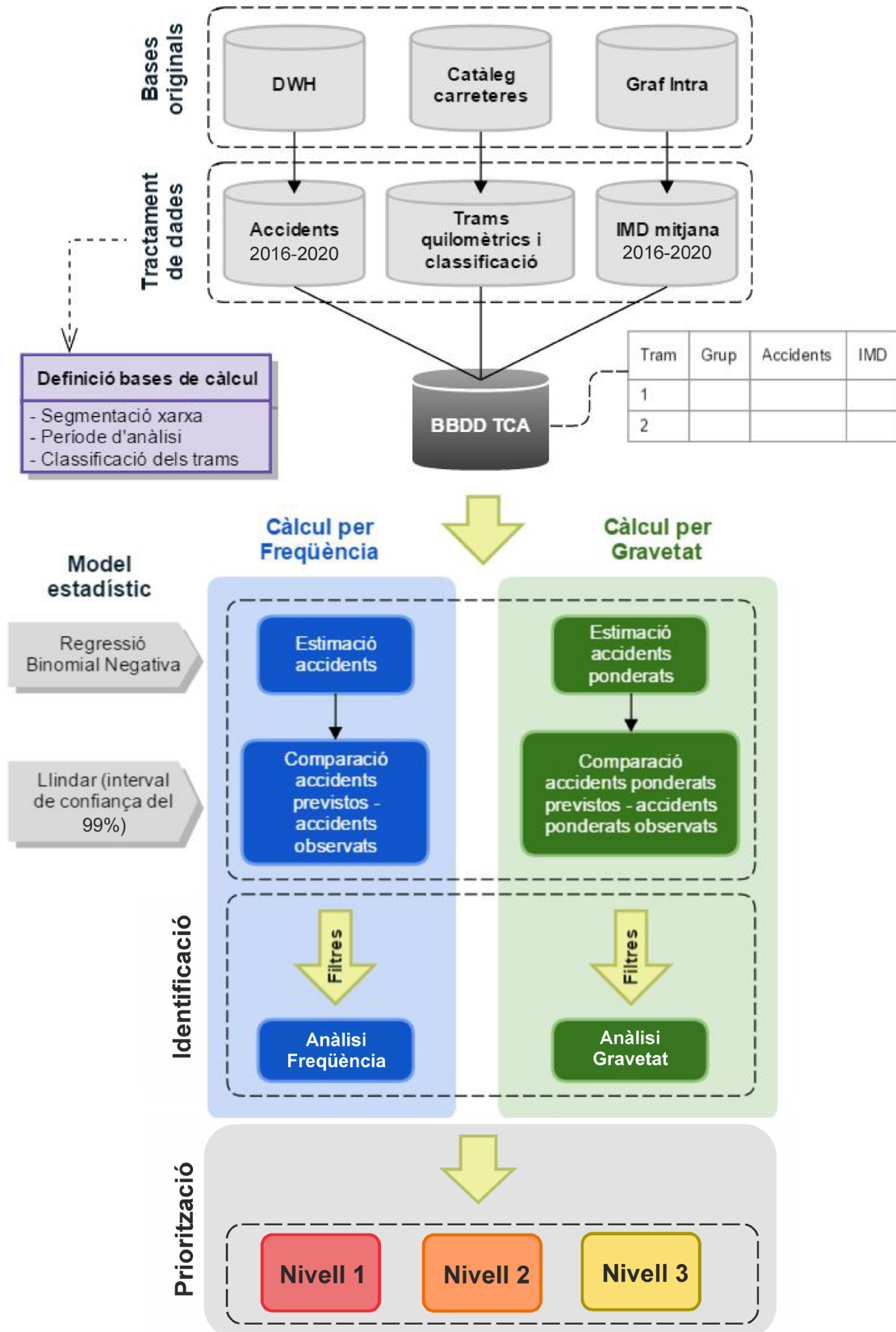
Per identificar de manera fiable els TCA cal definir unes bases de càlcul en forma de paràmetres. En estudis previs s'ha analitzat en profunditat la definició dels paràmetres que intervenen en el procés d'identificació dels TCA, analitzant i contrastant diversos escenaris per determinar-los de manera justificada. Aquest estudi aplica els paràmetres definits prèviament.

Taula 1. Bases de càlcul dels TCA

Bases de càlcul	Descripció	Valor
Longitud del tram	Discretització de la xarxa en trams per analitzar-ne la perillositat	Trams d'1 km aproximadament
Segmentació dels trams	Referència per a la definició dels trams quilomètrics	Hectòmetre +700
Període d'anàlisi	Es consideren els accidents registrats entre els anys definits en el període d'anàlisi	5 anys
Unitat d'anàlisi	Dades d'accidentalitat considerades en l'estudi	Accidents amb resultat de víctimes mortals, greus i/o lleus
Metodologies de càlcul de TCA	S'apliquen 2 metodologies diferents per considerar tant la freqüència com la gravetat de l'accidentalitat	TCA de freqüència (accidents amb víctimes) i TCA de gravetat (accidents ponderats)
Ponderació	Coeficients aplicats en els accidents en funció del resultat de les víctimes de l'accident a utilitzar en la metodologia del càlcul per gravetat	Accidents mortals → 8 Accidents greus → 5 Accidents lleus → 1
Filtratge	Condicions imposades en els trams amb l'objectiu de reduir l'efecte negatiu de la naturalesa aleatòria dels accidents en la definició dels TCA	Els TCA de freqüència han d'haver registrat un mínim de 15 accidents en els últims 5 anys. Els TCA de gravetat han d'haver registrat un mínim de 3 accidents mortals i/o greus en els últims 5 anys.
Classificació dels trams	Agrupació dels trams de la xarxa amb patrons de comportament similars en funció de les característiques de la via	<u>NDZI</u> : Vies convencionals no desdoblades en zona interurbana <u>ZU</u> : Travesseres <u>D</u> : Vies desdoblades
Model estadístic	Tècnica matemàtica per relacionar els accidents amb la intensitat del trànsit de la via (IMD)	Model lineal generalitzat amb distribució binomial negativa per a la variable dependent i relació funcional identitat
Llindar d'identificació trams elevada accidentalitat	Estratègia per identificar aquells trams on l'accidentalitat és significativament superior a la prevista sobre la base del model	Interval superior de confiança del 99% extret del model
Identificació i prioritització de TCA	Procediments per identificar i jerarquitzar els TCA obtinguts de cara a futures actuacions	Anàlisi multicriteri per a la identificació i prioritització dels TCA 2016-2020

En l'esquema següent es mostra l'estratègia seguida per a l'obtenció dels TCA, des de les bases de dades d'origen fins a les llistes dels trams classificats per ordre de prioritat.

Figura 1. Esquema resum de l'anàlisi d'identificació i prioritització dels TCA



2.3 Model estadístic de previsió d'accidents

La identificació dels TCA es basa en la comparativa entre els accidents registrats en un tram de carretera i els accidents que es poden esperar que es registrin en funció de les característiques viàries i de mobilitat del tram en qüestió. Per determinar la tendència de l'accidentalitat en cada un dels trams analitzats s'elabora un model estadístic de previsió d'accidents.

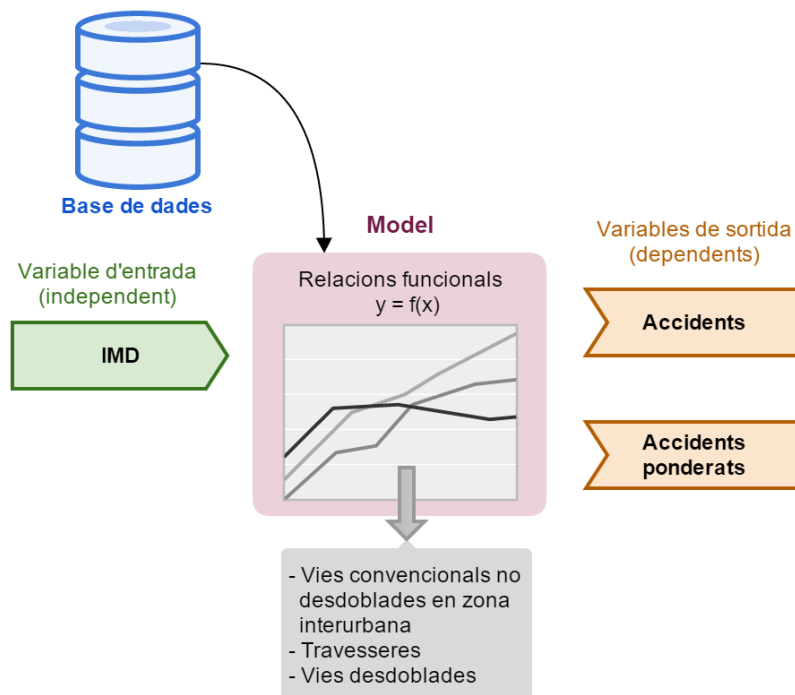
2.3.1 Hipòtesi de partida

El model estadístic de previsió d'accidents serveix per conèixer quin és el comportament de l'accidentalitat ateses certes característiques de la via. El model es basa en la hipòtesi, que posteriorment haurà de ser verificada, que l'accidentalitat depèn directament de la intensitat de vehicles que circulen per la via, és a dir, la intensitat mitjana diària (IMD).

Com és lògic, altres factors relacionats amb l'ús i amb el disseny de la infraestructura també intervenen en l'accidentalitat. Per aquest motiu el model s'aplica de forma diferenciada per a 3 grups diferents de trams de característiques semblants entre ells (vies convencionals no desdoblades en zona interurbana, travesseres i vies desdoblades). D'aquesta manera, s'estan incloent indirectament en el model dues variables més: si el tram està desdoblada o no, i la zona en què es localitza el tram (urbana o interurbana).

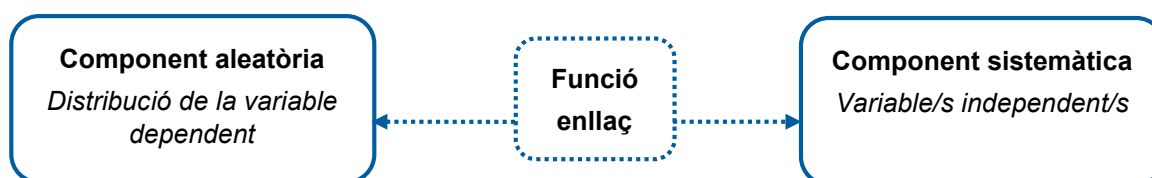
Donat que es consideren dos aspectes de l'accidentalitat: per una banda, la freqüència en la que es produeixen els accidents i per l'altra, la gravetat dels mateixos, s'elaboren dos models paral·lels per a cada un dels grups de trams, un per modelitzar els accidents amb víctimes i l'altre per modelitzar els accidents ponderats.

Figura 2. Esquema del model estadístic de previsió d'accidents



2.3.2 Model lineal generalitzat

Generalment és complicat complir amb les condicions dels models de regressió lineal, ja que les dades que cal analitzar difícilment es comporten seguint una distribució normal, entre altres requisits. És per això que sorgeix la necessitat d'aplicar una altra tipologia de model estadístic i així poder estimar de manera estadísticament vàlida els accidents succeïts en una xarxa de carreteres. Aquests models alternatius a la regressió lineal són els models lineals generalitzats (GLM). Són models desenvolupats per unificar diversos models estadístics, entre els quals el model de regressió lineal, i es basen en la relació de la **distribució aleatòria** de la variable dependent del model (accidentalitat) amb la **component sistemàtica** (variable/s independent/s). El mètode utilitzat per calcular els paràmetres dels models lineals generalitzats és l'estimació per **màxima versemblança**, basat en l'estudi de la distribució que defineix la mostra de dades de la variable dependent.



El principal avantatge que presenten els models lineals generalitzats és l'assumpció de què la variable dependent (y) està generada per una funció de **distribució de la família exponencial**. En el cas de l'anàlisi de l'accidentalitat es compleix aquesta hipòtesi i és per això que els models lineals generalitzats resulten adequats.

Per relacionar el component aleatori (distribució de la variable dependent) amb el component sistemàtic (variable independent), els models lineals generalitzats utilitzen una **funció enllaç**. Aquesta relació funcional pot ser la funció identitat, que dona lloc al model de regressió lineal clàssic, però també poden ser altres funcions com la funció logarítmica, la funció arrel quadrada, la funció lògit, etc. La funció enllaç depèn de les característiques de les dades analitzades i de la distribució de la variable dependent.

Les distribucions de la variable dependent més utilitzades per definir el component aleatori del model que expliqui el fenomen de l'accidentalitat, atesa la característica de variable discreta dels accidents, són:

- Poisson

Distribució que s'utilitza per a dades que defineixen un comptatge, és a dir, valors enters i positius.

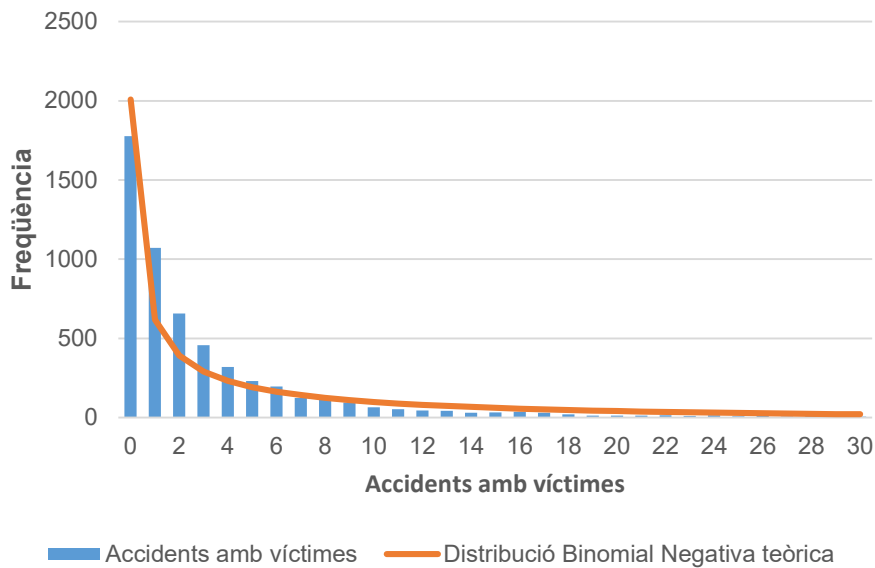
Apareixen dues problemàtiques en l'ajust de les dades a la distribució de Poisson i és que aquesta distribució suposa que la mitjana i la variància són iguals i que no s'accepta una alta freqüència de zeros, fets tots dos que en l'anàlisi de l'accidentalitat en trams d'1 km de longitud es donen en nombroses ocasions.

- Binomial negativa

És una distribució de probabilitat discreta que s'utilitza com alternativa a la distribució de Poisson en els casos que les dades mostrin una gran heterogeneïtat, atès que no es compleixi la condició de mitjana i variància iguals, i en casos amb una alta freqüència de zeros dins la mostra de dades a analitzar.

S'avalua l'adequació de la distribució dels accidents ponderats del quinquenni comprès entre els anys 2016 i 2020 a una distribució binomial negativa.

Figura 3. Histograma de freqüència d'accidents amb víctimes en trams d'1 km



S'exposen les diferents opcions dels models lineals generalitzats i es ressalta l'opció escollida en la present anàlisi. Per una banda, s'escull la regressió binomial negativa donat que l'accidentalitat mostra un comportament que s'ajusta perfectament a aquesta distribució de probabilitat. A més, l'accidentalitat és una variable discreta i amb forta presència de valors nuls (zeros), aspectes que preveu aquesta tipologia de distribució.

Per altra banda, la relació funcional escollida per relacionar l'accidentalitat amb la variable independent del model (vehicle*km) és la identitat. Amb aquesta elecció es considera que l'accidentalitat i la IMD es relacionen linealment. Aquesta hipòtesi simplifica el model i la seva interpretació. Serà vàlida si la interpretació dels resultats del model així ho indiquen.

Taula 2. Resum dels models lineals generalitzats (GLM)

Component aleatori <i>Identifica la variable resposta (accidentalitat) i la seva distribució de probabilitat</i>	Component sistemàtic <i>Especifica les variables explicatives</i>	Funció enllaç <i>Funció del valor esperat de la variable resposta (accidentalitat)</i>	
Distribució de Poisson (<i>recomptes</i>)	Variable/s independent/s (IMD)	Identitat: $f(x) = y$	Dades contínues amb errors normals
Distribució binomial negativa (<i>recomptes amb alta freqüència de zeros i/o sobredispersió</i>)		Logit: $f(x) = \log\left(\frac{y}{n-y}\right)$	Proporcions amb errors binomials
Distribució gamma (<i>dades contínues amb coeficient de variació constant i sense valors nuls</i>)		Logarítmica: $f(x) = \log(y)$	Recomptes amb errors de tipus Poisson
Distribució exponencial (<i>dades contínues i no nul·les</i>)		Recíproca: $f(x) = \frac{1}{y}$	Dades contínues amb errors gamma
		Arrel quadrada: $f(x) = \sqrt{y}$	Recomptes
	Exponencial: $f(x) = y^n$	Funcions de potència	

2.3.3 Validació i qualitat del model

El procés de validació dels models lineals generalitzats és semblant al dels models de regressió lineal, en el sentit que s'han de contrastar les tres hipòtesis que es formulen sobre els residus de la regressió que, com a recordatori, són la diferència entre el valor real i el valor pronosticat pel model. En primer lloc, el test d'hipòtesi és un test de variància que ens indica la probabilitat que es compleixi la hipòtesi que les dues variables del model no estan relacionades, si la probabilitat és baixa determinarem que les dues variables estan relacionades. Seguidament, s'analitza la distància de Cook, que identifica comportaments extrems de les dades i que estarien perjudicant la interpretació dels resultats. Finalment, s'analitza la distribució, els residus no han de mostrar patrons de comportament i, per tant, distribuir-se de manera dispersa, el que denota independència.

L'anàlisi de la qualitat predictiva del model respecte de les dades és particular i es realitza analitzant dos factors; els **tests de significació per als estimadors del model** (variable independent) i la **quantitat de variància explicada pel model**. En els models lineals generalitzats s'avalua la quantitat de variabilitat de la variable dependent que explica el model generat mitjançant la **desviació** (D^2) que, com més gran sigui, més ajustat serà el model a l'hora de realitzar previsions. Hi ha un altre criteri per avaluar el model anomenat "Criteri d'Informació d'Akaike (AIC)". Aquest model analitza tant l'ajust del model a les dades com la complexitat del model. Com més petit és el valor AIC millor és el model.

3

Identificació dels TCA

En aquest capítol s'aplica la metodologia descrita a fi d'identificar els trams de la xarxa de carreteres que han tingut una accidentalitat superior a l'esperada durant el quinquenni 2016-2020. Una vegada s'identifiquen aquests trams d'elevada accidentalitat, s'efectua una anàlisi addicional que serveix per incloure al model nous paràmetres que ajuden, d'una banda, a millorar la robustesa dels resultats, i d'altra, a prioritzar els resultats obtinguts, definint tres tipus de TCA en funció de la seva prioritat. Es treballa en dues fases:

- **Determinació dels trams d'elevada accidentalitat**

S'analitzen les relacions funcionals extretes dels diferents models de previsió d'accidents, així com els valors llindar d'accidentalitat que determinen els trams on s'observa que l'accidentalitat és significativament superior a la prevista pel model. Es realitza també la validació dels models generats des del punt de vista estrictament estadístic.

- **Identificació i priorització dels TCA**

Es realitza l'anàlisi de les variables addicionals que serveixen per complementar la robustesa dels resultats de l'anterior punt, i que permeten, identificar la llista definitiva dels TCA 2016-2020 i establir-ne la seva priorització.

3.1 Determinació dels trams d'elevada accidentalitat

3.1.1 *Model lineal generalitzat amb distribució binomial negativa*

La relació funcional utilitzada per relacionar els accidents amb el nombre de veh*km de cada tram és una equació lineal, tal i com es comenta en l'apartat anterior:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x$$

En aquesta equació, la y fa referència al valor de l'accidentalitat predit, ja siguin accidents amb víctimes o accidents ponderats, x és la variable independent del model, és a dir, la IMD mitjana dels anys considerats en l'anàlisi i els β_0 i β_1 són els coeficients de la regressió.

Els coeficients de l'equació es defineixen en funció de la tipologia de via, de la IMD i de l'entorn, per a cada procés de càlcul (freqüència i gravetat), i són:

Taula 3. Paràmetres dels models de regressió

Anàlisi	Accidentalitat	Coefficient	Vies convencionals no desdoblades en zona interurbana	Travesseres	Vies desdoblades
Freqüència	Esperada	β_0	0,39	0,20	-2,70
		β_1	5,8E-04	6,7E-04	4,1E-04
	Límit	β_0	0,46	0,37	-0,71
		β_1	6,2E-04	7,7E-04	4,9E-04
Gravetat	Esperada	β_0	0,76	0,51	-2,85
		β_1	8,9E-04	8,7E-04	5,1E-04
	Límit	β_0	0,88	0,79	-0,15
		β_1	9,7E-04	1,02E-03	6,2E-04

3.1.2 Validació, interpretació i anàlisi gràfica dels models GLM

Per validar estadísticament els models s'analitzen els paràmetres següents:

- Test d'hipòtesi

El *p-value* ha de ser més petit pel que fa al nivell de significació (5%) establert per al càlcul dels models GLM i dels intervals de confiança. En tots els models de previsió d'accidents s'observa com en el camp "Pr (>|z|)" la probabilitat que el *p-value* sigui més gran que el nivell de significació és més petit que 2e-16 (és a dir 0). Per tant, hi ha dependència lineal de les variables relacionades.

- Distància de Cook

La distància de Cook no ha de superar la unitat, sinó s'han de revisar els valors que tinguin una distància de Cook superior a 1. En cap dels gràfics dels diferents models calculats s'observen distàncies superiors a la unitat.

- Independència

El model és vàlid si en el gràfic que es relacionen els residus amb la variable independent (IMD) no s'observen patrons de comportament (en els diferents gràfics s'observa dispersió i per tant independència). Tot i això, s'observa també una certa tendència negativa. Aquesta tendència negativa denota sobredispersió en les dades, però aquest fet no influeix negativament en la validació del model, ja que amb la distribució binomial negativa suporten gran sobredispersió de les dades. Es comprova observant que el valor del paràmetre de dispersió "*Theta*" és pròxim a 1. Podria haver-hi sobredispersió si aquest valor fos significativament superior o inferior a 1.

En la fase d'**interpretació**, bàsicament s'analitza la desviació (D2). Aquest paràmetre pren valors entre 0 i 1. Com més gran és, millor qualitat predictiva proporciona el model. Els valors de les D2 dels models es mouen prop de 0,32 i 0,46. Per tant, tenint present que el model dista de poder predir amb exactitud l'accidentalitat, es considera que el percentatge de variació de la variable dependent explicat pel model és acceptable i, per això, és correcte utilitzar-lo per detectar valors d'accidentalitat extrems.

3.2 Identificació i priorització dels TCA 2016-2020

De l'aplicació de la metodologia de determinació de l'accidentalitat s'obté un conjunt de trams que registren una accidentalitat superior a l'esperada segons les seves característiques tècniques i la mobilitat que suporten.

A partir d'aquesta llista de trams s'elabora una anàlisi multicriteri, que permet:

- Identificar els TCA 2016-2020 definitius, eliminant aquells trams d'elevada accidentalitat, obtinguts al punt anterior, que no compleixin uns llindars mínims en aquesta anàlisi multicriteri.
- Establir una priorització dels TCA 2016-2020 identificats.

Per a la realització de l'anàlisi multicriteri, i tal com es va definir ja des del quinquenni 2012-2016, es disposa de sis criteris que participen en la definició i priorització dels TCA 2016-2020:

1. Criteri de **reincidència**: es refereix al nombre de vegades que el tram analitzat ha estat identificat en períodes anteriors. El valor màxim de repeticions és 5 i el mínim és 0.
2. Criteri de **tendència**: es refereix al pendent de la recta de regressió de l'evolució dels accidents al llarg dels 5 anys del període estudiat. El valor de la tendència pot ser positiu o negatiu. Per a l'estudi actual, degut a l'efecte sobre l'accidentalitat de la pandèmia, l'any 2020 no s'inclou en el càlcul de la tendència per tal de no distorsionar-ne el significat.
3. Criteri de **potencial de millora de freqüència**: és la diferència entre el nombre d'accidents registrats entre els anys d'estudi i el valor de l'accidentalitat límit determinada pel models de previsió d'accidents segons el càlcul per freqüència. El potencial de millora pretén identificar l'oportunitat de reducció de l'accidentalitat en cada un dels trams, com major sigui el potencial de millora més serà l'oportunitat del tram. Aquesta variable s'anomenarà en endavant "*Dif Acc (Freq)*".
4. Criteri de **potencial de millora de gravetat**: és la diferència entre el nombre d'accidents registrats ponderats per gravetat entre els anys d'estudi i el valor de l'accidentalitat límit determinada pels models de previsió d'accidents segons el càlcul per gravetat. El potencial de millora pretén identificar l'oportunitat de reducció de l'accidentalitat en cada un dels trams; com més gran sigui el potencial de millora més gran serà l'oportunitat dels trams. Aquesta variable s'anomenarà en endavant "*Dif Acc (Grav)*".
5. Criteri **d'ordre**: si el tram s'ha classificat com de primer o segon ordre.
6. Criteri de **cost social**: fa referència en termes de reducció de cost social que tindria una actuació en els trams identificats. Per valorar el cost social dels accidents als trams identificats s'utilitza la valoració del cost de les víctimes que es defineix al sistema d'avaluació d'inversions en transport (SAIT), de la Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat.

3.2.1 El cost social de les víctimes de trànsit

Dels criteris esmentats a la llista anterior es fa una explicació particularitzada del “cost social de les víctimes de trànsit”, atesa la importància que té, ja que és, en definitiva, el que es vol reduir, tant com sigui possible, mitjançant la reducció de la sinistralitat.

La Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat (DGIM) va publicar l'any 2015 el sistema d'avaluació d'inversions en transport (SAIT), que és el document que defineix la metodologia per a les avaluacions socioeconòmiques que s'han de realitzar per a la prioritització i execució de les principals actuacions viàries i ferroviàries. La darrera actualització del document és de juny de 2021.

La metodologia pretén avaluar, des d'un punt de vista socioeconòmic, tots els beneficis i costos que té qualsevol actuació viària i ferroviària. En funció dels resultats que s'obtenen arran de l'aplicació d'aquesta metodologia, es poden comparar i prioritzar les diverses actuacions viàries o ferroviàries possibles.

En l'àmbit de les obres viàries, un dels principals beneficis que es persegueix amb qualsevol actuació és la reducció de les víctimes de trànsit. És bàsic, per tant, tenir una adequada valoració del benefici social que implica una disminució de les víctimes (valoració de l'estalvi de cost social gràcies a una eventual disminució de les víctimes).

Per valorar el cost social de les víctimes de trànsit, el SAIT considera diversos tipus de costos, tal com es defineix al document publicat. Es consideren costos econòmics directes, com els d'administració ocasionats per l'accident, o els costos econòmics indirectes com la pèrdua de capacitat productiva de les víctimes. D'altra banda, es considera al valor intangible (seguretat i vida), relacionat amb el valor subjectiu d'una vida i amb les conseqüències negatives personals de la víctima. A la taula següent es poden veure els valors de referència del manual per a les víctimes de trànsit:

Taula 4. Costos unitaris segons tipus de víctima (font: DGIM, 2021)

Costos unitaris	Morts (30 dies)	Ferits greus	Ferits lleus
Directes	516	2.902	399
Indirectes	732.510	6.481	537
Intangibles	1.980.435	218.910	18.899
Totals	2.713.462	228.294	19.835

Els costos socials de les víctimes de trànsit són deguts, principalment, a aspectes intangibles.

El document també té previst un cost per accident, calculat segons proporcions estimades de víctimes (per gravetat) per a cada tipus d'accident (per gravetat).

Taula 5. Relació entre tipus de víctimes i gravetat de l'accident (Font: DGIM, 2021)

Relació víctimes/accident	Ràtio morts/accident	Ràtio greus/accident	Ràtio lleus/accidents	Cost total
Accident mortal	1,12	0,42	0,59	3.152.097
Accident greu	0	1,16	0,56	276.078
Accident lleu	0	0	1,47	29.163

Un accident mortal té el cost social aproximat de 108 accidents lleus, i un accident greu té el cost social aproximat de 10 accidents lleus (9,5).

Segons les dades anteriors, i considerant que les dades de víctimes d'accidents poden fluctuar segons les dades particulars analitzades (i, per tant, poden variar lleugerament les proporcions de víctimes per a cada tipus d'accident), per a aquest estudi s'adopta la funció següent de cost social dels accidents:

$$\text{Cost social d'accidents} = 100 \times \text{Acc. mortals} + 10 \times \text{Acc. greus} + \text{Acc. lleus}$$

El resultat d'aquesta expressió s'hauria d'interpretar com a cost social expressat en termes de "nombre d'accidents lleus equivalents".

3.2.2 Anàlisi multicriteri

En aquest apartat es dona un valor a cadascun dels trams d'elevada accidentalitat obtinguts a l'apartat 3.1. Des d'un punt de vista de la societat, el que interessa és tractar aquells trams que presenten un cost social més elevat, ja que la seva solució repercutirà en millors beneficis socials.

El problema d'aquest plantejament és que no és fàcil adoptar-lo tenint en compte que els accidents mortals es presenten, en termes relatius, en molt poques ocasions comparant-los amb la resta d'accidents (greus i lleus). Aquestes baixes xifres de l'accidentalitat mortal fa que l'existència o no d'aquest tipus d'accidents tingui un elevat component aleatori.

Si es considerés únicament aquest factor (cost social) com a factor per identificar i prioritzar els TCA, els resultats es concentrarien molt en els trams on ha hagut algun accident mortal, independentment de la presència o no d'altre tipus d'accidentalitat, i això implicaria que els resultats de tota la tasca d'identificació de TCA dependria molt de l'aleatorietat.

És per aquest motiu que, a més del cost social, per a la identificació i priorització dels TCA es consideren els altres factors enumerats a la introducció de l'apartat 3.2.

Es calculen els valors de les sis variables per a tots els trams d'elevada accidentalitat detectats i s'obtenen els rangs de valors presentats detallats en la taula següent:

Taula 6. Puntuació dels criteris de priorització de TCA

Criteri	Variable	Valors
Reincidència	Discreta	0 a 5
Tendència	Contínua	-4,7 a 6,3
Dif Acc (Freq)	Contínua	-8,4 a 101,8
Dif Acc (Grav)	Contínua	-8,2 a 110,9
Ordre	Discreta	1r o 2n
Cost Social	Contínua	10 a 359

Atès que les variables són de diferent naturalesa, per considerar-les conjuntament es fa una anàlisi multicriteri. Els valors originals de cadascuna de les variables es transformen linealment, de forma que els valors transformats impliquin una ponderació de cada variable que sigui coherent amb la seva importància. Es consideren els punts següents:

- Hi ha variables amb valors negatius. Quan aquestes variables prenen valors negatius, el tram és menys greu. Per exemple, els valors negatius de tendència han de promoure que el tram sigui menys prioritari (ha de prendre valors negatius també en el valor transformat final).
- Els valors transformats màxims i mínims de cada variable no seran iguals, ja que les distribucions de valors de cadascuna no són homogènies, i han estat calibrades per tal que la participació individual de cada variable sigui proporcional a la seva importància.

Fent els càlculs de calibratge, s'obtenen les funcions de transformació següents, i els següents valors transformats (mínims i màxims) de cada variable:

Taula 7. Funcions de transformació per a cada criteri

Paràmetre	Valor mínim real	Valor màxim real	Funció de transformació	Valors mínims transformats	Valors màxims transformats
Reincidència	0	5	$y = 6 \cdot x$	0	30
Tendència	-4,7	6,3	$y = 4,762 \cdot x$	-22,38	30
Dif Acc (Freq)	-8,4	101,8	$y = 0,295 \cdot x$	-2,49	30
Dif Acc (Grav)	-8,2	110,9	$y = 0,271 \cdot x$	-2,20	30
Ordre	1	2	$y = 45 - 15 \cdot x$	15	30
Cost Social	10	359	$y = 0,2505 \cdot x$	2,50	90

Aplicant aquestes transformacions s'obtenen uns valors de cada variable que es poden representar mitjançant histogrames:

Figura 4. Histogrames resultants de les variables transformades



Es pot observar en la figura anterior que, tot i que la variable cost social pot prendre valors transformats fins a 90, en realitat únicament 21 dels trams d'elevada accidentalitat analitzats superen el valor 35 (un 13%), i la mitjana de tots és 18,6.

Considerant la distribució real de totes les variables transformades es pot fer el quadre següent:

Taula 8. Participació de cada criteri sobre la combinació de criteris

Paràmetre	Reincidència	Tendència	Dif Acc. Freq.	Dif Acc. Grav.	Ordre	Cost social
Valor màxim	30	30	30	30	30	90
Valor mínim	0	-22,38	-2,48	-2,20	15	2,50
Valor mitjà	11,93	-0,50	2,74	3,53	18,63	18,64
Desviació mitjana	9,47	4,84	2,75	2,99	5,51	13,70
% participació	24,1%	12,3%	7,0%	7,6%	14,0%	34,9%

Per calcular el valor de participació real de cada criteri, es calcula la desviació mitjana de cada paràmetre i es considera el quocient entre aquest valor i la suma de totes les desviacions mitjanes. Considerant que el valor final per identificar i prioritzar els TCA és la suma de les sis variables i d'acord amb la distribució real de cadascuna de les variables així transformades, es pot concloure que :

- La variable que té més pes és el *cost social* (34,9%).
- Les dues variables següents més importants són la *reincidència* (24,1%), l'*ordre* (14%) i la *tendència* (12,3%).
- Per acabar, les altres dues variables -*Dif Acc. Freq* (potencial de millora de freqüència) i *Dif Acc. Grav* (potencial de millora de gravetat)- entre el 7% i 8% totes dues.

3.2.3 Resultats: identificació i priorització dels TCA 2016-2020

La suma de les 6 variables transformades explicades al punt anterior permet jerarquitzar els trams d'elevada accidentalitat observats. El conjunt de les variables representen els factors que es volen considerar per identificar de forma fiable els TCA 2016-2020. Així:

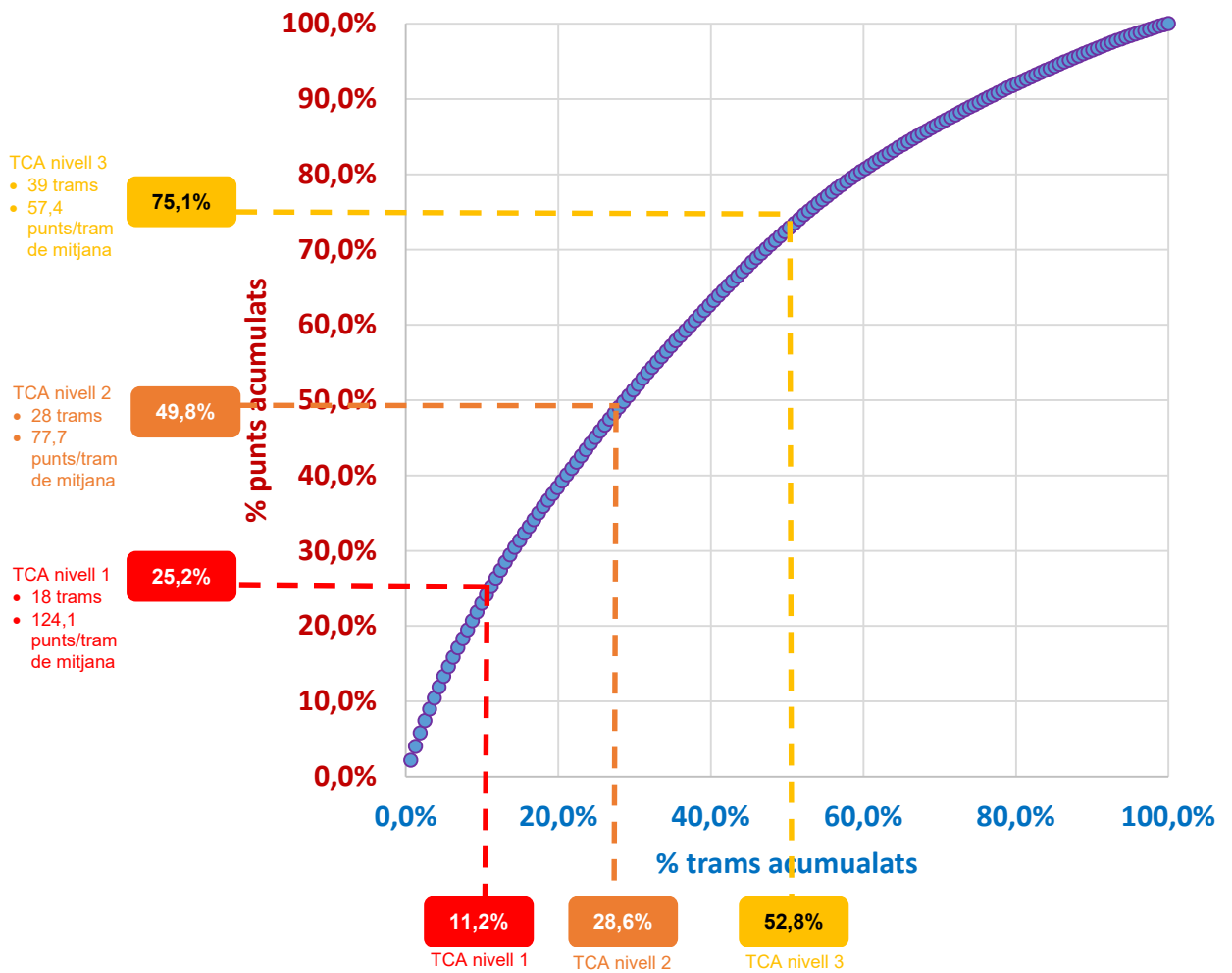
- Les variables *reincidència* i *ordre* ens indiquen com de robusta és la identificació del TCA.
- Les variables *Dif Acc. Freq* (potencial de millora de freqüència), *Dif Acc. Grav* (potencial de millora de gravetat), i sobretot, la variable *cost social*, ens indiquen com de beneficiós serà tractar amb èxit els TCA identificats.
- La variable *tendència* disminueix la gravetat d'aquells TCA que tenen evolució favorable, i penalitzen aquells amb evolució desfavorable.

En conseqüència, es pot dir que com més alta és la suma de les sis variables, més important serà el TCA en termes de gravetat de l'accidentalitat que registra i de robustesa de la seva identificació.

Aplicant la metodologia descrita s'obté una llista en què, per a cada tram avaluat, s'obté una puntuació (suma de les sis variables transformades). Com més gran és aquest valor, més importància s'atorga al tram per ser considerat TCA (en termes d'accidentalitat i robustesa dels seus registres). Així, per exemple, el primer tram, amb un valor de gairebé 193, és més greu que el tram desè, amb un valor de 110,6, i molt més greu que l'últim tram analitzat abans de la priorització, amb un valor de 15. El valor que marca el percentil 75 i que es correspon amb l'últim dels 85 TCA definitius és 46,0.

Ordenant els trams de més a menys importància, es pot obtenir el gràfic següent en què es representa com van evolucionant els punts acumulats (els obtinguts per suma de les sis variables) conforme es van agregant trams. Més enllà del percentil 75, els trams de 86 a 161, ja no es tindran en compte en els llistats definitius, si bé interessa guardar-los en l'històric de cara al càlcul de la reincidència.

Figura 5. Agrupació dels TCA en nivells, segons el % de trams acumulats



Els primers **18 trams** tenen una mitjana de 124,1 punts/tram. Aquests trams representen un 11,2% del total de trams analitzats, i acumulen un 25,2% dels punts totals. Aquests trams, els de més gravetat, es defineixen com a **TCA de nivell 1**.

Els següents **28 trams** tenen una mitjana de 77,7 punts/tram. Aquests trams representen un 17,4% del total de trams analitzats (28,6% si es consideren conjuntament amb el grup anterior), i acumulen un 24,6% dels punts totals (49,8% si s'agreguen al grup anterior). Aquests trams, de menys gravetat que el grup anterior, es defineixen com a **TCA de nivell 2**.

Els següents **39 trams** tenen una mitjana de 57,4 punts/tram. Aquests trams representen un 24,2% del total de trams analitzats (52,8% si es consideren conjuntament amb els dos grups anteriors), i acumulen un 25,3% dels punts totals (75,1% si es consideren conjuntament amb els dos grups anteriors). Aquests trams, de menys gravetat, es defineixen com a **TCA de nivell 3**.

La resta de trams utilitzats per fer aquesta anàlisi d'identificació/priorització no es defineixen com a TCA, ja que la puntuació obtinguda és clarament inferior a la dels grups anteriors (29 punts/tram de mitjana). Això implica que o bé la identificació es faria amb menys robustesa que als casos anteriors o els seus registres, en termes d'accidentalitat, són clarament inferiors.

D'altra banda, pel que fa als trams seleccionats, la prioritització basada en les variables comentades no ha de ser forçosament proporcional a la rendibilitat que se n'obtingui. El cost de les mesures adequades en cada tram acabaran de determinar aquesta rendibilitat.

A la taula següent se sintetitzen aquests resultats.

Taula 9. Nombre de trams per nivell de TCA

Paràmetre	Trams
TCA nivell 1	18
TCA nivell 2	28
TCA nivell 3	39
Total	85

4 Anàlisi dels TCA

4.1 Anàlisi i caracterització general de seguretat viària dels TCA

Una vegada completades les dues fases d'anàlisi estadística de l'accidentalitat i de prioritació dels trams han quedat definits **85 TCA, que equivalen a 101,2 km de xarxa**.

Del total de trams, 38 són de primer ordre, ja que han estat identificats en el càlcul per freqüència i per gravetat, mentre que els 47 restants són de segon ordre, havent estat identificats o bé només en el càlcul per freqüència o bé en el de gravetat.

Malgrat que els 85 TCA identificats només representen l'1,7% del total de longitud de la xarxa, en ells es produeix el 14,6% del total d'accidents amb víctimes.

Els 85 TCA que han quedat definits després de la fase de prioritació es classifiquen en tres grups segons el nivell d'importància. En el nivell 1 hi ha classificats 18 TCA (21,2%), en el nivell 2 n'hi ha 28 (32,9%) i en el nivell 3 n'hi ha 39 (45,9%).

El 41,2% del total de TCA es concentren en vies convencionals no desdoblades en zona interurbana. Les travesseres concentren el 32,9% dels TCA, mentre que el grup de vies desdoblades inclou el 25,9% dels TCA totals.

Taula 10. Trams segons el tipus de via

Tipus de via	Descripció
NDZI	Vies convencionals no desdoblades en zona interurbana
ZU	Travesseres (vies convencionals en zona urbana)
D	Vies desdoblades

Taula 11. Resum dels TCA identificats del nivell 1

TCA de nivell 1									
Tipus via	TCA		Trams		Trams que són TCA	Km que són TCA		Accidents en TCA	
NDZI	6	33,3%	4.264	75,8%	0,14%	8,0	0,18%	263	2,3%
ZU	4	22,2%	685	12,2%	0,58%	5,8	0,82%	294	7,0%
D	8	44,4%	674	12,0%	1,19%	8,9	1,27%	829	11,2%
Total	18	100%	5.623	100%	0,32%	22,8	0,38%	1.386	6,0%

Taula 12. Resum dels TCA identificats del nivell 2

TCA de nivell 2									
Tipus via	TCA		Trams		Trams que són TCA	Km que són TCA		Accidents en TCA	
NDZI	8	28,6%	4.264	75,8%	0,2%	8,8	0,19%	166	1,4%
ZU	9	32,1%	685	12,2%	1,3%	9,8	1,39%	331	7,9%
D	11	39,3%	674	12,0%	1,6%	12,5	1,77%	480	6,5%
Total	28	100%	5.623	100%	0,5%	31,1	0,52%	977	4,2%

Taula 13. Resum dels TCA identificats del nivell 3

TCA de nivell 3									
Tipus via	TCA		Trams		Trams que són TCA	Km que són TCA		Accidents en TCA	
NDZI	21	58,3%	4.264	75,8%	0,5%	24,8	0,55%	380	3,3%
ZU	15	38,5%	685	12,2%	2,2%	18,8	2,66%	494	11,8%
D	3	7,7%	674	12,0%	0,4%	3,7	0,53%	138	1,9%
Total	39	100%	5.623	100%	0,7%	47,4	0,79%	1012	4,4%

Taula 14. Resum dels TCA identificats totals

TCA totals									
Tipus via	TCA		Trams		Trams que són TCA	Km que són TCA		Accidents en TCA	
NDZI	35	41,18%	4.264	75,8%	0,82%	41,6	0,92%	809	7,0%
ZU	28	32,94%	685	12,12%	4,09%	34,4	4,87%	1.119	26,7%
D	22	25,88%	674	12,0%	3,26%	25,2	3,58%	1.447	19,6%
Total	85	100%	5.623	100%	1,51%	101,2	1,69%	3.375	14,6%

En l'àmbit territorial de Barcelona és on es concentra el major nombre de TCA, concretament el 78,8%, on es concentra el 91% dels vehicles-quilòmetre del total de la xarxa. A continuació, els àmbits territorials de Girona, Tarragona i Lleida identifiquen tots tres el 7,1% dels TCA, Tarragona amb el 5% dels vehicles-quilòmetre de la xarxa, Girona amb el 2,4% i Lleida amb l'1,6%. A Terres de l'Ebre no apareix cap TCA.

Figura 6. Distribució dels TCA per àmbit territorial

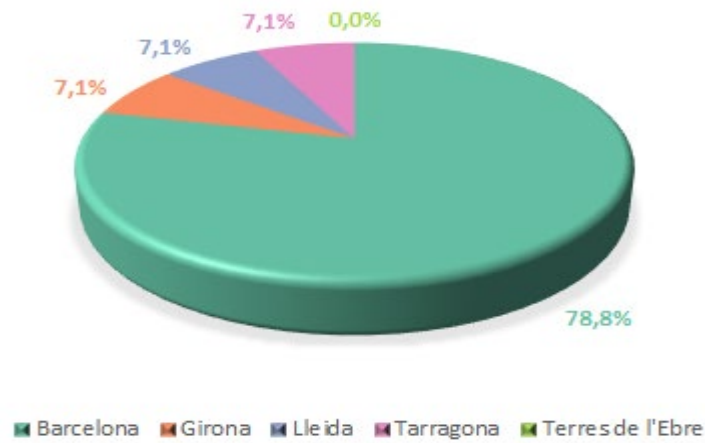
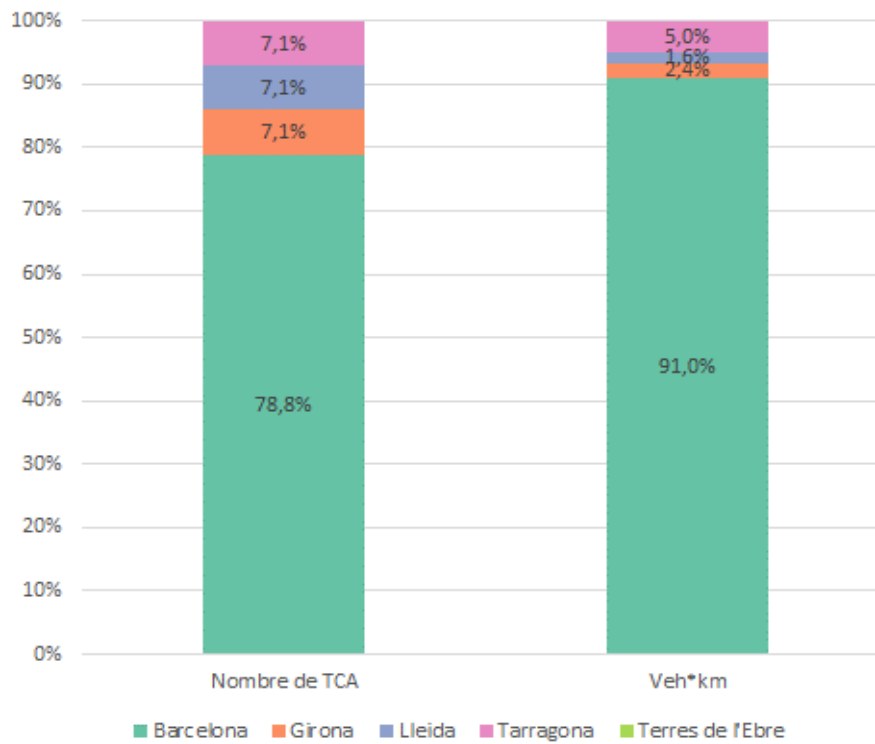


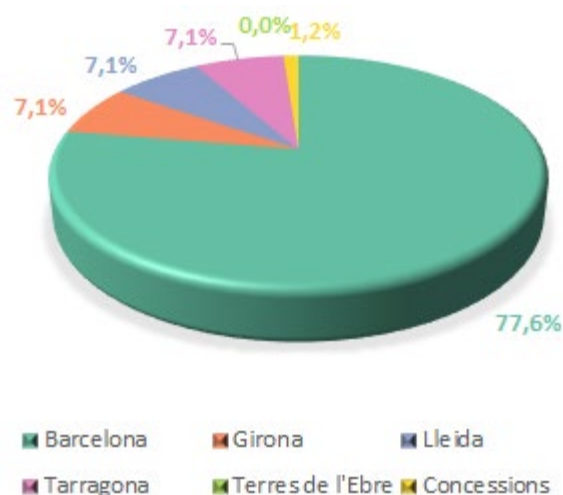
Figura 7. Comparativa distribució TCA i vehicles-quilòmetre per àmbit territorial



Taula 15. Distribució dels TCA per àmbit territorial

Àmbit territorial	TCA nivell 1	TCA nivell 2	TCA nivell 3	TCA total
Barcelona	17	22	28	67
Girona	0	3	3	6
Lleida	1	0	5	6
Tarragona	0	3	3	6
Terres de l'Ebre	0	0	0	0
Total	18	28	39	85

Figura 8. Distribució dels TCA per àmbit de gestió



Taula 16. Distribució dels TCA per àmbit de gestió

Àmbit de gestió	TCA nivell 1	TCA nivell 2	TCA nivell 3	TCA total
Barcelona	17	21	28	66
Girona	0	3	3	6
Lleida	1	0	5	6
Tarragona	0	3	3	6
Terres de l'Ebre	0	0	0	0
Concessions	0	1	0	1
Total	18	28	39	85

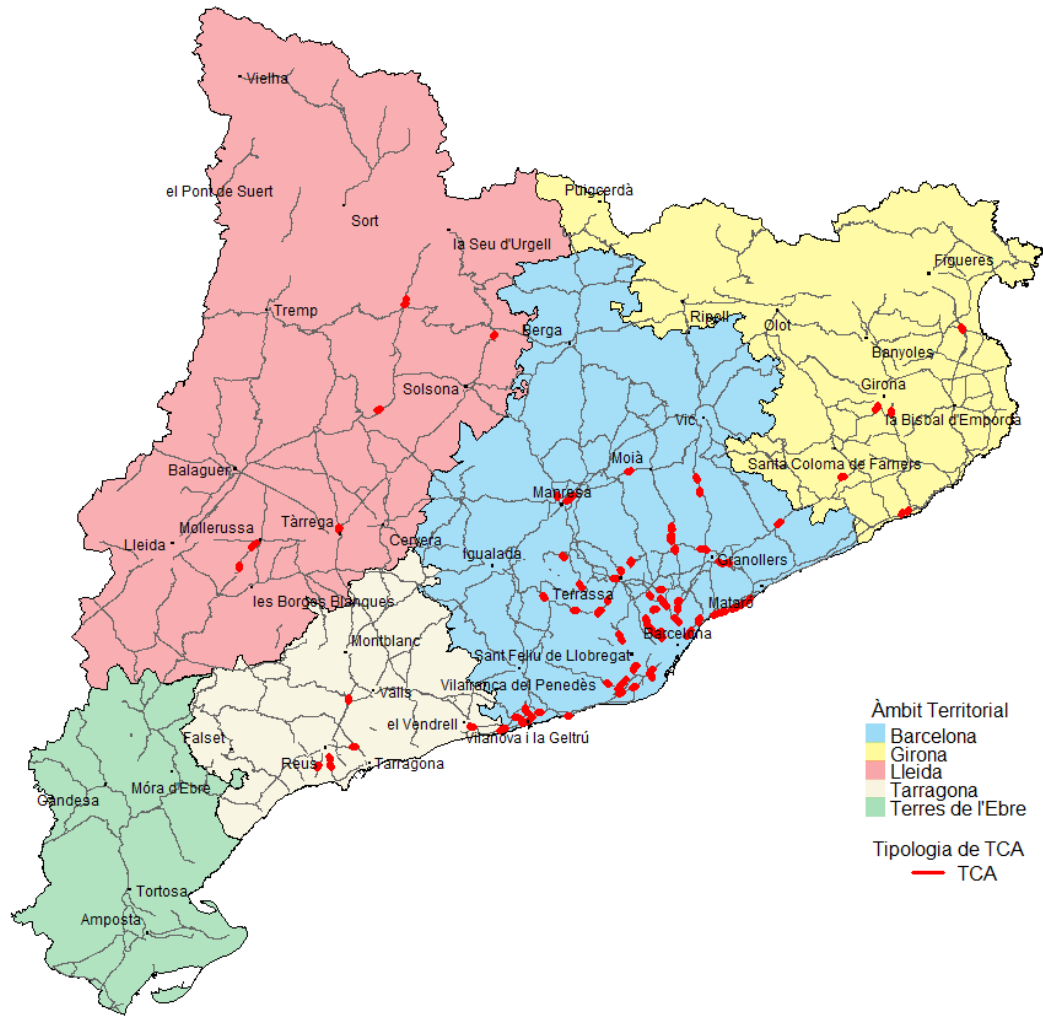
Taula 17. Distribució dels TCA per concessions

Concessions	TCA nivell 1	TCA nivell 2	TCA nivell 3	TCA total
Autopistes de Catalunya, S.A. (AUC)	0	1	0	1
Eix Diagonal (EIX) *	0	1	0	1
Reus-Alcover (RACGC) *	0	1	0	1
Total	0	3	0	3

(*) Hi ha 2 TCA de nivell 2 que contenen una part del tram als àmbits de Barcelona i Tarragona i una segona part que corresponen a les concessions de l'Eix Diagonal i Reus-Alcover, respectivament. El criteri utilitzat és comptabilitzar-los dins de l'àmbit de Barcelona i Tarragona, ja que contenen la major part del tram en aquests àmbits, però també s'ha volgut identificar-los a la taula de TCA per concessions. Per aquest motiu, a la taula 16 només apareix 1 TCA en concessions, mentre a la taula 17 n'apareixen 3.

4.1.1 Localització dels TCA en el territori

Figura 9. Localització dels TCA a les carreteres de la Generalitat de Catalunya



4.2 Anàlisi històrica de l'evolució dels TCA

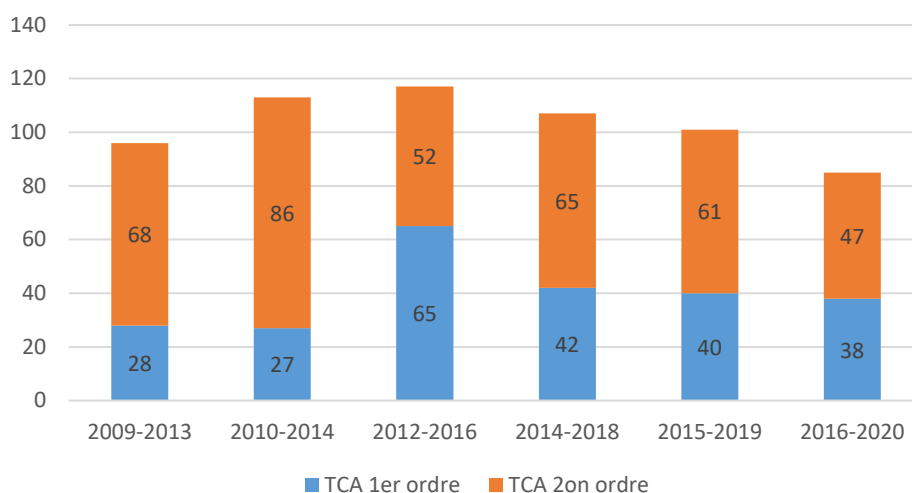
En l'anàlisi històrica de l'evolució dels TCA es comparen les llistes dels TCA identificats històricament en cada un dels estudis realitzats des dels TCA del període 2009-2013 fins al període actual 2016-2020. S'identifiquen els TCA dels períodes històrics coincidents amb la llista actual dels TCA 2016-2020. Atès que en els diferents estudis de TCA històrics la tramificació de la xarxa ha anat variant, es determina un tram TCA històric com a coincident si està superposat, encara que sigui parcialment, amb els TCA 2016-2020.

Seguint aquest procediment s'elabora la taula següent, que determina els TCA identificats històricament que se superposen amb els TCA actuals. Alguns dels períodes analitzats (2014-2018 i 2009-2013) no han estat publicats com a estudi de TCA. En aquests casos se'ls ha aplicat la metodologia emprada en l'estudi del quinquenni posterior.

Taula 18. TCA històrics coincidents amb TCA 2016-2020

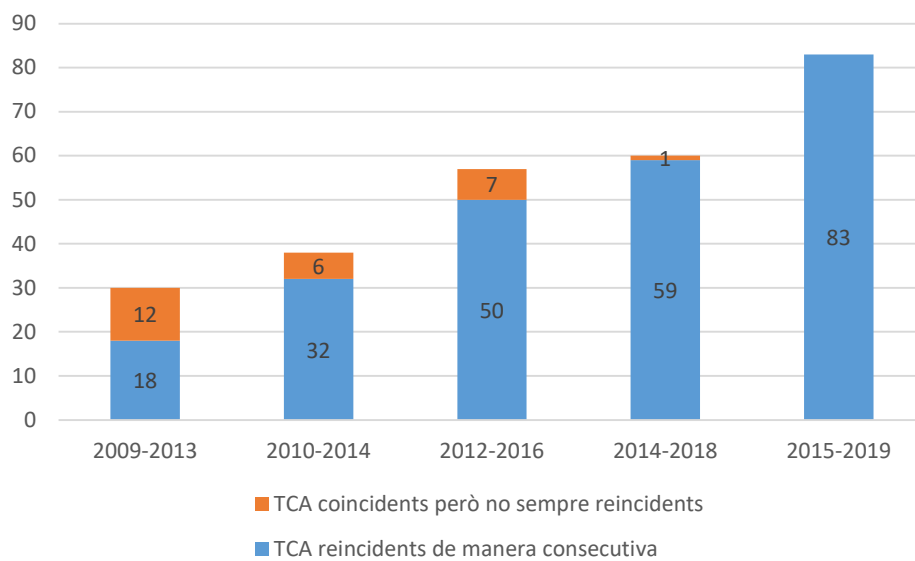
	2009-2013	2010-2014	2012-2016	2014-2018	2015-2019	2016-2020
TCA Total	96	113	117	107	101	85
TCA de primer ordre	28	27	65	42	40	38
TCA de segon ordre	68	86	52	65	61	47
TCA coincidents amb els TCA 16-20	30	38	57	60	83	85
TCA reincidents de manera consecutiva	18	32	50	59	83	85

Figura 10. TCA identificats en períodes històrics



El gràfic següent mostra la relació dels trams identificats TCA en períodes anteriors amb els TCA del període actual 2016-2020. Hi ha 30 TCA coincidents entre els períodes 2009-2013 i 2016-2020, dels quals, 18 són sistemàticament reincidents, és a dir, hi surten total o parcialment en els altres períodes intermedis. Comparant amb els 2 darrers quinquennis apareixen 60 trams coincidents.

Figura 11. TCA coincidents i reincidents



5 Conclusions

Per a aquest estudi d'identificació de trams de concentració d'accidents (TCA) es pren de partida el total de 23.184 accidents amb víctimes, que han tingut lloc entre els anys 2016 i 2020 a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya. Aquesta xifra és un 5,9% inferior a la utilitzada en l'estudi anterior, principalment degut a l'efecte que ha tingut la pandèmia provocada per la COVID-19, que ha fet disminuir l'accidentalitat global a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya en un 34,5% l'any 2020 respecte al 2019.

Quant a la metodologia utilitzada s'aplica el mateix procediment que s'ha vingut utilitzant en els estudis anteriors. Per a la identificació dels TCA es treballa en dues fases:

- **Determinació dels trams d'elevada accidentalitat**

S'elabora un model estadístic de previsió d'accidents basat en una regressió amb model lineal generalitzat (funció lineal i distribució binomial negativa) i s'estableix un llindar límit d'accidents amb víctimes a partir de l'interval de confiança del 99%.

Es treballa realitzant dos càlculs diferenciats, el primer considerant la **frequència** i el segon tenint en compte la **gravetat** dels accidents. En tots dos casos els paràmetres bàsics de càlcul són els accidents dels darrers cinc anys, la intensitat mitjana diària (IMD) i la segmentació de la xarxa en intervals d'un quilòmetre de longitud aproximadament.

A la vegada, es divideix la xarxa en 3 categories diferents, els trams de les quals presenten característiques similars entre ells: carreteres desdoblades, carreteres convencionals i travesseres.

- **Priorització dels TCA**

Seguint la metodologia de priorització dels TCA iniciada en el quinquenni 2012-2016, es realitza l'anàlisi de les variables addicionals que serveixen per complementar la robustesa dels resultats de l'anterior punt, i que permeten identificar la llista definitiva dels TCA 2016-2020 i establir-ne la seva priorització: reincidència d'identificació, tendència d'accidentalitat, diferència entre accidents reals i esperats pel model, diferència entre accidents ponderats reals i esperats pel model, ordre de TCA i cost social.

Aplicant aquesta metodologia s'identifiquen en el període 2016-2020 **85 TCA** que, malgrat representar només l'1,7% de la xarxa (101,2 km), inclouen el 14,6% dels accidents amb víctimes.

D'aquests 85 TCA, 18 trams (22,8 km) són de nivell 1, 28 trams (31,1 km) són de nivell 2 i 39 trams (47,4 km) són de nivell 3.

El 41,2% del total de TCA es concentren en vies convencionals no desdoblades en zona interurbana. Les travesseres concentren el 32,9% dels TCA, mentre que el grup de vies desdoblades inclou el 25,9% dels TCA totals.

En l'àmbit territorial de Barcelona és on es concentra el major nombre de TCA, concretament el 78,7%, però també es concentra el 90,8% dels vehicles-quilòmetre del total de la xarxa. En canvi, Lleida conté el 6,4% dels TCA amb només l'1,6% dels vehicles-quilòmetre. A les Terres de l'Ebre no apareix cap TCA.

Taula 19. Distribució dels TCA per àmbit territorial

Àmbit territorial	TCA nivell 1	TCA nivell 2	TCA nivell 3	TCA total
Barcelona	17	22	28	67
Girona	0	3	3	6
Lleida	1	0	5	6
Tarragona	0	3	3	6
Terres de l'Ebre	0	0	0	0
Total	18	28	39	85

