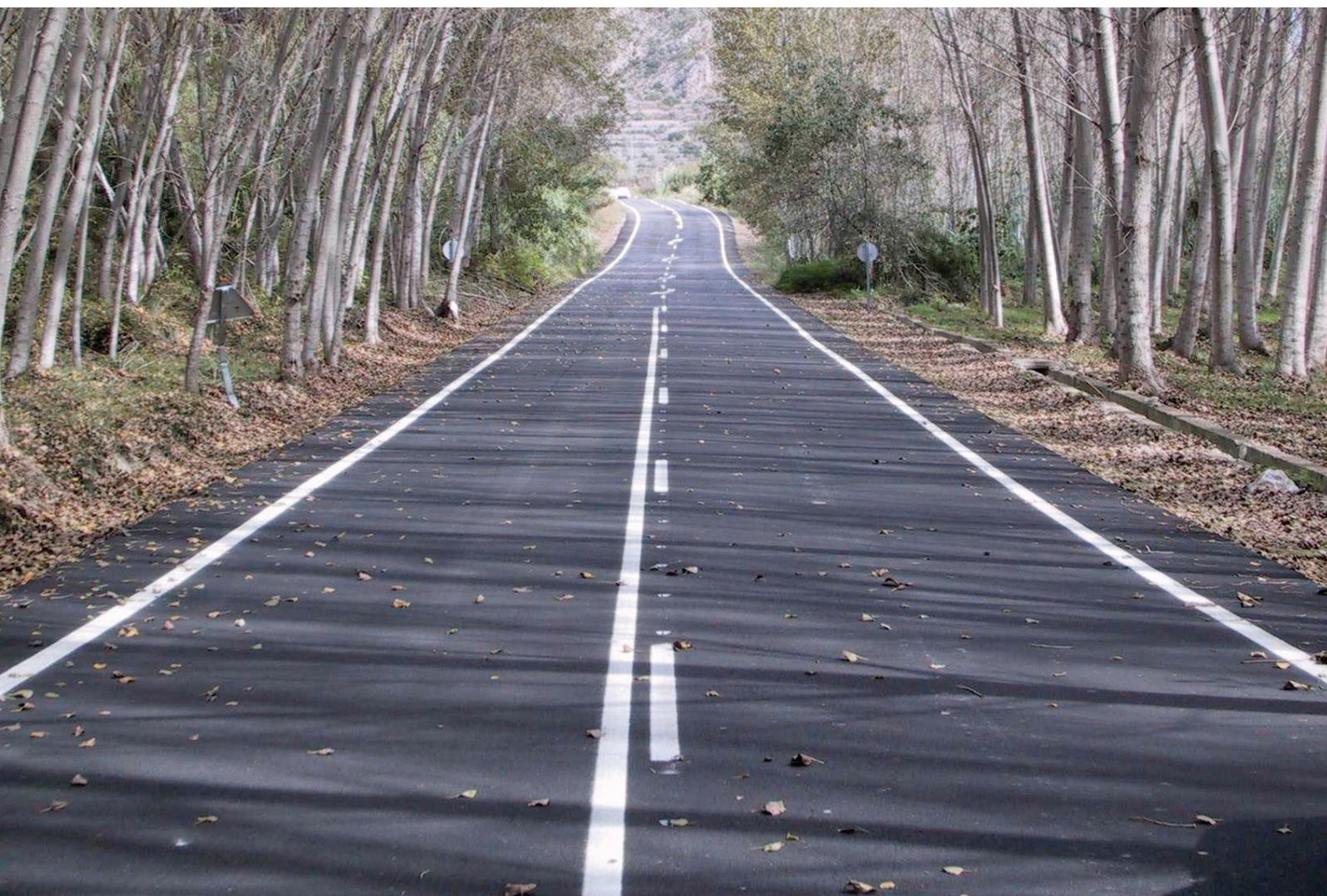


Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020

Febrero 2017



Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020

Febrero 2017

RESUMEN EJECUTIVO	5
1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS Y LÍNEAS DE TRABAJO	13
3. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS CONVENCIONAL.....	15
3.1. Identificación de carreteras	16
3.2. Evolución del tráfico en la Red de Carreteras Convencional	22
3.3. Evolución de la accidentalidad en la Red de Carreteras Convencional.....	25
4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DE SEGURIDAD VIAL EN LA RED DE CARRETERAS CONVENCIONALES ..	27
5. MEJORA DE LA SEGURIDAD EN CARRETERAS CONVENCIONALES	31
5.1. Reducción de la accidentalidad por salida de vía: Carreteras que perdonan.....	33
5.1.1. Identificación de carreteras con elevada accidentalidad por salida de vía.....	33
5.1.2. Medidas correctoras.....	38
5.1.2.1. Medidas para evitar o disminuir la probabilidad de accidentes por salida de vía.....	38
5.1.2.2. Medidas para disminuir las consecuencias de los accidentes por salida de vía.....	40
5.2. Reducción de la accidentalidad por impacto frontal y fronto-lateral: Carreteras 2+1	43
5.2.1. Identificación de carreteras con elevada accidentalidad por choques frontales y fronto-laterales.....	43
5.2.2. Metodología para el diseño de carreteras 2+1	48
5.3. Carreteras con tramos de especial peligrosidad	54
5.3.1. Identificación de carreteras con tramos de especial peligrosidad	54
5.3.2. Priorización y seguimiento	58
5.4. Medidas que mejoran la seguridad vial en las carreteras	59
5.4.1. Medidas de Bajo Coste (MBC).....	59
5.4.1.1. Definición de MBC.....	59
5.4.1.2. Experiencias en la aplicación MBC.....	62
5.4.2. Medidas de mayor envergadura.....	70
6. VALORACIÓN DE LAS POSIBILIDADES DE REDUCCIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD EN CARRETERAS CONVENCIONALES ..	73
6.1. Valoración de las posibilidades de reducción de la accidentalidad por salida de vía mediante carreteras que perdonan	74
6.2. Valoración de las posibilidades de reducción de la accidentalidad por impacto frontal y fronto-lateral mediante carreteras 2+1	76
6.3. Valoración de las posibilidades de reducción de la accidentalidad mediante el tratamiento de tramos de especial peligrosidad.....	77

7. VALORACIÓN DE LA INVERSIÓN DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS	79
8. EXTRAPOLACIÓN DE LAS ACTUACIONES A LA TOTALIDAD DE LA RED DE CARRETERAS CONVENCIONALES	91
9. CONCLUSIONES	95
10. BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXO 1: ANALISIS DE LA ACCIDENTALIDAD EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO	115
ANEXO 2: METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DE CARRETERAS QUE PERDONAN	121
ANEXO 3: ANÁLISIS BENEFICIO-COSTE DE LAS MEDIDAS DE BAJO COSTE (MBC).....	125

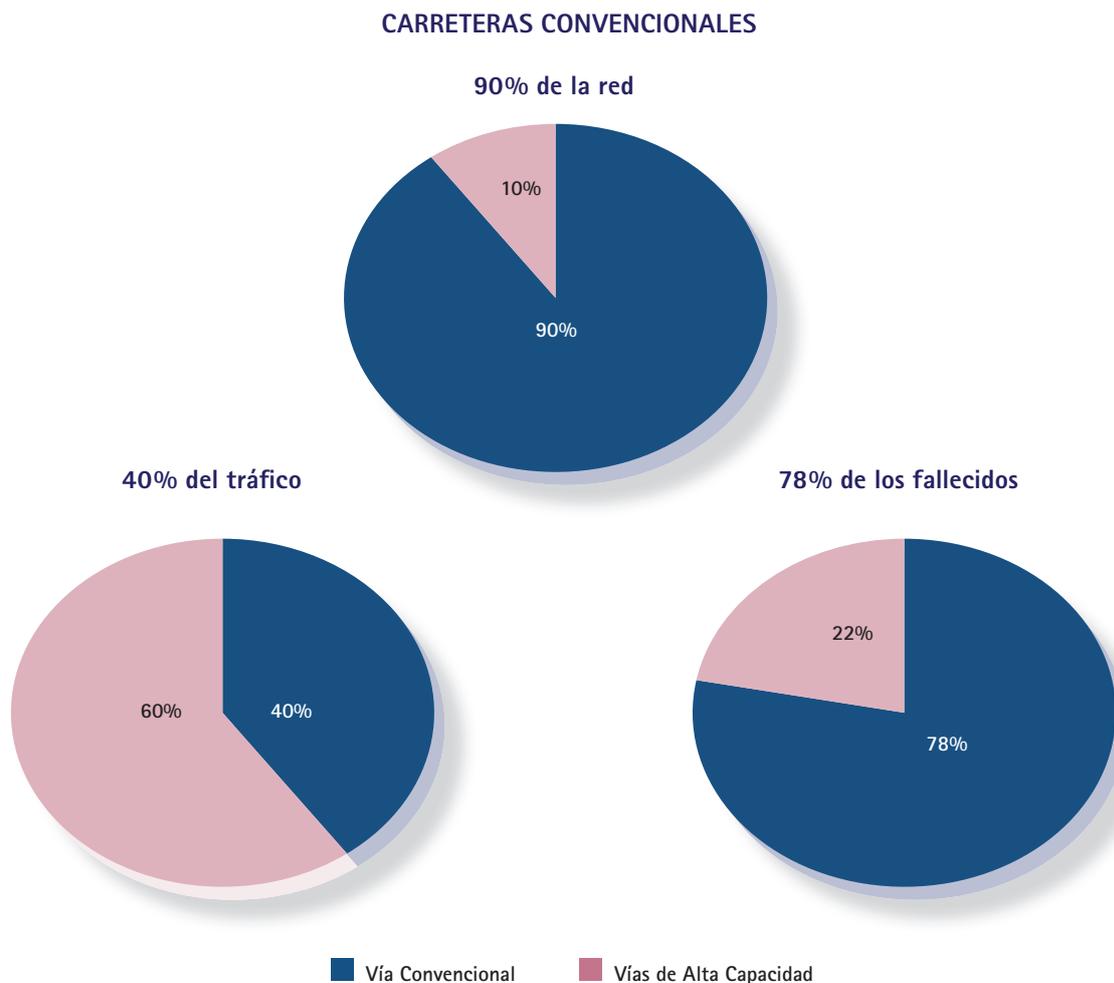
RESUMEN EJECUTIVO

Los datos de accidentalidad en España ponen de manifiesto, año tras año, la existencia de una fuerte concentración de accidentes en la red convencional de carreteras: en el año 2015, según los datos publicados por la Dirección General de Tráfico, ocho de cada diez fallecidos en carretera se produjeron en este tipo de vía; en años anteriores, las estadísticas son similares, no sólo para el número de fallecidos sino también en el número de heridos.

Esta red viaria supone el 90% del total de red de carreteras (150.000 kilómetros de los 165.000 Km de red viaria interurbana). Por ella circula la nada despreciable cifra del 40% del tráfico total que utiliza la red viaria española. Se trata de un campo muy amplio de trabajo sobre el que sería necesario proponer, implantar y controlar acciones específicas orientadas a la reducción del número de accidentes y sus consecuencias.

El gráfico 1 resume la representatividad de la red convencional de carreteras en España.

Gráfica 1. Representatividad de la red de carreteras convencionales en la longitud de red viaria total, en el tráfico y en el número de fallecidos.



Fuente: Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento 2014.

Las cifras de accidentalidad publicadas referentes al año 2015, junto con las cifras del año anterior, revelan una situación de estancamiento en la tendencia de reducción del número de víctimas en accidentes de tráfico que venía produciéndose durante los últimos años. Durante 2015, se registraron un total de 31.884 víctimas de accidentes de tráfico, lo que representa un coste económico para la sociedad superior a 2.120 millones de euros. (Datos de la AEC).

Los accidentes de tráfico constituyen una tragedia humana indescriptible, así como unas pérdidas desmedidas para las economías. El sufrimiento de las víctimas ante una invalidez permanente o la pérdida de un familiar, no puede ser compensado desde un punto de vista económico. Se ha estimado que el coste social asociado a las víctimas de accidentes de tráfico representa, aproximadamente, el 2% del producto interior bruto. (Datos de la Fundación del Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil).

Por tanto, es prioritario revertir esta situación y lograr una reducción de la accidentalidad, para lo que se necesitan implantar nuevas medidas y acciones, así como promover la innovación y generar conciencia de una mayor seguridad vial.

Por ello, en este estudio se propone una serie de actuaciones en la red convencional encaminadas a la mejora de la propia infraestructura (que pueden implementarse conjuntamente con otras medidas de gestión de la red). Dichas actuaciones se plantean en aquellos tramos que soportan mayores niveles de tráfico y que tienen un índice de peligrosidad superior a la media, considerando la realización de las actuaciones no sólo en los puntos concretos en los que se han identificado los accidentes, sino en la longitud absoluta de los tramos. Dichas actuaciones se concentran en:

- Evitar las colisiones frontales mediante la implantación de carreteras 2+1, que aseguran una menor dispersión de la velocidad de los vehículos que las recorren al estar diseñadas para facilitar los adelantamientos de los vehículos más lentos. Los beneficios son múltiples:
 - o Reducción drástica del número de accidentes frontales, que se eliminaría en estos tramos.
 - o Reducción de la accidentalidad en el resto de la red, debido a la existencia de tramos 2+1 donde es posible adelantar, por lo que los conductores no adoptarían conductas de riesgo adelantando en los tramos previos.

Como resultado del análisis realizado, y tras una primera revisión sobre el terreno, resultan 12 tramos de vía en 10 carreteras (114 Km) distribuidos en 4 CC.AA.

- Evitar y/o reducir las consecuencias de los accidentes por salidas de la vía mediante la transformación de las vías en "**carreteras que perdonan**" - cuatro de cada diez accidentes mortales ocurridos en este tipo son por salida de vía.

Como resultado del análisis, y tras una primera revisión sobre el terreno, resultan 19 tramos de vía en 13 carreteras (120 Km) distribuidos en 8 CC.AA.

- Analizar los tramos de vía de "especial peligrosidad" con el fin de identificar aquellos elementos de la configuración de la carretera que pueden contribuir a la acumulación de accidentes proponiendo las necesarias medidas correctivas.

Como resultado del análisis anterior se obtiene un total de 42 tramos de vía de especial peligrosidad distribuidos en 24 carreteras (887 Km especialmente peligrosos) repartidos en 11 CC.AA.

La tabla siguiente recoge el resumen de actuaciones y resultados:

TABLA 1. RESUMEN DE ACTUACIONES Y RESULTADOS

	RESUMEN DE LAS ACTUACIONES Y RESULTADOS			TOTAL
PROBLEMAS IDENTIFICADOS MÁS REPRESENTATIVOS	Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por salida de vía. 	Tramos de vía de especial peligrosidad. 	Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por choque frontal y/o fronto-lateral. 	
TIPO DE ACTUACIÓN	PUNTUAL		CONTINUA	
SOLUCIÓN PROPUESTA	Mejora mediante CARRETERAS QUE PERDONAN.	Mejora mediante TRATAMIENTO DE LOS TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD.	Mejora mediante CARRETERAS "2+1".	
TRAMOS AFECTADOS ELIMINADO POSIBLES SOLAPES (*)	19 tramos de vía en 13 carreteras (120 Km*) distribuidos en 8 CC.AA.	42 tramos de vía en 24 carreteras (887 Km*) repartidos en 11 CC.AA.	12 tramos de vía en 10 carreteras (114 Km*) distribuidos en 4 CC.AA.	73 tramos de vía en 35 carreteras (1.121 Km*).
REDUCCIÓN DE FALLECIDOS (Estimado en 3 años)	-6	-46	-17	-69
REDUCCIÓN DE HERIDOS GRAVES (Estimado en 3 años)	-17	-152	-43	-212
INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA (Estimada) (**) (S/IVA)	71.709.600 €	532.258.800 €	126.043.680 €	730.012.080 €
AHORRO ECONÓMICO (Estimado en 3 años)	12.196.569 €	98.280.824 €	33.418.579 €	143.895.972 €
(**) Para realizar un cálculo lo más exacto posible de la inversión, en los tramos en los que son necesarias varias actuaciones, se considera que se aplica únicamente la solución más rentable según los ratios B/C.				
(*) Se considera que se actúa en la mejora de la seguridad vial tratando la longitud absoluta de la totalidad de los tramos				

Fuente: Elaboración propia.

El conjunto de actuaciones supone una inversión en 1.121 Km (120 Km en carreteras que perdonan + 114 Km en carreteras "2+1" + 887 Km de tramos de especial peligrosidad) de 730 millones de euros S/IVA (71.709.600 € en carreteras que perdonan + 126.043.680 € en carreteras "2+1" + 532.258.800 € en el tratamiento de tramos de especial peligrosidad).

Con esta inversión se lograría salvar un total de 69 vidas y 212 heridos graves en un periodo de 3 años, lo que supondría un ahorro de costes de 143.895.972 € en dicho periodo.

La inversión en seguridad vial es un valor seguro, tanto desde una perspectiva de ahorro económico como humano y social.

La pérdida de una vida humana o una invalidez permanente genera un sufrimiento que nunca será posible expresar en términos monetarios.

Como resultado de los análisis realizados en este estudio, resulta necesario realizar actuaciones de mejora en 73 tramos de vía en 35 carreteras que se proponen en este informe, siendo 29 de titularidad autonómica y 6 pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado. La inversión se divide en 418.187.280 € para la Red de Carreteras del Estado y 311.824.000 € para la Red Autonómica.

Las actuaciones que se describen en este informe se refieren a las actuaciones que se entienden como prioritarias al aplicarse en aquellos tramos de la red con las más elevadas tasas de peligrosidad. Cabe plantearse sin embargo cuál sería el efecto si se extrapolaran los resultados obtenidos de este estudio a la totalidad de la red de carreteras convencionales de primer orden, es decir los 32.800 Km de carreteras convencionales a cargo del Estado y de las CCAA que soportan el 94,1% del tráfico total de España y, por lo tanto, que tienen mayor riesgo de accidentalidad.

Efectos extrapolación a la red convencional de primer orden	
Fallecidos	-337 fallecidos
Heridos graves	-1.034 heridos graves
Ahorro de costes anual	-702.483.338 €
Inversión estimada (s/IVA)	1.819.310.288€
Ratio B/C	11,58%

Extender las actuaciones a esta red supondría una inversión de 1.819 millones de €, evitar 337 fallecidos y 1.034 heridos graves. Si tenemos en cuenta que el número de fallecidos en esta vía en 2015 fue de 862 fallecidos (carretera convencional), esto supondría la posible reducción del 39% de los fallecidos totales en carretera convencional con un ahorro de costes anual de 702 millones de €.

1. INTRODUCCIÓN

En España, los últimos años han supuesto una evolución positiva sin precedentes con reducciones de la accidentalidad muy significativas, pero los éxitos alcanzados, fruto de políticas integrales en todos los ámbitos de actuación, se ven empañados en los años 2014 y 2015 por una estabilización de la accidentalidad. Esta tendencia a la baja se ha estancado; la salida de la crisis económica, el aumento de la movilidad y el envejecimiento del parque de vehículos, están contribuyendo al crecimiento de los accidentes.

Según los datos publicados por la Dirección General de Tráfico, en el año 2015 se registraron, en vías interurbanas, un total de 1.139 fallecidos y 48.519 heridos de diferente gravedad; datos preocupantes, especialmente de cara a alcanzar los grandes objetivos asumidos por el Gobierno de España en materia de seguridad vial: reducir a la mitad en 2020 tanto el número de fallecidos en carretera como las lesiones causadas por accidente de tráfico (compromiso asumido en el marco de Naciones Unidas) y llegar a las "cero víctimas en accidentes de tráfico (fallecidos o heridos) en 2050".

Gráfico 2. Evolución del número de fallecidos en vías interurbanas (24 horas) 1960 – 2015. Fuente: DGT

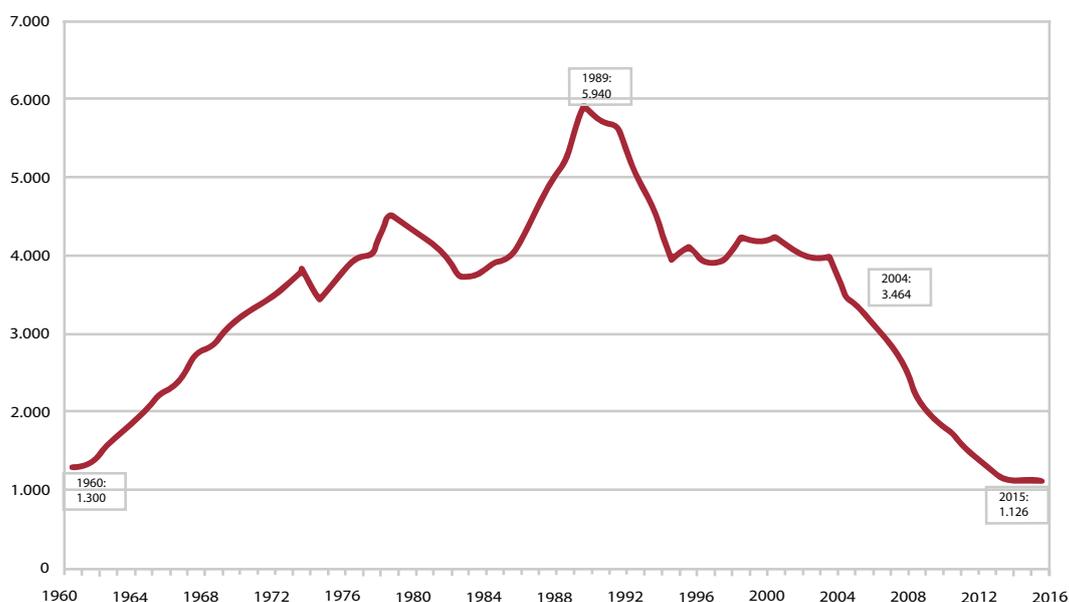


TABLA 2. NÚMERO DE ACCIDENTES CON VÍCTIMAS, FALLECIDOS Y HERIDOS EN 2014 Y 2015

	2014				2015			
	Accidentes con víctimas	Heridos	Fallecidos hospitalizados	Heridos no hospitalizados	Accidentes con víctimas	Heridos	Fallecidos hospitalizados	Heridos no hospitalizados
Interurbana	32.246	1.160	4.435	44.936	31.538	1.139	4.309	44.210
Autopista*	2.369	64	263	3.391	2.398	75	223	3.694
Autovía	8.411	226	758	12.755	8.431	202	741	12.839
C. convencional	21.466	870	3414	28.790	20.709	862	3.345	27.677

Fuente. DGT.

NOTA: No se contabilizan caminos vecinales, vías de servicio, ramales de enlace ni otros tipos de vía no incluidos en los anteriores.

* Los datos del Anuario no desglosan la accidentalidad de las autopistas libres y de peaje, teniendo en estas últimas una evolución mucho más positiva.

Fuente: Anuario Estadístico de la Dirección General de Tráfico.

En el año 2015, ocho de cada diez fallecidos en carretera se produjeron en vías pertenecientes a la red convencional de carreteras; igualando las estadísticas de años anteriores tanto en número de fallecidos, como en número de heridos.

Las carreteras convencionales, atendiendo a las cifras de accidentalidad, son menos seguras que las vías desdobladas, pese a que la densidad de tráfico que soportan es menor. Las intersecciones, accesos e incorporaciones, que suelen estar al mismo nivel, los trazados, que son en general antiguos, la multitud de tramos montañosos, las curvas de pequeño radio, un solo carril de circulación por sentido que obliga a invadir el sentido contrario al adelantar, o la ausencia de separación física de sentidos de circulación son algunas de las características que definen a las carreteras convencionales y que aumentan el riesgo de sufrir un accidente al circular por ellas.

Por todo lo anterior, la mejora de la seguridad en las carreteras convencionales es una prioridad y una necesidad, ya que concentran tres cuartas partes de la accidentalidad y de las víctimas mortales, y es para muchas poblaciones la única vía de comunicación: son el único medio capaz de asegurar la accesibilidad y movilidad en casi 8.000 municipios que componen la geografía española y constituyen el 90% de la red de carreteras de España.

La Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020 (DGT) integra y alinea todas las actuaciones de la Administración General del Estado que tienen impacto en la mejora de la seguridad vial desde una perspectiva multidisciplinar y se apoya en cinco valores que marcan las actuaciones nacionales a desarrollar para reducir el impacto socio-económico de los accidentes de tráfico. Uno de dichos valores es lograr "Carreteras y entornos seguros", estableciendo como prioridad "Mejorar la seguridad de las carreteras convencionales" y marcando dos objetivos operativos para su consecución:

- Conseguir comportamientos más seguros en las carreteras convencionales.
- Mejorar la seguridad de las carreteras convencionales a través de su diseño, especialmente para evitar salidas de la vía y colisiones frontales.

Disponer de carreteras bien diseñadas y conservadas permitirá reducir las probabilidades de sufrir un accidente y reducir la gravedad de los que se produzcan. Establece, entre otros, como tema clave sobre el que actuar a las carreteras convencionales y concretamente en el "Ámbito de intervención 6.2. Explotación y conservación de las infraestructuras" indica:

"... Estudiar y tratar los tramos más conflictivos de la red de carreteras.

Elaborar estudios de los tramos de Concentración de Accidentes (TCAs) para la RCE y continuar con el tratamiento de los mismos...

Promover el desarrollo de criterios técnicos y la ejecución de tramos piloto en carreteras convencionales para evitar el riesgo de colisión frontal.

Realizar un análisis coste-beneficio de las actuaciones sobre la infraestructura habituales para combatir el riesgo de colisión frontal en las carreteras convencionales. Se propone analizar el impacto de nuevos diseños de las carreteras convencionales secundarias para evitar el riesgo de colisiones frontales y, en su caso, realizar estudios piloto..."

Dentro del marco establecido por la Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020 y con el objetivo de proponer a las Administraciones de Carreteras actuaciones para la mejora de la seguridad vial en carreteras convencionales, así como generar conciencia de la importancia de la seguridad de este tipo de vías entre la opinión pública, se ha desarrollado el presente estudio titulado: "SEGURIDAD EN CARRETERAS CONVENCIONALES: UN RETO PRIORITARIO DE CARA AL 2020".

2. OBJETIVOS Y LÍNEAS DE TRABAJO

Los objetivos de este trabajo son:

- Profundizar en el conocimiento de la situación de la accidentalidad en la red convencional de carreteras, de manera que se puedan caracterizar adecuadamente los problemas más graves que presenta este tipo de vía.
- Proponer los escenarios de riesgo prioritarios que se presentan en la red convencional de carretera, por su representatividad en la totalidad de accidentes y víctimas.
- Realizar un análisis de las posibilidades de reducción de accidentalidad en estos escenarios basados en actuaciones e inversiones en la propia infraestructura, así como una valoración económica.
- Proponer mensajes para poner en marcha una línea de comunicación específica acerca de la importancia de la seguridad en este tipo de red, así como la necesidad de garantizar un buen estado de conservación.



3. CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS CONVENCIONAL

3.1. Identificación de carreteras

A 31 de diciembre de 2015 (último dato disponible en el momento de la realización del estudio), la red de carreteras de España tenía 166.002 Km de longitud, de los cuales, 26.329 Km (RCE) están gestionados por la Administración Central, 71.324 Km por las Comunidades Autónomas, y 68.349 Km por las Diputaciones. Además de este viario, los ayuntamientos tienen a su cargo (según la última medición realizada con carácter oficial, que data de 1998) 489.698 Km, de los cuales, 361.517 Km son interurbanos. Finalmente, existen 11.355 Km de viario dependiente de otros organismos.

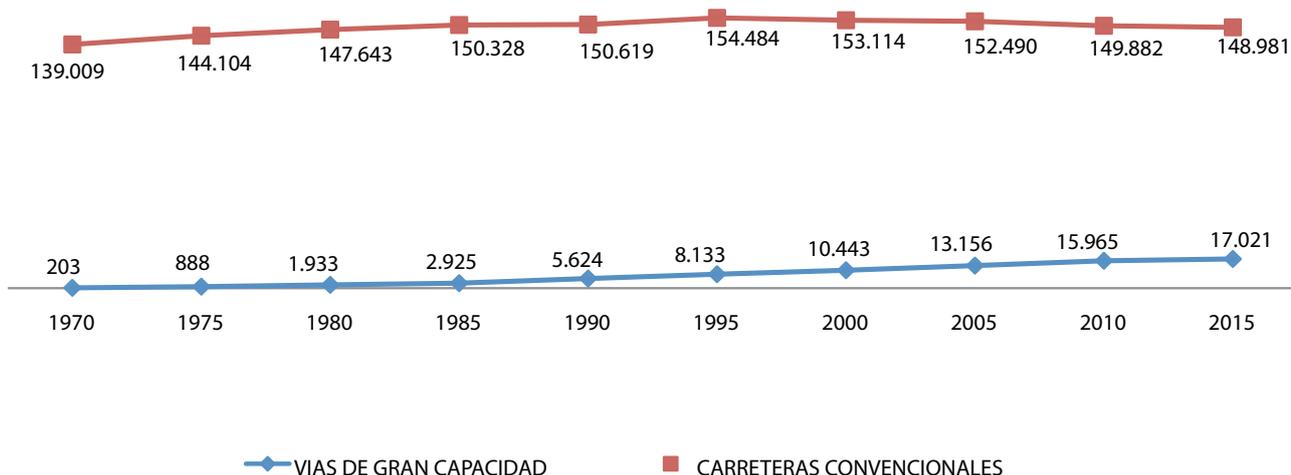
TABLA 3. RED DE CARRETERAS SEGÚN TIPOLOGÍA Y COMPETENCIA. AÑO 2015

Red a cargo	Total	Autopistas de peaje	Autovías	Carreteras de doble calzada	Carreteras convencionales
del Estado	26.329	2.539	8.841	563	14.387
de las CC.AA	71.324	329	2.882	756	67.356
de las Diputaciones y Cabildos	68.349	171	573	367	67.238
TOTAL	166.002	3.039	12.296	1.686	148.981

Fuente: Anuario Estadístico 2014. Ministerio de Fomento.

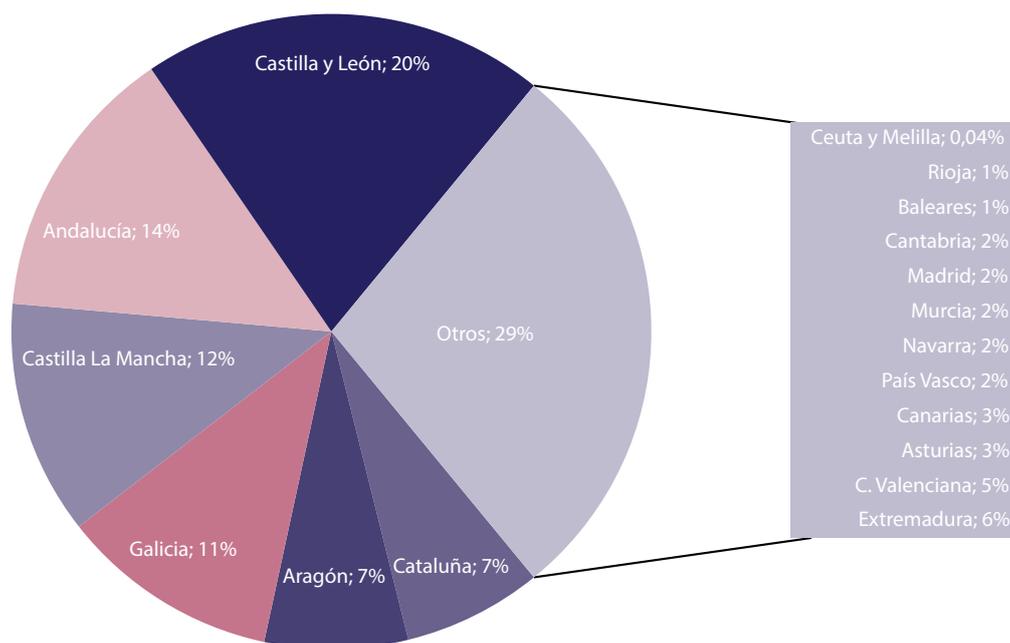
De la totalidad de la red, 15.335 Km son vías de gran capacidad (autopistas de peaje, libres y autovías), por lo que España es, en la actualidad, el país de Europa con mayor longitud de este tipo de vías. Además de este viario, España tiene 1.686 Km de doble calzada. La red viaria convencional supone, por tanto, el 90% del total de red de carreteras.

Gráfico 3. Evolución de la red de carreteras 1970-2014. Fuente: Ministerio de Fomento.



El 20% de la red de carreteras convencionales se sitúan en Castilla y León, el 14% en Andalucía y el 12% en Castilla La Mancha. La Rioja y Baleares son las comunidades autónomas con el menor porcentaje de red de carreteras convencionales de España.

Gráfica 4. Distribución de la red de carreteras convencionales por CC.AA.



Fuente: Ministerio de Fomento.

Para la realización de este estudio, se consideran carreteras convencionales las carreteras pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado y carreteras autonómicas, que discurren íntegramente por una determinada Comunidad Autónoma y no se encuentran incluidas en la Red de Carreteras del Estado, constituidas por una sola calzada y dos carriles de circulación, uno por sentido.

Con el objeto de determinar qué carreteras pertenecen a la red de carreteras convencionales, se ha analizado detenidamente:

- El inventario de carreteras del Ministerio de Fomento (RCE).
- Los inventarios de carreteras de las distintas Comunidades Autónomas.

Se ha realizado una revisión exhaustiva de los inventarios de carreteras, especialmente crítica en cuanto a:

- Categoría de carreteras: Sólo se considerarán para el estudio las carreteras de primer nivel, pues soportan un mayor número de usuarios y, por tanto, mayor riesgo de accidentalidad.
- La ubicación de los puntos kilométricos de inicio y final de cada carretera (particularización a cada vía).
- Las principales características de cada vía (tipo, nº calzadas, nº carriles): no son objeto de estudio las vías, o tramos de las mismas, de alta capacidad, es decir, vías o tramos de las mismas de doble calzada, vías rápidas y tramos de más de dos carriles de circulación. Para ello se ha tenido en consideración:
 - Las características de las vías recogidas en los inventarios de carreteras.
 - Comprobación con las bases de datos de accidentalidad, que recogen el registro "tipo de vía" para cada accidente.

En función de los criterios anteriores se han identificado 790 carreteras convencionales, cuya longitud total supera los 32.800 Km. La tabla siguiente muestra para cada Comunidad Autónoma las carreteras convencionales seleccionadas para el presente estudio.

NOTA: las carreteras pertenecientes a la RCE que discurren por varias comunidades han sido incluidas en cada una de ellas.

Andalucía



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE, Red Básica Estructurante y Red Básica de Articulación.

Titularidad Autonómica:

A-301	A-306	A-307	A-308	A-309	A-330	A-334	A-339	A-357	A-364
A-375	A-384	A-394	A-397	A-401	A-403	A-461	A-484	A-493	A-495
A-496									

Titularidad Estatal:

AL-14	N-322	N-322a	N-323	N-323a	N-331	N-331R	N-339	N-340	N-340a
N-341	N-346	N-347AL	N-347G	N-349	N-350	N-4	N-420	N-431	N-432
N-432a	N-433	N-435	N-437	N-442	N-444	N-445	N-446	N-4A	N-502
N-630									

Aragón



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Básica.

Titularidad Autonómica:

A-116	A-121	A-122	A-123	A-124	A-125	A-126	A-127	A-129	A-130
A-131	A-132	A-133	A-135	A-136	A-137	A-138	A-139	A-140	A-176
A-202	A-211	A-220	A-221	A-222	A-223	A-224	A-225	A-226	A-227
A-228 A-230 A-232 A-242									

Titularidad Estatal:

N-121	N-122	N-123	N-123a	N-125	N-2	N-211	N-211a	N-223	N-230
N-232	N-232a	N-234	N-234a	N-240	N-240a	N-260	N-260a	N-2a	N-330
N-330a N-420 N-420a									

Asturias



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Regional.

Titularidad Autonómica:

AS-11	AS-111	AS-112	AS-114	AS-115	AS-116	AS-117	AS-118	AS-12	AS-13
AS-14 AS-15 AS-16 AS-17 AS-19									

Titularidad Estatal:

N-630 N-632 N-632a N-634 N-634a N-634R N-640 N-643									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Castilla-La Mancha



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Básica.

Titularidad Autonómica:

CM-101	CM-110	CM-200	CM-210	CM-310	CM-313	CM-332	CM-401	CM-403	CM-410
CM-411 CM-412 CM-413 CM-415									

Titularidad Estatal:

N-2	N-204	N-211	N-301	N-310	N-320	N-320a	N-322	N-322a	N-330
N-344	N-4	N-400	N-401	N-401a	N-403	N-403a	N-420	N-420a	N-430
N-430a N-4a N-502 N-502a N-5a									

Castilla y León



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Básica.

Titularidad Autonómica:

CL-101	CL-116	CL-117	CL-127	CL-501	CL-505	CL-507	CL-510	CL-512	CL-517
CL-526	CL-527	CL-600	CL-601	CL-602	CL-603	CL-605	CL-610	CL-612	CL-613
CL-615	CL-619	CL-621	CL-622	CL-623	CL-626	CL-627	CL-628	CL-629	CL-631
CL-632	CL-635	CM-200	CM-210	CM-211	CM-215	CM-310	CM-311		

Titularidad Estatal:

N-1	N-110	N-110a	N-111	N-111a	N-120	N-120a	N-122	N-122A	N-1a
N-2	N-232	N-234	N-234a	N-3	N-301	N-310	N-320	N-330	N-400
N-400a	N-403	N-420	N-420a	N-501	N-502	N-525	N-536	N-6	N-601
N-603	N-610	N-610a	N-611	N-611a	N-620	N-620a	N-620r	N-621	N-622
N-622A	N-623	N-625	N-627	N-627a	N-629	N-630	N-630a	N-631	N-6a
P-12	SA-11	SG-20							

Cantabria



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red de Carreteras Autonómicas Primarias.

Titularidad Autonómica:

CA-131	CA-135	CA-141	CA-142	CA-146	CA-147	CA-148	CA-151	CA-161	CA-171
CA-180	CA-181	CA-183	CA-185						

Titularidad Estatal:

N-611	N-621	N-623	N-629	N-634	N-635	N-636			
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--	--

Cataluña



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Xarxa de Carreteres de la Generalitat.

Titularidad Autonómica:

B-100	B-111	B-120	B-121	B-122	B-124	B-140	B-141	B-142	B-143
B-204	B-210	B-212	B-220	B-221	B-222	B-224	B-225	B-231	B-245
B-250	B-300	B-400	B-402	B-420	B-422	B-430	B-431	B-433	B-451
B-500	B-520	B-682	C-103	C-12	C-12B	C-13	C-14	C-148a	C-14z
C-15	C-152	C-153	C-153a	C-154	C-155	C-15B	C-16	C-162	C-16C
C-221	C-233	C-234	C-241c	C-241d	C-241e	C-242	C-243a	C-243c	C-244
C-245	C-25	C-250	C-251	C-252	C-253	C-253a	C-255	C-256	C-26
C-260	C-28	C-31	C-35	C-352	C-37	C-37z	C-38	C-421B	C-422
C-43	C-44	C-45	C-451	C-462	C-51	C-53	C-535	C-55	C-563
C-58	C-58C	C-59	C-61	C-62	C-63	C-65	C-66	GI-400	GI-401
GI-402	GI-502	GI-503	GI-512	GI-513	GI-514	GI-520	GI-521	GI-522	GI-524
GI-531	GI-532	GI-533	GI-534	GI-540	GI-541	GI-542	GI-543	GI-544	GI-550
GI-551	GI-552	GI-553	GI-554	GI-555	GI-562	GI-600	GI-602	GI-603	GI-604
GI-610	GI-612	GI-613	GI-614	GI-620	GI-622	GI-623	GI-624	GI-631	GI-633
GI-634	GI-641	GI-642	GI-643	GI-644	GI-651	GI-652	GI-653	GI-660	GI-662
GI-664	GI-665	GI-666	GI-673	GI-674	GI-681	GI-682	L-200	L-201	L-214
L-220	L-232	L-241	L-243	L-303	L-304	L-310	L-311	L-313	L-401
L-500	L-501	L-503	L-504	L-510	L-511	L-512	L-702	L-800	L-902
L-910	N-141c	N-141e	N-150	N-152a	N-230b	T-202	T-204	T-214	T-221
T-224	T-230	T-232	T-233	T-240	T-241	T-243	T-300	T-310	T-312
T-315	T-318	T-322	T-323	T-330	T-331	T-332	T-333	T-334	T-340
T-344	T-350	T-362	T-363	T-700	T-701	T-702	T-704	T-710	T-713
T-714	T-720	T-721	T-741	T-742					

Titularidad Estatal:

B-40z	N-141	N-145	N-152	N-154	N-156	N-2	N-230	N-235	N-240
N-240A	N-260	N-260A	N-2A	N-340	N-340A	N-420	N-420a		

Extremadura



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Básica.

Titularidad Autonómica:

EX-100	EX-101	EX-102	EX-103	EX-104	EX-105	EX-106	EX-107	EX-108	EX-109
EX-110	EX-111	EX-112	EX-114	EX-115	EX-116	EX-117	EX-118	EX-119	

Titularidad Estatal:

N-110	N-430	N-430A	N-432	N-432a	N-435	N-5	N-502	N-521	N-5a
N-630	N-630a								

Galicia



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Primaria Básica.

Titularidad Autonómica:

AC-522	AC-523	AC-524	AC-527	AC-542	AC-543	AC-544	AC-549	AC-550	AC-552
AC-564	AC-566	AC-840	AC-862	CG-1.3	CG-1.5	CG-2.1	CG-2.2	CG-4.1	CG-4.2
LU-530	LU-540	LU-541	LU-546	LU-861	LU-862	OU-504	OU-531	OU-533	OU-536
OU-540	OU-801	PO-11	PO-510	PO-531	PO-532	PO-534	PO-535	PO-548	PO-549
PO-550	PO-551	PO-552	PO-840	VG-1.2	VG-1.3	VG-4.1	VG-4.2	VG-4.3	VG-4.4
VG-4.5	VG-4.6	VG-4.7							

Titularidad Estatal:

N-120	N-120A	N-525	N-532	N-536	N-540	N-541	N-547	N-550	N-550A
N-551	N-552	N-554	N-555	N-556	N-559	N-6	N-634	N-640	N-642
N-651	N-655	N-6a							

La Rioja



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Regional Básica.

Titularidad Autonómica:

LR-111	LR-113	LR-115	LR-123	LR-131	LR-132	LR-134	LR-136	LR-137
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Titularidad Estatal:

N-111	N-113	N-120	N-120a	N-124	N-126	N-232	N-232A
-------	-------	-------	--------	-------	-------	-------	--------

Madrid



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red Principal.

Titularidad Autonómica:

M-100	M-108	M-203	M-206	M-208	M-300	M-301	M-408	M-501	M-505
M-509	M-600	M-601	M-607	M-608	M-609				

Titularidad Estatal:

N-1a	N-320	N-320a	N-3a	N-403	N-403A	N-6
------	-------	--------	------	-------	--------	-----

Murcia



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Red de Primer Nivel.

Titularidad Autonómica:

RM-303	RM-332	RM-333	RM-412	RM-414	RM-422	RM-424	RM-425	RM-426	RM-714
RM-730									

Titularidad Estatal:

N-301	N-301a	N-332	N-332a	N-342a	N-343	N-344	N-345
-------	--------	-------	--------	--------	-------	-------	-------

Navarra



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Carreteras de Interés General.

Titularidad Autonómica:

N-240A PA-30

Titularidad Estatal:

N-113 N-121 N-232 N-240

País Vasco



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la Red Básica.

Titularidad Autonómica:

A-124 A-623 A-624 A-625 A-627 BI-631 GI-627 GI-631 GI-638 N-104

N-124 N-240 N-629 N-634 N-636 N-638 N-639

Valencia



Se consideran las vías, o tramos de las mismas, de una sola calzada y dos carriles de circulación (uno por sentido) pertenecientes a la RCE y Sistema Viario de la Comunidad.

Titularidad Autonómica:

CV-102 CV-11 CV-12 CV-121 CV-124 CV-125 CV-129 CV-13 CV-132 CV-133

CV-135 CV-14 CV-141 CV-144 CV-148 CV-149 CV-15 CV-151 CV-16 CV-160

CV-162 CV-164 CV-165 CV-166 CV-17 CV-170 CV-173 CV-18 CV-183 CV-185

CV-190 CV-191 CV-194 CV-195 CV-197 CV-198 CV-199 CV-20 CV-205 CV-21

CV-215 CV-216 CV-219 CV-222 CV-223 CV-230 CV-235 CV-240 CV-241 CV-245

CV-25 CV-300 CV-301 CV-302 CV-303 CV-304 CV-306 CV-307 CV-333 CV-334

CV-355 CV-335 CV-365 CV-366 CV-37 CV-390 CV-400 CV-403 CV-407 CV-41

CV-410 CV-43 CV-438 CV-439 CV-440 CV-445 CV-50 CV-500 CV-550 CV-500

CV-512 CV-515 CV-550 CV-567 CV-572 CV-585 CV-590 CV-610 CV-619 CV-645

CV-650 CV-653 CV-660 CV-667 CV-686 CV-70 CV-700 CV-705 CV-706 CV-710

CV-715 CV-720 CV-724 CV-725 CV-734 CV-736 CV-755 CV-763 CV-773 CV-775

CV-778 CV-790 CV-793 CV-799 CV-800 CV-801 CV-804 CV-805 CV-806 CV-809

CV-81 CV-811 CV-815 CV-820 CV-821 CV-825 CV-827 CV-83 CV-830 CV-835

CV-836 CV-84 CV-840 CV-845 CV-855 CV-860 CV-865 CV-870 CV-895 CV-900

CV-904 CV-905 CV-91 CV-911 CV-912 CV-913 CV-914 CV-915 CV-919 CV-920

CV-925 CV-930 CV-935 CV-940 CV-941 CV-945 CV-949 CV-95 CV-950 CV-951

Titularidad Estatal:

N-220 N-225 N-232 N-232A N-234 N-238 N-3 N-322 N-322a N-325

N-330 N-330a N-332 N-332a N-332r N-337 N-340 N-340A N-344 N-420

V-23

3.2. Evolución del tráfico en la Red de Carreteras Convencional.

A 31 de diciembre de 2014, la Red de Carreteras del Estado (26.124 Km) gestionada por la Administración Central recogía el 51,2% del tráfico total y el 62,8% del tráfico pesado producido en la totalidad de las carreteras de España. La red gestionada por las Comunidades Autónomas soportaba el 42,9% del tráfico. El 5,9% del tráfico restante circula por la red gestionada por la Diputaciones.

TABLA 4. EVOLUCIÓN DEL TRÁFICO EN LA RED INTERURBANA DE CARRETERAS, SEGÚN TITULARIDAD (LONGITUD RECORRIDA).

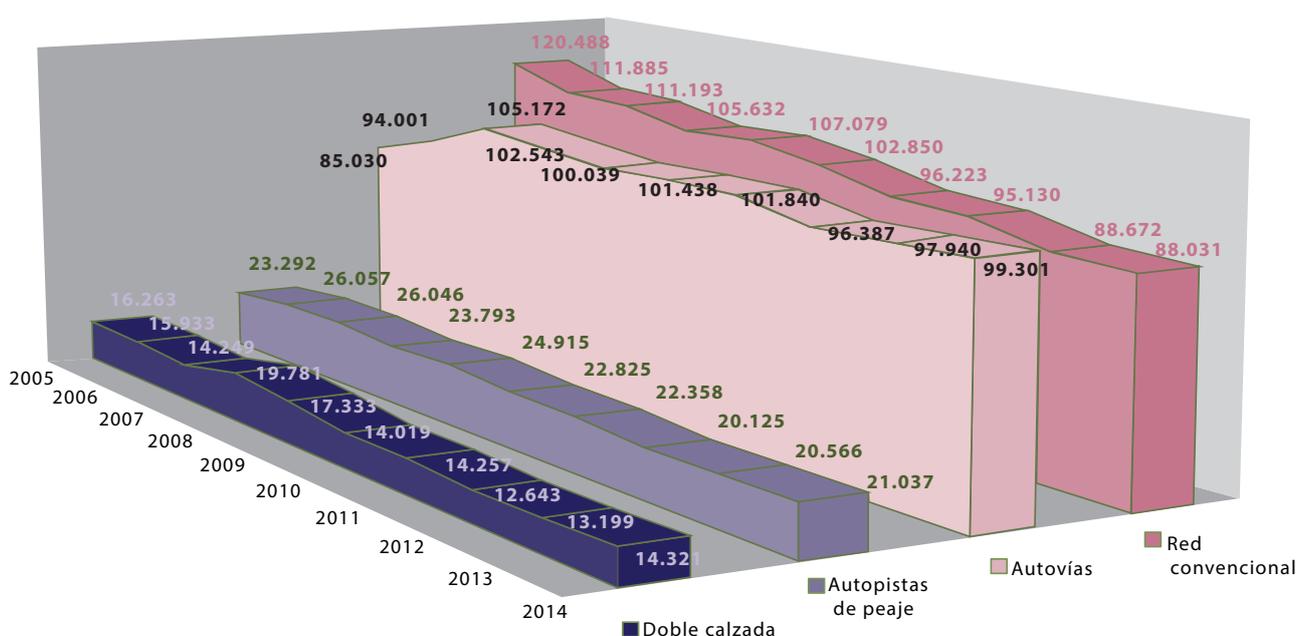
AÑOS	Administración Central			Comunidades Autónomas			Diputaciones Provinciales	
	Millones veh/Km	% total	% pesados	Millones veh/Km	% total	% pesados	Millones veh/Km	% total
2005	125.823	51,3%	17,0	104.453	43%	9,2	14.797	6,0%
2006	129.121	52,1%	16,4	103.400	42%	9,4	15.356	6,2%
2007	133.313	51,9%	17,0	107.252	42%	9,5	16.095	6,3%
2008	128.702	51,1%	15,6	107.700	43%	9,2	15.347	6,1%
2009	126.194	50,6%	14,3	104.940	42%	8,6	18.237	7,3%
2010	123.620	51,3%	13,6	101.752	42%	8,4	15.759	6,5%
2011	121.686	51,9%	13,3	99.041	42%	8,7	13.951	5,9%
2012	115.770	51,6%	13,1	95.594	43%	8,5	12.921	5,8%
2013	112.861	51,2%	12,9	94.752	43%	8,1	12.764	5,8%
2014	114.013	51,2%	13,0	95.526	43%	8,1	13.150	5,9%

* La Red de las Diputaciones Vascas y los Cabildos de Canarias se han incluido, a efectos de tráfico, dentro de las Comunidades Autónomas.

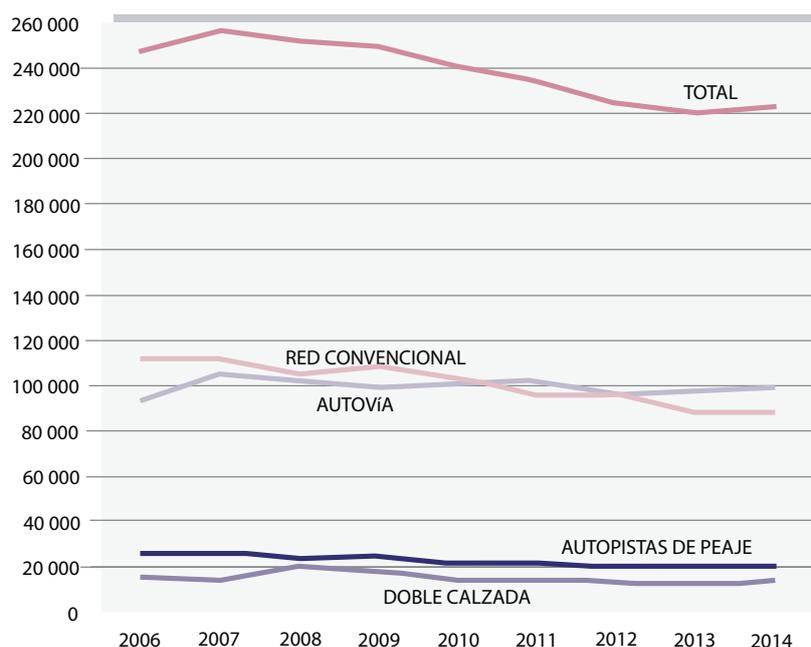
Fuente: Ministerio de Fomento.

Por la red convencional circula el 40% del tráfico total que utiliza la red viaria española.

Gráfica 5. Evolución del tráfico en la red interurbana de carreteras, según tipo de vía (Millones de veh-Km)



Gráfica 6. Millones de vehículos / Km



Fuente: Ministerio de Fomento.

Fuente: Anuario Estadístico 2014. Ministerio de Fomento.

Desde 1993, la Dirección General de Carreteras dispone de datos de tráfico como resumen del Plan Nacional de Aforos realizado sobre la red de carreteras de su responsabilidad. En 1984, las Comunidades Autónomas asumieron plenamente sus competencias, comenzando a realizar diferentes informes de tráfico, sistematizando, en 1990, la realización de Planes de Aforos similares a los que se llevan a cabo en la Red de Carreteras del Estado (RCE). En los Planes Anuales de Aforos, las Demarcaciones y Unidades de Carreteras registran el tráfico en las secciones de la red más significativas por medio de estaciones de aforo (sólo en la RCE hay 3.479 estaciones). La información de tráfico más relevante es publicada anualmente por el Ministerio de Fomento en el Mapa de Tráfico, que recoge datos, tanto de la RCE, como de la red prioritaria autonómica de carreteras, facilitados por las Comunidades Autónomas, de forma que, entre ambas se recoge el 94% del tráfico total y el 96% del tráfico de vehículos pesados.

Para la realización de este estudio, se ha tenido en cuenta lo recogido en el mapa de tráfico en relación con las estaciones de aforo y a la segmentación de la red de carreteras en tramos homogéneos a efecto de tráfico.

"...3. ESTACIONES DE AFORO. CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACIÓN.

Son aquellos puntos de la red representativos de un tramo que se supone homogéneo y en el que existe una estación fija (estaciones permanentes, semipermanentes, primarias o secundarias, según la duración de la toma de datos) o estación móvil (coberturas).

La RCE está en 2014 segmentada en 4.836 tramos homogéneos a efectos de tráfico (5,4 Km/tramo) y la Red autonómica prioritaria en 2.809 tramos (7,7 Km/tramo)...."

A partir de los datos de tráfico recogidos en el Mapa de Tráfico 2014 y los Planes de Aforo de las Comunidades Autónomas, y teniendo en cuenta la caracterización del tráfico por tramos en cada una de las carreteras identificadas (tramos de longitud no homogénea), se han dividido las 790 carreteras convencionales identificadas en segmentos de tráfico homogéneos, resultando 3.641 tramos.

A cada tramo se le ha asignado una IMD total y una IMD de pesados, lo que ha permitido determinar para cada vía una IMD media de la vía (valor medio ponderado calculado a partir de los datos de cada tramo que componen la carretera).

Será necesario actuar en un primer momento sobre las vías que soportan un mayor volumen de tráfico, dadas las diferentes experiencias internacionales: se seleccionan las vías con un tráfico superior al percentil 80% tanto de IMD total como IMD de pesados.

La aplicación del "filtro de tráfico" supone que se prioricen las actuaciones en 101 carreteras convencionales, cuya longitud total supera los 2.500 Km. La tabla siguiente recoge los resultados obtenidos:

TABLA 5. 101 CARRETERAS CON TRÁFICO SUPERIOR AL PERCENTIL 80%

CTRA	IMD Media Ponderada		Long. Total	CTRA	IMD Media Ponderada		Long. Total	CTRA	IMD Media Ponderada		Long. Total
	Total	Pesados			Total	Pesados			Total	Pesados	
A-625	7.861	526	10,500	CV-16	11.292	1.132	13,200	N-125	8.399	607	6,180
AC-552	9.999	530	90,210	CV-17	17.567	2.108	3,400	N-145	14.672	562	9,130
AS-117	11.053	670	55,800	CV-300	10.260	718	2,800	N-150	25.641	689	8,630
AS-19	11.806	1.465	19,830	CV-365	35.563	914	3,300	N-152a	18.740	803	6,255
B-140	14.364	1.303	9,000	CV-366	35.175	732	1,400	N-220	36.647	2.346	2,230
B-141	10.597	880	3,050	CV-400	24.760	729	5,940	N-235	11.058	2.181	1,990
B-142	15.278	1.127	3,115	CV-403	14.524	560	4,200	N-332	17.851	1.336	170,018
B-204	13.935	1.214	3,252	CV-410	19.987	983	5,750	N-332r	8.743	870	2,200
B-210	12.508	613	2,985	CV-43	14.073	910	2,345	N-337	14.619	1.902	1,550
B-225	17.499	2.651	3,500	CV-550	8.931	766	7,280	N-340	11.501	1.635	531,830
B-250	14.317	1.440	2,010	CV-686	17.256	981	3,700	N-343	8.271	1.390	0,600
B-40z	30.407	3.232	1,810	CV-725	25.413	759	7,350	N-347G	8.901	698	1,720
BI-631	33.948	1.338	31,067	CV-84	11.907	543	10,850	N-349	8.572	1.989	3,220
C-15	15.851	1.453	43,807	CV-905	22.590	544	10,250	N-350	19.891	1.097	1,950
C-152	9.763	875	11,045	CV-930	13.579	932	6,500	N-4	9.467	1.808	80,510
C-16C	21.127	1.383	3,847	GI-531	130.062	3.452	30,633	N-437	11.021	1.148	3,130
C-234	22.728	1.380	1,370	GI-533	125.740	9.130	15,270	N-550	12.381	940	136,870
C-243c	12.330	789	12,900	GI-600	20.748	962	5,250	N-556	9.467	867	1,030
C-245	19.441	1.590	1,690	LR-131	17.233	1.233	6,630	N-636	8.611	3.789	14,553
C-25	11.410	2.443	152,475	M-100	8.184	1.311	23,000	N-638	20.126	--	2,350
C-251	20.293	584	7,450	M-108	11.092	806	8,980	PA-30	13.180	3.269	5,780
C-260	24.214	639	17,332	M-203	8.084	1.084	16,400	PO-11	18.050	1.080	1,350
C-31	14.027	573	84,025	M-206	16.866	1.531	18,080	PO-531	18.091	1.429	18,800
C-35	15.130	1.384	47,557	M-208	10.143	1.475	10,260	PO-552	13.084	678	71,220
C-55	14.348	1.016	79,256	M-300	15.421	1.975	32,490	RM-303	7.831	919	6,900
C-58	17.770	1.078	14,233	M-408	17.000	1.142	5,570	RM-425	9.232	714	5,800
C-58C	36.255	1.041	3,620	M-501	11.889	622	50,770	SA-11	11.386	857	1,830
C-65	13.779	736	24,600	M-505	13.089	673	47,390	SG-20	9.090	564	20,600
C-66	12.544	798	44,500	M-509	21.424	972	8,650	T-315	16.570	794	3,662
CA-142	9.267	598	26,300	M-600	10.857	519	51,960	T-721	13.233	1.104	2,155
CA-147	8.706	609	10,000	M-608	8.488	548	45,150	V-23	17.945	3.045	0,750
CV-11	13.943	3.240	20,750	M-609	19.272	1.222	5,320	VG-4.2	11.995	816	4,440
CV-13	8.027	2.955	16,300	N-1	9.973	3.489	74,670	VG-4.3	12.551	719	8,200
CV-151	23.098	924	2,100	N-124	10.986	2.428	21,470				

Fuente: Asociación Española de la Carretera.

3.3. Evolución de la accidentalidad en la Red de Carreteras Convencional

Seis de cada diez accidentes con víctimas ocurridos en 2015 tuvieron lugar en vías urbanas, sin embargo, el mayor número de fallecidos y heridos hospitalizados se registraron en carreteras convencionales (vías que no están desdobladas y solamente tienen un carril por sentido). Así, de las 1.689 víctimas mortales en accidente de tráfico durante 2015, 971 tuvieron lugar en carreteras convencionales. A estos 971 fallecidos hay que sumar los 3.780 heridos graves en accidentes ocurridos en carreteras secundarias.

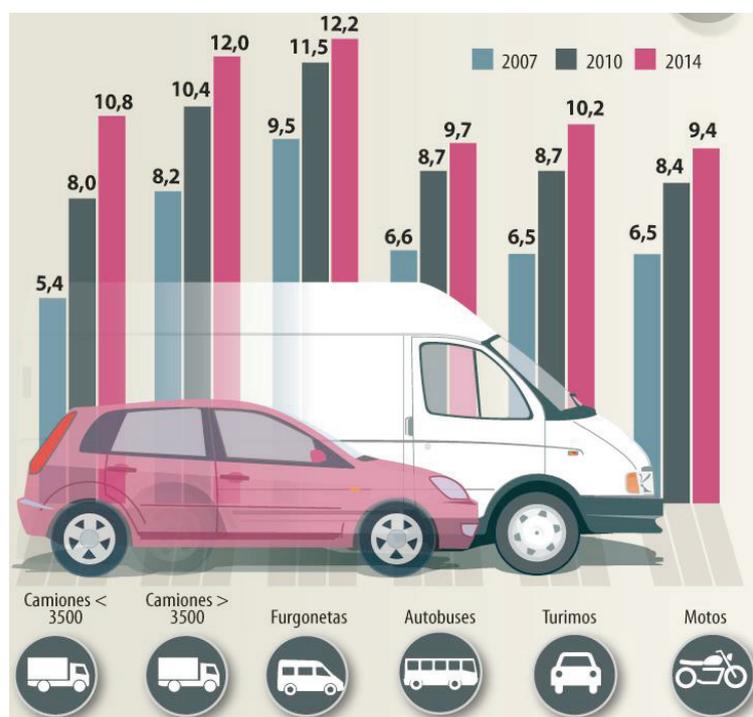
La siguiente tabla hace referencia a los accidentes y fallecidos en el periodo 2013 - 2015 (ambos incluidos); en ella se aprecia que, a pesar de haber disminuido la accidentalidad, el número de fallecidos ha aumentado.

TABLA 6. ACCIDENTALIDAD EN VÍAS INTERURBANAS EN 2013, 2014 Y 2015*						
	2013		2014		2015	
	Accidentes con víctimas	Fallecidos	Accidentes con víctimas	Fallecidos	Accidentes con víctimas	Fallecidos
Autopistas	2.456	63	2.369	64	2.398	75
Autovías	8.712	227	8.411	226	8.431	202
Carretera convencional	23.395	848	21.466	870	20.709	862
Otro tipo (camino vecinal, vía de servicio, ramal de enlace,...)	2.734	92	2.901	87	3.020	109
TOTAL	37.297	1.230	35.147	1.247	34.558	1.248

* Los datos del Anuario no desglosan la accidentalidad de las autopistas libres y de peaje, teniendo en estas últimas una evolución mucho más positiva.
Fuente: Anuario Estadístico de la Dirección General de Tráfico.

La antigüedad media del parque de vehículos aumentó 3,7 años en el periodo 2007- 2014 según datos de la DGT.

Gráfica 7. Evolución de la antigüedad media del parque automovilístico por tipo de vehículo.

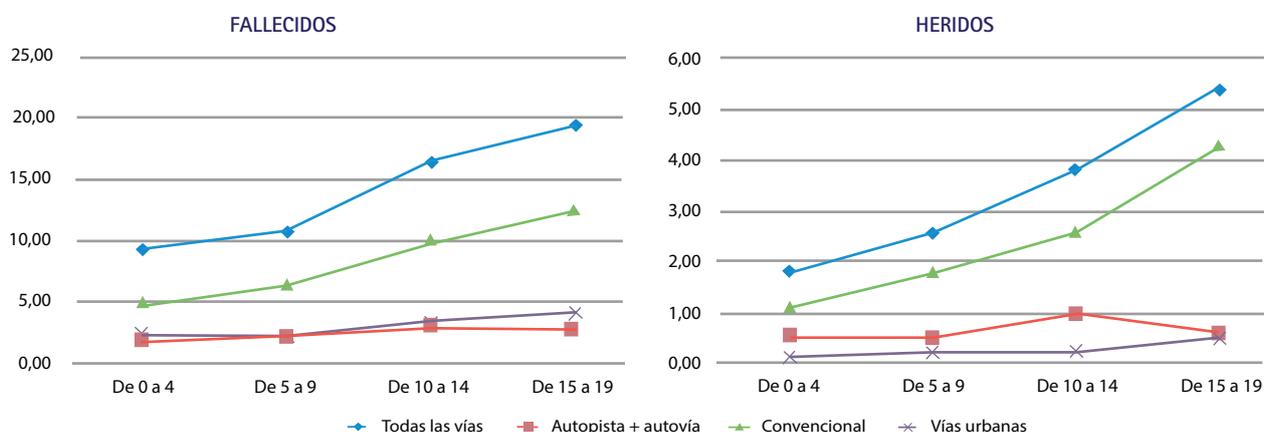


FUENTE. DGT

La edad media de los vehículos implicados en accidentes mortales refleja, de forma clara, el impacto que ha tenido la crisis sobre la siniestralidad vial. Así, el riesgo de fallecer es 1,6 veces superior en turismos de 10-14 años respecto turismos de 0 a 4 años, y 2,2 veces mayor en los turismos de 15 a 19 años. La gráfica siguiente muestra la tasa tanto de fallecidos como de heridos hospitalizados por 100.000 turismos según el tipo de vía y la edad de los turismos.

Tasa de fallecidos por 100.000 turismos. Tasa de heridos hospitalizados por 100.000 turismos.

Gráfica 8. Tasa de fallecidos y heridos hospitalizados por 100.000 turismos. España, 2014



Fuente: Principales cifras de siniestralidad 2014. DGT.

Otro de los factores que sin duda ha influido en el aumento de la accidentalidad ha sido el leve repunte del tráfico en las carreteras españolas que se ha producido en los últimos años. En 2014, aumentó el número de desplazamientos un 3,27%, registrándose 78,5 millones de movimientos de vehículos.

La metodología adoptada en este estudio se ha centrado en:

1. Recopilación y unificación de las Bases de datos de accidentalidad en la RCC para el periodo 2012-2014 solicitados a:
 - i. Dirección General de Tráfico.
 - i. Servei Català de Trànsit.
 - iii. Dirección de Tráfico del Gobierno Vasco.
2. Para garantizar una mayor cobertura de accidentes, se consideran accidentes con fallecidos y heridos graves.
3. Se relaciona cada accidente con el tramo de carretera en el que ha tenido lugar, considerando la tramificación de tramos realizada en función del tráfico.

A partir de este punto, el estudio se particulariza según los resultados que se persiguen:

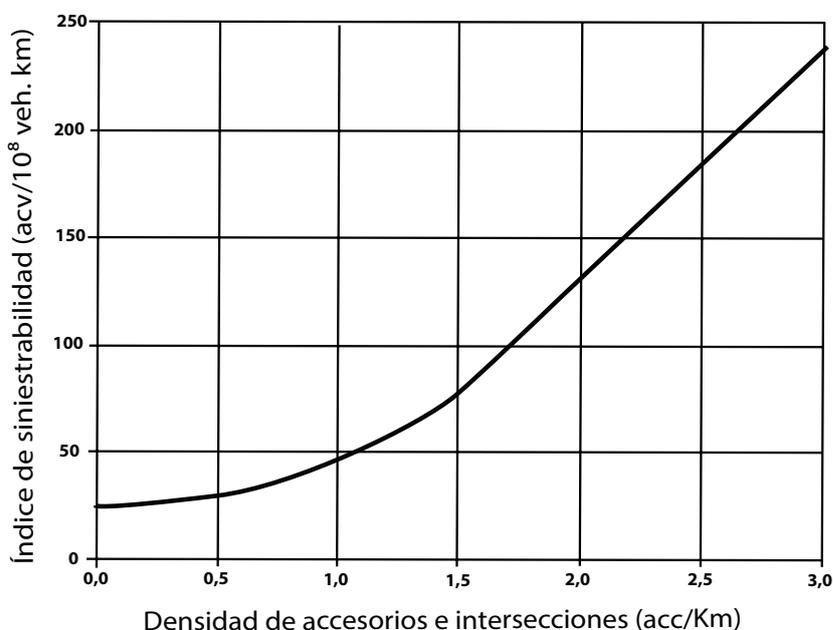
- i. para carreteras 2+1 se estudian colisiones frontales y fronto-laterales.
- ii. para carreteras que perdonan se analizan las salidas de vía.

4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DE SEGURIDAD VIAL EN LA RED DE CARRETERAS CONVENCIONALES

Entre las características de las carreteras convencionales que más influyen en sus altos registros de accidentalidad, si se comparan con otro tipo de vías, pueden citarse las siguientes:

1. **No hay una separación física entre sentidos**, por lo que el riesgo de choque frontal o fronto-lateral, como accidente de consecuencias muy graves, aparece como una realidad que no existe en carreteras con calzadas separadas (autovía o autopista).
2. **Espacio de coexistencia para todos**: no hay segregación de usuarios, sino que está permitido el tráfico de vehículos y usuarios de muy diferente tipo, velocidad y vulnerabilidad; vehículos pesados conviven con turismos de distinto tamaño, furgonetas, motocicletas, ciclomotores, ciclistas y en muchos casos peatones, a los que se añaden de manera ocasional vehículos agrícolas y de tracción animal. Esta diversidad de usuarios, circulando a velocidades muy dispares, genera problemas de coexistencia en términos de seguridad.
3. El **límite de velocidad genérico para las vías convencionales genera con frecuencia una pérdida de credibilidad** de los usuarios. Actualmente, según establece el Reglamento General de Circulación, la velocidad máxima se limita a 100 Km/h para carreteras con arcén pavimentado de 1,5 metros de anchura o superior, mientras que para arcenes de anchura inferior o no existentes el límite genérico se establece en 90 Km/h. El intento por modificar esta circunstancia no ha sido positivo, por lo que existe la necesidad de dar coherencia a los límites máximos genéricos de velocidad en vías convencionales, independientemente de la necesidad de realizar limitaciones específicas cuando los tramos lo requieran (curvas cerradas, accesos, llegada a intersecciones, etc.).
4. Si bien en autopistas y autovías existe un control en cuanto al número de accesos y la distancia entre ellos, así como no existen intersecciones a nivel, en carreteras convencionales son frecuentes los **accesos muy próximos**, poco separados entre sí, que alteran las condiciones de circulación y generan constantes puntos singulares, donde hay mayores posibilidades de que se generen accidentes. De la misma manera, la **proliferación de intersecciones** ocasiona un mayor riesgo, dado que se trata de puntos especiales de la red viaria, con una carga de trabajo considerablemente superior para los conductores que en otros tramos de vías y que, en ocasiones, pueden contar con problemas de diseño y equipamiento que dificultan las maniobras de cruce.

Gráfica 9 Evolución del índice de peligrosidad en relación a la densidad de accesos e intersecciones.

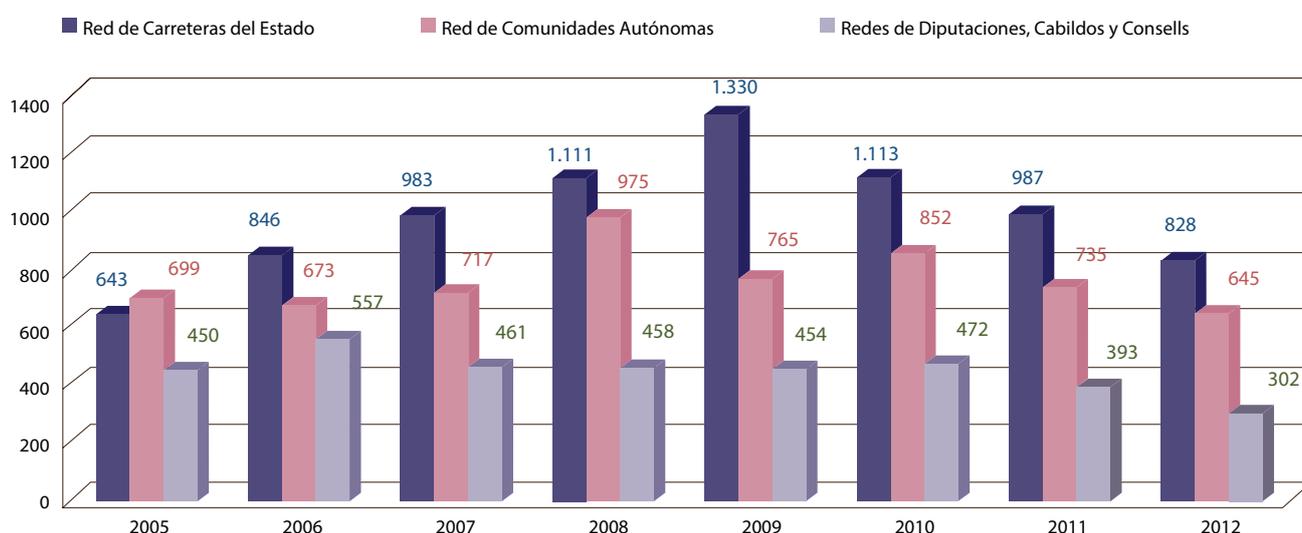


Fuente: Kraemer, 2003.

- Se trata de una red viaria que dispone, en términos generales, de **menos elementos de vigilancia y control del cumplimiento de las normas** que la red de gran capacidad, aunque es cierto que, en los últimos años, se ha incrementado la actividad de control en este tipo de red, por medio de tecnología móvil o aumentando la presencia de cuerpos de vigilancia, sigue tratándose de una red de carreteras donde hay mayor impunidad que en otro tipo de vías.
- Aunque la red convencional de carreteras soporta un tráfico muy elevado, en esta categoría se engloban carreteras con más de 20.000 vehículos al día de Intensidad Media Diaria junto con carreteras con menos de 500 vehículos al día. Se trata, en definitiva, de una **red muy heterogénea**, en la que se deben proponer soluciones particularizadas para cada problema concreto, que será diferente en función de la intensidad del tráfico, la presencia de usuarios de distinto tipo, la orografía del terreno, las condiciones climáticas, etc.
- A pesar de que algunas carreteras de la red convencional forman parte de la red principal de carreteras de las diferentes Administraciones, la mayor parte de los kilómetros forman parte de una red de segundo o tercer nivel. En este contexto, y nuevamente en términos generales, las **inversiones en conservación de este tipo de vías son significativamente menores** de las que se realizan en la red principal.

INVERSIONES EN REPOSICIÓN DE CARRETERAS SEGÚN TITULARIDAD (M€)

Gráfica 10. Evolución de las inversiones en reposición



Fuente: Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento, 2012¹.

- El **equipamiento viario** (señalización vertical, marcas viales, sistemas de contención, balizamiento e iluminación), fundamental en el nivel de seguridad que proporciona una carretera, tiene, en ocasiones, y como consecuencia de la menor dotación presupuestaria de esta red, una **presencia inferior** a la que existe en redes de mayor nivel.

¹ Datos disponibles hasta 2012.

5. MEJORA DE LA SEGURIDAD EN CARRETERAS CONVENCIONALES

Las carreteras convencionales suponen más del 90% del total de kilómetros de la red de carreteras y, pese a soportar una menor densidad de tráfico que las vías desdobladas, autopistas y autovías, son más peligrosas: durante 2015, se registraron en estas vías 23.729 accidentes con víctimas, el 69% del total de accidentes con víctimas registrados en dicho año.

El hecho de que las intersecciones e incorporaciones suelen estar el mismo nivel, los trazados suelen ser antiguos, sea necesario invadir el sentido contrario al adelantar, las curvas sean de menor radio o exista un elevado número de tramos montañosos aumenta el riesgo de sufrir un accidente en las vías convencionales. Así, el índice de letalidad en carretera convencional es el doble que en autovía y autopista.

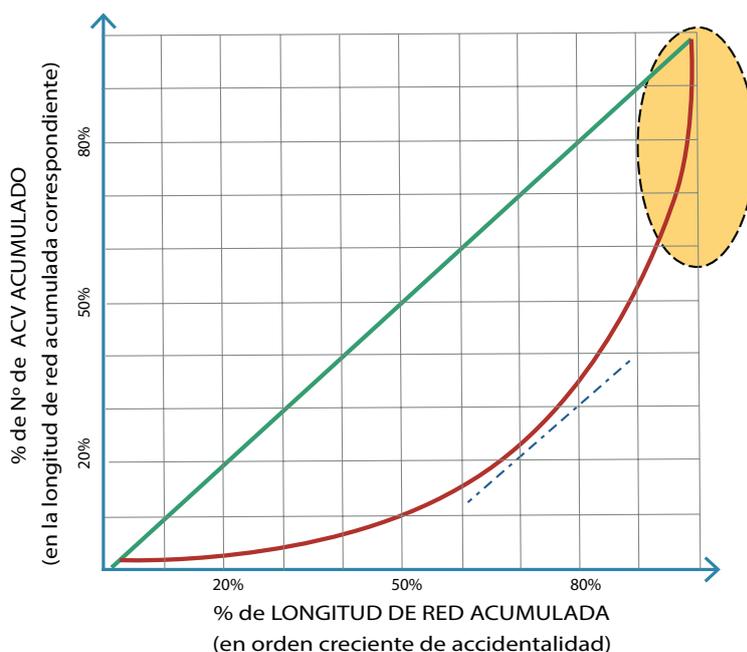
El 78% de los fallecidos en accidentes de tráfico en vías interurbanas durante 2015 tuvieron lugar en carreteras convencionales, es decir, 971 personas. En ese tipo de vía, el 40% de los fallecidos se debieron a accidentes en los que el vehículo se salió de la vía, mientras que un 24% tuvieron lugar en colisiones frontales. Los choques frontales y fronto-laterales, junto con las salidas de vía, constituyen, por tanto, las tipologías de siniestros más comunes.

TABLA 7. REPRESENTATIVIDAD DE LA TIPOLOGÍA DE ACCIDENTES MÁS DESTACADA EN CARRETERAS CONVENCIONALES		
	% sobre el total de accidentes con víctimas en carreteras convencionales	% sobre el total de fallecidos en carreteras convencionales
Salida de vía en carretera convencional	38%	36%
Choque frontal, lateral o fronto-lateral entre vehículos en carretera convencional	28%	39%
Accidentes en intersecciones en carreteras convencionales	40%	20%

Fuente: Portal Estadístico de la Dirección General de Tráfico y Anuario Estadístico de la DGT, 2014.

La dispersión y aleatoriedad de los accidentes puede conllevar una acumulación o concentración de los siniestros en determinados emplazamientos de la red viaria. Según datos del Ministerio de Fomento, el 30% de los accidentes con víctimas y el 15% de las víctimas mortales tienen lugar en el 4% de la red de carreteras interurbanas.

Gráfica 11. Siniestralidad en Tramos de Concentración de Accidentes



Fuente: Ministerio de Fomento. V Congreso Nacional de Seguridad Vial, Logroño 2011.

Para alcanzar estos **objetivos**, en este informe se proponen medidas destinadas a mejorar las carreteras convencionales actuando sobre la propia infraestructura. No se plantea, por lo tanto, medidas complementarias o de gestión que también contribuirían a la consecución de los mismos:

- Evitar las colisiones frontales mediante la implantación de carreteras 2+1, con lo que se espera evitar dos de cada 10 accidentes mortales.
- Evitar y/o reducir las consecuencias de los accidentes por salidas de la vía mediante la transformación de las vías en "carreteras que perdonan" - cuatro de cada diez accidentes mortales ocurridos en este tipo de vía son salida de vía.
- Analizar los tramos de vía de "especial peligrosidad" con el fin de identificar aquellos elementos de la configuración de la carretera que pueden contribuir a la acumulación de accidentes proponiendo las necesarias medidas correctivas.

Mejorar los niveles de seguridad en carreteras convencionales debe ser, por tanto, una prioridad. Para ello se considera necesario:

5.1. Reducción de la accidentalidad por salida de vía: carreteras que perdonan.

5.1.1. Identificación de carreteras con elevada accidentalidad por salida de vía.

El término "carreteras que perdonan" (*forgiving roads*) tuvo su origen hacia el año 1960 como parte del compromiso adoptado para lograr que las carreteras constituyeran un sistema más seguro para los conductores. El planteamiento contempla tanto evitar que se produzcan accidentes como reducir sus consecuencias, generando medidas que permitan "compensar" los errores que los conductores puedan tener, derivados de distracciones, dificultades de interpretación del entorno y de la vía, o de no respetar las normas, etc.

Las "carreteras que perdonan" buscan la reducción de la accidentalidad por salida de vía mediante actuaciones orientadas a un doble objetivo:

1. Reducir el número de accidentes por salida de vía.
2. Reducir sus consecuencias en términos de víctimas.

Para la identificación de aquellos tramos de carreteras con elevada accidentalidad por salida de vía se ha seguido el siguiente proceso:

- En los tramos de carretera objeto de estudio se han considerado únicamente los accidentes de salida de vía de todo tipo, tanto por la derecha como por la izquierda.
- Se calcula el Índice de Peligrosidad (IP) de la cada uno de los tramos analizados y, con éste, un IP promedio (valor medio ponderado calculado a partir de los datos de cada tramo que componen las carreteras que han registrado accidentes por salida de vía).

Los índices de siniestralidad relacionan datos de accidentes con el tráfico en la red, permitiendo realizar comparativas fiables entre las diferentes redes. Los más utilizados son el índice de peligrosidad y el índice de mortalidad. Se define índice de peligrosidad como el cociente entre los accidentes con víctimas que tienen lugar en una red y el tráfico que circula por la misma:

$$IP = \frac{\text{Número de accidentes con víctimas} \times 10^9}{IMD \times 365 \times \text{Longitud en Km}}$$

De los cálculos realizados se obtiene un valor de IP_{promedio} igual a 3,58.

Asimismo, se calcula el índice de mortalidad de cada uno de los tramos como el cociente entre el número de fallecidos que tienen lugar y el tráfico que circula por la red.

- Para la determinación de posibles tramos de carreteras que perdonan, y basándonos en las recomendaciones y experiencias internacionales, se adopta el siguiente criterio:

Podrá ser considerada la implantación de medidas para lograr carreteras que perdonan en aquellas secciones que cumplan las siguientes condiciones: $IP_{\text{del tramo}} \geq 1,5 * IP_{\text{promedio}}$ de las carreteras analizadas y/o IM es distinto de cero

Como resultado del análisis anterior, se obtiene un total de 61 tramos de vía distribuidos en 29 carreteras (485,645 Km) reparados en 10 CC.AA.

TABLA 8. POSIBLES TRAMOS DE VÍA EN LOS QUE IMPLANTAR "CARRETERAS QUE PERDONAN"

CC.AA	Provincia	Carretera	Longitud del tramo	Pk* _{inicio}	Pk _{final}	IP/IM
País Vasco	Álava	A-625	3,000	354,000	357,000	17,89/17,89
País Vasco	Álava	A-625	2,000	357,000	359,000	20,02/0
Galicia	A Coruña	AC-552	23,100	7,700	30,800	5,93/0
Galicia	A Coruña	AC-552	28,610	61,600	90,210	7,54/0
Cataluña	Barcelona	B-204	3,252	1,110	4,362	6,05/0
Cataluña	Barcelona	C-15	3,500	36,000	39,500	10,75/0
Cataluña	Barcelona	C-16C	3,847	0,980	4,827	6,74/0
Cataluña	Barcelona	C-243c	6,645	1,000	7,645	13,86/0
Cataluña	Barcelona	C-245	1,690	11,210	12,900	8,34/0
Cataluña	Barcelona	C-251	7,450	0,945	8,395	5,44/0
Cataluña	Tarragona	C-31	5,253	135,283	140,536	5,85/0
Cataluña	Barcelona	C-31	1,376	156,500	157,876	7,76/0
Cataluña	Barcelona	C-35	4,105	28,000	32,105	5,44/0
Cataluña	Gerona	C-35	5,708	61,985	67,693	7,01/7,01
Cataluña	Barcelona	C-55	4,545	0,000	4,545	2,35/2,35
Cataluña	Barcelona	C-55	10,955	4,545	15,500	10,59/1,77
Cataluña	Barcelona	C-55	3,370	15,500	18,870	26,97/8,99
Cataluña	Barcelona	C-55	8,930	18,870	27,800	1,05/1,05
Cataluña	Barcelona	C-55	3,100	47,000	50,100	13,84/0
Cataluña	Lérida	C-55	13,911	65,345	79,256	28,50/0
Cataluña	Barcelona	C-58	14,233	25,008	39,241	8,67/0
Cataluña	Gerona	C-65	1,615	25,385	27,000	15,80/0
Cataluña	Gerona	C-66	9,400	18,000	27,400	7,12/0
Cataluña	Gerona	C-66	10,500	42,300	52,800	9,92/0
Cantabria	Santander	CA-142	13,150	0,000	13,150	12,38/0
Madrid	Madrid	M-100	7,600	15,400	23,000	13,92/0
Madrid	Madrid	M-206	3,000	3,000	6,000	8,35/0
Madrid	Madrid	M-206	3,000	9,000	12,000	2,76/2,76
Madrid	Madrid	M-300	7,700	0,000	7,700	10,66/3,55
Madrid	Madrid	M-600	7,600	16,400	24,000	23,32/4,66
Madrid	Madrid	M-600	3,000	34,000	37,000	6,78/0

* PK = Punto kilométrico.

CC.AA	Provincia	Carretera	Longitud del tramo	Pk _{inicio}	Pk _{final}	IP/IM
Castilla y León	Burgos	N-1	14,350	263,930	278,280	15,17/0
Valencia	Alicante	N-332	12,44	121,660	134,100	2,55/2,55
Valencia	Alicante	N-332	7,610	144,130	151,740	3,09/1,55
Valencia	Alicante	N-332	8,370	196,020	204,390	4,22/2,11
Valencia	Valencia	N-332	8,790	228,170	236,960	1,46/1,46
Andalucía	Cádiz	N-340	6,680	10,290	16,970	11,41/11,41
Andalucía	Málaga	N-340	7,450	295,230	302,680	37,07/0
Andalucía	Granada	N-340	18,560	335,540	354,100	2,98/1,49
Andalucía	Granada	N-340	12,940	359,520	372,460	13,96/0
Andalucía	Almería	N-340	6,130	377,690	383,820	272,11/0
Valencia	Alicante	N-340	6,910	678,780	685,690	7,82/0
Valencia	Alicante	N-340	8,700	685,690	694,390	7,38/0
Valencia	Alicante	N-340	9,880	698,460	708,340	3,05/3,05
Valencia	Valencia	N-340	7,650	837,250	844,900	8,68/0
Valencia	Castellón	N-340	3,110	969,480	972,590	9,35/9,35
Valencia	Castellón	N-340	6,370	980,740	987,110	5,81/0
Cataluña	Tarragona	N-340	2,840	1087,560	1090,400	10,72/5,36
Cataluña	Tarragona	N-340	1,700	1188,540	1190,240	31,86/0
Andalucía	Cádiz	N-349	3,220	0,000	3,220	19,85/9,93
Andalucía	Sevilla	N-4	6,060	579,380	585,440	21,11/0
Andalucía	Sevilla	N-4	9,640	585,440	595,080	15,30/0
Galicia	A Coruña	N-550	6,140	5,540	11,680	3,02/3,02
Galicia	A Coruña	N-550	8,730	18,060	26,790	6,40/6,40
Galicia	A Coruña	N-550	11,530	36,610	48,140	8,48/2,12
Galicia	Pontevedra	N-550	12,200	84,400	96,600	3,04/3,04
Galicia	Pontevedra	N-550	7,230	121,750	128,980	8,73/0
Galicia	Pontevedra	N-550	9,420	142,350	151,770	6,12/0
Galicia	Pontevedra	PO-531	18,800	0,000	18,800	3,22/0,81
Murcia	Murcia	RM-303	3,000	1,100	4,100	10,03/0
			Longitud total: 485,6			

FUENTE: Asociación Española de la Carretera.

Finalizado el trabajo de gabinete, es necesario realizar un trabajo de revisión sobre el terreno en el que se analicen las características específicas de cada uno de los tramos con objeto de comprobar la idoneidad de la implantación de márgenes benignos.

Ilustración 2. Tramo de la C-243c entre el pK 1 y el pK 7,645 es un tramo peri-urbano



Fuente: Google Maps.

Ilustración 3. Tramo de la C-58 entre los pK 25 y 39, ha sido reacondicionado



Fuente: Google Maps.

Tras una primera revisión sobre el terreno resultan 29 tramos de vía en 15 carreteras (263,966 Km) distribuidos en 8 CC.AA que se recogen en la siguiente tabla.

TABLA 9. 29 POSIBLES TRAMOS DE VÍA EN LOS REALIZAR ACTUACIONES PUNTUALES PARA LOGRAR "CARRETERAS QUE PERDONAN"

CC.AA	Provincia	Carretera	Longitud del tramo	Pk _{inicio}	Pk _{final}
Pais Vasco	Álava	A-625	3,000	354,000	357,000
Pais Vasco	Álava	A-625	2,000	357,000	359,000
Galicia	A Coruña	AC-552	23,100	7,700	30,800
Galicia	A Coruña	AC-552	28,610	61,600	90,210
Cataluña	Barcelona	B-204	3,252	1,110	4,362
Cataluña	Barcelona	C-251	7,450	0,945	8,395
Cataluña	Tarragona	C-31	5,253	135,283	140,536
Cataluña	Barcelona	C-31	1,376	156,500	157,876
Cataluña	Barcelona	C-35	4,105	28,000	32,105
Cataluña	Gerona	C-66	9,400	18,000	27,400
Cantabria	Santander	CA-142	13,150	0,000	13,150
Madrid	Madrid	M-100	7,600	15,400	23,000
Madrid	Madrid	M-600	7,600	16,400	24,000
Castilla y León	Burgos	N-1	14,050	249,880	263,930
Castilla y León	Burgos	N-1	14,350	263,930	278,280
Valencia	Alicante	N-332	12,44	121,660	134,100
Valencia	Alicante	N-332	7,610	144,130	151,740
Valencia	Alicante	N-332	8,370	196,020	204,390
Valencia	Valencia	N-332	8,790	228,170	236,960
Andalucía	Cádiz	N-340	6,680	10,290	16,970
Andalucía	Granada	N-340	18,560	335,540	354,100
Andalucía	Granada	N-340	12,940	359,520	372,460
Andalucía	Almería	N-340	6,130	377,690	383,820
Valencia	Alicante	N-340	9,880	698,460	708,340
Valencia	Valencia	N-340	7,650	837,250	844,900
Cataluña	Tarragona	N-340	1,700	1188,540	1190,240
Andalucía	Cádiz	N-349	3,220	0,000	3,220
Andalucía	Sevilla	N-4	6,060	579,380	585,440
Andalucía	Sevilla	N-4	9,640	585,440	595,080
Longitud total: 263,9					

FUENTE: Asociación Española de la Carretera

En el capítulo 7 de este informe se analizan posibles solapes entre actuaciones, seleccionando aquellas de mayor rentabilidad., por lo que, finalmente, las actuaciones de "Carreteras que perdonan" se ciñen a 19 tramos en 13 carreteras (119,516 Km) en 8 CCAA.

Ilustración 4. Pk 180 de la N-IV



Fuente: Google Maps.

Para cada tramo, es necesario un análisis específico de la viabilidad y potencialidad de las carreteras que perdonan. Una posible metodología a seguir es la recogida en el Anexo 2.

5.1.2. Medidas correctoras.

5.1.2.1. Medidas para evitar o disminuir la probabilidad de accidentes por salida de vía.

Entre las medidas destinadas a evitar o reducir el número de accidentes se encuentra el mejorar el trazado y el equipamiento de las carreteras (señales verticales, marcas viales, bandas sonoras, balizamiento, iluminación, etc.). Desde un punto de vista de filosofía de trabajo, se debe garantizar el cumplimiento de los siguientes principios:

1. **Legibilidad de la vía:** garantizar que la vía y su entorno sean bien percibidos por los usuarios y bien interpretados.
2. **Credibilidad:** debe existir una coherencia entre la realidad de la vía y las expectativas que se generan al conductor.
3. **Consistencia:** proveer homogeneidad en las soluciones, evitando sorpresas, de manera que problemas similares en las carreteras se resuelvan con soluciones similares, facilitando al conductor su labor de interpretación y actuación.
4. **Carga de trabajo:** se debe limitar el esfuerzo de asimilación y decisión que requiere cada tramo de carretera en función de su trazado y cantidad de información disponible a través de la señalización, el entorno u otros elementos.

Las actuaciones de este tipo son muy frecuentes en la red viaria, dado que se trata de medidas de bajo coste que permiten no sólo reducir la accidentalidad por salida de vía, sino generar un entorno más seguro para todos los usuarios.

Entre las medidas utilizadas se encuentran las siguientes:

1. DELIMITACIÓN DE LOS MÁRGENES DE LA CARRETERA

- **Hitos de arista.** Postes de policloruro de vinilo (PVC) rígido, dotados de uno o varios elementos retrorreflectantes, que se colocan verticalmente en el margen de la plataforma de la carretera con el fin de guiar a los vehículos en condiciones de visibilidad deficiente (noche, lluvia, niebla, etc.). La altura del hito de arista sobre el pavimento debe ser de 1,05 m.
- **Marcas viales.**
- **Señalización de advertencia de peligro.**
- **Paneles direccionales en curvas.** En su cara vista son planos y generalmente de chapa de acero galvanizada. El fondo de color azul oscuro no es retrorreflectante, pero las franjas blancas sí.



- **Captafaros.** Se definen como captafaros retrorreflectantes, para utilización en señalización horizontal, aquellos dispositivos de guía óptica utilizados generalmente como complemento de las marcas viales, capaces de reflejar la mayor parte de la luz incidente por medio de retrorreflectores a fin de alertar, guiar o informar al usuario de la carretera.²



- **Bandas sonoras.** Al pisar las ruedas de los vehículos los resaltos generan un ruido y una vibración en el vehículo. La instalación de bandas sonoras dispuestas longitudinalmente, en sentido de la marcha, tanto en los arcenes como en el eje central de la calzada que delimita la separación de carriles, permite evitar salidas de vía o colisiones frontales por desplazamiento al carril contrario.

- **Marcado reflectante de árboles.** La presencia de árboles próximos a la calzada constituye un problema cuando no es posible ni su protección mediante barreras ni el replantado de los mismos. En estos casos, se procederá al marcado reflectante de los troncos de los árboles para facilitar su visibilidad.



2. PAVIMENTOS ANTI-DESLIZANTES

Los pavimentos antideslizantes mejoran la adherencia entre vehículo y pavimento reduciendo el riesgo de accidentes por deslizamiento en calzadas mojadas.

La adherencia depende de la microrugosidad y de la macrorugosidad (esta última contribuye sobre todo a reducir el hidropelaje para altas velocidades).

3. MEJORA DE LA GEOMETRÍA EN CURVAS HORIZONTALES

El radio mínimo a adoptar en las curvas se determinará, una vez establecida la velocidad de proyecto, en función de:

- El peralte y el rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada en toda su longitud.
- La coordinación del trazado en planta y alzado, especialmente para evitar pérdidas de trazado.

No existen referencias a la potencialidad de la reducción de la accidentalidad de estas medidas, dado que se trata de actuaciones de carácter general, orientadas a mejorar la seguridad global de la vía. Sin embargo, puede citarse que:

- Diversas investigaciones determinan que la instalación de bandas rugosas reducen un 29% los accidentes por colisión frontal (Aalborg University) y podría disminuir el número de fallecidos en un 67% en carreteras convencionales, según datos del Ministerio de Transportes de Estados Unidos. Según Elvik, la instalación de bandas longitudinales sonoras de separación entre calzada y arcén puede reducir los accidentes con víctimas por salida de vía hasta en un 52%.

² Pliego de condiciones técnicas particulares del proyecto de "Renovación de captafaros retrorreflectantes en la autovía A-92, A-92M, A-92G Y A-92N". (<http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/www/servlet/descargacopt?up=18611>)

- Asimismo, según Elvik, la señalización de advertencia de peligro anterior a curvas de especial riesgo puede permitir reducir el número de accidentes con víctimas en curvas en un 30%.
- Una adecuada delimitación de la carretera puede lograr una reducción de la accidentalidad entre un 10 – 25%³. Asimismo, mejorar las marcas viales ahorraría un 30% de las colisiones frontales o las salidas de vía.⁴
- Según recoge Elvik y Vaa en numerosos trabajos, científicos recogidos por ellos, la mejora en el coeficiente de rozamiento del firme puede reducir el número de accidentes con víctimas hasta en un 40% cuando la vía está mojada. En esta línea, el U.S. Department of Transportation señala que el mejorar la fricción del firme reduce los accidentes un 22% a nivel general, llegando al 40% de reducción en los accidentes por salidas de vía.

En el caso de las intersecciones, la mejora de la resistencia al deslizamiento del firme puede, en carreteras mojadas, lograr una reducción de la accidentalidad del 40-78%, según un estudio realizado en el Estado de Nueva York en 2008.

5.1.2.2. Medidas para disminuir las consecuencias de los accidentes por salida de vía.

En los casos en los que no se pueda evitar que se produzcan accidentes por salida de vía, es conveniente adoptar medidas para reducir las consecuencias del accidente en caso de que se produzca, en términos de fallecidos, heridos graves y heridos leves.

Estas medidas comprenden tanto la disminución de la probabilidad de que un vehículo que salga de la vía choque contra un obstáculo, como aquellas medidas destinadas a disminuir las consecuencias de los accidentes una vez que hayan tenido lugar.

La experiencia y las investigaciones demuestran que la situación y el diseño de los objetos situados en las proximidades de la calzada influyen de manera considerable en la severidad de los accidentes que se producen por salidas de vía. Bajo esta acción, se persigue reducir las consecuencias de los accidentes que se producen, lo que justifica el término "carretera que perdona". Para ello, se deben tratar aspectos como:

1. Dotar a la carretera de una zona despejada en el margen de la misma: "ZONA DE SEGURIDAD".

La zona despejada se puede definir como el espacio transversal comprendido entre el borde exterior de la calzada y el obstáculo, desnivel u objeto vulnerable más próximo a ella. Esta zona incluye siempre el arcén y la berma y puede comprender, además, un espacio de anchura variable o indefinido exterior a la propia vía. Esta zona permite al conductor recuperar el control del vehículo o detenerlo en caso de salida de calzada.

Ilustración 5. Zona despejada en el margen a la carretera



Fuente: Asociación Española de la Carretera.

³ Presentación "Los costes de la accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. Un criterio para la política de mantenimiento de carreteras". 17 de abril de 2013. RACC.

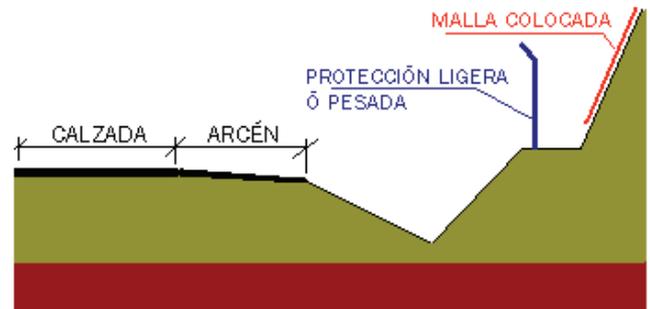
⁴ http://revista.dgt.es/es/reportajes/2016/03MARZO/0310tramos-peligrosos.shtml#_V_JcLPQYHPe.

La orografía de nuestro país no siempre permite disponer de una zona despejada de suficiente anchura, por lo que suele ser necesario buscar otras medidas que contribuyan a disminuir las consecuencias de los accidentes.

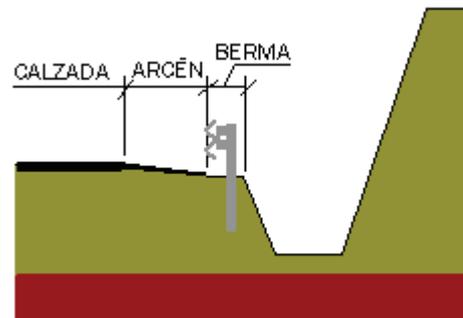
2. SUAVIZAR LAS PENDIENTES de los taludes laterales.

En los desmontes es difícil poder disponer de una zona de seguridad, pues supone un importante incremento del volumen de las excavaciones y de la anchura de la zona ocupada. Las circunstancias en las que se puede justificar esos aumentos, pueden ser:

1. La creación de despejes para aumentar el espacio útil.
2. La creación de una zona para almacenar o recoger desprendimientos localizados del talud del desmonte. Esa zona suele consistir en un cunetón; pero si el tamaño de los desprendimientos es reducido, también se puede disponer una cuneta más pequeña situada al pie del talud.
3. Utilización del material adicional excavado como préstamos.⁵
4. La berma se puede integrar en el talud de la cuneta.



Donde hay riesgo de caída de bloques procedentes del desmonte, es muy frecuente disponer cunetones (tipo Ritchie) de gran altura y profundidad, para recogerlos antes de que lleguen a la plataforma. Como su profundidad representa un peligro grave para los ocupantes de un vehículo que caiga a ellos, entre ellos y la berma se debe disponer una barrera de seguridad.



Junto con la utilización de los cunetones tipo Ritchie y de los almacenamientos de desprendimientos al pie del talud, una buena solución compatible es el empleo de unas pantallas dispuestas al pie del talud, cuyas características (especialmente resistente) se deben adecuar a la naturaleza de los desprendimientos.

Respecto a los **OBJETOS FIJOS** en el margen de la carretera se puede optar por:

- o Eliminar los objetos o trasladarlos de sitio.
- o En los casos en los que puedan ser eliminados o trasladados, se debe realizar un diseño adecuado de los mismos. Entre otros se pueden citar:
 - **Estructuras fusibles:** Son estructuras de soporte de equipamiento tales como luminarias, postes de servicio de líneas aéreas (electricidad, teléfono, etc.) o bien soportes de señales que han sido diseñados o modificados de manera que al ser impactados por un vehículo se rompan de forma controlada, generalmente por una o varias secciones debilitadas al efecto.



⁵ Si no se dispone de suficiente material procedente de la excavación en los desmontes de la traza, cuya naturaleza o estado lo haga apto para la formación de rellenos (o de cimientos del firme en los desmontes), y además esté a una distancia económicamente interesante, es preciso recurrir a obtenerlos de la excavación de un préstamo exterior a la traza que reúna esas características. En ocasiones, en lugar de excavar préstamos se puede aumentar la excavación en la traza, ampliándola o rebajando la inclinación de sus taludes; en la práctica esta excavación adicional constituye un préstamo lineal contiguo a la carretera. (FUENTE: Ingeniería de carreteras. Vol.1. Carlos Kraemer et al.)

- *Picos de flauta*: reja de metal instalada en los pasos salva-cunetas para evitar el enganchamiento de los vehículos al impactar contra ellos.
- o Protección de los obstáculos con *sistemas de contención* que absorban parte de la energía de impacto, teniendo en cuenta las necesidades de todos los usuarios, incluidos los más vulnerables, como ciclistas y motociclistas.

Para la instalación de *barreras de seguridad* debe tenerse en consideración:

1. El choque contra una barrera constituye un accidente aunque de consecuencias más predecibles y menos graves que el que tendría lugar en caso de no existir. Por ello, antes de analizar la necesidad de instalar barreras de seguridad, se valorarán otras opciones como el desplazamiento o la eliminación del obstáculo.
2. Decidido que la mejor (o única) opción es la instalación de una barrera de seguridad, se deberá estimar el tipo de accidente que se está intentando evitar (muy grave, grave o normal) y se procederá a identificar el nivel de contención necesario. Las barreras metálicas de seguridad absorben mediante su deformación parte de la energía cinética del vehículo en el momento del impacto.
3. La distancia mínima entre la barrera de seguridad y el inicio de la zona peligrosa deberá ser igual o superior a la anchura de trabajo de la barrera, siendo su valor mínimo de 0,6 metros.



Los *terminales absorbentes de energía (TAE)* se comportan frente a impactos frontales como atenuadores de impacto y ante impactos laterales como barreras de seguridad ante impactos laterales: garantizan que los ocupantes del vehículo que impacta contra ellos salgan ilesos.

En lo referente a la potencialidad de la reducción de la accidentalidad de estas medidas, se puede asumir una posible reducción de la accidentalidad y el número de víctimas mortales del 30% (Elvik, 2013).

La efectividad de la disposición de una zona de seguridad está ampliamente demostrada en diversos estudios. La tabla siguiente muestra la relación entre la anchura de la zona de seguridad y la reducción de los accidentes por salida de calzada según un estudio llevado a cabo en el Reino Unido:

Distancia incrementada en la zona de seguridad (metros)	Reducción de los accidentes por salida de calzada (%)	
	En recta	En curva
1,5	13	9
2,4	21	14
3,0	25	17
3,6	29	19
5,0	35	23
6,0	44	29

5.2. Reducción de la accidentalidad por impacto frontal y fronto- lateral: Carreteras 2+1

5.2.1. Identificación de carreteras con elevada accidentalidad por choques frontales y fronto-laterales.

El concepto de "Carretera 2+1" se remonta a Suecia a finales de la década de 1990. En 1997, el parlamento sueco redactó el plan "Visión Zero" cuyo objetivo era eliminar por completo las muertes en carretera. En dicho texto se contemplaba la construcción de vías de 2+1 carriles, materializándose la primera carretera de este tipo en 1998.

Las carreteras 2+1 se plantean para dar una solución a la accidentalidad de tipo frontal y fronto-lateral en itinerarios con tráficos elevados donde no se vaya a implantar una medida de mayor envergadura. No es realista asumir que, con vistas a mejorar la seguridad, se puede transformar la red convencional en red de gran capacidad. Además de la necesidad de enormes recursos económicos, no estaría justificado por su nivel de tráfico y tendría impactos negativos a nivel ambiental y social. Sin embargo, sí se pueden proponer soluciones innovadoras en determinados itinerarios con riesgo de accidentalidad elevado. Las carreteras 2+1 constituyen, por tanto, un paso intermedio entre las vías de gran capacidad y las vías convencionales.

Las carreteras 2+1 aseguran una menor dispersión de la velocidad de los vehículos que las recorren al estar diseñadas para facilitar los adelantamientos de los vehículos más lentos. Este tipo de carreteras consta de tres carriles de circulación en donde cada sentido de circulación alterna durante determinados kilómetros la existencia de un carril adicional, lo que reduce drásticamente el riesgo de choque frontal y fronto-lateral que se produce mayoritariamente en adelantamientos. Los beneficios de las carreteras 2+1 son múltiples:

- Reducción drástica del número de accidentes frontales, que se eliminaría en estos tramos.
- Reducción de la accidentalidad en el resto de la red debido a la existencia de tramos 2+1 donde es posible adelantar, por lo que los conductores no adoptarían conductas de riesgo adelantando en los tramos previos.

Para la identificación de aquellos tramos de carreteras con elevada accidentalidad por choques frontales y fronto-laterales se ha seguido el siguiente proceso:

- En los tramos de carretera objeto de estudio se han considerado únicamente los accidentes de choque frontal y fronto-lateral.
- Se calcula el Índice de Peligrosidad (IP) de cada uno de los tramos analizados y, con éste, un IP promedio (valor medio ponderado calculado a partir de los datos de cada tramo que componen las carreteras que han registrado accidentes por impacto frontal y fronto-lateral).

$$IP = \frac{\text{Número de accidentes con víctimas} \times 10^8}{\text{IMD} \times 365 \times \text{Longitud en Km}}$$

De los cálculos realizados se obtiene un valor de IP_{promedio} igual a 4,31

- Teniendo en cuenta los criterios empleados internacionalmente para la implantación de carreteras 2+1, se adopta el siguiente criterio:

Podrá ser considerada la implantación de tramos 2+1 en aquellas secciones que cumplan las siguientes dos condiciones:

1. El IP del tramo $\geq 1,5 * IP_{\text{promedio}}$ de los tramos analizados
2. La longitud del tramo será de al menos 5 Km con el objeto de garantizar la circulación alterna en ambos sentidos.

Como resultado del análisis anterior, se obtiene un total de 32 tramos de vía distribuidos en 19 carreteras (289,851 Km) repartidos en 11 CC.AA. (actuaciones en tramos específicos):

TABLA 10. POSIBLES TRAMOS DE CARRETERA "2+1"

CC.AA	Provincia	Carretera	Longitud del tramo	Pk _{inicio}	Pk _{final}	IP
Asturias	Asturias	AS-19	7,000	10,700	17,700	7,28
Cataluña	Barcelona	B-140	5,300	0,000	5,300	20,16
Cataluña	Tarragona	C-31	5,253	135,283	140,536	8,77
Cataluña	Barcelona	C-31	12,822	165,000	177,822	6,84
Cataluña	Gerona	C-35	5,708	61,985	67,693	14,01
Cataluña	Barcelona	C-55	8,930	18,870	27,800	7,38
Cataluña	Lérida	C-55	9,900	50,100	60,000	9,20
Cataluña	Lérida	C-55	5,345	60,000	65,345	12,02
Cataluña	Barcelona	C-58	14,233	25,008	39,241	11,92
Cataluña	Gerona	C-66	10,500	42,300	52,800	9,92
Madrid	Madrid	M-100	7,600	15,400	23,000	9,28
Madrid	Madrid	M-501	7,700	42,850	50,550	14,91
Madrid	Madrid	M-505	15,250	12,700	27,950	7,66
Madrid	Madrid	M-505	9,390	38,000	47,390	9,73
Madrid	Madrid	M-600	7,700	1,000	8,700	7,97
Madrid	Madrid	M-608	7,700	0,000	7,700	6,66
Madrid	Madrid	M-608	7,300	7,700	15,000	13,83
Castilla León	Burgos	N-1	14,050	249,880	263,930	9,23
País Vasco	Álava	N-124	7,230	31,420	38,650	11,02
Valencia	Valencia	N-332	5,210	220,850	226,060	10,79
Valencia	Valencia	N-332	9,970	236,960	246,930	13,30
Andalucía	Cádiz	N-340	6,680	10,290	16,970	11,41
Andalucía	Granada	N-340	18,560	335,540	354,100	7,45
Valencia	Alicante	N-340	6,910	678,780	685,690	7,82
Valencia	Valencia	N-340	9,950	827,300	837,250	37,77
Cataluña	Tarragona	N-340	10,170	1097,920	1108,090	7,08
Andalucía	Sevilla	N-4	6,060	579,380	585,440	10,55
Andalucía	Sevilla	N-4	9,640	585,440	595,080	9,18
Andalucía	Cádiz	N-4	11,970	615,900	627,870	6,66
Galicia	Pontevedra	N-550	12,200	84,400	96,600	9,12
Galicia	Pontevedra	N-550	7,840	108,040	115,880	9,89
Navarra	Navarra	PA-30	5,780	3,620	9,400	7,19

Long. Total: 289,8

FUENTE: Asociación Española de la Carretera.

Finalizado el trabajo de gabinete, es necesario realizar un trabajo de revisión sobre el terreno en el que se analicen las características específicas de cada uno de los tramos con objeto de comprobar la idoneidad de la implantación de "2+1" carriles de circulación. Se deben descartar aquellos tramos de vía que atraviesan zonas urbanas, aquéllos que cuentan con un elevado número de accesos, las travesías, así como aquellos en las que las características del entorno requieran inversiones desproporcionadas para la implantación de estas soluciones.

Ilustración 6. El tramo de la C-35 entre los pK 61,985 y pK 67,693 atraviesa núcleos urbanos e industriales



Fuente: Google Maps.

Ilustración 7. N-340 del pK 678,78 a pK 685,65. Numerosos accesos y travesías



Fuente: Google Maps.

Asimismo, se deben descartar aquellos tramos en los que ya ha sido aplicada la solución, como el tramo de la C-55 entre Castellbell y Manresa (pK 18 al pK 27).

Ilustración 8. Tramo de la C-55 entre el pK 18 y pK27



Fuente: Google Maps.

Tras una primera revisión sobre el terreno resultan 24 tramos de vía en 15 carreteras (229,7 Km) distribuidos en 7 CC.AA.

TABLA 11. POSIBLES TRAMOS DE VÍA EN LOS REALIZAR ACTUACIONES PUNTUALES PARA LOGRAR "CARRETERAS 2+1"

CC.AA.	PR	Carretera	Tramos en los que realizar actuaciones puntuales para obtener carreteras 2+1		
			Longitud	Pkinicio	Pkfinal
Cataluña	Barcelona	C-31	12,822	165,000	177,822
Cataluña	Lérida	C-55	9,900	50,100	60,000
Cataluña	Lérida	C-55	5,345	60,000	65,345
Cataluña	Barcelona	C-58	14,233	25,008	39,241
Cataluña	Gerona	C-66	10,500	42,300	52,800
Madrid	Madrid	M-100	7,600	15,400	23,000
Madrid	Madrid	M-501	7,700	42,850	50,550
Madrid	Madrid	M-505	9,390	38,000	47,390
Madrid	Madrid	M-600	7,700	1,000	8,700
Madrid	Madrid	M-608	7,700	0,000	7,700
Madrid	Madrid	M-608	7,300	7,700	15,000
Castilla y León	Burgos	N-1	14,050	249,880	263,930
País Vasco	Álava	N-124	7,230	31,420	38,650
Valencia	Valencia	N-332	5,210	220,850	226,060
Valencia	Valencia	N-332	9,970	236,960	246,930
Andalucía	Cádiz	N-340	6,680	10,290	16,970
Andalucía	Granada	N-340	18,560	335,540	354,100
Valencia	Valencia	N-340	9,950	827,300	837,250
Cataluña	Tarragona	N-340	10,170	1097,920	1108,090
Andalucía	Sevilla	N-4	6,060	579,380	585,440
Andalucía	Sevilla	N-4	9,640	585,440	595,080
Andalucía	Cádiz	N-4	11,970	615,900	627,870
Galicia	Pontevedra	N-550	12,200	84,400	96,600
Galicia	Pontevedra	N-550	7,840	108,040	115,880

Long. Total: 229,7

FUENTE: Asociación Española de la Carretera.

En el capítulo 7 de este informe se analizan posibles solapes entre actuaciones, seleccionando aquéllas de mayor rentabilidad. Por ello, finalmente las actuaciones de "Carreteras 2+1" se ciñen a 12 tramos en 10 carreteras (114,170 Km) en 7 CCAA.

Ilustración 9. Pk 1 de la M-608



Fuente: Google Maps.

Para cada tramo, es necesario un análisis específico de la viabilidad y potencialidad de modificación para que pueda recibir la denominación de carreteras 2+1. Entre otros, es imprescindible considerar al menos estos dos elementos:

1. Aumentar el ancho de la calzada (cuando sea necesario) para permitir la implantación de un tercer carril de circulación, y
2. Establecer una separación clara entre los sentidos de circulación con alternancia entre ambos sentidos a intervalos regulares.

Es importante tener en cuenta que no siempre será posible utilizar la calzada existente, por lo que, en estos casos, deberá considerarse el coste de la construcción de una nueva calzada, así como los costes adicionales de expropiaciones necesarias.

Ilustración 10. Tramo de carretera 2+1



Fuente: Presentación "Programa carreteras 2 + 1 GenCat". Ferran Camps Roqué. Generalitat de Catalunya.

5.2.2. Metodología para el diseño de carreteras 2+1.

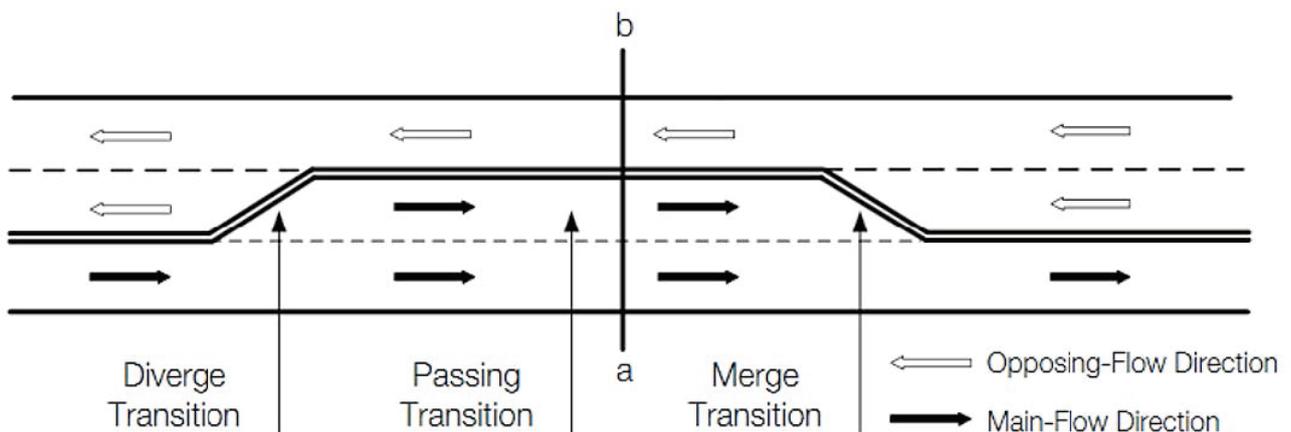
En un estudio realizado por Lee, S. K., Kim, Y. R., Moon, J. P., Choi, J. S. (2010) se analizaron las características de las carreteras 2+1 en diferentes países europeos con el fin de encontrar una configuración óptima internacional. La tabla siguiente recoge las principales características de las carreteras 2+1 en diferentes países europeos.

TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS 2+1 EN PAÍSES EUROPEOS			Suecia	Alemania	Dinamarca	Escocia	Irlanda
Límite de velocidad (Km/h)			90-100	100	80-90	Rural: 85-120, Urbana: 30-80	
Promedio anual de tráfico diario			4.000-20.000	15.000-25.000	7.000-14.000	9.800	11.600-17.250
Carril de adelantamiento (Km)			1,0-2,5	1,0-1,4	1,55	--	1,0-2,0
Ancho de carril (m)	2 carriles	1	3,25	3,25	3,25	3,5	3,5
		2	3,25	3,25-3,5	3,25	3,5	3,5
	1 carril		3,75	3.5-4.25	3,5	3,5	3,5
Ancho de arcén (m)			1,0	0.25	1,0	1,0	0,5-1,0
Longitud del área de transición crítica (m)			300	180	300	500	300
Longitud fuera de la zona de transición crítica (m)			100	≥30	--	--	50
Tipo de mediana			Cable	Marcas viales	Marcas viales	Marcas viales	Cable

Fuente: Lee, Kim, Moon (2010)

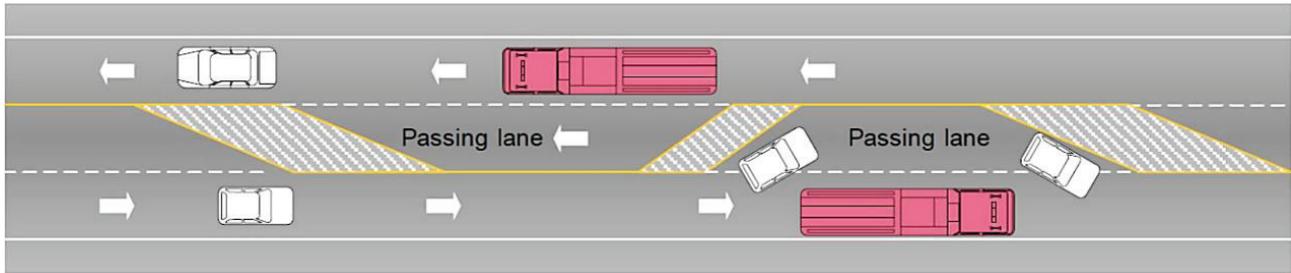
La siguiente figura muestra una sección tipo de carretera 2+1, configuración que se irá repitiendo a lo largo de toda la longitud del tramo.

Ilustración 11. Sección tipo para carretera 2+1 en Europa



Fuente Brewer, Venglar (2010)

Ilustración 12. Representación gráfica de una carretera 2+1



Fuente: Lee, Kim, Moon and Choi.

Brewer, M (2003) elabora un conjunto de recomendaciones para una correcta señalización de las carreteras 2+1:

- o Señales de aviso, colocadas con suficiente antelación, con el fin de advertir a los conductores de la presencia de nuevos carriles con anterioridad.
- o Señal que indique que el carril izquierdo es sólo de adelantamiento.
- o Señal de fin de carril de adelantamiento próximo a extinguirse.
- o Finalizada la sección de 2 carriles, señal en la que se indique la distancia del próximo carril de adelantamiento.

Ilustración 13. Ejemplo de diseño de carretera 2+1 en Alemania



Fuente: "Friendly and safe for Users -2+1 Lane Case Study" Dr. Ing. Thomas Jährig.

Potencial de reducción de accidentalidad:

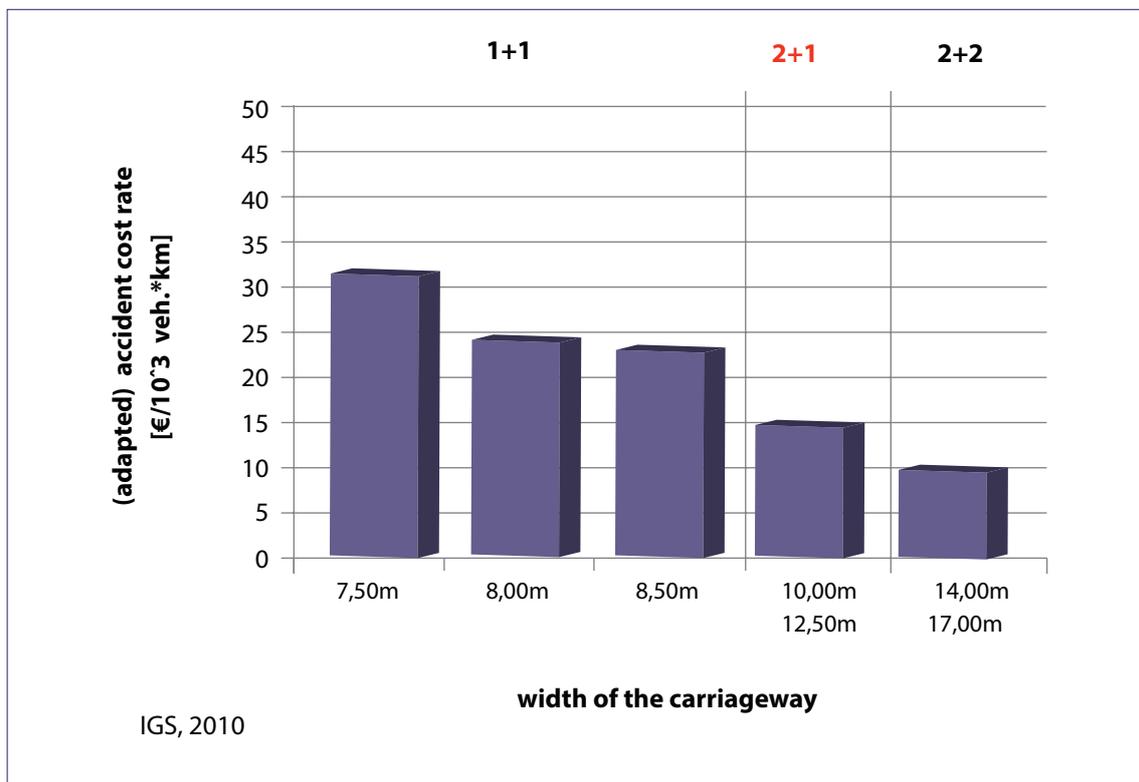
A petición de la Swedish National Road Administration, Bergh, T. y Carlsson, A. realizaron en 2010 un análisis sobre la transformación de carreteras de un solo carril por sentido a carreteras 2+1. Entre los resultados obtenidos, citar:

- o La transformación de vías convencionales de un carril por sentido en carreteras 2+1 es 3 veces más económica que la transformación en vías de dos carriles por sentido.
- o Una drástica reducción de la accidentalidad.
- o Aumento de las velocidades de circulación.

Las estimaciones operacionales, realizadas en el estudio publicado por Lee, S. K., Kim, Y. R., Moon, J. P., Choi, J. S. demostraron que la velocidad media de una carretera convencional después de su transformación en carretera 2+1 aumenta hasta unos 19 Km/h y se elimina casi el 10% de la demora.

Numerosos estudios han puesto de manifiesto la mejora de la seguridad vial obtenida con las carreteras 2+1 (Meewes, 1984; Brannolte, 1992; GDV, 2002; Webwe, 2005). En Suecia, los resultados muestran una mejora espectacular de las tasas de accidentalidad. Así, la tasa de accidentes mortales en carreteras interurbanas, con limitación de velocidad de 90 Km/h, oscila entre 5,5 y 7,5 muertos por millardo de kilómetros, según exista o no arcén. Cuando se realiza la adaptación a la solución 2+1 dicha tasa disminuye (de media) a 2 si la velocidad continúa limitada a 90 Km/h y a 3 cuando se establece en 110 Km/h. Por tanto, las carreteras de tipo 2+1 y con velocidad limitada a 90 Km/h presentan menos de accidentes mortales en función del tráfico que las autopistas con una velocidad limitada a 110 Km/h.

Gráfica 12. Comparativa de los ratios de coste de los accidentes según la anchura de la calzada



Fuente: "Friendly and safe for Users -2+1 Lane Case Study" Dr. Ing. Thomas Jählig.

El Proyecto NCHRP 20-7 evaluó los resultados de la implantación de carreteras 2 + 1 en Europa obteniéndose los siguientes resultados:

- o En Alemania, las carreteras 2 + 1 operan con ratios de accidentalidad un 36% inferiores a las carreteras convencionales de dos carriles.
- o En Finlandia, se estima que las carreteras 2+1 operan con ratios de accidentalidad entre un 22% y un 46% inferiores que las carreteras convencionales de dos carriles.
- o En Suecia, se observó una reducción del 55 % en accidentes mortales y con heridos con la aplicación de carreteras 2 + 1 en las que se utilizan barreras de cable para la separación de los sentidos de circulación.

La tabla siguiente resume la reducción de la accidentalidad asociada a las carreteras 2+1:

TABLA 13. COMPARATIVA SOBRE LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DE LAS CARRETERAS 2+1

PAÍS	LONG. DE CARRETERA	TRÁFICO MEDIO ANUAL	REDUCCIÓN DE LOS ACCIDENTES			SEPARACIÓN DE SENTIDOS MEDIANTE BARRERA DE CABLE
			Mortales	Con víctimas	Totales (incluidos con solo daños materiales)	
Suecia	950 Km	4-20.000	50%+	40%	aumento	Sí
Finlandia (teórico)	--	--	46%	25%		Sí
	48 Km	<14.000	0%	11%		No
Alemania	360 Km	15-25.000		36%	28%	No
Dinamarca	24 Km	7-15.000	67%	0%	(+16%)	No
EE.UU	--	--	--	24%		No

Fuente: "Operating characteristics and economic evaluation of 2+1 lanes with or without intelligent transport systems assisted merging".

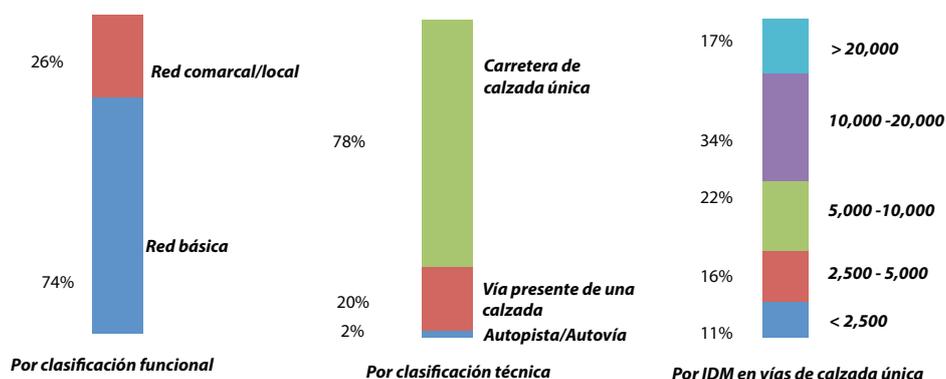
Las carreteras 2+1 en España.

Además de las referencias en otros países europeos, ya existen ejemplos de aplicación de carreteras 2+1 en España, concretamente las implantadas por la Generalitat de Cataluña.

Un estudio de localización de los accidentes frontales mortales en la Generalitat de Cataluña, puso de manifiesto que:

- El 74% de los accidentes frontales mortales se concentran en el 28% de la red básica.
- El 20% de los accidentes frontales mortales tienen lugar en el 5% de las vías preferentes (276 Km).
- El 73% de los accidentes frontales mortales ocurren en carreteras de calzada única con IMD superior a 5000 veh/día.

Gráfica 13. Localización de los accidentes frontales mortales en la Generalitat de Cataluña

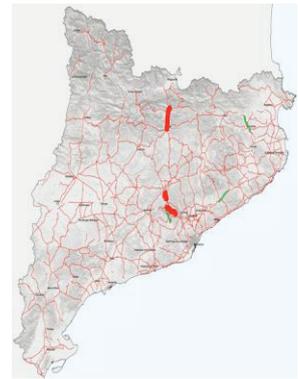


Fuente: Presentación "Programa carreteras 2 + 1 GenCat". Ferran Camps Roqué. Subdirector General de Explotación Viaria.

Con el fin de mejorar estas cifras, durante los años 2015 y 2016 se ha puesto en marcha un plan para mejorar y modernizar 80 kilómetros de carreteras convencionales mediante una inversión de 28 M€.

- 4 obras en ejecución: Se transformarán en carreteras "2+1" 4 tramos de la red básica (40,9 Km de longitud total).
 - o IMD entre 18.000 y 29.000 veh/día.
 - o 15,6 M€ de inversión.

- o 9 accidentes mortales al año.
- o El 60% de estos accidentes mortales son frontales.
- o Coste anual accidentes frontales: 13,4 M€.
- 5 proyectos en redacción: con los que se mejorarán 39 Km de red con una inversión de 12,8 M€.



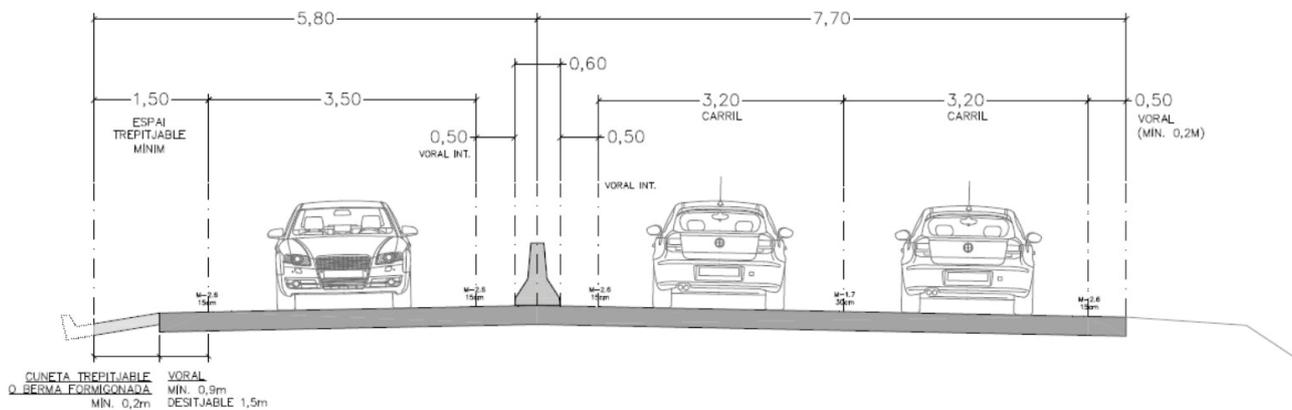
Una de las obras en ejecución es el tramo de la C-55 que va de Castellbell a Manresa:

- 8 Km. de longitud total.
- Inversión: 4,4 M€.
- Terreno llano .
- 4 enlaces a diferente nivel.
- Itinerario alternativo autopista C-16 peaje.
- 555 metros travesía de Castellgalí.
- IMD 29.000 veh/día.
- 4 accidentes mortales y 4 graves al año.
- El 50% de los accidentes mortales son frontales.



La gráfica siguiente muestra las principales características de la sección transversal del tramo de carretera 2+1:

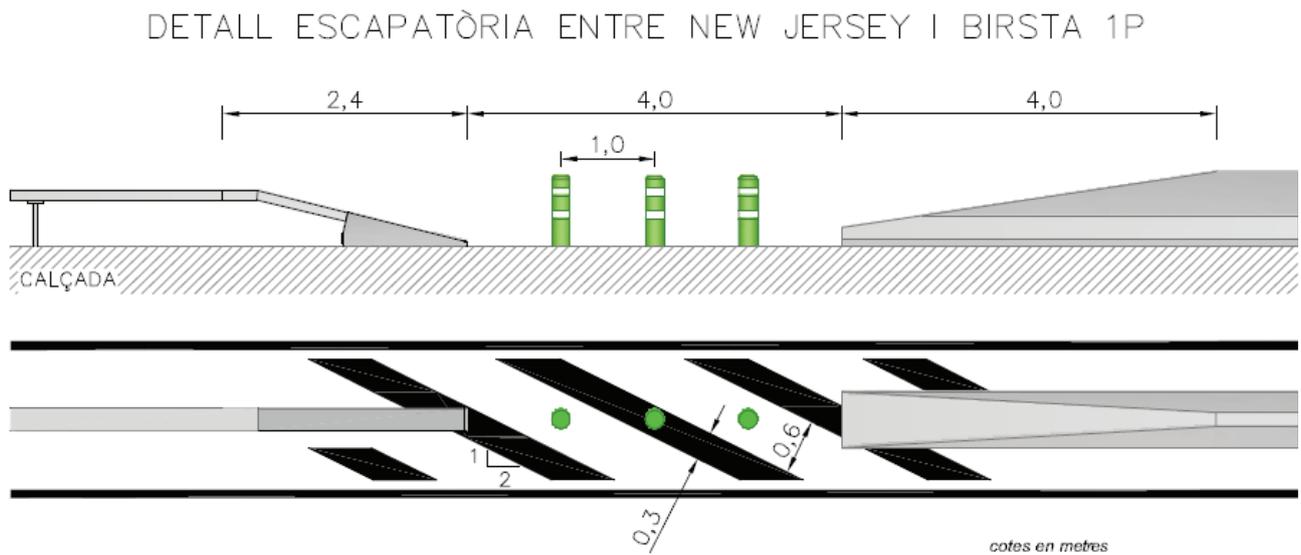
Gráfica 14. Sección 2+1 de la carretera C-55



Fuente: Presentación "Programa carreteras 2 + 1 GenCat". Ferran Camps Roqué. Subdirector General de Explotación Viaria.

- Por condiciones de explotación, la semiplataforma pisable mínima es de 5,5m, lo que supone una sección de 12 a 13,5 m de ancho en tramos 2+1 y de 11,6 m de anchura en tramos 1+1.
- La separación física entre sentidos de circulación se realizará mediante barreteras de hormigón prefabricada en tramos rectos y barrera metálica en tramos curvos.
- Para facilitar las operaciones de gestión de tráfico y emergencias se instalarán barreteras desmontables en 5 puntos.
- En 10 puntos se dejarán aperturas fijas de paso marcadas por balizas, destinadas a emergencias y cruce de usuarios no motorizados.

Gráfica 15. Balizamiento de la apertura fija de paso



Fuente: Presentación "Programa carreteras 2 + 1 GenCat". Ferran Camps Roqué. Subdirector General de Explotación Viaria.

- En los dos tramos largos de semicalzada en los que no hay posibilidad de adelantamiento se instalarán apartadores para la realización de paradas de emergencia.

Ilustración 14. Apartadores para paradas de emergencia



Fuente: Presentación "Programa carreteras 2 + 1 GenCat". Ferran Camps Roqué. Subdirector General de Explotación Viaria.

5.3. Carreteras con tramos de especial peligrosidad.

5.3.1. Identificación de carreteras con tramos de especial peligrosidad.

Conocer las causas de los accidentes tráfico y evaluar los efectos de los factores que intervienen en los mismos es fundamental para lograr una mejora de la seguridad vial. Una primera aproximación descriptiva al estudio de los accidentes se logra mediante el análisis estadístico de los datos de accidentalidad. La investigación detallada junto con el uso de modelos estadísticos facilita una mayor comprensión de los factores causales de los mismos.

Los modelos estadísticos permiten *explicar* el efecto de los factores que intervienen en un accidente y *predecir* el comportamiento de los accidentes según las variables que intervienen en el modelo. Para la mejora de la seguridad vial, la variable de mayor interés es la frecuencia de los accidentes, es decir, el número de accidentes que tienen lugar en un tiempo y espacio determinado.

Sin embargo, la aleatoriedad y dispersión de los accidentes conlleva a que, en ocasiones, estos se concentren en determinados emplazamientos conocidos como tramos de concentración de accidentes y puntos negros.

Para la Dirección General de Tráfico, se define "PUNTO NEGRO" como "aquel emplazamiento perteneciente a una calzada de una red de carreteras, en el que durante un año natural se hayan detectado 3 o más accidentes con víctimas con una separación máxima entre uno y otro de 100 metros".⁶

Actualmente, el concepto de punto negro ha sido desplazado por el de "TRAMO DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES" (TCA), definido por el Ministerio de Fomento como "Tramo de carretera de longitud no superior a 3 Km, salvo excepciones justificadas, que lleve en explotación más de tres años, en el que las estadísticas de accidentes registrados indican que el nivel de riesgo de accidente es significativamente superior al de aquellos tramos de la red con características semejantes"⁷, especificándose que "...Para cada una de las categorías de tramos semejantes, se calcularán los índices de peligrosidad medios (accidentes con víctimas/10⁸ veh-Km) de los tramos incluidos en ella a lo largo del periodo considerado para la identificación de TCA y se determinará el límite superior del intervalo de confianza del 99 % de la distribución de estos valores. Este límite se considerará como umbral mínimo para la identificación de TCA en la categoría correspondiente...", "...Se identificarán como TCA aquellos tramos en los que el índice de peligrosidad resulte superior al umbral de su categoría siempre que a lo largo de los tres últimos años del periodo considerado se hayan registrado en ellos más de 5 accidentes con víctimas en los tramos pertenecientes a carreteras convencionales o más de 10 accidentes con víctimas en los pertenecientes a carreteras de gran capacidad..."⁸

En España, la mayor parte de las Administraciones Autonómicas de Carreteras disponen de una definición y metodología propia para la identificación y tratamiento de los TCA en su red de carreteras. Sin embargo, a pesar de la falta de homogeneidad en la definición, el concepto es el mismo en todos los casos: identificar y gestionar los tramos de red cuyos registros de accidentalidad son superiores a la media.

Considerando lo anterior, y con el fin de realizar un estudio lo más homogéneo posible en la red de carreteras convencionales de España, se ha partido del listado de tramos de carreteras convencionales especialmente peligrosas que publica periódicamente la Dirección General de Tráfico (DGT). El primer listado fue publicado en julio de 2015 y, desde entonces, ha sido actualizado en 3 ocasiones (octubre de 2015, enero de 2016 y abril de 2016). La DGT busca con la publicación de estos tramos que la totalidad de los navegadores los incorporen en sus bases de datos para que los conductores estén informados y puedan extremar la precaución cuando circulen por estos trayectos.

La DGT ha localizado un total de 1.331 tramos especialmente peligrosos, 25.618 Kms, siendo la longitud media del tramo de 19,25 Kms. Para su elaboración, se ha realizado un seguimiento pormenorizado de todos los accidentes graves, con víctimas mortales o que necesitaron hospitalización, que han tenido lugar en vías secundarias, incluyendo el número de accidentes en general y la velocidad media de circulación.⁹ La velocidad es uno de los componentes fundamentales en un accidente, pues determina en mayor o menor medida la gravedad y grado de lesión de las víctimas, de ahí la importancia de que sea controlada de forma efectiva.

⁶ Instrucción DGT 01/TV-29.

⁷ Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

⁸ Orden Circular 30/2012 por la que se aprueban las Directrices de los procedimientos para la gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

⁹ <http://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2016/20160429-dgt-actualiza-listado-tramos-vias-convencionales-peligrosos-circular.shtml>

Ilustración 15. Nueva señalización para tramos de carretera especialmente peligrosos



FUENTE: DGT.

Tanto Cataluña como el País Vasco tienen competencia en seguridad vial, por lo que la DGT no mide la accidentalidad en sus redes y, por tanto, no estima tramos especialmente peligrosos en dichas Comunidades Autónomas.

En Cataluña, el Servei Català de Trànsit publica anualmente el "Anuario estadístico de accidentes de tráfico en Cataluña" en el que se recogen los datos de accidentalidad globales tanto en vía urbana como interurbana. En dicho anuario se recoge un ranking de los 10 tramos más inseguros, aquellos con mayor índice de peligrosidad, listado considerado en este estudio.

En el País Vasco, se han utilizado los últimos datos (años 2012 y 2013) de tramos de concentración de accidentes y zonas de concentración de accidentes recogidos por las respectivas Diputaciones Forales.

Para la identificación de los tramos de carreteras convencionales considerados de especial peligrosidad en este estudio se han comparado:

- los tramos de carretera objeto de estudio, es decir, aquellos con un tráfico superior al percentil 80% tanto de IMD total como IMD de pesados.
- los tramos especialmente peligrosos identificados tanto por la Dirección General de Tráfico (DGT) como por el Servei Català de Trànsit y el Gobierno Vasco.

Como resultado del análisis anterior se obtiene un total de 42 tramos de vía de especial peligrosidad distribuidos en 24 carreteras (887,098 Km especialmente peligrosos) repartidos en 11 CC.AA.:

Carretera	CC.AA	Provincia	Tramos de tráfico superior al percentil 80% de IMDtotal y de IMDpesados			Tramo de especial peligrosidad		
			Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}	Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}
A-625	País Vasco	Álava	10,500	354,000	364,500	1,6	355,4	357
AC-552	Galicia	A Coruña	30,800	0,000	30,800	13,92	2,14	16,06
			59,410	30,800	90,210	54,74	34,08	88,82
AS-117	Asturias	Asturias	55,800	5,000	60,800	17,57	5,00	22,57
AS-19	Asturias	Asturias	19,830	0,000	19,830	16,57	0,13	16,70
CA-142	Cantabria	Santander	26,300	0,000	26,300	27,04	0,00	27,04
CA-147	Cantabria	Santander	10,000	0,000	10,000	7,41	0,00	7,41
CV-13	Valencia	Castellón	2,800	0,000	2,800	13,03	3,27	16,30

Carretera	CC.AA	Provincia	Tramos de tráfico superior al percentil 80% de IMDtotal y de IMDpesados			Tramo de especial peligrosidad		
			Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}	Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}
CV-84	Valencia	Alicante	7,400	0,000	7,400	6,29	0,00	6,29
			3,450	11,800	15,250			
M-206	Madrid	Madrid	18,080	0,000	18,080	1,67	16,18	17,85
M-300	Madrid	Madrid	32,490	0,000	32,490	20,31	5,28	25,59
M-408	Madrid	Madrid	5,570	0,000	5,570	5,57	0,00	5,57
M-505	Madrid	Madrid	47,390	0,000	47,390	19,18	27,59	46,77
M-608	Madrid	Madrid	45,150	0,000	45,150	17,31	0,00	17,31
M-609	Madrid	Madrid	5,320	0,000	5,320	1,52	3,80	5,32
N-1	Castilla y León	Burgos	31,500	246,780	278,280	28,05	249,46	277,51
			43,170	278,280	321,450	16,49	278,22	294,71
N-124	País Vasco	Álava	5,280	24,220	29,500	1,00	25,9	26,9
			9,150	29,500	38,650	1,00	37,3	38,3
	La Rioja	La Rioja	7,040	39,010	46,050	7,04	39,01	46,05
N-332	Murcia	Murcia	1,200	38,800	40,000			
			4,260	40,000	44,260	2,00	42,26	44,26
	Comunidad Valenciana	Alicante	17,838	80,102	97,940	15,70	80,10	95,80
			84,890	119,500	204,390	84,89	119,50	204,39
		Valencia	21,670	204,390	226,060	21,67	204,39	226,06
			40,160	228,170	268,330	22,11	228,98	251,09
N-340	Andalucía	Cádiz	6,680	10,290	16,970			
			10,550	24,000	34,550			
			67,460	34,930	102,390	67,42	34,97	102,39
	Málaga	7,450	295,230	302,680				
		51,420	302,680	354,100	51,40	302,70	354,10	
		Granada	18,170	359,520	377,690			
			6,130	377,690	383,820			
	Valencia	Almería	29,560	678,780	708,340	29,47	678,87	708,34
			9,930	721,120	731,050			
		Alicante	9,180	786,860	796,040			
0,650			805,800	806,450				
12,090			814,320	826,410	8,43	817,98	826,41	

¹⁰ Ver apartado 3.2. "Evolución del tráfico en la Red de Carretera Convencional".

TABLA 14. POSIBLES TRAMOS DE ELEVADA PELIGROSIDAD EN LOS QUE REALIZAR ACTUACIONES PARA LA MEJORA DE SU SEGURIDAD VIAL

Carretera	CC.AA	Provincia	Tramos de tráfico superior al percentil 80% de IMDtotal y de IMDpesados			Tramo de especial peligrosidad		
			Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}	Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}
			17,600	827,300	844,900			
			4,840	935,930	940,770			
		Castellón	33,930	940,770	974,700	17,81	956,89	974,70
			83,740	974,700	1058,440	64,05	975,08	1.039,13
			82,040	1058,440	1140,480			
		Tarragona	1,800	1144,790	1146,590			
	Cataluña		6,250	1154,275	1160,525			
			32,290	1170,990	1203,280			
		Barcelona	40,430	1203,280	1243,710			
			4,390	144,780	149,170			
		Castilla La Mancha	2,060	230,420	232,480			
			1,160	244,000	245,160			
		Sevilla	59,090	556,810	615,900	48,02	558,44	606,46
			11,970	615,900	627,870	8,35	619,52	627,87
		Andalucía	0,550	632,040	632,590			
		Cádiz	1,290	643,570	644,860			
			54,130	3,600	57,730	7,23	50,50	57,73
		A Coruña	14,840	68,690	83,530	14,63	68,69	83,32
N-550	Galicia		33,810	83,530	117,340	25,84	91,50	117,34
		Pontevedra	20,600	121,750	142,350	17,35	121,76	139,11
			13,490	142,350	155,840	13,10	142,74	155,84
N-638	País Vasco	Guipúzcoa	155,840	0,000	2,350	1,5	0,5	2
PO-531	Galicia	Pontevedra	18,800	0,000	18,800	12,50	6,06	18,56
PO-552	Galicia	Pontevedra	71,220	0,000	71,220	70,13	1,59	71,72
			6,900	0,400	7,300	6,19	0,00	6,19
RM-303	Murcia	Murcia	1.648,778			887,098		

Fuente: Asociación Española de la Carretera

5.3.2. Priorización y seguimiento

Una vez identificados los tramos de especial peligrosidad, se deben analizar la tipología y circunstancias de los accidentes que tienen lugar en los mismos, con el objeto de conocer, de manera fiable, los aspectos de la vía, del entorno o del comportamiento de los usuarios que han podido influir en la ocurrencia de los mismos. Esto permitirá identificar las pautas de accidentalidad más frecuentes y, definir sobre qué aspectos concretos de las mejoras de la seguridad vial es necesario incidir.

Para cada uno de los tramos identificados se determinará la solución más adecuada con su correspondiente coste estimado. En algunos casos, la solución puede que no sea única debiéndose incluir, por tanto, los costes estimados de cada posible medida a aplicar así como un estudio comparativo desde el punto de vista de la seguridad, permitiendo valorar la solución más adecuada y viable.

En función de la asignación presupuestaria y de la eficacia esperada de la misma, se establecerán las prioridades en el orden de las actuaciones a realizar. Esto permite la optimización de los recursos disponibles actuando en aquellos tramos que realmente lo requieren.

Para garantizar la efectividad de las medidas utilizadas en la mejora de la seguridad vial de estos tramos de especial peligrosidad, es necesario realizar un seguimiento de las mismas comparando la seguridad del tramo antes y después de haber realizado el tratamiento.

Por tanto, la efectividad de un tratamiento puede medirse en términos de diferencia de accidentes en el emplazamiento antes y después del mismo. Es importante considerar que los resultados obtenidos pueden estar afectados por aspectos como:

- Las variaciones aleatorias de la frecuencia de los accidentes.
- Los cambios en la frecuencia de los accidentes pueden deberse a factores sistemáticos diferentes al tratamiento.
- El efecto de la regresión hacia la media.

Para ello, es recomendable definir **INDICADORES DE SEGURIDAD VIAL**, directamente relacionados con la accidentalidad y fácilmente medibles, de manera que el seguimiento de los valores de estos indicadores permita conocer la evolución del nivel de seguridad alcanzado en el tramo analizado.

La importancia de un indicador de seguridad vial reside en su relación con el número de accidentes que tienen lugar o la gravedad de sus consecuencias y en la facilidad de medir esa relación. Entre los posibles indicadores a utilizar, citar:

- Evolución anual del número de tramos de especial peligrosidad.
- Número de tramos tratados.
- Evolución del número de víctimas en dichos tramos.
- Inversiones realizadas en el tratamiento de los tramos de especial peligrosidad.

La repercusión que un cambio en el valor de un indicador provoca sobre los niveles de accidentalidad es lo que se conoce como "riesgo atribuido" al indicador y debe servir para medir su importancia.

La realización de estudios coste/beneficio de cada una de las actuaciones realizadas en los tramos de especial peligrosidad permite disponer en un plazo medio de tiempo de una base de datos de eficiencia de las diferentes medidas aplicadas que permitiría una optimización de los recursos disponibles.

Potencial reducción de la accidentalidad.

El Manual de Medidas de Seguridad Vial (Elvik, R., 2013) indica, según estudios realizados en Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Noruega, Dinamarca, Francia, Alemania y Australia, que las actuaciones realizadas en tramos de concentración de accidentes traen consigo reducciones del 28% en el número de accidentes con víctimas.

En España no es posible establecer una valoración global del número de TCA y de la accidentalidad que en ellos se produce dada la falta de una definición a nivel global, así como las diferentes políticas de identificación y gestión de los tramos peligrosos en diferentes redes.

5.4. Medidas que mejoran la seguridad vial en las carreteras

En la ocurrencia de la mayoría de los accidentes concluyen diferentes factores, siendo el factor humano casi siempre el principal. En los últimos años, la experiencia de países como Suecia, Holanda, Reino Unido o España, que han reducido significativamente sus cifras de accidentalidad, muestra que el factor infraestructura, en su constante interacción con el factor usuario y demás factores, desempeña un papel clave. Desde la carretera es posible promover determinados comportamientos más seguros, conscientes o no, por parte del usuario. Las condiciones de la circulación desempeñan, asimismo, un papel clave en la seguridad.

En las carreteras, los accidentes pueden deberse principalmente a problemas debidos a la propia morfología de la vía o al entorno.

Los problemas referidos a la propia morfología de la carretera, es decir su trazado, pueden requerir una modificación estructural de la vía como, por ejemplo, separación de carriles, construcción de circunvalaciones, de variantes o quizá modificaciones de curvas, intersecciones o enlaces, o bien necesitar soluciones de obra menos importantes, como puede ser la utilización de firmes especiales, eliminación de obstáculos, instalación de isletas, carriles adicionales, etc.

En el caso de que los problemas de accidentalidad sean debidos a condiciones del entorno se pueden clasificar en dos categorías:

- Si son debidos a circunstancias atmosféricas, nieve, lluvia intensa, luminosidad, etc. pueden utilizarse medidas como la colocación de captafaros, iluminación, estriado de la calzada, etc.
- Si los problemas se deben a las características del terreno próximo a la carretera, como por ejemplo precipicios, cascadas urbanas cercanas, industrias, emisiones de humos, etc. se pueden colocar barreras de seguridad, pantallas, señalización, etc.

Desde un punto de vista económico, las actuaciones de mejora de la seguridad vial se pueden clasificar en dos grupos:

1. Actuaciones con un bajo coste relativo, de las que se espera una alta rentabilidad en términos de reducción de accidentalidad, conocidas como Medidas de Bajo Coste (MBC).
2. Actuaciones con un mayor coste económico y de aplicación en el medio - largo plazo.

5.4.1. Medidas de Bajo Coste (MBC)

5.4.1.1. Definición de MBC

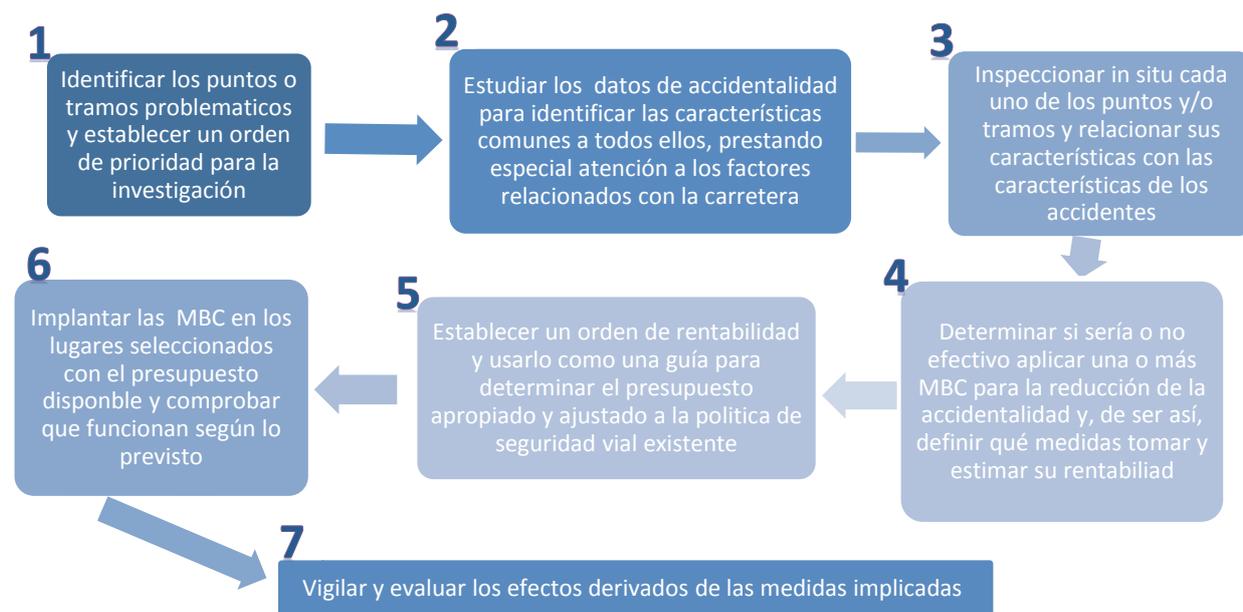
Son consideradas medidas de bajo coste (MBC) aquellas medidas que permiten aumentar la seguridad del sistema viario y que cumplen las siguientes propiedades:

1. BAJO COSTE ECONÓMICO, lo que permite su implantación incluso en tramos con baja intensidad del tráfico.
2. RÁPIDA IMPLANTACIÓN, normalmente, pueden ser implantadas a menudo en días o pocas semanas debido a la pequeña escala de la mayoría de las mismas y al hecho de que se puedan llevar a cabo dentro de los límites existentes de la carretera.
3. ALTA TASA DE RENTABILIDAD. El hecho de que los beneficios de estas medidas se amorticen rápidamente, gracias al ahorro de accidentes, significa que ofrecen una alta rentabilidad incluso en zonas donde se prevé una modificación a gran escala a corto plazo.

Con la utilización de estas medidas, se busca reducir los accidentes haciendo que las carreteras y el tráfico sean más comprensibles para los conductores y otros usuarios.

La metodología para trabajar con MBC, basada en los accidentes, es la siguiente:

Ilustración 16. Metodología para trabajar con medidas de bajo coste (MBC)



Fuente: Asociación Española de la Carretera.

La técnica principal para evaluar una MBC concreta es el "estudio del antes y el después", la comparación de los accidentes después de implantar la MBC con los que se hubieran producido si no se hubiera aplicado. Esta evaluación debe realizarse con procedimientos estadísticos adecuados de manera que los resultados no se vean distorsionados por fenómenos no directamente imputables a la medida implantada entre los que destacan los denominados: regresión a la media y migración de los accidentes.

La utilización de MBC permite prevenir, entre otros, los accidentes por salida de la calzada, reducir la posibilidad de que el vehículo vuelque o impacte contra un obstáculo y, en caso de que esto se produzca, disminuir la gravedad de las lesiones. La Dirección General de Tráfico estimó, en un estudio sobre 20 medidas de bajo coste, que:

- evitan el 11% de los accidentes, el 33% de los fallecidos y el 35% de los heridos graves,
- el 70% de estas medidas tienen un coste inferior a 30.000 € y el 23% no superan los 150.000 €.

Entre las MBC más rentables se encuentran:

TABLA 15. MEDIDAS DE BAJO COSTE (MBC)	
TIPO DE MBC	PROBLEMA - BENEFICIO OBTENIDO
<ul style="list-style-type: none"> • Firms antideslizantes. • Mejora del coeficiente de rozamiento. • Tratamiento antideslizante. • Eliminación de zonas encharcadas. 	ROZAMIENTO P: Accidentes por deslizamiento de los vehículos. S: Aumento de la resistencia al deslizamiento de los vehículos.
<ul style="list-style-type: none"> • Iluminación. • Eliminación de plantaciones. • Incrementos de las distancias de visibilidad. • Pequeñas actuaciones en desmonte. 	VISIBILIDAD P: Condiciones de visibilidad deficientes. S: Permite a los conductores tomar, con mayor seguridad, decisiones sobre adelantamientos y disponer de un mayor tiempo de reacción ante situaciones imprevistas.

<ul style="list-style-type: none"> • Marcas viales con resaltos en bordes de calzada. • Bandas transversales rugosas. • Captafaros. • Marcas reflectantes. 	<p>SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL</p> <p>P: Condiciones de visibilidad deficientes.</p> <p>S: Permiten advertir al conductor anticipadamente, reduciendo el número de accidentes nocturnos cuando no existen postes de alumbrado.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la señalización vertical. • Señalización vertical destellante. • Instalación y modificación de señales de control. • Paneles direccionales en curvas. 	<p>SEÑALIZACIÓN VERTICAL</p> <p>P: Condiciones de visibilidad deficientes.</p> <p>S: Permiten advertir al conductor anticipadamente, son fácilmente comprensibles por todos los conductores y su visibilidad es buena incluso en situaciones meteorológicas adversas o durante la noche.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de barreras -barreras "aptas" para motocicletas y ciclomotores. • Sustitución de barreras en mal estado. 	<p>ELEMENTOS DE CONTENCIÓN</p> <p>P: Los accidentes por salida de vía pueden tener consecuencias más graves si el margen no se encuentra bien protegido.</p> <p>S: Evitan las salidas de vía de los vehículos así como el choque con elementos próximos a la carretera que agravarían las consecuencias de los accidentes.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Balizas. • Hitos de arista. 	<p>BALIZAMIENTO</p> <p>P: Condiciones de visibilidad deficientes.</p> <p>S: Delimitar los bordes de la carretera y puntos singulares, sobre todo en aquellas vías que no cuentan con iluminación, disminuyendo los accidentes por salidas de vía.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de cunetas. • Eliminación de obstáculos. 	<p>MÁRGENES</p> <p>P: Los accidentes por salida de vía pueden tener consecuencias más graves si el margen no se encuentra bien protegido.</p> <p>S: Drenaje adecuado de la carretera. Facilitar la reincorporación a la vía en caso de accidente. Facilitar la recuperación del control del vehículo en caso de salida de la calzada.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Carriles exclusivos para giros. • Construcción de carriles reversibles. • Mejora del final de los carriles adicionales. • Carriles para bicicletas. 	<p>CARRILES</p> <p>P: Conflictos entre vehículos que utilizan la calzada.</p> <p>S: Facilita la circulación de los vehículos, así como de los diferentes usuarios de la vía.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Mejoras locales del trazado. • Modificación del peralte. • Estrechamientos. 	<p>TRAZADO</p> <p>P: Falta de visibilidad, salidas de vía, cambios de rasante... Pérdida de control del vehículo en curvas. Exceso de velocidad en el tramo.</p> <p>S: Aumentar la seguridad de circulación. Reducciones de hasta 19 Km/h en la velocidad de los vehículos con un ancho de 2'5 m. Se puede conseguir sólo con señalización horizontal.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de pequeñas glorietas. • Transformación de intersecciones. • Mejora de intersecciones. • Mejora de enlaces. • Mejora de accesos. • Canalizaciones. 	<p>ENLACES E INTERSECCIONES</p> <p>P: Zonas que presentan dificultades de giro y cruces.</p> <p>S: Facilitar a los conductores una comprensión más clara de cómo debe operar en la intersección o enlace, facilitando sus movimientos y aumentando la seguridad.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Badenes. • Resaltos. • Franjas transversales de alerta. • Almohadas. • Lomos. • Estrechamientos de carriles. 	<p>VELOCIDAD</p> <p>P: Exceso de velocidad de los vehículos.</p> <p>S: Reducción obligatoria de la velocidad de los vehículos y por tanto reducción de accidentes.</p>

Ilustración 17. Medidas de bajo coste (MBC)



Fuente: Revista tráfico y Seguridad Vial Nº 206 /2011, página 41

5.4.1.2. Experiencias en la aplicación de las MBC.

Diversos estudios e investigaciones reflejan la mejora de la seguridad vial lograda mediante la implantación de MBC:

- Instalación de **bandas sonoras (fresadas)** dispuestas longitudinalmente, en sentido de la marcha, tanto en el borde de la calzada como en el eje central de la calzada que delimitan la separación de carriles, con el objetivo de evitar salidas de vía o colisiones frontales por desplazamiento al carril contrario, reducen un 29% los accidentes por colisión frontal (Aalborg University) y podrían disminuir el número de fallecidos en un 67% en carreteras convencionales, según datos del Ministerio de Transportes de Estados Unidos.

En Suecia, se ha logrado una reducción del 17% en el número de fallecidos en accidentes de tráfico.

Ilustración 18. Banda sonora fresada en el eje de la calzada.



Fuente: Ponencia "El reto de mejorar la seguridad en la red convencional. Áreas de mejora de la circulación". Jaime Moreno García-Cano. Subdirección General de Gestión de la Movilidad. DGT.

- La limitación de los adelantamientos en tramos de concentración de accidentes situados en vías convencionales mediante la implantación de la **doble línea continua** reforzada con líneas más anchas y balizadas, cuando fuera posible, evita un 80% de las muertes.

Las experiencias en la prohibición de los adelantamientos en zonas con numerosos accesos continuos han sido muy positivas. Así, en la N-232, la limitación de los adelantamientos en el tramo comprendido entre Mallen y Figueruelas redujo a cero el número de fallecidos en accidentes de tráfico.

Ilustración 19. Ordenación del adelantamiento.



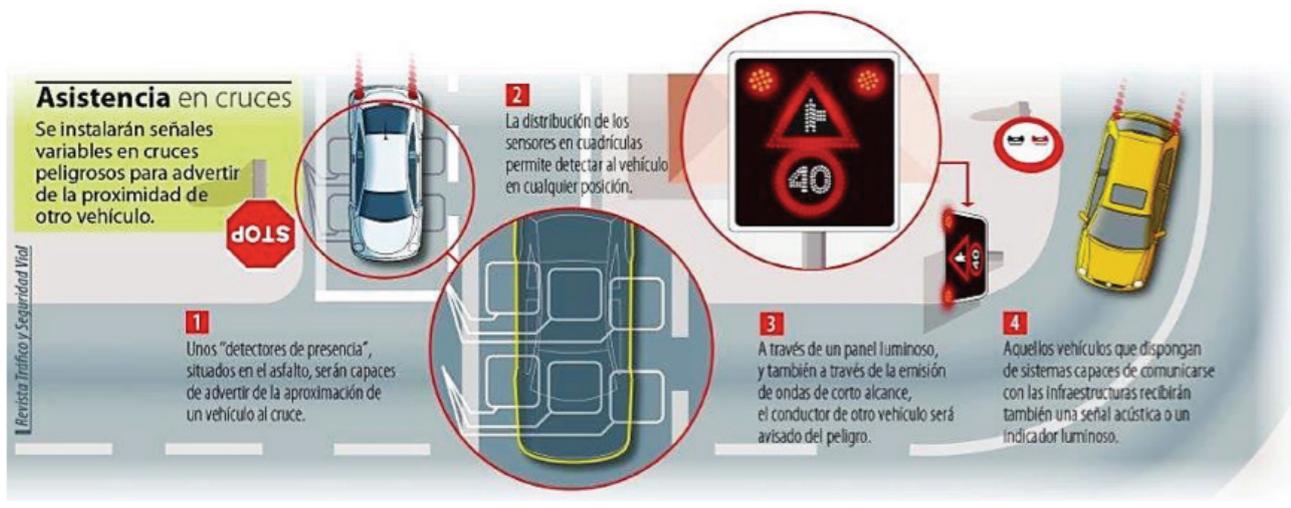
Fuente: Ponencia "Acciones en vías convencionales". Pedro Tomás Martínez. Subdirección General de Gestión de la Movilidad. DGT.

- La **señalización inteligente en cruces peligrosos** reduce un 80% los fallecidos.

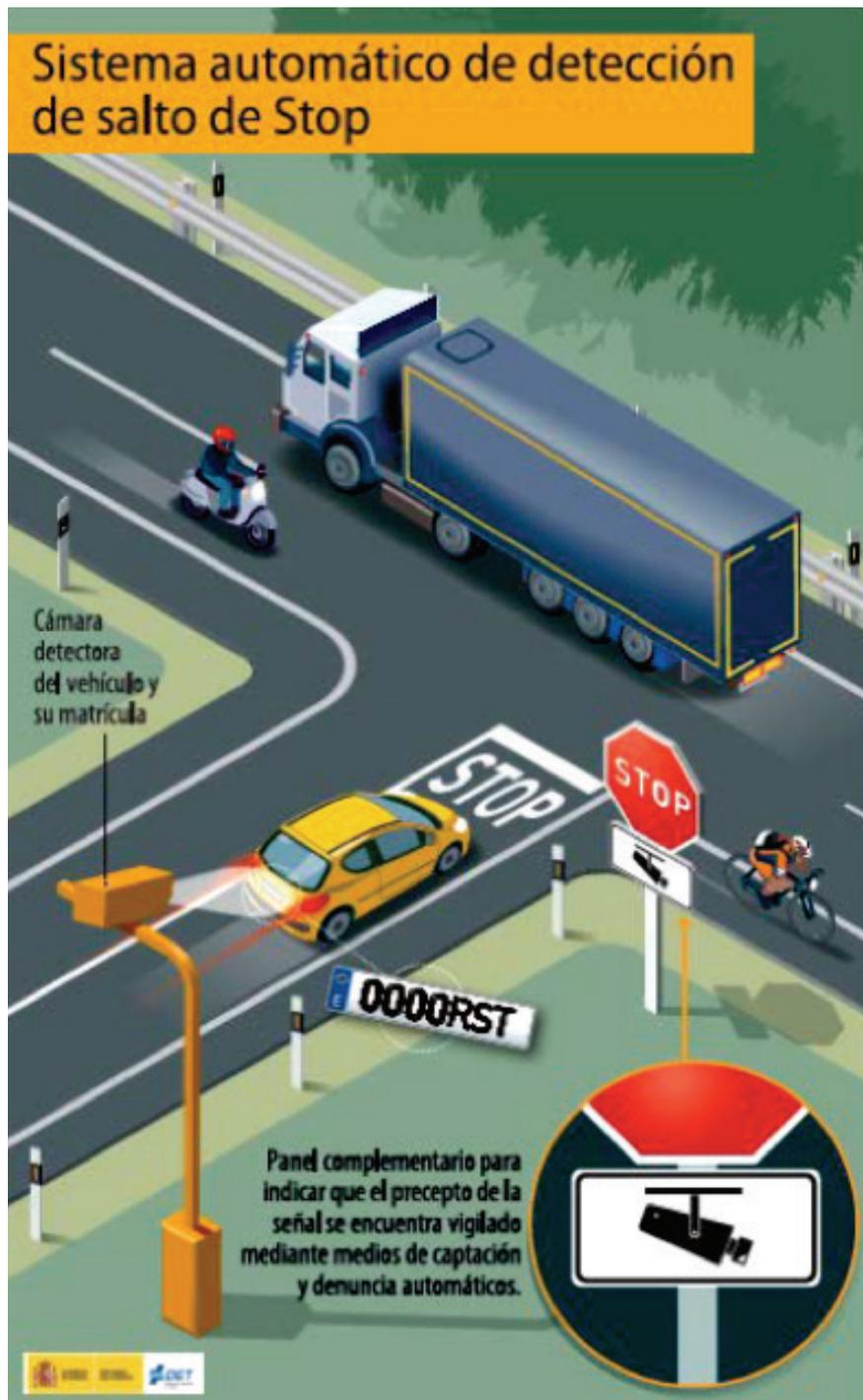
El cruce al mismo nivel de vehículos con trayectorias diferentes es una de las maniobras más peligrosas que se producen en las vías convencionales. En España, durante 2015, el 20% de los accidentes con víctimas ocurrió en este tipo de intersecciones en vía convencional, 134 personas fallecieron por colisiones fronto-laterales, propias de este tipo de intersecciones.

La señalización inteligente consiste en la instalación de un sistema de señalización dinámica preventiva (luminosa) de la presencia de vehículos en 40 cruces y la ordenación y/o regulación del tráfico desde el punto de vista de la seguridad vial, por encima de la capacidad de la vía.

Ilustración 20. Señalización inteligente en cruces.



Fuente: Revista Tráfico y Seguridad Vial, Núm. 235. DGT.



Fuente: Ponencia "El reto de mejorar la seguridad en la red convencional. Áreas de mejora de la circulación". Jaime Moreno García-Cano. Subdirección General de Gestión de la Movilidad. DGT

- **Calmando del tráfico** mediante el uso coordinado de medidas de gestión del tráfico en un área con el objeto de mejorar la seguridad vial. Entre las posibles medidas a aplicar, destacan:

- a) Estrechamiento de carriles mediante **cebreado**. Se trata de disminuir el espacio lateral exterior a la calzada, reduciéndolo en su límite al de los propios márgenes del carril para generar así en el conductor una sensación de peligro que le haga moderar su velocidad.

Ilustración 22. Estrechamientos para reducir la velocidad.



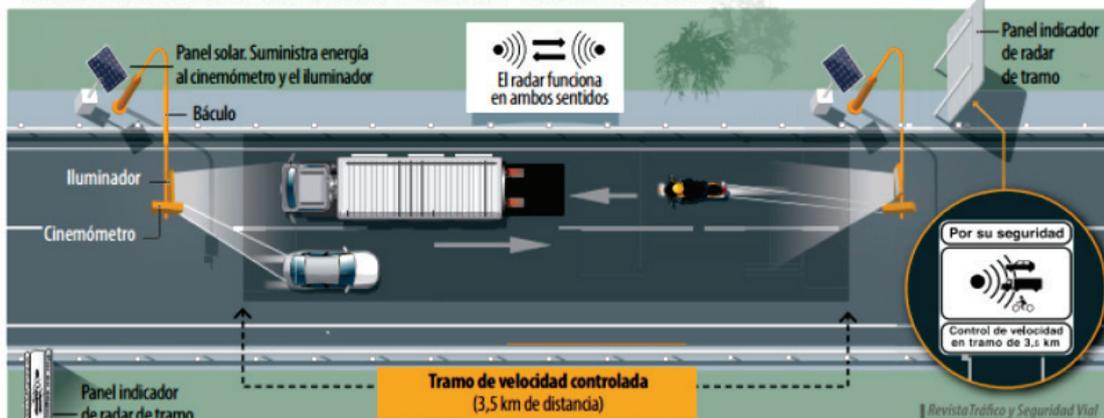
Fuente: Ponencia "El nuevo Plan Director de Seguridad Vial". Josep Llin i Belda. Subdirector General de Movilidad. Generalitat Valenciana.

- b) En España, se está realizando una experiencia piloto aprovechando las realizadas en Suecia y Holanda. Consiste en pintar **líneas indicadoras longitudinales de color verde** paralelas a las marcas viales de separación de la calzada y el arcén, e instalar de señalización informativa de diseño variable para indicar la presencia de la línea de color verde y advertir a los conductores de la posible realización de controles de velocidad.

Ilustración 23. Líneas verdes para reducir la velocidad.



Cinemómetro de velocidad media en vías convencionales



Fuente: DGT

Se ha demostrado que estos indicadores longitudinales de colores incrementan la correcta identificación de la categoría y función de la vía.

Se busca que el usuario de la vía identifique y vaya asociando estas indicaciones a tramos de carreteras de velocidad controlada con el fin de que, una vez concienciados los usuarios, en un futuro próximo no sea necesaria la instalación de sistemas de control de la velocidad, y se obtenga una **carretera autoexplicativa**.

Ilustración 24. Carreteras autoexplicativas. Holanda.



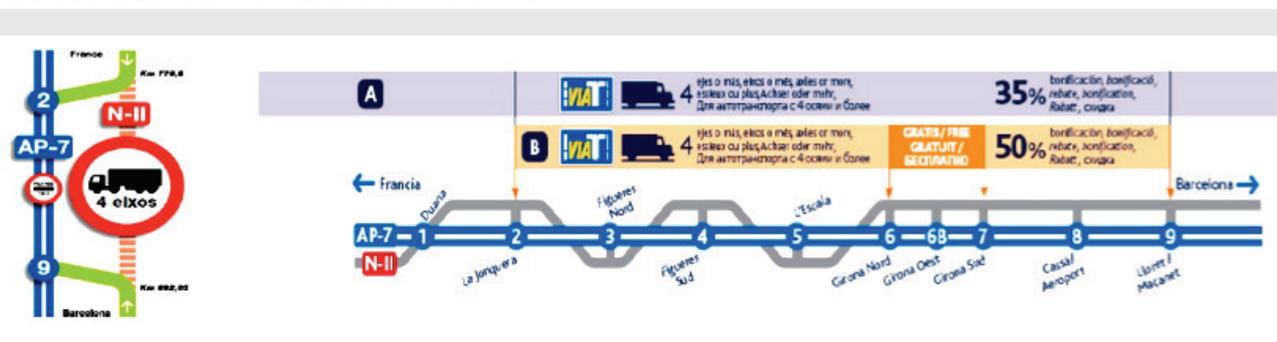
Fuente: Ponencia "Diseño Geométrico de Carreteras Seguras. Carreteras Autoexplicativas". Alfredo García. Universidad Politécnica de Valencia.

- c) **Homogeneización de velocidades** tendiendo a la eliminación de velocidades específicas. Homogeneizar la velocidad del tráfico reduce el riesgo de accidentes y mejora la funcionalidad, consumo y emisiones.

Elvik (2004) mostró que reducir 10 Km/h el límite implica una rebaja de 2,5Km/h en velocidad media. Considerando simultáneamente el estudio de Nilsson (2004), según el cual una disminución del 1% de la velocidad media en una vía produce una reducción del 4% en las colisiones mortales, se podría afirmar que rebajar 10 Km/h el límite de velocidad implicaría una disminución de la mortalidad en torno al 10%.

- d) **Gestión eficiente de corredores**, mediante la restricción de vehículos pesados y su bonificación para circular por autopistas de peaje.

Ilustración 25. Gestión eficiente de corredores.



Fuente: Ponencia "Estrategias de Seguridad Viaria de la Dirección General de Infraestructuras de Movilidad Terrestre". Xavier Flores García. Director General de Infraestructuras de Movilidad Terrestre. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat.

Esta medida fue ya puesta en práctica el 19 de abril de 2013 mediante la prohibición de circulación de camiones 4 o + ejes por N-II entre Maçanet y La Jonquera, bonificándolos para su circulación por la AP-7 mediante descuentos del 35 % (todos Vía-T) y del 50% (15% adicional para movimientos internos entre enlace 2 y 9). Los principales resultados de esta medida han sido:

- o Desviados de media 2.970 vehículos pesados/día (3.500 en día laborable y 1.600 en festivo).
- o El 91% (8.200 tránsitos/día) de los vehículos pesados del corredor lo hacen ahora por AP-7 (antes un 60%).
- o Disminución de congestión, ruido y siniestralidad en la N- II y aprovechamiento de la capacidad de la AP-7.
- o Nuevo tránsito inducido para la autopista por el que se paga el 100% del coste de los descuentos aplicados.

IRLANDA.

Durante 5 años se implantó un programa de MBC en 400 puntos de su red de carreteras. Para el análisis económico del mismo, se diferenció entre "sistemas integrados" y "tratamientos de sistemas parciales". Englobando sistemas en donde el total de accidentes ocurridos antes y después podrían ser considerados como un índice de éxito (104 escenas) y sistemas donde el subconjunto de accidentes podría ser un índice más adecuado (19 sistemas en esta categoría).

El cuadro siguiente muestra el ratio medio anual de retorno de los sistemas integrados mediante la utilización de dos sistemas diferentes:

TABLA 16. RATIO MEDIO ANUAL DE RETORNO DE SISTEMAS INTEGRADOS				
	Disposición al pago		Coste medio por herido en accidente	
	Antes	Después	Antes	Después
Nº de accidentes fatales al año	9'4	3'5	9'4	3'5
Nº de heridos graves en accidentes al año	29'5	19'9	29'5	19'9
Nº de heridos leves en accidentes al año	44'9	45'6	44'9	45'6
Nº total de accidentes por año	83'8	69'0	83'8	69'0
Coste anual de los accidentes (€)	19.378.132	9.205.564	15.751.073	13.040.290
Total del coste del sistema (€)	1.708.903		1.708.903	
Ratio medio anual de retorno	595 %		159 %	

ESTADOS UNIDOS.

La Federal Highway Administration (FHWA) (Administración Federal de Carreteras) hizo una recopilación de datos sobre víctimas de accidentes antes y después de la implantación de MBC en diferentes Estados con el fin de calcular el ratio beneficio-coste de cada una de estas medidas.

Se analizaron los datos de accidentes entre 1974 y 1992 y se consideró en el análisis un coste por accidente de aproximadamente 2'9 millones de € por persona muerta y 5.600 € por herido, obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA 17. RELACIÓN BENEFICIO/COSTE

	MEDIDAS	RATIO B/C
1	Provisión de alumbrado artificial	23'7
2	Recolocación de apoyos dañinos	17'2
3	Señales de tráfico	16'0
4	Modernización de barreras de seguridad en medianas	13'7
5	Retirada de obstáculos	8'7
6	Instalación de nuevas barreras de seguridad en medianas	8'5
7	Instalación de nuevas señales de tráfico	8'4
8	Mejora de parapetos (puente)	7'9
9	Instalación de amortiguadores de impacto	7'6
10	Mejora de las señales de tráfico existentes	7'4
11	Mejora de pretilas	7'1
12	Aumento de la distancia de visibilidad	7'0
13	Mejora de la resistencia superficial	5'6
14	Mejora de la infraestructura secundaria	5'2
15	Creación de carriles de giro y canalización	4'4

FUENTE: Federal Highway Administration (FHWA).

ESPAÑA

En 1995, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento realizó un estudio sobre medidas de bajo coste. Para ello, se repartió un cuestionario entre los responsables de carreteras de la Administración Local, el Servicio de Mantenimiento de Carreteras del Ministerio de Fomento y las compañías encargadas del mantenimiento y seguridad de la red de carreteras españolas. En él se pedía a los expertos en carreteras que indicasen qué MBC se habían instalado en la red de carreteras entre 1990 y 1994 para poder comparar los diferentes ratios antes y después de dicho periodo.

- Se recibieron unas 2.000 respuestas de las que, aproximadamente, un 60% fueron incompletas y no analizadas.
- De las encuestas analizadas, se obtuvieron unas 77 medidas diferentes. Las 20 medidas que más se utilizaron fueron las seleccionadas para su análisis.

Las 20 medidas analizadas incluían unas 598 acciones seguras para carreteras:¹¹

- 71 % con un presupuesto menor de 30.050 €.
- 23 % con un presupuesto comprendido entre 30.050€ y 150.250 €.
- 6 % con un presupuesto mayor a 150.250 €.

Las reducciones en los ratios de accidentes que se obtuvieron fueron las siguientes:

TABLA 18. REDUCCIÓN DE LOS RATIOS DE ACCIDENTES

MEDIDAS		% DE REDUCCIÓN DE ACCIDENTES		
		ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS GRAVES
1	Señales de tráfico	14	23	21
2	Señales de tráfico y paneles direccionales	0	60	-21
3	Marcas con resaltos en bordes de calzada	27	50	37
4	Bandas transversales rugosas	65	50	86
5	Paneles direccionales en curvas	2	21	14
6	Paneles direccionales y barreras de seguridad	83	100	100
7	Hitos de arista	13	67	22
8	Balizamiento en las narices de salida	2	38	22
9	Balizamiento en las narices de salida y barreras de seguridad	-24	59	8
10	Captafaros	37	57	38
11	Barreras de seguridad	11	49	26
12	Acondicionamiento de carriles adicionales	24	21	10
13	Pequeñas mejoras de alineamiento de la carretera	44	43	42
14	Mejora de los accesos	14	67	40
15	Mejora de los carriles de aceleración/desaceleración	74	75	75
16	Mejora del coeficiente de fricción	27	0	29
17	Eliminación de áreas encharcadas	0	14	60
18	Mejora de intersecciones	30	100	40
19	Cambios en intersecciones	71	100	67
20	Mejora de cruces a distinto nivel	100	100	-
MEDIA		11%	33%	35%

FUENTE: Análisis del cuestionario sobre la instalación de MBC (1995).

Es importante destacar que la reducción lograda en el número de accidentes no es tan importante como la obtenida en las consecuencias de los mismos.

La siguiente tabla muestra para cada una de las MBC los resultados obtenidos en el análisis beneficio-coste:

TABLA 19. ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE 20 MEDIDAS DE BAJO COSTE

MEDIDAS		RATIO B/C	PERIODO DE RETORNO (meses)
1	Hitos de arista	24'94	0'5
2	Balizamiento en las narices de salida	12'91	0'9
3	Captafaros	11'13	1
4	Paneles direccionales y barreras de seguridad	8'62	1'4
5	Paneles direccionales en curvas	5'76	2'1
6	Señales de tráfico y paneles direccionales	5'11	2'4
7	Eliminación de áreas encharcadas	4'47	2'7
8	Bandas transversales rugosas	4'43	2'7
9	Marcas con resaltos en bordes de calzada	4'45	2'9
10	Señales de tráfico	3'88	3'1
11	Barreras de seguridad	3'87	3'1
12	Balizamiento en las narices de salida y barreras de seguridad	3'81	3'1
13	Acondicionamiento de carriles adicionales	2'95	4'1
14	Mejora de cruces a distinto nivel	0'40	30
15	Mejora del coeficiente de fricción	0'25	48
16	Pequeñas mejoras de alineamiento de la carretera	0'20	60
17	Mejora de intersecciones	0'20	60
18	Mejora de los accesos	0'18	67
19	Mejora de los carriles de aceleración/desaceleración	0'16	75
20	Cambios en intersecciones	0'10	120
	MEDIA	2'10	5'7

FUENTE: XIV VYODEAL. Documento de trabajo nº1. Medidas de Bajo Coste.

5.4.2. *Medidas de mayor envergadura.*

En las ocasiones en las que la utilización de Medidas de Bajo Coste resulta ineficaz, es imposible eliminar o proteger eficazmente obstáculos próximos a la carretera, los índices de peligrosidad y mortalidad son significativamente superiores a la media, las nuevas necesidades de tráfico superan ampliamente la capacidad para la que fue diseñada la vía, o bien el diseño de la carretera, construido según los medios disponibles en ese momento, no reúne suficientes garantías de seguridad para las actuales condiciones de la circulación¹¹, etc. es necesaria la aplicación de medidas que suponen la modificación sustancial del trazado en determinados tramos para garantizar la seguridad de los usuarios.

Entre las posibles actuaciones a realizar destacamos:

¹¹ Los actuales medios de construcción permiten no tener que ajustar el trazado de las carreteras tanto al terreno como en etapas anteriores, lo que permite la eliminación de curvas de muy pequeños radios.

- Actuaciones de **aumento de capacidad**; como pueden ser las duplicaciones de calzada o la ampliación de la plataforma. A medida que el tráfico aumenta en las carreteras estrechas, aumenta la facilidad con las que se producen situaciones de peligro, ya que los conductores disponen de menos espacio para maniobrar y, como resultado, de menos margen para recuperarse de errores. Forckenbrock y Foster (1997) estimaron que la proporción de accidentes mortales es un 44% inferior en las carreteras de 4 carriles en comparación con las carreteras de 2 carriles. Estudios realizados en Suecia, Dinamarca, Noruega, EE.UU Australia y Países Nórdicos (Elvik, R., 2013) ponen de manifiesto que el incremento de la anchura de la carretera reduce el número de accidentes en las carreteras situadas en áreas rurales pero puede traducirse en un pequeño incremento en el número de accidentes en áreas urbanas. Un estudio noruego (Sakshaug, 1986) concluyó que la velocidad media del tráfico se incrementa en 1,4Km/h por cada metro que aumenta la anchura de la carretera cuándo el límite de velocidad en la vía es 50 Km/h, y en 0,6 Km/h por cada metro que aumenta la anchura de la vía cuando el límite de velocidad es 80 Km/h. Las carreteras estrechas refuerzan la impresión de que se está conduciendo a alta velocidad.
- **Variante de población**, actuaciones de construcción de un nuevo tramo de carretera que conlleva la supresión del paso obligado por la travesía de una población. Estudios realizados en Noruega, Suecia, Alemania, Dinamarca y Gran Bretaña (Elvik, R., 2013) revelan que el número de accidentes con víctimas tras la construcción de circunvalaciones, se reduce de media un 25%.
- **Obras de acondicionamiento, modificaciones de trazado y mejoras puntuales de trazado**, cuya finalidad es la modificación de las características geométricas de una carretera, o tramo de la misma, existente, con actuaciones tendentes a mejorar la seguridad de circulación, los tiempos de recorrido y el nivel de servicio.

Ilustración 26. Ejemplo de modificación de trazado



Fuente: <http://www.lugares-abandonados.com/rep016.htm>

6. VALORACIÓN DE LAS POSIBILIDADES DE REDUCCIÓN DE LA ACCIDENTABILIDAD EN CARRETERAS CONVENCIONALES

6.1. Valoración de las posibilidades de reducción de la accidentalidad por salida de vía mediante carreteras que perdonan.

Numerosos estudios internacionales han estimado el porcentaje de reducción de la accidentalidad de las medidas orientadas a la mejora de la seguridad en los márgenes de la vía.

TABLA 20. ESTIMACIONES DE REDUCCIÓN EN LA ACCIDENTALIDAD POR SALIDA DE VÍA SEGÚN DISTINTOS ESTUDIOS INTERNACIONALES		
Medida	Mejor estimación para la reducción de accidentes con víctimas	Fuente
Reducción de pendiente lateral desde 1:3 hasta 1:4	-42%	Dotson, 1974 Graham y Harwood, 1982
Reducción de pendiente lateral desde 1:4 hasta 1:6	-22%	Dotson, 1974 Graham y Harwood, 1982
Incremento de la distancia lateral hasta los obstáculos fijos desde 1 metro hasta 5 metros	-22% (sin especificar la gravedad de los accidentes)	Cirillo, 1967 y Zegeer, 1988
Incremento de la distancia lateral hasta los obstáculos fijos desde 5 metros hasta 9 metros	-44% (sin especificar la gravedad de los accidentes)	Cirillo, 1967 y Zegeer, 1988
Eliminación y señalización de los obstáculos situados en los márgenes de las vías de circulación	Eliminación de obstáculos: -2% Señalización de obstáculos: -23%	Corben, Deery, Newstead, Mullan y Dyte, 1997
Instalación de sistemas de contención en los márgenes de las vías	Accidentes mortales: -44% Accidentes con víctimas: -47%	Short y Robertson, 1998 Ljungblad, 2000 Y otros
Instalación de sistemas de contención en las medianas de autopistas o autovías	Accidentes mortales: -43% Accidentes con víctimas: -30%	Hancock y Ray, 2000 Nilsson y Ljungblad, 1999 Hunter et al., 2001 Y otros

Fuente: El Manual de Medidas de Seguridad Vial. Elvik, R. 2013.

Como situación de partida, escenario, no hacer nada, se toman los datos resultantes del análisis de las bases de datos de accidentalidad 2012-2014 utilizadas para la identificación de los 22 tramos de carretera susceptibles de transformarse en carreteras que perdonan, procedentes de la DGT, del Servei Català de Trànsit y de la Direcció de Tràfic del Govern Vasco.

Considerando que en la mejora de los márgenes de la vía de esos 22 tramos de carreteras identificados se aplicasen un conjunto de medidas similares a las recogidas en la tabla anterior para lograr que se convirtiesen en "carreteras que perdonan", y visto que la mayor parte de ellas logran reducciones de accidentalidad entre el 30% y el 50%, se adopta como hipótesis de trabajo para este estudio este último valor del 50%.

Al no disponer de estudios sobre las estimaciones de reducción del número de fallecidos y heridos, se considerará la lesividad de la vía.

TABLA 21. REDUCCIÓN ESTIMADA DE LA SINIESTRALIDAD MEDIANTE LA MEJORA DE LOS MÁRGENES DE LA VÍA

Posibles tramos de vía en los realizar actuaciones puntuales para lograr "carreteras que perdonan" (en un periodo de tiempo de 3 años)

	Situación de partida = no hacer nada	Siniestralidad estimada tras la aplicación de las medidas
Accidentes con víctimas por salida de vía	79	39 (Hipótesis de reducción estimada del 50%)
Fallecidos en accidentes por salida de vía	12	6 (ratio ACV/VM = 6,58)
Heridos graves en accidentes por salida de vía	35	18 (ratio ACV/HG =2,26)

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la valoración económica y social de la reducción del número de víctimas, la posible mejora de los márgenes de estos 29 tramos de vía convencional supondría un ahorro de más de 12 millones de euros (en tres años), tal y como se desprende de la tabla siguiente:

TABLA 22. ESTIMACIÓN DEL AHORRO MEDIANTE "CARRETERAS QUE PERDONAN"

(en un periodo de tiempo de 3 años)

	COSTE UNITARIO ¹³	ACCIÓN: NO HACER NADA (situación de partida)		ACCIÓN: CARRETERAS QUE PERDONAN		AHORRO
		Número	Coste	Número	Coste	
Fallecidos	1.408.496 €	12	12.901.952€ (1.408.496 x 12)	6	8.450.976€ (1.408.496 x 6)	8.450.976€
Heridos hospitalizados	220.329 €	35	7.711.515€ (220.329 x 35)	18	3.965.922€ (220.329 x 18)	3.745.593 €
TOTAL			24.613.467€		12.416.898 €	12.196.569 €

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el ratio beneficio-coste de la implantación de sistemas de contención para evitar los accidentes por salida de vía en varios países:

TABLA 23. RATIO BENEFICIO-COSTE DE LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN

EXPERIENCIA	RATIO BENEFICIO-COSTE	FUENTE
Medidas contra colisiones con árboles en Francia	8,69	ROSEBUD WP4, 2005
Medidas contra colisiones con obstáculos rígidos en las afueras de ciudades de Suiza	32	VESIPO (2002)
Sistemas de contención en los márgenes de carreteras de Suecia y Noruega	0,69 – 1,18	Elvik R. (1999), Elvik R. (2001), Elvik R. (2003), Elvik, R.; Amundsen A.H. (2000)

FUENTE: "Contribución de la carretera a la mejora de la seguridad vial en España" Fundación MAPFRE.

¹³ Principales cifras de siniestralidad 2014. Dirección General de Tráfico.

6.2. Valoración de las posibilidades de reducción de la accidentalidad por impacto frontal y fronto-lateral mediante carreteras 2+1

Como situación de partida, escenario, no hacer nada, se toman los datos resultantes del análisis de las bases de datos de accidentalidad 2012-2014, utilizadas para la identificación de los tramos de carretera susceptibles de transformarse en carreteras 2+1, y procedentes de la DGT, del Servei Català de Trànsit y de la Dirección de Tráfico del Gobierno Vasco.

En un estudio publicado por la Administración Nacional Sueca de Carreteras en el que se analiza la efectividad de las medidas de mejora de la seguridad vial en carreteras secundarias, se indica que la implantación de carreteras 2+1 proporciona importantes beneficios en materia de seguridad y estima que la provisión de carriles de adelantamiento logra una reducción de la accidentalidad entre un 34% y un 40%, alcanzando valores del 60% en el caso de accidentes mortales.¹⁴ Se adopta como hipótesis de trabajo para este estudio un valor medio de 50%.

Así pues, en los 24 posibles tramos de vía identificados en este estudio en los que realizar actuaciones puntuales para lograr "carreteras 2+1", lograríamos reducir, en tres años, de 84 accidentes con víctimas a 42 accidentes con víctimas, si aplicamos un porcentaje de reducción del 50%.

Sabiendo que en el periodo 2012-2014 la relación de accidentes con víctimas/víctimas mortales en dichos tramos de carreteras convencionales identificados fue de 2,47, los 42 accidentes con víctimas estimados tras la hipotética transformación de dichos tramos de vía convencional en carreteras 2+1 traerán consigo 17 fallecidos (en un periodo de tres años) (34/2,47). Si consideramos heridos graves en lugar de fallecidos y repitiendo el proceso, la transformación de dichos tramos de vía convencional en carreteras 2+1 lograría una disminución de 86 heridos hospitalizados a 43 heridos graves.

Considerando la valoración económica y social de la reducción del número de víctimas, la transformación de estos 24 tramos de vía convencional en carreteras 2+1 supondría un ahorro (en 3 años) de más de 33 millones de euros, tal y como se desprende de la tabla siguiente:

TABLA 24. ESTIMACIÓN DEL AHORRO MEDIANTE CARRETERAS "2+1"						
(en un periodo de tiempo de 3 años)						
	COSTE UNITARIO ¹⁵	ACCIÓN: NO HACER NADA (situación de partida)		ACCIÓN: TRANSFORMAR EN "2+1"		AHORRO
		Número	Coste	Número	Coste	
Fallecidos	1.408.496 €	34	47.888.864 € (1.408.496 x 34)	17	23.944.432 € (1.408.496 x 17)	23.944.432 €
Heridos hospitalizados	220.329 €	86	18.948.294 € (220.329 x 86)	43	9.474.147 € (220.329 x 43)	9.474.147 €
TOTAL			66.837.158 €		33.418.579 €	33.418.579 €

Fuente: Elaboración propia.

La tabla siguiente recoge dos referencias internacionales relativas al ratio beneficio-coste de la construcción de carreteras 2+1:

TABLA 25. RATIO BENEFICIO-COSTE DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS "2+1"		
EXPERIENCIA	RATIO BENEFICIO-COSTE	FUENTE
Carreteras "2+1" en Finlandia	1,25	ROSEBUD WP4, 2005
Carreteras "2+1" en Suecia	2,26	ROSEBUD WP4, 2005

FUENTE: "Contribución de la carretera a la mejora de la seguridad vial en España". Fundación MAPFRE.

¹⁴ "Cost-Effective infrastructure measures on rural roads". Jennife Oxley et al. Swedish National Road Administration. 2004.

¹⁵ Principales cifras de siniestralidad 2014. Dirección General de Tráfico.

6.3. Valoración de las posibilidades de reducción de la accidentalidad mediante el tratamiento de tramos de especial peligrosidad

Al igual que en los escenarios anteriores (como situación de partida, escenario, no hacer nada,) se toman los datos resultantes del análisis de las bases de datos de accidentalidad 2012-2014, procedentes de la DGT, Servei Català de Trànsit y Dirección de Tráfico del Gobierno Vasco.

Según un estudio de Corben et al. (2008), mediante las actuaciones en Tramos de Concentración de Accidentes, en vías secundarias, es posible de alcanzar una reducción del 56% de los accidentes con víctimas.

Partiendo de esta hipótesis, si se realizasen las actuaciones de mejora de la seguridad vial necesarias en los 42 tramos de carretera de alta peligrosidad identificados, se lograría una reducción de 161 accidentes con víctimas en 3 años, lo que supone pasar de 288 a 127 accidentes con víctimas.

Para valorar la potencialidad de reducción de víctimas mortales y de heridos graves, se realiza una estimación de la lesividad de los accidentes en dichos tramos de especial peligrosidad:

$$83/288 = 0,2882 \text{ Fallecidos / Accidentes con víctimas}$$

$$272/288 = 0,944 \text{ Heridos graves / Accidentes con víctimas}$$

Considerando la valoración económica y social de la reducción del número de víctimas, la transformación de estos 42 tramos de vía convencional de elevada peligrosidad supondría un ahorro, en 3 años, de más de 98 millones de euros, tal y como se desprende de la tabla siguiente:

TABLA 26. ESTIMACIÓN DEL AHORRO MEDIANTE LA MEJORA DE LOS TRAMOS DE ELEVADA PELIGROSIDAD						
(en un periodo de tiempo de 3 años)						
	COSTE UNITARIO ¹⁶	ACCIÓN: NO HACER NADA (situación de partida)		ACCIÓN: MEJORA DE TRAMOS PELIGROSOS		AHORRO
		Número	Coste	Número	Coste	
Fallecidos	1.408.496 €	83	116.905.168 € (1.408.496 x 83)	37	52.114.352 € (1.408.496 x 37)	64.790.816€
Heridos hospitalizados	220.329 €	272	59.929.488 € (220.329 x 272)	120	26.439.480 € (220.329 x 120)	33.490.008 €
TOTAL			176.834.656€		78.552.832 €	98.280.824 €

Fuente: Elaboración propia.

La tabla siguiente recoge referencias internacionales relativas al ratio beneficio-coste de la eliminación de tramos de especial peligrosidad:

TABLA 27. RATIO BENEFICIO-COSTE DE LA ELIMINACIÓN DE TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD		
EXPERIENCIA	RATIO BENEFICIO-COSTE	FUENTE
Programa de tratamiento de Puntos Negros en Australia	4,1 – 5,1	Newstead, Corben (2001)
Medidas implementadas en puntos negros en la municipalidad de Hamar (Noruega)	35	Statens Vegvesen, Hamar kommune (1993)
Rediseño de emplazamientos con un gran número de accidentes de tráfico en Suiza	13	VESIPO (2002)

FUENTE: "Contribución de la carretera a la mejora de la seguridad vial en España". Fundación MAPFRE.

¹⁶ Principales cifras de siniestralidad 2014. Dirección General de Tráfico.

7. VALORACIÓN DE LA INVERSIÓN DE LAS ACTUACIONES PROPUESTAS

La evaluación de las inversiones busca garantizar que los tramos prioritarios sean evaluados y a ellos se dirijan las actuaciones correctoras prestando especial atención a las que presentan un mayor índice de rentabilidad.

En este apartado se realiza una estimación de la inversión necesaria para la realización de las inversiones propuestas, así como, un análisis del ratio beneficio/coste en el que se compara el ahorro para la sociedad de la mejora de la seguridad vial frente al coste de las actuaciones.

Para el análisis de la inversión necesaria, así como de la rentabilidad esperada de la misma, se han dividido las soluciones propuestas en dos grupos: un primer grupo que recoge acciones puntuales en los lugares en los que se han registrado accidentes, se incluyen las carreteras que perdonan y el tratamiento de los tramos de especial peligrosidad; y un segundo grupo en el que se engloban acciones continuas en las carreteras, en el que se analiza la solución carreteras 2+1.

Como resultado del análisis desarrollado para la mejora de la seguridad vial en la red de carreteras convencionales de España, se han obtenido los siguientes resultados:

TABLA 28. RESULTADO DEL ESTUDIO DE MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS CONVENCIONALES. TRAMOS SOBRE LOS QUE ACTUAR		
<p>Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por salida de vía.</p> 	<p>Tramos de vía de especial peligrosidad.</p> 	<p>Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por choque frontal y/o fronto-lateral.</p> 
<p>29 tramos de vía en 15 carreteras (263,9 Km) distribuidos en 8 CC.AA.</p>	<p>42 tramos de vía en 24 carreteras (887 Km) repartidos en 11 CC.AA.</p>	<p>24 tramos de vía en 15 carreteras (229,7 Km) distribuidos en 7 CC.AA.</p>
<p>Mejora mediante CARRETERAS QUE PERDONAN.</p>	<p>Mejora mediante TRATAMIENTO DE LOS TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD.</p>	<p>Mejora mediante CARRETERAS "2+1".</p>
<p>Se aplican soluciones puntuales para la mejora de la seguridad vial de los tramos</p>		<p>Se aplican soluciones de tipo continuo para la mejora de la seguridad vial.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de analizar en cada uno de estos tramos cuál de las posibles actuaciones a realizar es la más rentable, se calcula el ratio beneficio / coste de cada una de las soluciones propuestas para la mejora de la seguridad vial.

Partimos de los datos iniciales obtenidos en el análisis y recogidos en la tabla siguiente:

TABLA 29. DATOS DE ACCIDENTALIDAD Y VÍCTIMAS						
	CARRETERAS QUE PERDONAN		TRATAMIENTO DE LOS TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD		CARRETERAS "2+1"	
	ANTES DE LA ACTUACIÓN Años 2012, 2013 y 2014	SEGUIMIENTO Año 2015-2016-2017	ANTES DE LA ACTUACIÓN Años 2012, 2013 y 2014	SEGUIMIENTO Año 2015-2016-2017	ANTES DE LA ACTUACIÓN Años 2012, 2013 y 2014	SEGUIMIENTO Año 2015-2016-2017
Nº Accidentes con víctimas	79	39	288	127	84	42
Nº Fallecidos	12	6	83	37	34	17
Nº Heridos hospitalizados	35	18	272	120	86	43

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se indican cada uno de los factores que intervienen en la fórmula para la determinación del ratio Beneficio-Coste.

Gasto sin actuación ($G_{\text{sin actuación}}$): Recoge el gasto para la sociedad de las víctimas en el caso de "no hacer nada" escenario considerado igual a la situación actual.

TABLA 30. VALORACIÓN DE LOS FALLECIDOS Y HERIDOS ANTES DE LA ACTUACIÓN, SIN CONSIDERAR LOS SOLAPES

	Nº DE VÍCTIMAS	VALOR UNITARIO	TOTAL
CARRETERAS QUE PERDONAN			
Nº muertos	12	1.408.496 €	16.901.952 €
Nº HG	35	220.329 €	7.711.515 €
		Gasto total	24.613.467 €
CARRETERAS "2+1"			
Nº muertos	34	1.408.496 €	47.888.864 €
Nº HG	86	220.329 €	18.948.294 €
		Gasto total	66.837.158 €
TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD			
Nº muertos	83	1.408.496 €	116.905.168 €
Nº HG	272	220.329 €	59.929.488 €
		Gasto total	176.834.656 €

Fuente: Elaboración propia.

Gasto con actuación ($G_{\text{con actuación}}$): Recoge el gasto para la sociedad de las víctimas de accidente en el caso de aplicar los tratamientos estimados para la mejora de la seguridad

TABLA 31. VALORACIÓN DE LOS FALLECIDOS Y HERIDOS TRAS DE LA ACTUACIÓN, SIN CONSIDERAR LOS SOLAPES

	Nº DE VÍCTIMAS	VALOR UNITARIO	TOTAL
CARRETERAS QUE PERDONAN			
Nº muertos	6	1.408.496 €	8.450.976 €
Nº HG	18	220.329 €	3.965.922 €
		Gasto total	12.416.898 €
CARRETERAS "2+1"			
Nº muertos	17	1.408.496 €	23.944.432 €
Nº HG	43	220.329 €	9.474.147 €
		Gasto total	33.418.579 €
TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD			
Nº muertos	37	1.408.496 €	52.114.362 €
Nº HG	120	220.329 €	26.439.480 €
		Gasto total	78.553.832 €

Fuente: Elaboración propia.

Coste de las actuaciones (C):

Determinar el coste real de las actuaciones requeriría un detallado análisis *in situ* de cada tramo, con el fin de determinar qué soluciones son necesarias y dónde son requeridas, pudiendo estimar el coste de instalación, reparación, mantenimiento, etc.

Dado que se carece de dicha información, se estima un coste genérico de las actuaciones por kilómetro de aplicación realizándose las siguientes hipótesis en el cálculo:

- **Acciones puntuales** en los lugares en los que se han registrado accidentes. Las actuaciones para evitar los accidentes por salida de vía, carreteras que perdonan, así como para la mejora de los tramos de especial peligrosidad se considera que se aplican únicamente en el punto en el que ha tenido lugar el accidente así como 100 m antes y después del mismo, es decir, en tramos de 200 m de longitud.

El coste medio de estas actuaciones de carácter puntual será de 600.000 €/Km.

- **Acciones de tipo continuo.** La transformación de tramos de carretera en carreteras 2+1 busca preferentemente la utilización de la plataforma existente ampliándola en un carril. Sin embargo, dada la orografía española y las particulares características de las carreteras, esto no siempre es posible pues en ocasiones son muy estrictas en lo referente a las anchuras de calzada, siendo en estos casos necesaria la construcción de una nueva calzada.

Para ser rigurosos en la valoración, y dada la imposibilidad de analizar las características particulares de cada tramo, se realizan las siguientes hipótesis:

- o En el 60% de la longitud de vías a tratar se puede utilizar la calzada existente ampliándola en un tercer carril, estimándose el coste de la actuación en 840.000 €/Km.
- o En el 40% de la longitud de vías restante, se considera necesaria la construcción de una nueva calzada, considerándose el coste de la misma en 1.500.000 €/Km (coste de una nueva calzada y accesorios - *new jersey* de hormigón separando calzadas).

La tabla siguiente resumen los costes estimados de las actuaciones planteadas:

TABLA 32. COSTES DE INVERSIÓN, SIN CONSIDERAR LOS SOLAPES			
	CARRETERAS QUE PERDONAN	TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD	CARRETERAS "2+1"
Km actuación	Los 79 accidentes con víctimas registrados se han producido en 44 puntos diferentes. 8,8 Km (44*0,2 Km)	Los 288 accidentes con víctimas registrados se han producido en 281 puntos diferentes. 56,2 Km (281*0,2 Km)	Los 84 accidentes con víctimas registrados se han producido a lo largo de 229,7 Km 91,8 Km 137,8 Km (40% de 229,7 Km) (60% de 229,7 Km)
Coste inversión €/Km ¹⁷	600.000 €/Km	600.000 €/Km	1.500.000 €/Km 840.000 €/Km
Coste total de la inversión	5.280.000 €	33.720.000 €	137.832.000 € 115.778.880 €

Fuente: Elaboración propia

En estos costes se consideran incluidos los costes de diseño y dirección, expropiación, construcción, interrupción, operación y mantenimiento.

¹⁷ SEOPAN.

Vida media de las medidas utilizadas, T:

La "Nota de Servicio 3/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los estudios de rentabilidad de los estudios informativos o anteproyectos de la Subdirección General de Estudios y proyectos" indica "...la elección de la vida útil, podría establecerse en base a la medida de aquellos elementos de mayor duración, lo que supone considerar durante el periodo de análisis inversiones para la reposición de aquellos elementos de menor vida útil...", asimismo, recoge el periodo de vida útil de los diferentes elementos que componen una carretera, publicados en "Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)".

TABLA 33. VIDA ÚTIL EN AÑOS POR COMPONENTE DE UNA CARRETERA			
	Min.	Media	Máx.
Explanada	30	45	60
Pavimento	10	20	30
Instalaciones ambientales	10	20	30
Drenaje	50	75	100
Cerramiento	50	75	100
Puentes	50	75	100
Túneles	50	75	100
Terreno	Infinito	Infinito	Infinito

Fuente: Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO). Año 2006

Las "Recomendaciones para la evaluación económica, coste-beneficio, de estudios y proyectos de carreteras" (MOPU, Servicio de Planeamiento, octubre de 1990) indican:

"...3.1. Vida útil. Como período de análisis se suele tomar entre 20 y 30 años.

Se recomienda utilizar la última cifra (30 años) dado que para tasas de actualización bajas (6%) el valor residual de la obra puede despreciarse (<15%) mientras que con un período de 20 años la valor residual sería superior al 30%..."

En función de lo anterior, se toma para el análisis un valor de la vida media T = 30 años.

Introduciendo estos valores en la fórmula para el cálculo del ratio beneficio-coste, se obtienen los siguientes resultados:

	$R = B/C = \frac{G_{\text{sin actuación}} - G_{\text{con actuación}}}{C/T}$
CARRETERAS QUE PERDONAN	$R = \frac{24.613.467,00 - 12.416.898,00}{5.280.000,00/30} = 69,30$
TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD	$R = \frac{176.834.656,00 - 78.553.832,00}{33.720.000,00/30} = 87,44$
CARRETERAS "2+1"	$R = \frac{66.837.158,00 - 33.418.579,00}{(137.832.000,00 + 115.778.880,00)/30} = 3,95$

En función de los ratios obtenidos, se puede establecer el siguiente orden de prioridad en la aplicación de las soluciones:

1. Tratamientos de tramos de especial peligrosidad. Es la actuación con mayor rentabilidad, por cada euro invertido se recuperan 87,44 €.
2. Carreteras que perdonan. Por cada euro invertido se recuperan 69,30.
3. Carreras "2+1". Es la solución con menor rentabilidad de las tres analizadas, cada euro invertido retorna 3,95.

La estimación realizada de la reducción potencial de accidentalidad que podría conseguirse con la implantación de las medidas propuestas es una aproximación, dado que la efectividad de estas medidas tiene solapes entre ellas, lo que puede reducir las posibilidades de descenso del número y las consecuencias de los accidentes. La tabla siguiente recoge los tramos de vía en los que se han identificado solapes en las soluciones a aplicar:

TABLA 34. TRAMOS EN LOS QUE HAY SOLAPES ENTRE ACTUACIONES

CC.AA	PROVINCIA	CTRA	LONG.	pK _{inicio}	pK _{final}	ACTUACIONES
País Vasco	Álava	A-625	3,000	354,000	357,000	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 355,4 a 357,0
Galicia	A Coruña	AC-552	23,100	7,700	30,800	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 7,7 a 16,06
Galicia	A Coruña	AC-552	28,610	61,600	90,210	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 61,6 a 88,82
Cantabria	Santander	CA-142	13,150	0,000	13,150	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 0,0 a 13,15
Madrid	Madrid	M-100	7,600	15,400	23,000	Carretera que perdona Carretera "2+1"
Madrid	Madrid	M-505	9,390	38,000	47,390	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 38,0 a 46,77
Madrid	Madrid	M-608	7,700	0,000	7,700	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 0,0 a 7,7
Madrid	Madrid	M-608	7,300	7,700	15,000	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 7,7 a 15,0
Castilla León	Burgos	N-1	14,050	249,880	263,930	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 249,88 a 263,93
Castilla León	Burgos	N-1	14,350	263,930	278,280	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 263,93 a 277,51
País Vasco	Álava	N-124	7,230	31,420	38,650	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 37,3 a 38,3
Valencia	Alicante	N-332	12,440	121,660	134,100	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 121,66 a 134,10
Valencia	Alicante	N-332	7,610	144,130	151,740	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 144,13 a 151,74
Valencia	Alicante	N-332	8,370	196,020	204,39	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 196,02 a 204,39
Valencia	Valencia	N-332	5,210	220,850	226,060	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 220,85 a 226,06
Valencia	Valencia	N-332	7,980	228,98	236,960	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 228,98 a 236,96
Valencia	Valencia	N-332	9,970	236,960	246,930	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 236,96 a 246,93
Andalucía	Cádiz	N-340	6,680	10,290	16,970	Carretera que perdona Carretera "2+1"

TABLA 34. TRAMOS EN LOS QUE HAY SOLAPES ENTRE ACTUACIONES (Continuación)						
CC.AA	PROVINCIA	CTRA	LONG.	pK _{inicio}	pK _{final}	ACTUACIONES
Andalucía	Granada	N-340	18,560	335,540	354,100	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 335,54 a 354,10
Andalucía	Granada	N-340	9,880	698,460	708,340	Carretera que perdona Tratamiento de tramos peligrosos de pK 698,46 a 708,34
Andalucía	Sevilla	N-4	6,060	579,380	585,440	Carretera que perdona Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 579,38 a 585,44
Andalucía	Sevilla	N-4	9,640	585,440	595,080	Carretera que perdona Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 585,44 a 595,08
Galicia	Pontevedra	N-550	12,200	84,400	96,600	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 91,5 a 96,6
Galicia	Pontevedra	N-550	7,840	108,040	115,880	Carretera "2+1" Tratamiento de tramos peligrosos de pK 108,04 a 115,88

FUENTE: Elaboración propia.

Para realizar un cálculo lo más exacto posible de la inversión, en los tramos en los que son necesarias varias actuaciones, se considera que se aplica únicamente la solución más rentable, según los ratios B/C anteriormente calculados. Así, por ejemplo, si en un tramo la solución se encuentra entre lograr una carretera que perdona y el tratamiento del tramo como tramo de especial peligrosidad, únicamente se contabiliza dicho tramo como carretera que perdona.

De esta forma, los kilómetros de actuación en cada una de las soluciones analizadas varían según se recoge en la tabla siguiente:

TABLA 35. DATOS DE ACCIDENTALIDAD, VÍCTIMAS Y KM DE ACTUACIÓN Y ELIMINANDO POSIBLES SOLAPES						
	CARRETERAS QUE PERDONAN		TRATAMIENTO DE LOS TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD		CARRETERAS "2+1"	
	ANTES DE LA ACTUACIÓN Años 2012, 2013 y 2014	SEGUIMIENTO Año 2015-2016-2017	ANTES DE LA ACTUACIÓN Años 2012, 2013 y 2014	SEGUIMIENTO Año 2015-2016-2017	ANTES DE LA ACTUACIÓN Años 2012, 2013 y 2014	SEGUIMIENTO Año 2015-2016-2017
Nº Accidentes con víctimas	79	39	288	127	84	42
Nº Fallecidos	12	6	83	37	34	17
Nº Heridos hospitalizados	25	18	272	120	86	43
Longitud de carretera a tratar	Los accidentes con víctimas registrados se han producido en 24 puntos diferentes. 4,8 Km (44 x 0,2 Km)		Los accidentes con víctimas registrados se han producido en 281 puntos diferentes. 56,2 Km (281 x 0,2 Km)		114,170 Km	

Fuente: Elaboración propia

En función de los resultados de la tabla anterior, la estimación del ahorro para la sociedad de la aplicación de cada una de las medidas sería:

TABLA 36. ESTIMACIÓN DEL AHORRO ELIMINANDO LAS ACTUACIONES "SOLAPADAS"				
(periodo de tiempo considerado 3 años)	ACTUACIONES EN CARRETERAS			TOTAL
	CARRETERAS QUE PERDONAN	CARRETERAS QUE PERDONAN	TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD.	
Reducción de fallecidos	-6 (6 tras la actuación -12 sin hacer nada)	-17 (17 tras la actuación -34 sin hacer nada)	-46 (46 tras la actuación -83 sin hacer nada)	-69
Reducción de heridos hospitalarios	-17 (17 tras la actuación -35 sin hacer nada)	-43 (43 tras la actuación -86 sin hacer nada)	-152 (152 tras la actuación -272 sin hacer nada)	-212
Ahorro costes				
Fallecidos	-2.816.992 € (6 fallecidos ahorrados 1.408.496 €/fallecido)	-16.901.952 € (17 fallecidos ahorrados 1.408.496 €/fallecido)	-32.395.408 € (46 fallecidos ahorrados 1.408.496 €/fallecido)	-97.186.224 €
Heridos hospitalarios	-3.084.606 € (17 heridos ahorrados 220.329 €/herido)	-6.830.199 € (43 heridos ahorrados 220.329 €/herido)	-16.745.004 € (152 heridos ahorrados 220.329 €/herido)	- 46.709,748 €
Ahorro total	-12.196.569 €	-33.418.579 €	-98.280.824 €	-143.895.972 €

Fuente: Elaboración propia.

La tabla siguiente recoge la estimación de la inversión necesaria, eliminado los tramos con actuaciones solapadas:

TABLA 37. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN ELIMINANDO LAS ACTUACIONES "SOLAPADAS"					
(periodo de tiempo considerado 3 años)	ACTUACIONES EN CARRETERAS				TOTAL
	CARRETERAS QUE PERDONAN	TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD	CARRETERAS "2+1"		
Km de actuación	4,800	56,200	114,170		175,1717
Inversión					
Km de actuación	4,800	56,200	45,688 (el 40% del tramo)	68,502 (el 60% del tramo)	
Coste de la actuación (€/Km)	600.000 €	600.000 €	1.500.000 €	840.000€	
Inversión total	2.880.000 €	33.720.000 €	68.502.000 €	57.541.680€	162.643.680 €

Fuente: Elaboración propia.

Considerando una vida útil de las actuaciones de 30 años, el ratio B/C será:

- **Acciones puntuales: Carreteras que perdonan y Tratamiento de tramos de especial peligrosidad**

TABLA 38. ESTIMACIÓN DEL RATIO B/C DE LAS ACCIONES PUNTALES PARA EL TRATAMIENTO DE CARRETERAS QUE PERDONAN Y TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD			
(periodo de tiempo considerado 3 años)	Mejora mediante CARRETERAS QUE PERDONAN	Mejora mediante TRATAMIENTO DE LOS TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD.	TOTAL
Reducción fallecidos	-6	-46	-52
Reducción heridos hospitalarios	-17	-152	-169
Ahorro costes			
Fallecidos	-8.450.976 €	-64.790.816 €	- 73.241.792 €
Heridos hospitalarios	-3.745.593 €	-33.490.008 €	- 37.235.601 €
Total estimación ahorro	-12.196.569 €	-98.280.824 €	- 110.477.393 €
Inversión requerida			
Km Actuación	4,8	56,2	61
Inversión en €/Km actuación	600.000	600.000	
Total estimación inversión	2.880.000 €	33.720.000 €	36.600.000 €
VAB= Gasto sin actuación - Gasto con actuación Vida media de las medidas utilizadas VAC= COSTE total / T			110.477.393 € 30 años 1.220.000 €
RATIO B/C=VAB/VAC			90,56

Fuente: Asociación Española de la Carretera.

Con una **inversión total de 36,6 millones de euros se lograrían salvar un total de 52 vidas y 169 heridos graves, lo que representa un ahorro total de 110.477.393,00 € en un periodo de 3 años.** Por tanto, anualmente, se evitarían 17 fallecidos y la hospitalización de 56 heridos, lo que representa un ahorro de 36,825 millones de euros al año. **En un año, el ahorro de los costes igualaría a la inversión realizada, siendo el ratio B/C₂₀ de estas actuaciones de 90,56.**

- **Acciones de tipo continuo: Carreteras 2+1**

TABLA 39. ESTIMACIÓN DEL RATIO B/C DE LAS ACCIONES DE TIPO CONTINUO PARA LOGRAR CARRETERAS 2+1		
(periodo de tiempo considerado 3 años)	Mejora mediante CARRETERAS 2+1.	
Reducción fallecidos -17		-17
Reducción heridos hospitalarios -43		-43
Ahorro costes		
Fallecidos -23.944.432 €		-23.944.432 €
Heridos hospitalarios -9.474.147 €		-9.474.147 €
Total estimación ahorro -33.418.579 €		-33.418.579 €
INVERSIÓN REQUERIDA		
Km Actuación 45,668 (el 40% de 114,17) 68,502 (el 60% de 114,17)		114,17
Inversión en €/Km actuación 1.500.000 840.000		
Total estimación inversión 68.502.000 € 57.541.000 €		126.043.680 €
VAB= Gasto sin actuación - Gasto con actuación Vida media de las medidas utilizadas VAC= COSTE total / T		33.418.579 € 30 años 4.201.456 €
RATIO B/C=VAB/VAC		7,95

Fuente: Asociación Española de la Carretera.

Por tanto, **con una inversión total de 126, 043 millones de € se lograrían salvar, en un periodo de 3 años, 17 vidas y evitar la hospitalización de 43 heridos, lo que supone un ahorro total de 33,418 millones €.** Esto supone evitar anualmente 6 fallecidos y 14 heridos graves, lo que representa un ahorro de 11,139 millones de euros al año. El ahorro de costes igualara a la inversión realizada en un plazo de 11 años.

El ratio Beneficio /Coste es de 7,95, lo cual indica que por cada euro invertido, se obtiene un beneficio de 7,95 euros como consecuencia de las víctimas mortales y heridos graves evitados.

Invertir en seguridad vial es siempre rentable tanto desde el punto de vista humano y social como desde una perspectiva puramente económica. Sería, por tanto, deseable poder actuar en la mejora de la seguridad vial mediante el tratamiento de la totalidad de la longitud de los tramos y no sólo mediante acciones puntuales.

En el caso de actuar en la totalidad de la longitud de los tramos, y considerando los posibles solapes identificados, los resultados serían los que se resumen a continuación:

TABLA 40. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ACTUACIONES EN LA LONGITUD TOTAL DE TRAMOS A TRATAR ELIMINADO LOS POSIBLES SOLAPES ENTRE ELLOS					
PROBLEMAS IDENTIFICADOS MÁS REPRESENTATIVOS	Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por salida de vía. 	Tramos de vía de especial peligrosidad. 	Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por choque frontal y/o fronto-lateral. 		
TRAMOS AFECTADOS	19 tramos de vía en 13 carreteras distribuidos en 8 CC.AA. Longitud sobre la que actuar: 120 Km	42 tramos de vía en 24 carreteras repartidos en 11 CC.AA. Longitud sobre la que actuar: 887 Km	12 tramos de vía en 10 carreteras distribuidos en 7 CC.AA. Longitud sobre la que actuar: 114 Km		
SOLUCIÓN PROPUUESTA	Mejora mediante CARRETERAS QUE PERDONAN.	Mejora mediante TRATAMIENTO DE LOS TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD.	Mejora mediante CARRETERAS "2+1".	TOTAL	
Reducción de fallecidos	-6	-46	-17	-69	
Reducción de Heridos graves	-17	-152	-43	-212	
estimados en 3 años					
AHORRO DE COSTES					
Fallecidos	-8.450.976 €	-64.790.816 €	-23.944.432 €	-97.186.224 €	
Heridos graves	-3.745.593 €	-33.490.008 €	-9.474.147 €	-46.709.748 €	
TOTAL ESTIMACIÓN DEL AHORRO	-12.196.569 €	-98.280.824 €	-33.418.579 €	-143.895.972 €	
Km de actuación	119,516	887,098	45,668 (40% de 114,17Km)	68,502 (60% de 114,17Km)	1.120,784 Km
Inversión en €/Km de la actuación	600.000 €	600.000 €	1.500.000 €	840.000 €	
TOTAL ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN	71.709.600 €	532.258.800 €	68.502.000 €	57.541.680 €	730.012.080 €

Fuente: Asociación Española de la Carretera.

Con una **inversión total de 730,01208 millones de euros se lograrían salvar un total de 69 vidas y 212 heridos graves, lo que supone un ahorro de 143.895.972 € en un periodo de 3 años.** Por tanto, anualmente se evitarían 23 fallecidos y la hospitalización de 71 heridos, lo que representa un ahorro de 47,965 millones de euros al año. En un plazo de 15 años, el ahorro de los costes igualaría a la inversión realizada, evitándose en ese tiempo un total de 345 fallecidos y 1.065 heridos que requieren hospitalización.

8. EXTRAPOLACIÓN DE LAS ACTUACIONES A LA TOTALIDAD DE LA RED DE CARRETERAS CONVENCIONALES

En este apartado, se realiza una estimación de la reducción de las víctimas mortales y de los heridos graves que se lograría si se aplicasen las medidas propuestas en este estudio en la totalidad de la red de carreteras convencionales de España, asimismo se valora la inversión necesaria para lograrlo.

Partimos de los datos iniciales obtenidos en el análisis y recogidos en la tabla siguiente:

TABLA 41. ESTIMACIÓN DEL AHORRO DE VÍCTIMAS Y KM DE ACTUACIÓN, ELIMINANDO LAS ACTUACIONES "SOLAPADAS"				
(Periodo de tiempo considerado 3 años)	ACTUACIONES EN CARRETERAS			TOTAL
	CARRETERAS QUE PERDONAN	TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD	CARRETERAS "2+1"	
Reducción de fallecidos	-6 (6 tras la actuación - 12 sin hacer nada)	-46 (37 tras la actuación - 83 sin hacer nada)	-17 (17 tras la actuación - 34 sin hacer nada)	-69
Reducción heridos hospitalarios	-17 (18 tras la actuación - 35 sin hacer nada)	-152 (120 tras la actuación - 272 sin hacer nada)	-43 (43 tras la actuación - 86 sin hacer nada)	-212
Km de actuación*	119,5	887,1	114,1	1.120,7 Km
* longitud total de tramos a tratar eliminado los posibles solapes entre ellos				

Fuente: Elaboración propia.

Se puede estimar, por tanto, que en un año se logrará una:

- Reducción del número de fallecidos de 23 Fallecidos / año (69/3)
- Reducción del número de heridos hospitalizados es de 71 heridos graves /año (212/3)

Para valorar la potencialidad de reducción de víctimas mortales y de heridos graves en la totalidad de la red de carreteras de España, teniendo en consideración los resultados obtenidos en diferentes estudios internacionales, se considera que sólo se logrará una reducción del 50% en el número de fallecidos y heridos graves. Por tanto, se toma como hipótesis de partida los siguientes:

- Reducción del número de fallecidos de 12 Fallecidos / año (el 50% de 23 fallecidos/año)
- Reducción del número de heridos hospitalizados es de 35 heridos graves /año (el 50% de 23HG/año)

Pudiéndose realizar una estimación de la lesividad de los accidentes por kilómetro:

$$12/1.120,098 = 0,0103 \text{ Fallecidos / Km de actuación}$$

$$35/1.120,098 = 0,0315 \text{ Heridos graves / Km de actuación}$$

Para la realización de este estudio, se ha realizado una revisión exhaustiva de los inventarios de carreteras, identificándose 790 carreteras convencionales, cuya longitud total supera los 32.800, Km¹⁸. Considerando los ratios anteriores, si se actuase en la totalidad de carreteras identificadas, se puede estimar una reducción anual de 337 fallecidos y 1.034 heridos hospitalizados.

¹⁸ Ver apartado 3.1. Identificación de carreteras

TABLA 42. ACCIDENTALIDAD EN VÍAS INTERURBANAS EN 2013, 2014 Y 2015

	2013		2014		2015	
	Accidentes con víctimas	Fallecidos	Accidentes con víctimas	Fallecidos	Accidentes con víctimas	Fallecidos
Autopistas	2.456	63	2.369	64	2.398	75
Autovías	8.712	227	8.411	226	8.431	202
Carretera convencional	23.395	848	21.466	870	20.709	862
Otro tipo (camino vecinal, vía de servicio, ramal de enlace,...)	2.734	92	2.901	87	3.020	109
TOTAL	37.297	1.230	35.147	1.247	34.558	1.248

Fuente: Anuario Estadístico de la Dirección General de Tráfico.

Con la aplicación de estas medidas en la totalidad de la red de carreteras convencionales se lograría una reducción del número total de fallecidos en este tipo de vía del 39% (337 fallecidos ahorrados en un año / 862 fallecidos en carretera convencional), siendo el ahorro de costes anual para la sociedad de 702,483 millones de euros.

AHORRO DE COSTES ANUAL	
Fallecidos	-474.663.152 € (337 fallecidos ahorrados 1.408.496 €/fallecido)
Heridos hospitalarios	-227.820.186 € (1.034 heridos ahorrados * 220.329 €/herido)
Ahorro total	-702.483.338 €

Para el análisis de la inversión necesaria, así como de la rentabilidad esperada de la misma, partimos de los datos iniciales obtenidos en el análisis y recogidos en la tabla siguiente:

	TOTAL RESULTANTE DEL ESTUDIO (Periodo de tiempo considerado 3 años)	REDUCCIÓN ANUAL	HIPÓTESIS DE TRABAJO: reducción real del 50% *
Reducción de fallecidos	-69	23 Fallecidos/año	12 Fallecidos / año (el 50% de 23 fallecidos/año)
Reducción heridos hospitalarios	-212	71 HG /año	35 HG /año (el 50% de 23HG/año)
Km totales estudiados**	32.800 Km		
Km de actuación***	1.120,784Km		
* Experiencias internacionales			
** Para la realización del estudio se han identificado 790 carreteras convencionales cuya longitud total supera los 32.800Km			
*** Longitud total de tramos a tratar eliminado los posibles solapes entre ellos			

Considerando los ratios:

$$12/1.120,1 = 0,0103 \text{ Fallecidos / Km de actuación}$$

$$35/1.120,1 = 0,0315 \text{ Heridos Graves / Km de actuación}$$

Si se actuase en la totalidad de carreteras identificadas, se puede estimar:

	REDUCCIÓN ANUAL ESTIMADA	AHORRO DE COSTES ANUAL
Fallecidos	-337 fallecidos (32.800 Km * 0,0103 Fallecidos/Km)	-474.663.152 € (337 fallecidos ahorrados* 1.408.496 €/fallecido)
Heridos hospitalarios	-1.034 Heridos hospitalizados (32.800 Km * 0,0315 HG/Km).	-227.820.186 € (1.034 heridos ahorrados * 220.329 €/herido)
Ahorro total		-702.483.338 €

Long total identificada	32.800
Km actuación	1.121
Inversión estimada	730.012.080 €

Estimándose una inversión media por kilómetro de 22.256 €/Km (= 730.012.080 €/32.800 Km)

Si se considerase la totalidad de carreteras de España que no son autopistas de peaje, autovías y autopistas libres y carreteras de doble calzada, de titularidad Estatal y de las Comunidades Autónomas¹⁹, es decir, 81.743 Km de carretera (14.387 Km a cargo del Estado + 67.356 Km a cargo de las CC.AA), y partiendo de la hipótesis anterior, sería necesaria una inversión de 1.819,31 millones de euros (81.743 Km * 22.256 €/Km).

TABLA 45. RED DE CARRETERAS SEGÚN TIPOLOGÍA Y COMPETENCIA. AÑO 2015.

Red a cargo:	Total	Autopistas de peaje	Autovías	Carreteras de doble calzada	Carreteras convencionales
del Estado	26.329	2.539	8.841	563	14.387
de las CC.AA	71.324	329	2.882	756	67.356
de las Diputaciones y Cabildos	68.349	171	573	367	67.238
TOTAL	166.002	3.039	12.296	1.686	148.981

Fuente: Anuario Estadístico 2014. Ministerio de Fomento.

Tomando un valor de la vida media T = 30 años, e introduciendo estos valores en la fórmula para el cálculo del ratio beneficio-coste se obtiene:

$$R = \frac{B}{C} = \frac{702.483.338}{1.819.310.288/30} = 11,58$$

En **tres años**, el ahorro de los costes igualaría a la inversión realizada, siendo el ratio B/C²⁰ de estas actuaciones de 11,58.



¹⁹ El 94,1% del tráfico circula por la red de carreteras de titularidad estatal y autonómica, (ver apartado 3.2. Evolución del tráfico en la Red de Carreteras Convencionales)

²⁰ Vida media de las medidas utilizadas T = 30 años.

9. CONCLUSIONES

La red convencional de carreteras supone el 90% del total de la red de carreteras de España. Para la realización de este estudio, se consideran carreteras convencionales las carreteras pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado y carreteras autonómicas, que discurren íntegramente por una determinada Comunidad Autónoma y no se encuentran incluidas en la Red de Carreteras del Estado, constituidas por una sola calzada y dos carriles de circulación, uno por sentido.

Según este criterio, se han identificado 790 carreteras convencionales, cuya longitud total supera los 32.800 Km.

Por la red convencional de carreteras circula el 40% del tráfico total. A partir de los datos de tráfico recogidos en el Mapa de Tráfico 2014 y los Planes de Aforo de las Comunidades Autónomas, y teniendo en cuenta la caracterización del tráfico por tramos en cada una de las carreteras identificadas (tramos de longitud no homogénea), se han dividido las 790 carreteras convencionales identificadas en segmentos de tráfico homogéneos, resultando 3.641 tramos.

Será necesario actuar en un primer momento sobre las vías que soportan un mayor volumen de tráfico, dadas las diferentes experiencias internacionales: **se seleccionan las vías con un tráfico superior al percentil 80% tanto de IMD total como IMD de pesados**. La aplicación del "filtro de tráfico" supone que se prioricen las actuaciones en 101 carreteras convencionales, cuya longitud total supera los 2.500 Km.

Las vías convencionales son menos seguras que las vías desdobladas, siendo el escenario de ocho de cada diez fallecidos en carretera. Del análisis de los accidentes en el periodo 2013-2015 (ambos inclusive) se desprende que a pesar de haberse registrado una disminución en el número de accidentes, el número de fallecidos ha aumentado.

Ilustración 27. Carretera convencional



Fuente: Asociación Española de la Carretera.

Mejorar los niveles de seguridad en carreteras convencionales es, por tanto, una prioridad. La siguiente tabla resume los problemas más frecuentes y la propuesta de soluciones para la mejora de la seguridad en Carreteras Convencionales:

TABLA 43. TABLA PROBLEMA-SOLUCIÓN EN CARRETERAS CONVENCIONALES	
PROBLEMA DE SEGURIDAD EN CARRETERA CONVENCIONAL	PROPUESTA DE SOLUCIONES
Salida de vía.	<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras que perdonan: evitar accidentes por salida de vía. • Carreteras que perdonan: reducir las consecuencias de accidentes por salida de vía.
Choque frontal o fronto-lateral entre vehículos.	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de sentidos de circulación mediante medidas de bajo coste. • Carreteras 2+1
Otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y gestión de Tramos de Especial Peligrosidad. • Mejora del estado de conservación de la carretera (firme y equipamiento viario).

Fuente: Elaboración propia.

- Evitar las colisiones frontales mediante la implantación de carreteras 2+1, que aseguran una menor dispersión de la velocidad de los vehículos que las recorren al estar diseñadas para facilitar los adelantamientos de los vehículos más lentos. Los beneficios son múltiples:

- o Reducción drástica del número de accidentes frontales, que se eliminaría en estos tramos.
- o Reducción de la accidentalidad en el resto de la red, debido a la existencia de tramos 2+1 donde es posible adelantar, por lo que los conductores no adoptarían conductas de riesgo adelantando en los tramos previos.

Como resultado del análisis realizado, y tras una primera revisión sobre el terreno, resultan 12 tramos de vía en 10 carreteras (114,17 Km) distribuidos en 4 CC.AA.

- Evitar y/o reducir las consecuencias de los accidentes por salidas de la vía mediante la transformación de las vías en "carreteras que perdonan" - cuatro de cada diez accidentes mortales ocurridos en este tipo de vía son salida de vía.

Como resultado del análisis, y tras una primera revisión sobre el terreno, resultan 19 tramos de vía en 13 carreteras (119,516 Km) distribuidos en 8 CC.AA.

- Analizar los tramos de vía de "especial peligrosidad" con el fin de identificar aquellos elementos de la configuración de la carretera que pueden contribuir a la acumulación de accidentes proponiendo las necesarias medidas correctivas.

Como resultado del análisis anterior, se obtiene un total de 42 tramos de vía de especial peligrosidad distribuidos en 24 carreteras (887,098 Km especialmente peligrosos) repartidos en 11 CC.AA.

La efectividad de las acciones se verá incrementada con las políticas globales de fomento de conductas más seguras por parte de los usuarios, con campañas de concienciación y divulgación, que se vienen aplicando desde hace años, en formatos y enfoques diferentes. Sin lugar a dudas, la actitud del usuario, influenciada en mayor o menor medida por el entorno que le rodea, es un aspecto clave de la reducción de la accidentalidad.

La siguiente tabla resume la estimación global de reducción de accidentalidad en carreteras convencionales con las medidas que se contemplan en este estudio.

NOTA: como situación de partida, escenario "no hacer nada", se toman los datos resultantes del análisis de las bases de datos de accidentalidad 2012-2014, procedentes de la DGT, Servei Català de Trànsit y Direcció de Tràfic del Gobierno Vasco.

TABLA 44 REDUCCIÓN ESTIMADA DE LA ACCIDENTALIDAD DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS			
(Periodo de tiempo considerado 3 años)		Situación de partida = no hacer nada	Siniestralidad estimada tras la aplicación de las medidas
Posibles tramos de vía en los que realizar actuaciones puntuales para lograr "carreteras que perdonan"	Accidentes con víctimas por salida de vía	79	39 (Hipótesis de reducción estimada del 50%)
	Fallecidos en accidentes por salida de vía	12	6 (ratio ACV/VM = 6,58)
	Heridos graves en accidentes por salida de vía	35	18 (ratio ACV/HG = 2,26)
Posibles tramos de vía en los que realizar actuaciones puntuales para lograr carreteras "2+1"	Accidentes con víctimas por choque frontal y/o fronto-lateral	84	42 (Hipótesis de reducción estimada del 50%)
	Fallecidos en accidentes por choque frontal y/o fronto-lateral	34	17 (ratio ACV/VM = 2,47)
	Heridos graves en accidentes por choque frontal y/o fronto-lateral	86	43 (ratio ACV/HG = 0,98)
Mejora de Tramos de Especial Peligrosidad	Accidentes con víctimas	288	127 (Hipótesis de reducción estimada del 56%)
	Fallecidos en accidentes	83	37 (ratio ACV/VM = 36,5)
	Heridos graves en accidentes	272	120 (ratio ACV/HG = 1,06)

Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto sobre el que sería necesario profundizar es en la realización del análisis coste- beneficio para estudiar la factibilidad de las opciones, es decir, que permita priorizar las posibles medidas a implantar, ejecutando en primer lugar aquéllas que proporcionen una mayor reducción de accidentalidad con mínimo coste.

En la tabla siguiente, se muestra una primera aproximación en este sentido, que valora el coste de implantación de las medidas analizadas y una propuesta de priorización de las mismas:

TABLA 45. PROPUESTA DE PRIORIZACIÓN DE IMPLANTACIÓN DE SOLUCIONES Y APROXIMACIÓN DE COSTES, SIN CONSIDERAR LOS SOLAPES DE ACTUACIONES					
PROBLEMA DE SEGURIDAD	PROPUESTA DE SOLUCIONES	GASTO SIN ACTUACIÓN	GASTO CON ACTUACIÓN	COSTE	RATIO B/C
Salida de vía	Carreteras que perdonan: Evitar accidentes por salida de vía. Reducir las consecuencias de accidentes por salida de vía.	24.613.467 €	12.416.898 €	5.280.000 € *	69,30
Choque frontal, y/o fronto-lateral entre vehículos	Carreteras 2+1.	66.837.158 €	33.418.579 €	253.610.880 €	3,95
Otros	Identificación y gestión de Tramos de Especial Peligrosidad	176.834.656 €	78.553.832 €	33.720.000 € *	87,44

(Periodo de tiempo considerado 3 años) * se actúa en tramos 200 m en los puntos en los que tiene lugar el accidente).

Fuente: Elaboración propia.

En función de los ratios obtenidos, se puede establecer el siguiente orden de prioridad en la aplicación de las soluciones:

1. Tratamientos de tramos de especial peligrosidad. Es la actuación con mayor rentabilidad, por cada euro invertido se recuperan 87,44 €. (B/C de 87,44).
2. Carreteras que perdonan. Por cada euro invertido se recuperan 69,30. (B/C de 69,30).
3. Carreras "2+1". Es la solución con menor rentabilidad de las tres analizadas, cada euro invertido retorna 3,95. (B/C de 3,95).

La estimación realizada de la reducción potencial de accidentalidad que podría conseguirse con la implantación de las medidas propuestas es una aproximación, dado que la efectividad de estas medidas tiene solapes entre ellas, lo que puede reducir las posibilidades de descenso del número y las consecuencias de los accidentes.

Ilustración 28. Carretera que requiere actuaciones en el firme



Fuente: Asociación Española de la Carretera.

Para realizar un cálculo lo más exacto posible de la inversión en los tramos en los que son necesarias varias actuaciones se considera que se aplica únicamente la solución más rentable. Eliminando los solapes identificados, según este criterio, y como resultado del análisis desarrollado para la mejora de la seguridad vial en la red de carreteras convencionales de España, se han obtenido los siguientes resultados:

TABLA 46. RESULTADO DEL ESTUDIO DE MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL EN CARRETERAS CONVENCIONALES. TRAMOS SOBRE LOS QUE ACTUAR CONSIDERANDO POSIBLES SOLAPES			
PROBLEMAS IDENTIFICADOS MÁS REPRESENTATIVOS	Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por salida de vía. 	Tramos de vía de especial peligrosidad. 	Tramos de carreteras con elevada accidentalidad por choque frontal y/o fronto-lateral. 
TRAMOS AFECTADOS	19 tramos de vía en 13 carreteras distribuidos en 8 CC.AA. Longitud sobre la que actuar: 119,516 Km	42 tramos de vía en 24 carreteras repartidos en 11 CC.AA. Longitud sobre la que actuar: 887,098 Km	12 tramos de vía en 10 carreteras distribuidos en 7 CC.AA. Longitud sobre la que actuar: 114,170 Km
	Mejora mediante CARRETERAS QUE PERDONAN	Mejora mediante TRATAMIENTO DE LOS TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD	Mejora mediante CARRETERAS "2x1"

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, es preciso tener en cuenta fenómenos como la migración de accidentes: al implantar una medida de seguridad vial en un Tramo de Especial Peligrosidad las cifras de accidentalidad en ese emplazamiento disminuyen, en general, pero es frecuente el fenómeno de la migración de accidentes que implica que se produzca un aumento en el número de accidentes en los tramos cercanos al tramo tratado.

Cualquier actuación de las propuestas requiere recursos económicos para su implantación; en esta valoración será necesario tener en cuenta el ahorro que supone la reducción de víctimas de accidentalidad, no sólo en términos sociales, sino también económicos. A continuación, se recoge una estimación del ahorro que se lograría con la actuación en los tramos de vía indicados:

TABLA 47. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS VÍCTIMAS DE ACCIDENTES DE TRÁFICO			
(periodo de tiempo considerado 3 años)		Situación de partida = no hacer nada	Tras la aplicación de las medidas
	Fallecidos	1.404.496 €/fallecido	
	Heridos graves	220.329 €/herido grave	
ACCIÓN: "carreteras que perdonan" (Accidentes por salida de vía).	Fallecidos	13.901.952 € (1.408.496 €/F x 12 F)	8.450.976 € (1.408.496 €/F x 6 F)
	Heridos graves	7.711.515 € (220.329 €/HG x 35 HG)	3.965.922 € (220.329 €/HG x 18 HG)
ACCIÓN: "carreteras 2+1" (Accidentes por choque frontal y/o fronto-lateral).	Fallecidos	47.888.864 € (1.408.496 €/F x 34 F)	23.944.432 € (1.408.496 €/F x 17 F)
	Heridos graves	18.948.294 € (220.329 €/HG x 86 HG)	9.474.147 € (220.329 €/HG x 43 HG)
ACCIÓN: Mejora de tramos de especial peligrosidad (Todos los accidentes con víctimas).	Fallecidos	16.905.168 € (1.408.496 €/F x 83 F)	52.114.352 € (1.408.496 €/F x 37 F)
	Heridos graves	59.929.488 € (220.329 €/HG x 272 HG)	26.439.480 € (220.329 €/HG x 120 HG)
COSTE TOTAL		268.285.281 €	124.384.309 €
Ahorro logrado con la aplicación de las medidas		143.895.972 €	

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Como situación de partida, escenario "no hacer nada", se toman los datos resultantes del análisis de las bases de datos de accidentalidad 2012-2014, procedentes de la DGT, Servei Català de Trànsit y Dirección de Tráfico del Gobierno Vasco.

La evaluación de las inversiones necesarias para la implantación de las soluciones propuestas debe ser realizada con extrema pulcritud, incorporando criterios socioeconómicos y de eficiencia.

La tabla siguiente recoge la estimación de la inversión necesaria para cada solución, eliminado los tramos con actuaciones solapadas:

TABLA 48. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN ELIMINANDO LAS ACTUACIONES SOLAPADAS				
(periodo de tiempo considerado 3 años)	ACTUACIONES EN CARRETERAS			
	CARRETERAS QUE PERDONAN	TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD	CARRETERAS "2+1"	
Hipótesis de actuación consideradas	Se actúa únicamente en el punto en el que ha tenido lugar el accidente, así como 1.000 metros antes y después del mismo	56,200	En el 60% de la longitud a tratar se puede usar la calzada existente y el coste sería de 840.000 €/Km. En el 40% de la longitud es necesaria una nueva calzada siendo su coste 1.500.000 €/Km.	
inversión				
Km de actuación	4,800 Km (24 ptos. x 200 m cada punto)	56,200 (281 ptos. x 200 m cada punto)	45,688 (el 40% de 114,17 Km)	68,502 (el 60% de 114,17 Km)
Coste de la actuación (€/Km)	600.000 €	600.000 €	1.500.000 €	840.000 €
Total	2.880.000 €	33.720.000 €	68.502.000 €	57.541.680 €
Inversión total: 162.643.680 €				

Fuente: Elaboración propia.

Con una inversión total de 162,643 millones de euros (ver tabla 49), se ahorrarían un total de 143.895.972 € (ver tabla 48), en un periodo de 3 años, al evitarse 69 fallecidos y 212 heridos graves. Anualmente, se ahorrarían, por tanto, 47,965 millones de euros (=143.895.972€/3), al salvarse 23 fallecidos (69/3) y 71 heridos graves (=212/3). En un plazo de 3 años, el ahorro de los costes igualaría a la inversión realizada.

Considerando una vida útil de las actuaciones de 30 años, el ratio B/C será:

- **Acciones puntuales: Carreteras que perdonan y Tratamiento de tramos de especial peligrosidad**

$$R = B/C = \frac{G_{\text{sin actuación}} - G_{\text{con actuación}}}{C/T} = \frac{110.477.393}{36.600.000/30} = 90,56$$

- **Acciones de tipo continuo: Carreteras 2+1**

$$R = B/C = \frac{G_{\text{sin actuación}} - G_{\text{con actuación}}}{C/T} = \frac{33.418.579}{126.043.680/30} = 7,95$$

Invertir en seguridad vial es siempre rentable tanto desde el punto de vista humano y social como desde una perspectiva puramente económica. Sería, por tanto, deseable poder actuar en la mejora de la seguridad vial mediante el tratamiento de la totalidad de la longitud de los tramos y no sólo mediante acciones puntuales.

En el caso de actuar en la totalidad de la longitud de los tramos, y considerando los posibles solapes identificados, los resultados serían los que se resumen a continuación

SOLUCIÓN PROPUESTA	CARRETERAS QUE PERDONAN.	CARRETERAS "2+1".	TRATAMIENTO DE TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD.	TOTAL
--------------------	--------------------------	-------------------	---	-------

estimados en 3 años

Reducción de fallecidos	-6	-17	-46	-69
Reducción de Heridos graves	-17	-43	-152	-212

estimados en 3 años

AHORRO DE COSTES				
Fallecidos	-8.450.976 €	-23.944.432 €	-64.790.816 €	-97.186.224 €
Heridos graves	-3.745.593 €	-9.474.147 €	-33.490.008 €	-46.709.748 €
TOTAL ESTIMACIÓN DEL AHORRO	-12.196.569 €	-33.418.579 €	-98.280.824 €	-143.895.972 €

estimados en 3 años

INVERSIÓN ESTIMADA					
Km de actuación	119,516	45,668 (40% de 114,17Km)	68,502 (60% de 114,17Km)	887,098	1.120,784 Km
Inversión en €/Km de la actuación	600.000 €	1.500.000 €	840.000 €	600.000 €	
TOTAL ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN	71.709.600 €	68.502.000 €	57.541.680 €	532.258.800 €	730.012.080 €

Con una **inversión total de 730,01208 millones de euros, se lograrían salvar un total de 69 vidas y 212 heridos graves, lo que supone un ahorro de 143.895.972 € en un periodo de 3 años.** Por tanto, anualmente, se evitarían 23 fallecidos y la hospitalización de 71 heridos, lo que representa un ahorro de 47,965 millones de euros al año. En un plazo de 15 años, el ahorro de los costes igualaría a la inversión realizada, evitándose en ese tiempo un total de 345 fallecidos y 1.065 víctimas mortales. Siendo el ratio B/C en este caso de 5,91.

La estimación realizada de la evaluación económica de las soluciones no ha considerado, entre otros, los costes percibidos por el usuario o los costes ambientales. Aun así, muestra la idoneidad de realizar el proyecto, por cada euro invertido en el mismo se obtiene un beneficio positivo, incluso en los casos de mayor inversión.

La inversión en seguridad vial es un valor seguro, tanto desde una perspectiva de ahorro económico como humano y social. La pérdida de una vida humana o una invalidez permanente genera un sufrimiento que nunca será posible expresar en términos monetarios.

Como resultado de los análisis realizados en este estudio, y tras una primera revisión sobre el terreno, resulta necesario realizar actuaciones de mejora en 73 tramos de vía en 35 carreteras (29 de titularidad autonómica y 6 pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado) distribuidos en 10 CC.AA.

TABLA 49. POSIBLES TRAMOS DE VÍA EN LOS QUE IMPLANTAR "CARRETERAS

CTRA	CC.AA	PROVINCIA	TITULARIDAD	Tramos en los que realizar actuaciones puntuales para obtener carreteras que perdonan		
				Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}
A-625	Pais Vasco	Álava	Auto.	3,00	354,00	357,00
A-625	Pais Vasco	Álava	Auto.	2,00	357,00	359,00
AC-552	Galicia	A Coruña	Auto.	23,10	7,70	30,80
AC-552	Galicia	A Coruña	Auto.	28,61	61,60	90,21
AS-117	Asturias	Asturias	Auto.			
AS-19	Asturias	Asturias	Auto.			
B-204	Cataluña	Barcelona	Auto.	3,25	1,11	4,36
C-251	Cataluña	Barcelona	Auto.	7,45	0,95	8,40
C-31	Cataluña	Tarragona	Auto.	5,25	135,28	140,54
C-31	Cataluña	Barcelona	Auto.	1,38	156,50	157,88
C-31	Cataluña	Barcelona	Auto.			
C-35	Cataluña	Barcelona	Auto.	4,11	28,00	32,11
C-55	Cataluña	Lérida	Auto.			
C-55	Cataluña	Lérida	Auto.			
C-58	Cataluña	Barcelona	Auto.			
C-66	Cataluña	Gerona	Auto.	9,40	18,00	27,40
C-66	Cataluña	Gerona	Auto.			
CA-142	Cantabria	Santander	Auto.	13,15	0,00	13,15
CA-147	Cantabria	Santander	Auto.			
CV-13	Valencia	Castellón	Auto.			
CV-84	Valencia	Alicante	Auto.			
M-100	Madrid	Madrid	Auto.	7,60	15,40	23,00
M-206	Madrid	Madrid	Auto.			
M-300	Madrid	Madrid	Auto.			
M-408	Madrid	Madrid	Auto.			
M-501	Madrid	Madrid	Auto.			
M-505	Madrid	Madrid	Auto.			
M-600	Madrid	Madrid	Auto.	7,60	16,40	24,00
M-608	Madrid	Madrid	Auto.			
M-608	Madrid	Madrid	Auto.			
M-609	Madrid	Madrid	Auto.			
N-1	Castilla León	Burgos	RCE	14,05	249,88	263,93
N-1	Castilla León	Burgos	RCE	14,35	263,93	278,28
N-1	Castilla León	Burgos	RCE			
N-124	Pais Vasco	Álava	Auto.			
N-124	Pais Vasco	Álava	Auto.			

QUE PERDONAN", "CARRETERAS 2+1" Y TRAMOS DE ESPECIAL PELIGROSIDAD.

	Tramos en los que realizar actuaciones puntuales para obtener carreteras 2+1			Tramo de especial peligrosidad		INVERSIÓN ESTIMADA	
	Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}	Long. tramo	pK _{inicio}		pK _{final}
				1,60	355,40	357,00	1.800.000 €
							1.200.000 €
				13,92	2,14	16,06	17.196.000 €
				54,74	34,08	88,82	33.678.000 €
				17,57	5,00	22,57	10.542.000 €
				16,57	0,13	16,70	9.942.000 €
							1.951.200 €
							4.470.000 €
							3.151.800 €
							825.600 €
	12,82	165,00	177,82				14.155.488 €
							2.463.000 €
	9,90	50,10	60,00				10.929.600 €
	5,35	60,00	65,35				5.900.880 €
	14,23	25,01	39,24				15.713.232 €
							5.640.000 €
	10,50	42,30	52,80				11.592.000 €
				27,04	0,00	27,04	16.224.000 €
				7,41	0,00	7,41	4.446.000 €
				13,03	3,27	16,30	7.818.000 €
				6,29	0,00	6,29	3.774.000 €
	7,60	15,40	23,00				4.560.000 €
				1,67	16,18	17,85	1.002.000 €
				20,31	5,28	25,59	12.186.000 €
				5,57	0,00	5,57	3.342.000 €
	7,70	42,85	50,55				8.500.800 €
	9,39	38,00	47,39	19,18	27,59	46,77	12.192.480 €
	7,70	1,00	8,70				13.060.800 €
	7,70	0,00	7,70	17,31	0,00	17,31	10.386.000 €
	7,30	7,70	15,00				
				1,52	3,80	5,32	912.000 €
	14,05	249,88	263,93	28,05	249,46	277,51	16.830.000 €
							462.000 €
				16,49	278,22	294,71	9.894.000 €
				1,00	25,90	26,90	600.000 €
	7,23	31,42	38,65	1,00	37,30	38,30	7.477.920 €

CTRA	CC.AA	PROVINCIA	TITULARIDAD	Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}	
N-124	La Rioja	La Rioja	RCE				
N-332	Valencia	Alicante	RCE				
N-332	Valencia	Alicante	RCE				
N-332	Valencia	Alicante	RCE	12,44	121,66	134,10	
N-332	Valencia	Alicante	RCE	7,61	144,13	151,74	
N-332	Valencia	Alicante	RCE	8,37	196,02	204,39	
N-332	Valencia	Valencia	RCE				
N-332	Valencia	Valencia	RCE	8,79	228,17	236,96	
N-340	Andalucía	Cádiz	RCE	6,68	10,29	16,97	
N-340	Andalucía	Cádiz	RCE				
N-340	Andalucía	Granada	RCE	18,56	335,54	354,10	
N-340	Andalucía	Granada	RCE	12,94	359,52	372,46	
N-340	Andalucía	Almería	RCE	6,13	377,69	383,82	
N-340	Valencia	Alicante	RCE	9,88	698,46	708,34	
N-340	Valencia	Valencia	RCE				
N-340	Valencia	Valencia	RCE	7,65	837,25	844,90	
N-340	Valencia	Castellón	RCE				
N-340	Valencia	Castellón	RCE				
N-340	Cataluña	Tarragona	RCE				
N-340	Cataluña	Tarragona	RCE	1,70	1188,54	1190,24	
N-349	Andalucía	Cádiz	RCE	3,22	0,00	3,22	
N-4	Andalucía	Sevilla	RCE				
N-4	Andalucía	Sevilla	RCE	6,06	579,38	585,44	
N-4	Andalucía	Sevilla	RCE	9,64	585,44	595,08	
N-4	Andalucía	Cádiz	RCE				
N-4	Andalucía	Cádiz	RCE				
N-550	Galicia	A Coruña	RCE				
N-550	Galicia	A Coruña	RCE				
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE				
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE				
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE				
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE				
N-638	Pais Vasco	Guipúzcoa	Auto.				
PO-531	Galicia	Pontevedra	Auto.				
PO-552	Galicia	Pontevedra	Auto.				
RM-303	Murcia	Murcia	Auto.				
			Long, Total	263,97			

FUENTE: Asociación Española de la Carretera.

Las siguientes tablas presentan las inversiones estimadas en función de la titularidad de la red, consistentes en 418.187.280 € para la Red de Carreteras del Estado y 311.824.800 € para la Red Autonómica.

		Long. tramo	pK _{inicio}	pK _{final}	Long. tramo	pK _{inicio}	INVERSIÓN ESTIMADA
				7,04	39,01	46,05	4.224.000 €
				2,00	42,26	44,26	1.200.000 €
				15,70	80,10	95,80	9.420.000 €
				84,89	119,50	204,39	50.934.000 €
							-
							-
	5,21	220,85	226,06	21,67	204,39	226,06	13.002.000 €
	9,97	236,96	246,93	22,11	228,98	251,09	13.266.000 €
	6,68	10,29	16,97				4.008.000 €
				67,42	34,97	102,39	40.452.000 €
	18,56	335,54	354,10	51,40	302,70	354,10	30.840.000 €
							7.764.000 €
							3.678.000 €
				29,47	678,87	708,34	17.682.000 €
				8,43	817,98	826,41	5.058.000 €
	9,95	827,30	837,25				15.070.800 €
				17,81	956,89	974,70	10.686.000 €
				64,05	975,08	1039,13	38.430.000 €
	10,17	1097,92	1108,09				11.227.680 €
							1.020.000 €
							1.932.000 €
				48,02	558,44	606,46	28.812.000 €
	6,06	579,38	585,44				3.636.000 €
	9,64	585,44	595,08				5.784.000 €
	11,97	615,90	627,87				13.214.880 €
				8,35	619,52	627,87	5.010.000 €
				7,23	50,50	57,73	4.338.000 €
				14,63	68,69	83,32	8.778.000 €
	12,20	84,40	96,60	25,84	91,50	117,34	23.263.920 €
	7,84	108,04	115,88				-
				17,35	121,76	139,11	10.410.000 €
				13,10	142,74	155,84	7.860.000 €
				1,50	0,50	2,00	900.000 €
				12,50	6,06	18,56	7.500.000 €
				70,13	1,59	71,72	42.078.000 €
				6,19	0,00	6,19	3.714.000 €
	229,72			887,1			730.012.080 €

TABLA 50. INVERSIONES ESTIMADAS EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

CARRETERA	CCAA	PROVINCIA	TITULARIDAD	INVERSIÓN ESTIMADA
N-1	Castilla León	Burgos	RCE	16.830.000 €
N-1	Castilla León	Burgos	RCE	462.000 €
N-1	Castilla León	Burgos	RCE	9.894.000 €
N-124	La Rioja	La Rioja	RCE	4.224.000 €
N-332	Valencia	Alicante	RCE	1.200.000 €
N-332	Valencia	Alicante	RCE	9.420.000 €
N-332	Valencia	Alicante	RCE	50.934.000 €
N-332	Valencia	Alicante	RCE	-
N-332	Valencia	Alicante	RCE	-
N-332	Valencia	Valencia	RCE	13.002.000 €
N-332	Valencia	Valencia	RCE	13.266.000 €
N-340	Andalucía	Cádiz	RCE	4.008.000 €
N-340	Andalucía	Cádiz	RCE	40.452.000 €
N-340	Andalucía	Granada	RCE	30.840.000 €
N-340	Andalucía	Granada	RCE	7.764.000 €
N-340	Andalucía	Almería	RCE	3.678.000 €
N-340	Valencia	Alicante	RCE	17.682.000 €
N-340	Valencia	Valencia	RCE	5.058.000 €
N-340	Valencia	Valencia	RCE	15.070.800 €
N-340	Valencia	Castellón	RCE	10.686.000 €
N-340	Valencia	Castellón	RCE	38.430.000 €
N-340	Cataluña	Tarragona	RCE	11.227.680 €
N-340	Cataluña	Tarragona	RCE	1.020.000 €
N-349	Andalucía	Cádiz	RCE	1.932.000 €
N-4	Andalucía	Sevilla	RCE	28.812.000 €
N-4	Andalucía	Sevilla	RCE	3.636.000 €
N-4	Andalucía	Sevilla	RCE	5.784.000 €
N-4	Andalucía	Cádiz	RCE	13.214.880 €
N-4	Andalucía	Cádiz	RCE	5.010.000 €
N-550	Galicia	A Coruña	RCE	4.338.000 €
N-550	Galicia	A Coruña	RCE	8.778.000 €
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE	23.263.920 €
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE	-
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE	10.410.000 €
N-550	Galicia	Pontevedra	RCE	7.860.000 €
				418.187.280 €

FUENTE: Asociación Española de la Carretera.

TABLA 51. INVERSIONES ESTIMADAS EN REDES AUTONÓMICAS

CARRETERA	CCAA	PROVINCIA	TITULARIDAD	INVERSIÓN ESTIMADA
A-625	País Vasco	Álava	Auto.	1.800.000 €
A-625	País Vasco	Álava	Auto.	1.200.000 €
AC-552	Galicia	A Coruña	Auto.	17.196.000 €
AC-552	Galicia	A Coruña	Auto.	33.678.000 €
AS-117	Asturias	Asturias	Auto.	10.542.000 €
AS-19	Asturias	Asturias	Auto.	9.942.000 €
B-204	Cataluña	Barcelona	Auto.	1.951.200 €
C-251	Cataluña	Barcelona	Auto.	4.470.000 €
C-31	Cataluña	Tarragona	Auto.	3.151.800 €
C-31	Cataluña	Barcelona	Auto.	825.600 €
C-31	Cataluña	Barcelona	Auto.	14.155.488 €
C-35	Cataluña	Barcelona	Auto.	2.463.000 €
C-55	Cataluña	Lérida	Auto.	10.929.600 €
C-55	Cataluña	Lérida	Auto.	5.900.880 €
C-58	Cataluña	Barcelona	Auto.	15.713.232 €
C-66	Cataluña	Gerona	Auto.	5.640.000 €
C-66	Cataluña	Gerona	Auto.	11.592.000 €
CA-142	Cantabria	Santander	Auto.	16.224.000 €
CA-147	Cantabria	Santander	Auto.	4.446.000 €
CV-13	Valencia	Castellón	Auto.	7.818.000 €
CV-84	Valencia	Alicante	Auto.	3.774.000 €
M-100	Madrid	Madrid	Auto.	4.560.000 €
M-206	Madrid	Madrid	Auto.	1.002.000 €
M-300	Madrid	Madrid	Auto.	12.186.000 €
M-408	Madrid	Madrid	Auto.	3.342.000 €
M-501	Madrid	Madrid	Auto.	8.500.800 €
M-505	Madrid	Madrid	Auto.	12.192.480 €
M-600	Madrid	Madrid	Auto.	13.060.800 €
M-608	Madrid	Madrid	Auto.	10.386.000 €
M-608	Madrid	Madrid	Auto.	
M-609	Madrid	Madrid	Auto.	912.000 €
N-124	País Vasco	Álava	Auto.	600.000 €
N-124	País Vasco	Álava	Auto.	7.477.920 €
N-638	País Vasco	Guipúzcoa	Auto.	900.000 €
PO-531	Galicia	Pontevedra	Auto.	7.500.000 €
PO-552	Galicia	Pontevedra	Auto.	42.078.000 €
RM-303	Murcia	Murcia	Auto.	3.714.000 €
				311.824.800 €

FUENTE: Asociación Española de la Carretera.

10. BIBLIOGRAFÍA

7 medidas de Interior para frenar la siniestralidad. Nota de prensa de la DGT.

Actualización de la Red de Carreteras de Andalucía. Dirección General de Infraestructuras. Consejería de Fomento y Vivienda. Junio de 2013. Diciembre 2015.

Análisis de la accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. 2012, 2013. Ministerio de Fomento.

Análisis de la Funcionalidad de una carretera 2+1 mediante microsimulación. Trabajo final de máster. Lucia Monterosso. Director: Prof. Ing. Alfredo García García. Máster Universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo. Universidad Politécnica de Valencia.

Anuario Estadístico 2014. Ministerio de Fomento.

Anuario estadístico de accidentes de tráfico en Catalunya 2015. Servei Català de Trànsit. Generalitat de Catalunya. Departament d'Interior.

Anuario estadístico de accidentes de tráfico. Euskadi 2014. Departamento de Seguridad. Gobierno Vasco.

Anuario Estadístico de accidentes. Dirección General de Tráfico.

Application of european 2+1 Roadway designs. TRB, 2003.

Catàleg de carreteres de Catalunya. 31 de desembre de 2013. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat.

Catálogo de carreteras de la Diputación Foral de Guipúzcoa. BOG núm. 44.

Catálogo viario de la red de carreteras 2016. Mapa de Carreteras de la Comunidad de Madrid 2016. VIAM. Comunidad de Madrid.

Contribución de la carretera a la mejora de la seguridad vial en España. Área de Prevención y Seguridad Vial. Fundación Mapfre. Septiembre 2015.

Cost-Effective infrastructure measures on rural roads. Jennife Oxley et al. Swedish National Road Administration. 2004.

Cruces inteligentes. Anabel Gutiérrez. Revista Tráfico y Seguridad Vial Num. 235. Abril 2016.

Decreto 25/2015, de 07/05/2015, por el que se actualiza el Catálogo de la Red de Carreteras de titularidad de la Junta de Comunidades de Castilla –La Mancha. Diario Oficial de Castilla –La Mancha.

Decreto 49/2013, de 12 de abril, del Consell, por el que se aprueba el Catálogo del sistema Viario de la Comunitat Valenciana. Diari Oficial de la Comunitat Valenciana núm. 7003/15.04.2013.

Decreto 98/2008, de 23 de mayo, por el que se aprueba el nuevo Catálogo de las Carreteras de titularidad de la Junta de Extremadura. DOE número 103. 29 de mayo de 2008.

Dos de cada tres fallecidos en accidentes de tráfico se producen en carreteras convencionales. Campaña de Vigilancia DGT. Nota de Prensa DGT. 9 de mayo de 2016.

El Manual de Medidas de Seguridad Vial. Elvik, R. Fundación MAPFRE, 2013.

Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020. Dirección General de Tráfico. NIPO: 128-11-029-4.

Evaluación de medidas para reducir los accidentes de tráfico. Roberto Pereira Moreira. Departamento de Fundamentos del Análisis Económico. Universidad de Vigo. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Vigo. Campus de Lagoas-Marcosende.

Evaluation of 2+1 roads with cable barrier. VTI, 2009.

Evolución del tráfico en las carreteras de Bizkaia. 2014. Diputación Foral de Bizkaia.

Experiencia sueca y francesa en las carreteras 2+1: vías tan seguras como las autopistas. Christina Gerondeau et al. Revista Carreteras núm. 153.

Friendly and safe for Users -2+1 Lane Case Study, Experiences from Germany. Dr. Ing. Thomas Jährig. Federal Highway Research Institute, Germany. 2012.

Friendly and safe for Users -2+1 Lane Case Study. Dr. Ing. Thomas Jährig.

Gestión de tramos de concentración de accidentes. Experiencia de la Diputación Foral de Álava. Departamento de Obras Públicas y Transportes. Diputación Foral de Álava.

Identificación y caracterización de los objetos de los márgenes de la carretera que son impactados en accidentes por salidas de vía. Óscar Martín et al. Fundación CIDAUT. Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía. Febrero 2012.

Información de aforos en las carreteras de Gipuzkoa. Recopilación hasta 2014. Diputación Foral de Gipuzkoa. Departamento de Infraestructuras Viarias.

Ingeniería de Carreteras. Volumen 1. Carlos Kraemer et al. Mc Graw Hill. ISBN: 84-481-3988-7.

Instrucción DGT 01/TV-29.

La DGT actualiza el listado de tramos de vías convencionales más peligrosos para circular. Nota de prensa de la DGT.

La DGT incrementa la vigilancia en carreteras convencionales. Durante esta semana. Nota de prensa DGT. 23 de noviembre de 2015.

Las principales cifras de la siniestralidad vial. España 2014. Dirección General de Tráfico

Ley 2/2008, de 21 de abril, de Carreteras de la Comunidad Autónomas de la Región de Murcia.

Ley 4/2010, de 30 de abril, por la que se revisa y actualiza el Plan Regional de Carreteras de La Rioja. BOE. Núm. 126.

Listado de carreteras de la RCE 2014. Situación a 31-XII-2014. Ministerio de Fomento.

Los 10 tramos más peligrosos, en secundarias. Anabel Gutiérrez. Revista Tráfico y Seguridad Vial Núm. 234. Febrero 2016.

Los costes de la accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. Un criterio para la política de mantenimiento de carreteras". 17 de abril de 2013. RACC.

Los transportes y las infraestructuras. Informe anual 2014. Ministerio de Fomento.

Mapa de Trafico 2014. Ministerio de Fomento.

Medidas de Bajo Coste: su eficacia para reducir los accidentes. Roberto Llamas Rubio. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.

Medidas para gestionar las secundarias. Anabel Gutiérrez. Revista Tráfico y Seguridad Vial Num. 230. Julio 2015.

Memoria de Tráfico da Rede Autonómica de Estradas de Galicia. 2014. Xunta de Galicia.

Norma Foral 2/2011, de 24 de marzo, de carreteras de Bizkaia.

Nuevo mínimo histórico en el número de víctimas mortales por accidente desde 1960. Balance de Seguridad Vial 2015. Nota de prensa DGT. 4 de enero 2016.

Operating characteristics and economic evaluation of 2+1 lanes with or without intelligent transport systems assisted merging.

Operating characteristics and economic evaluation of 2+1 lanes with or without intelligent transport systems assisted merging. P. Kirby, B. Traffic Design Group. G. Koorey. University of Canterbury. May 2014.

Operational Analysis of 2+1 Roadway and its Use in Developing Geometric Design Standars in S. Korea. Suk Ki Lee et al. Korea Institute of construction Technology. 2010.

Orden Circular 30/2012 por la que se aprueban las Directrices de los procedimientos para la gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

Orden Foral 38/2012, de 31 de agosto, del Consejero de Fomento, por la que se aprueba el Catálogo de Carreteras de Navarra, el inventario de travesías de Navarra y el mapa oficial de carreteras de Navarra. Boletín Oficial de Navarra de 13 de septiembre de 2012.

Pla d'Aforaments 2014. Generalitat de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Novembre 2015.

Plan anual de aforos año 2015. Consejería de Fomento e Infraestructuras. Dirección General de carreteras. Servicio de Explotación y Seguridad Vial. Región de Murcia.

Plan de Gestión Integral de Infraestructuras de Cantabria, 2014-2021. Gobierno de Cantabria. Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Dirección General de Obras Públicas.

Plan de Mejora de la Accesibilidad, Seguridad Vial y Conservación en la Red de Carreteras de Andalucía. Plan M.A.S. C.E.R.C.A. Junta de Andalucía.

Plan de Seguridad Vial 2011-2012. Región de Murcia. Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio.

Plan director de infraestructuras para la movilidad de Asturias 2015 – 2030. Gobierno del Principado de Asturias.

Plan General de Carreteras de Aragón 2013-2024. Gobierno de Aragón. Departamento de Obras Públicas, Urbanismo, Vivienda y Transporte.

Plan Integral de Carreteras para el periodo 2004-2015, aprobado por Norma Foral 1/2008, de 16 de junio. Boletín Oficial del territorio Histórico de Álava. 11 de febrero de 2009.

Plan Regional de Aforos 2015, Red regional de Carreteras. Junta de Castilla y León. Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras.

Plan Regional de Aforos 2015. Red Regional de Carreteras. Junta de Castilla y León.

Plan Regional Sectorial de Carreteras 2008-2020. Junta de Castilla y León.

Pliego de condiciones técnicas particulares del proyecto de "Renovación de captafaros retrorreflectantes en la autovía A-92, A-92M, A-92G Y A-92N".

Presentación "Programa carreteras 2 + 1 GenCat". Ferran Camps Roqué. Subdirector General de Explotación Viaria.

Programa carreteras 2 + 1 GenCat. Ferran Camps Roqué. Generalitat de Catalunya.

Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

Revisión del Segundo Plan General de Carreteras del País Vasco. Gobierno Vasco.

Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness. Analysis for Use in Decision-Making. ROSEBUD. 2006.

Siniestralidad en Tramos de Concentración de Accidentes. Ministerio de Fomento. V Congreso Nacional de Seguridad Vial, Logroño 2011.

Soluciones Low-Cost. Anabel Gutiérrez. Revista Tráfico y Seguridad vial N° 206 / 2011.

XIV VYODEAL. Documento de trabajo nº1. Medidas de Bajo Coste.

WEBS:

Comunidad Autónoma de la Región de Murcia: www.carm.es/

Comunidad de Madrid: www.madrid.org

Diputación Foral de Álava: <https://www.araba.eus>

Diputación Foral de Bizkaia: www.bizkaia.eus

Diputación Foral de Guipúzcoa: <http://www.gipuzkoa.eus>

Dirección General de Tráfico: <http://www.dgt.es>

European Transport Safety Council: <http://etsc.eu>

Generalitat Valenciana: www.gva.es/

Gobierno de Aragón: www.aragon.es

Gobierno de Cantabria: www.cantabria.es/

Gobierno de La Rioja: <https://www.larioja.org/>

Gobierno de Navarra: <http://www.cfnavarra.es>

Gobierno del Principado de Asturias: <https://www.asturias.es/>

Gobierno Vasco – Departamento de Tráfico: <https://www.trafikoa.net/>

Google Maps: <https://www.google.es/maps?hl=es&tab=wl>

Junta de Andalucía: <http://www.juntadeandalucia.es>

Junta de Castilla-La Mancha: www.castillalamancha.es

Junta de Castilla y León: <https://www.jcyl.es>

Junta de Extremadura: www.gobex.es

Ministerio de Fomento: <https://www.fomento.gob.es>

Revista de la Dirección General de Tráfico: <http://revista.dgt.es>

Servei Català de Trànsit: <http://transit.gencat.cat>

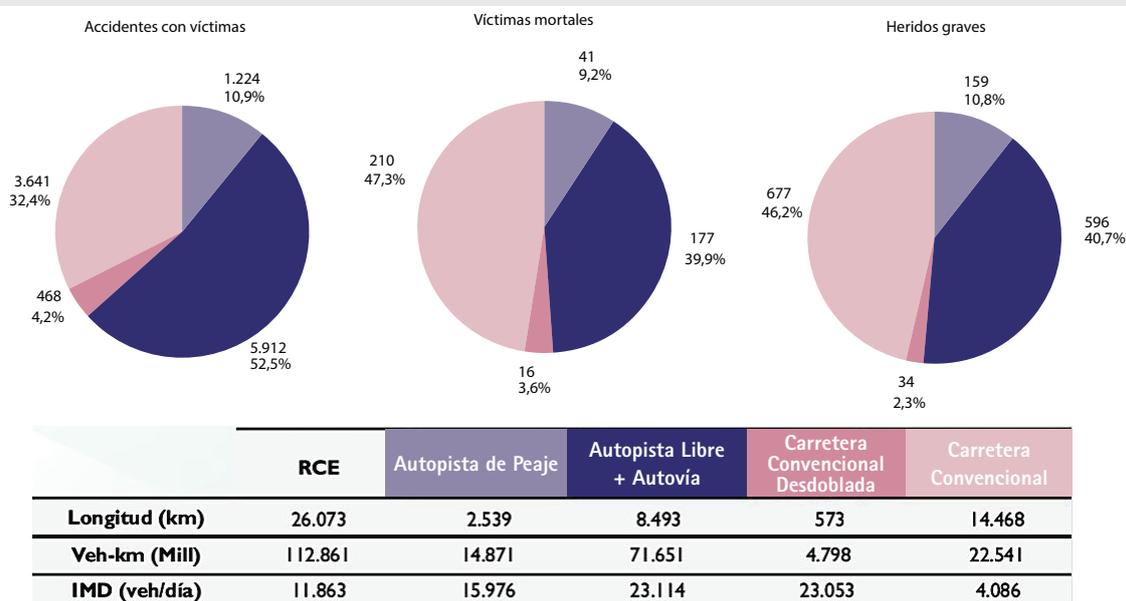
Xunta de Galicia: www.xunta.gal/

ANEXO 1

ANÁLISIS DE LA ACCIDENTALIDAD EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

Las carreteras convencionales suponen más del 90% del total de kilómetros de la red de carreteras de España, siendo las vías más peligrosas y las que representan una mayor siniestralidad, pese a que soportan una menor densidad de tráfico que las vías desdobladas como autopistas y autovías. Así, en el año 2013, el índice de letalidad en carretera convencional se situó en 2,6; un punto más que en autovía (1,6) y autopista (1,7).

Gráfica 16. Distribución de la accidentalidad por tipo de vía. Año 2013



Fuente: Análisis de la Accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. Año 2013. Ministerio de Fomento.

En relación a la tipología de accidentes más frecuentes en la red de carreteras convencionales, cabe destacar los siguientes datos extraídos del portal estadístico de la Dirección General del Tráfico, correspondientes al año 2013²¹:

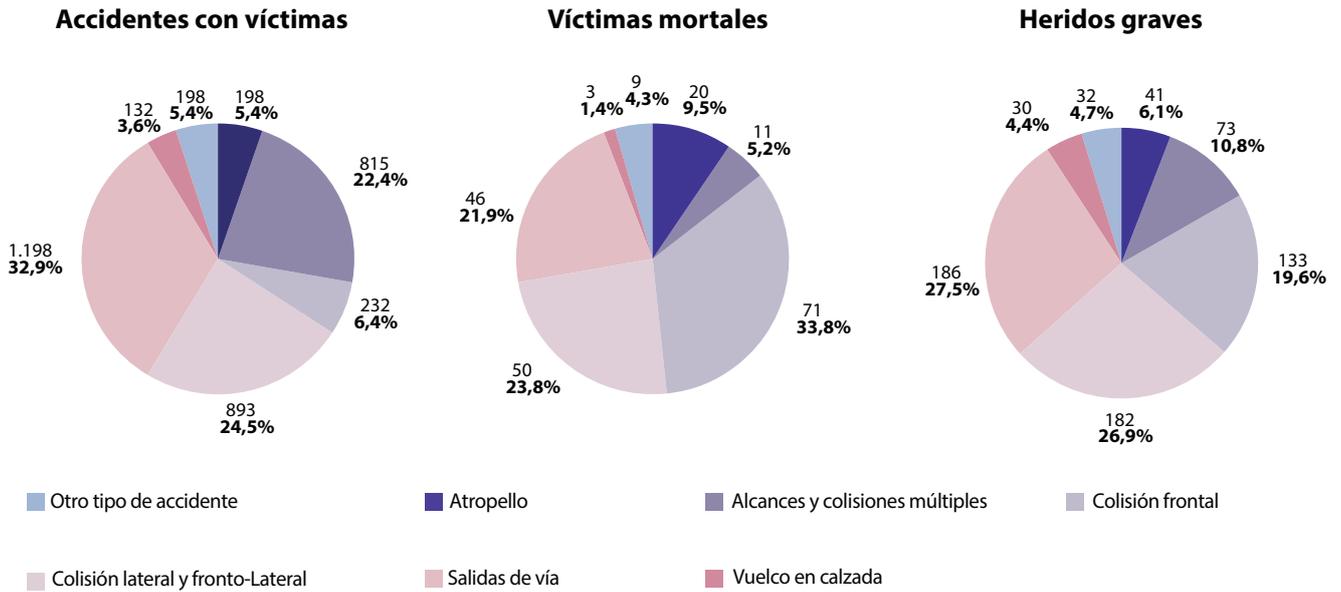
- El 38% de los accidentes en carreteras convencionales fueron salidas de vía, en los que se produjeron el 36% de los fallecidos.
- El 28% de los accidentes con víctimas en carreteras convencionales fueron accidentes frontales, fronto-laterales y laterales, que se pueden considerar asociados a la propia característica de no separación de sentidos de circulación; en ellos se produjeron el 39% de las víctimas mortales.
- Asumiendo que las intersecciones de cualquier tipo son propias de las carreteras convencionales, el 40% de los accidentes con víctimas en vías interurbanas se produjeron en intersecciones; en ellos se produjeron un 20% de los fallecidos en carreteras convencionales.

Al igual que en el resto de vías, la distracción es la principal causa de accidentalidad en las carreteras convencionales, seguida en importancia por la infracción de las normas de circulación y la velocidad inadecuada.

²¹ Entre las cifras que figuran a continuación, podrían existir solapes, ya que un accidente en una intersección puede computar simultáneamente como accidente por salida de vía o con choque frontal o fronto-lateral.

Gráfica 17. Distribución por tipo de accidente, año 2013

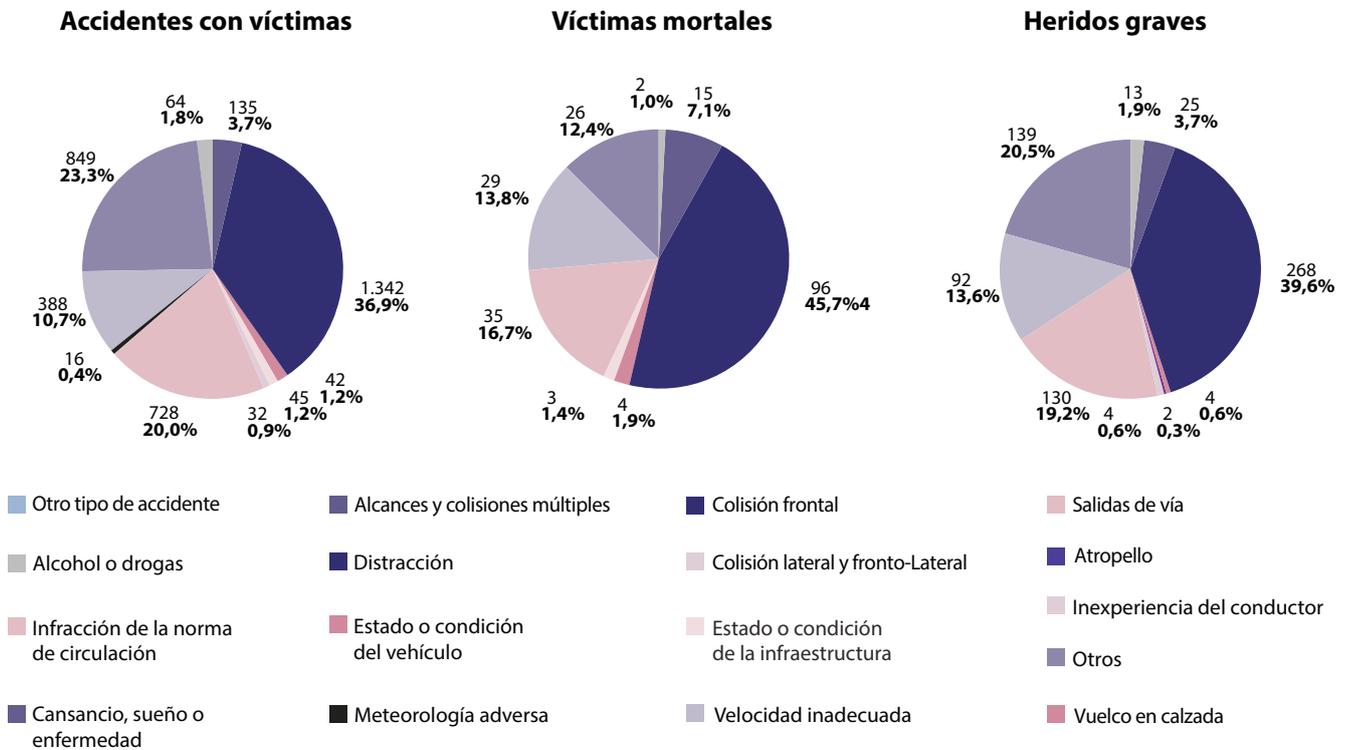
CARRETERAS CONVENCIONALES



Fuente: Análisis de la Accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. Año 2013. Ministerio de Fomento.

Gráfica 18. Distribución por tipo de factor concurrente, año 2013

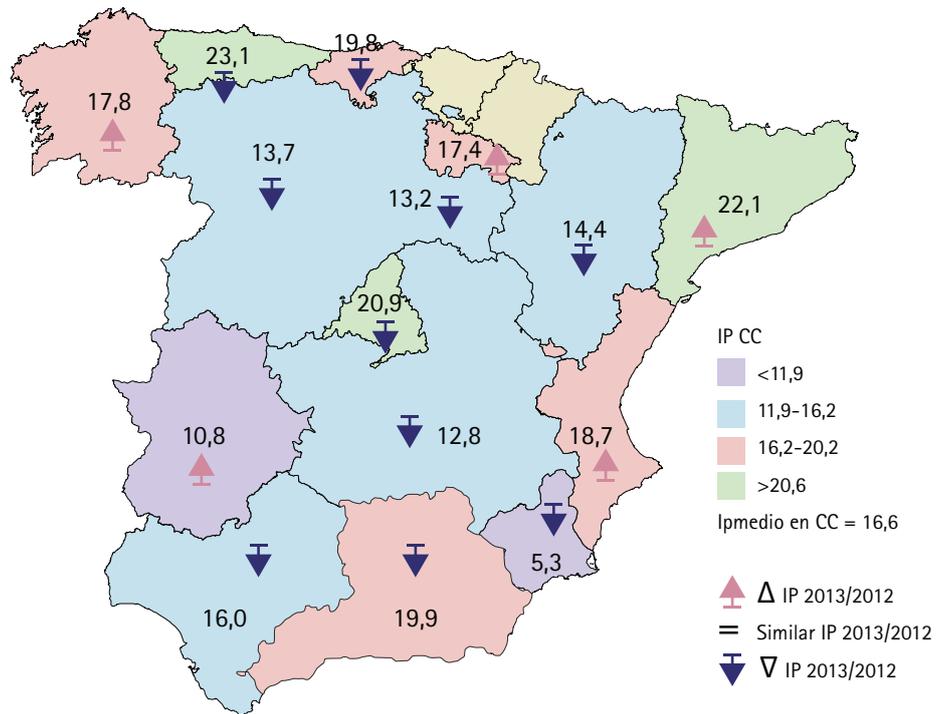
CARRETERAS CONVENCIONALES



Fuente: Análisis de la Accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. Año 2013. Ministerio de Fomento.

El mapa siguiente muestra, por Comunidades Autónomas, el índice de peligrosidad en 2013 y su variación respecto al año 2012.

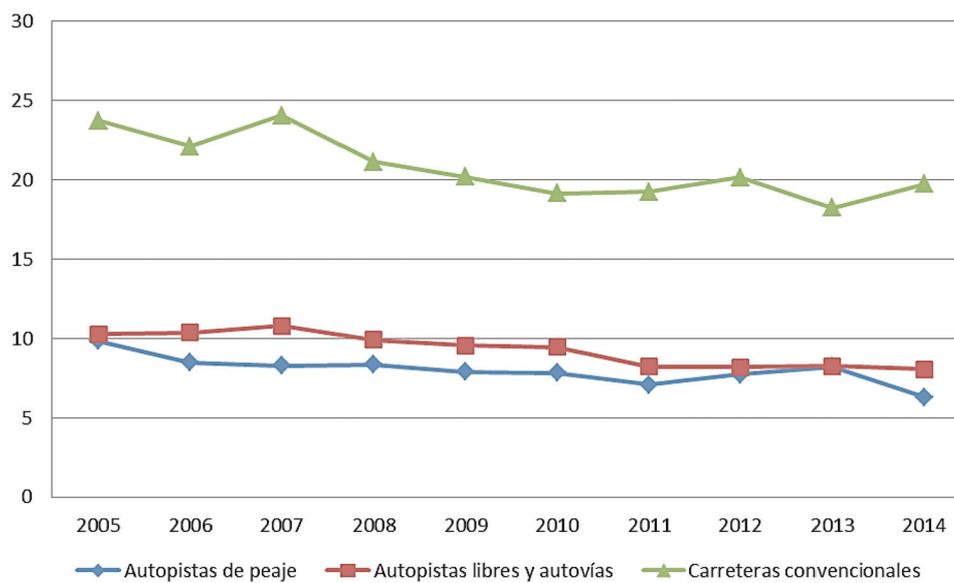
Ilustración 22. Índice de Peligrosidad en Carreteras convencionales. Año 2013



Fuente: Análisis de la Accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. Año 2013. Ministerio de Fomento.

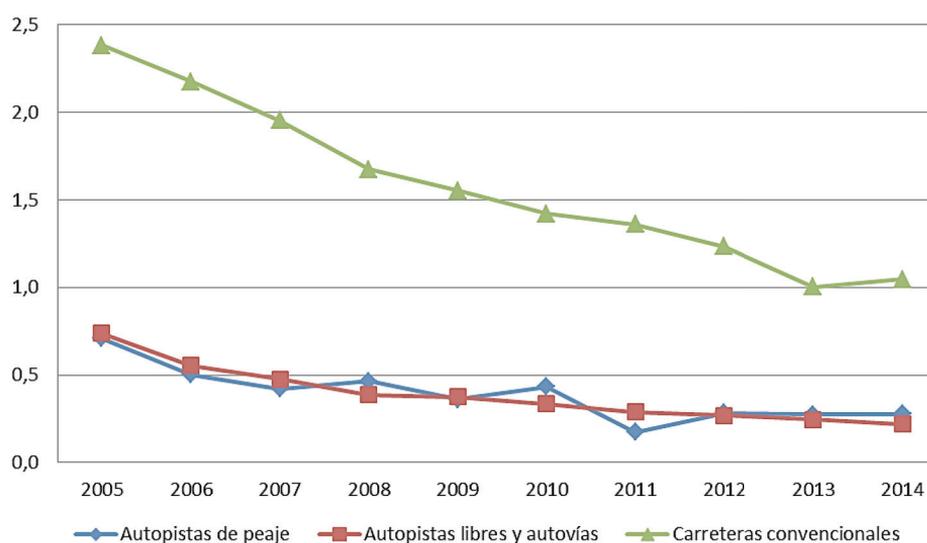
En los siguientes gráficos puede verse la evolución del índice de peligrosidad y de mortalidad (relación entre el número de fallecidos y el tráfico en millones de vehículos kilómetro) en la Red de Carreteras del Estado en los últimos años:

Gráfica 19. Evolución del Índice de Peligrosidad por tipo de vía en la Red de Carreteras del Estado



Fuente: Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento, 2014.

Gráfica 20. Evolución del Índice de Mortalidad por tipo de vía en la Red de Carreteras del Estado

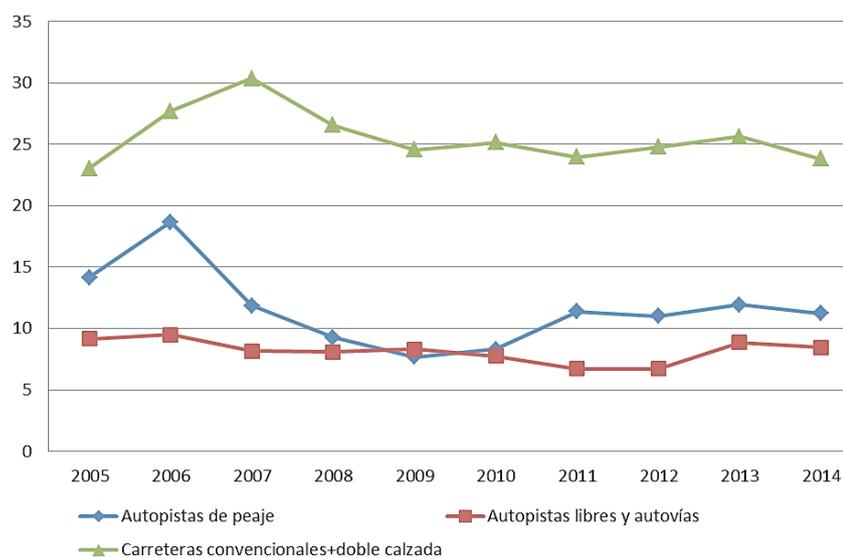


Fuente: Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento, 2014.

Se puede ver que, en la Red de Carreteras del Estado, el riesgo de sufrir un accidente en una carretera convencional es, como media, 2.5 veces superior al riesgo de sufrirlo en una autovía o autopista. Si se comparan los índices de mortalidad, el riesgo de morir en un accidente es 4.3 veces superior en carretera convencional respecto a carreteras de doble calzada.

Si se valoran los datos de toda la red de carreteras interurbanas, se obtienen los valores que figuran en los siguientes gráficos²².

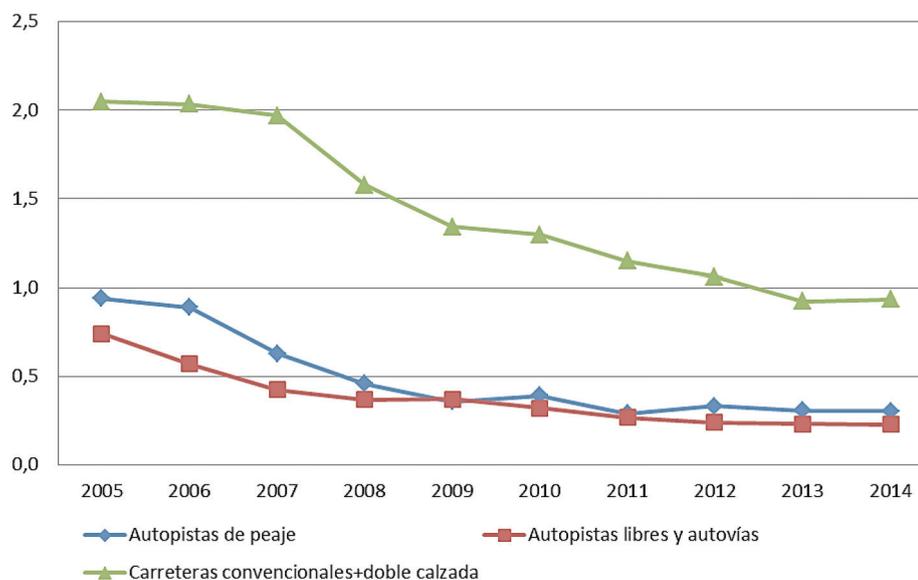
Gráfica 21. Evolución del Índice de Peligrosidad por tipo de vía



Fuente: Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento, 2014 y Anuario de Accidentes de la Dirección General de Tráfico, 2014.

²² No se disponen de datos diferenciados de carreteras convencionales que figuran agrupadas con las vías de doble calzada que no son autovías o autopistas.

Gráfica 22. Evolución del Índice de Mortalidad por tipo de vía



Fuente: Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento, 2014 y Anuario de Accidentes de la Dirección General de Tráfico, 2014.

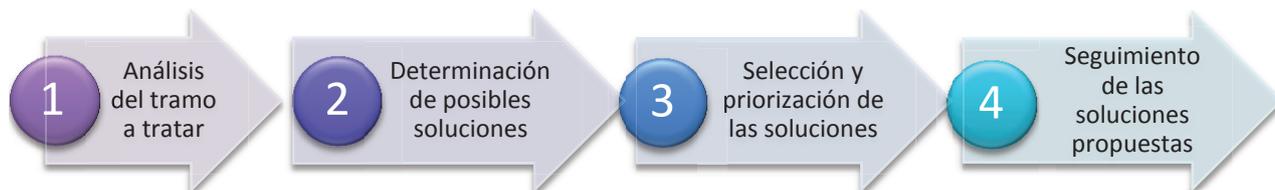
Con los datos disponibles, se puede ver que en carreteras convencionales (categoría a la que se incorporan, en este caso, las vías de doble calzada) el riesgo de sufrir un accidente es 2,7 veces mayor que en otro tipo de vías, mientras que el riesgo de morir en un accidente es 3,6 veces mayor que en vías de gran capacidad.

ANEXO 2

METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DE CARRETERAS QUE PERDONAN

Para cada tramo, es necesario un análisis específico de la viabilidad y potencialidad de las carreteras que perdonan. Una posible metodología a seguir es la siguiente (estructurada en 4 etapas):

Gráfica 23. Metodología para la implantación de carreteras que perdonan



Fuente: Asociación Española de la Carretera.

1. Análisis del tramo a tratar

Es necesario realizar un análisis exhaustivo del tramo con el fin de identificar los posibles peligros existentes en el caso de que se produzca un accidente por salida de vía. Entre otras cosas se debe:

- Identificar y caracterizar el problema.
- Tipo de vía y geometría, distancia al objeto.
- Volumen y composición del tráfico, velocidades de circulación, porcentaje de vehículos pesados.
- Usuarios afectados: automóviles, vehículos pesados, vehículos de dos ruedas...

2. Determinación de posibles soluciones

Es conveniente realizar "Inspecciones *In situ*" en aquellos puntos en los que hayan tenido lugar accidentes por salida de vía y en itinerarios completos con el objetivo de identificar posibles puntos con mayor riesgo para los usuarios en caso de accidente por salida de la calzada.

Analizados los itinerarios y detectados los peligros existentes, se procederá a la determinación de posibles soluciones a los mismos. Se realizará un análisis de viabilidad de las distintas soluciones en el que se considerará como mínimo:

- La reducción del número de heridos y fallecidos como consecuencia de la instalación de las diferentes medidas.
- Valoración económica y social de la reducción del número de víctimas. Pudiéndose tomar los siguientes valores²³:

Fallecidos	1.408.496 €
Heridos Hospitalizados	220.329 €
Heridos no hospitalizado	6.137 €

- Coste de ejecución, instalación y mantenimiento de las diferentes soluciones adoptadas.

²³ Principales cifras de siniestralidad 2014. Dirección General de Tráfico.

3. Selección y priorización de las soluciones

Se determinará si la solución escogida consiste en la eliminación del obstáculo, su reubicación/modificación o su protección mediante un sistema de contención adecuado.

Una vez seleccionada la solución más adecuada para cada uno de los casos, se establecerá un orden de actuación en función de la rentabilidad de dichas soluciones. Para ello, se utilizará el ratio Coste/Beneficio de cada una de las opciones escogidas, procediéndose a la implantación en primer lugar de aquellas con un mayor valor de dicho índice.

4. Seguimiento de las soluciones propuestas

Durante un periodo mínimo de 5 años, se realizará un seguimiento periódico de las soluciones escogidas con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y realizar la corrección de posibles errores.

ANEXO 3

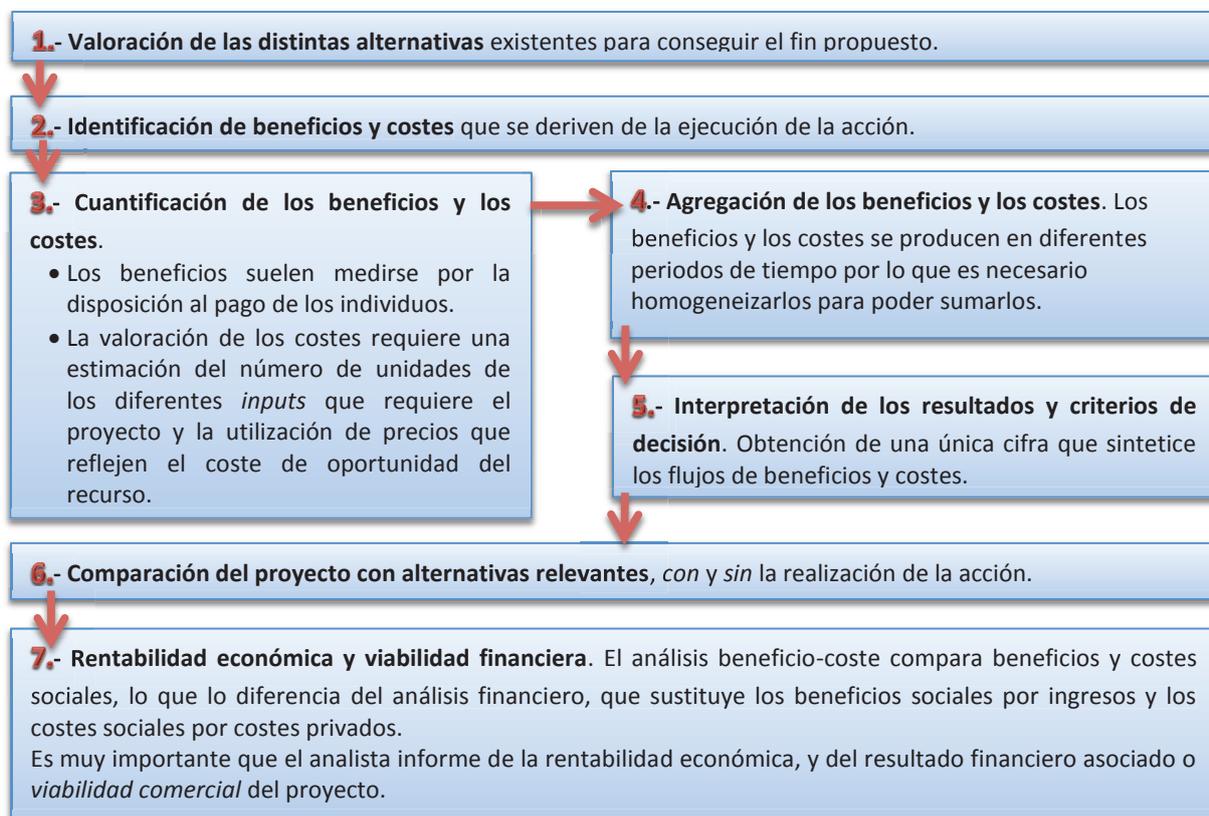
ANÁLISIS BENEFICIO-COSTE DE LAS MEDIDAS DE BAJO COSTE (MBC)

El Análisis Beneficio-Coste permite realizar una priorización de las actuaciones a realizar para la reducción de la accidentalidad en un determinado tramo de vía según la rentabilidad de las mismas.

La realización de un análisis beneficio - coste requiere identificar de forma clara qué debe contabilizarse como coste y qué como beneficio para, posteriormente, realizar una valoración de los mismos.

COSTES	BENEFICIOS
<ul style="list-style-type: none"> • DE INSTALACIÓN: coste de mercado de la medida a aplicar y ejecución de los trabajos para su instalación. • DE REPARACIÓN: coste de restablecer el sistema a su estado original. • DE MANTENIMIENTO. • OTROS: los del trabajo de preparar el proyecto de las medidas a aplicar, el control de la ejecución del proyecto, las molestias y atascos causados por la ejecución de las obras. 	<ul style="list-style-type: none"> • SOCIALES: se puede estimar igual al coste de los accidentes en carretera. El beneficio se obtiene como el producto del número de vehículos con daños materiales y víctimas que se ahorra cada año con la realización de las mejoras en la carretera, multiplicado por el valor monetario de las mismas. • AMBIENTALES: se puede estimar como el producto del número de animales no atropellados por el valor monetario de los mismos.

Ginés de Rus en su libro "Análisis Coste – Beneficio. Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión", establece las siguientes etapas para todo tipo de análisis beneficio- coste:



Para realizar el análisis Beneficio-Coste de las medidas utilizadas para la mejora del punto/tramo analizado se usa la fórmula del Valor Actual (VA) del flujo de beneficios y costes a lo largo del tiempo, actualizados por el tipo de descuento i . Bajo ciertas condiciones simplificadoras el VA de los Beneficios (VAB) y el VA de los Costes (VAC) tienden a ser aproximadamente su valor anualizado partido por el tipo de interés. Suponemos que tanto el beneficio anual de las medidas contra los accidentes (B en adelante) como el coste anual de las mismas (C en adelante) permanecen constantes con respecto al año base:²⁴

²⁴ EVALUACIÓN DE MEDIDAS PARA REDUCIR LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO. Roberto Pereira Moreira. Departamento de Fundamentos del Análisis Económico. Universidad de Vigo. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Vigo. Campus de Lagoas-Marcosend.

Por tanto, el cociente entre el valor actual del beneficio y del coste, (en adelante R) será:

- R: ratio Beneficio-Coste.
- $G_{\text{sin actuación}}$: Gravedad del accidente en caso de que no exista ningún tipo de actuación para tratar de evitar o minimizar los efectos de un posible accidente.
- $G_{\text{con actuación}}$: Gravedad del accidente en caso de que sí exista alguna actuación para tratar de evitar o minimizar los efectos de un posible accidente.
- $C_{\text{instalación}}$: Coste de instalación de la medida analizada.
- $C_{\text{mantenimiento}}$: Coste anual de mantenimiento de la medida analizada.
- $C_{\text{reparación}}$: Coste anual de reparación de la medida analizada.
- T: vida media de la medida analizada.

La priorización de las medidas a implementar se realizará en función del valor del ratio Beneficio-Coste (R), llevándose a cabo las actuaciones de mayor a menor valor de dicho índice.



C/ Diego de León, 50
28006 MADRID
Tel. + 34 91 563 05 93
www.seopan.es