



Recomendaciones para la mejora de la Seguridad Vial en entornos interurbanos



Dirección General de Tráfico

Calle Josefa Valcárcel, 28
28071, Madrid
www.dgt.es

Subdirección General de Gestión de la Movilidad y Tecnología

Dirección del trabajo
Pedro Tomás Martínez



UTE CGT Madrid

C/ Chile, Nº 4, Oficina 2
28290, Las Rozas (Madrid)
+34 91 630 05 05
www.tekia.es
www.iceacsa.com

Equipo de trabajo

Rocío López de la Vara
Gabriela Ruggiero Pelay
David Ignacio Freire Fernández

Maquetación y diseño

Alejandra Ágreda Añover

Producción Gráfica



Ministerio del Interior

NIPO: 128-19-006-0

Depósito Legal: M-15124-2019



Recomendaciones para la mejora de la Seguridad Vial en entornos interurbanos

En España, durante el año 2019, se produjeron, según datos del Registro Nacional de Víctimas de Accidentes de Tráfico, más de 100.000 accidentes con víctimas, de las que resultaron 1.755 fallecidos y más de 8.000 heridos graves.

Del conjunto de accidentes, heridos graves y fallecidos, el 36%, el 50% y el 70% tuvieron lugar en entornos viarios interurbanos respectivamente. A su vez, aproximadamente 3 de cada 4 de los fallecidos tuvieron lugar en vías convencionales, y suponen más de la mitad del conjunto de los fallecidos en accidentes de tráfico. En efecto, el riesgo de fallecer por kilómetros recorridos en vía convencional es 3,6 veces superior al de autopistas y autovías. Esta situación exige una actuación específica en el ámbito de las carreteras convencionales para alcanzar un mayor nivel de seguridad vial.

La Declaración de Estocolmo de la Tercera Conferencia Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial celebrada en 2020 reafirma la responsabilidad compartida entre todos los agentes involucrados en la seguridad vial y la necesidad de colaboración de múltiples partes (sector público y privado, académico, organizaciones profesionales, organizaciones no gubernamentales, y medios de comunicación) para avanzar hacia un sistema de transportes libre de muertes y heridos graves, asegurando que se aplique un enfoque integrado de seguridad vial basado en Sistema Seguro.

La Dirección General de Tráfico ha elaborado este documento con una selección de medidas adoptadas en carretera de efectividad demostrada y que no implican modificaciones sustanciales de la infraestructura sino que mejoran la seguridad inherente de la vía por medio de la adecuación de determinados elementos o de la adaptación de su fisionomía, tendiendo hacia vías más autoexplicativas y más benignas (que perdonan el error), como práctica alineada con los pilares del enfoque de Sistema Seguro que promueven los expertos del mundo académico (1):

- Búsqueda de un sistema de transporte que se anticipa y se adapta a los errores humanos previniendo consecuencias fatales y graves.
- Diseño viario y de los vehículos que limite las fuerzas en caso de colisiones bajo niveles tolerables por el cuerpo humano.
- Motivación de aquellos que diseñan y mantienen las carreteras, manufacturan vehículos y administran programas de seguridad vial hacia una responsabilidad compartida de seguridad vial con los usuarios, de manera que cuando ocurra un accidente, se busquen soluciones en el conjunto del sistema en lugar de únicamente culpar al conductor o a otros usuarios.
- Compromiso con la mejora proactiva de las carreteras y los vehículos para que el conjunto del sistema viario sea más seguro en lugar de enfoques basados en la siniestralidad histórica en ubicaciones viarias aisladas.
- Tomar como premisa que en el sistema de transporte no deberían producirse muertes ni lesiones graves, y que la seguridad vial no debería negociarse con otros factores como el coste o el deseo de menores tiempos de viaje.

Es el objetivo de la DGT proporcionar a los organismos responsables de las carreteras y la seguridad vial este documento compartiendo buenas prácticas para la mejora de la seguridad que actúan sobre el diseño y la fisionomía de la vía y sus elementos.

(1) Saving lives beyond 2020: The next steps (Recommendations of the Academic Expert Group for the 3rd Global Ministerial Conference on Road Safety).



ELEMENTOS VISUALES Y ACÚSTICOS



1	Bandas Transversales de Alerta (BTAs)	●	●	Pág. 21
2	Guías sonoras longitudinales en marca vial de separación de sentidos	●	●	Pág. 23
3	Guías sonoras de borde	●	●	Pág. 25
4	Guías sonoras de separación de carriles	●	●	Pág. 27
5	Marcas viales características de tramos	●	●	Pág. 29
6	Captafaros LED	●	●	Pág. 31
7	Sistemas de advertencia y canalización de animales en la calzada	●	●	Pág. 33
8	Cruces inteligentes	●	●	Pág. 35
9	Adaptación dinámica de los límites de velocidad	●	●	Pág. 37
10	Señales actuadas para calzado de la velocidad	●	●	Pág. 39
11	Pavimento pigmentado	●	●	Pág. 41
12	Refuerzo del guiado en puntos críticos	●	●	Pág. 43



MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN Y DELIMITACIÓN DE FLUJOS DE TRÁFICO



13	Línea continua de separación de carriles	●	●	Pág. 47
14	Franja de separación de sentidos	●	●	Pág. 49
15	Balizamiento de carriles	●	●	Pág. 51
16	Separación física de sentidos en tramos críticos	●	●	Pág. 53
17	Delimitación y separación de sentidos en enlaces trompeta	●	●	Pág. 55
18	Refuerzo de la señalización en divergencias	●	●	Pág. 57
19	Carreteras 2+1	●	●	Pág. 59



MEDIDAS DE ORDENACIÓN Y CALMADO DE TRÁFICO



Medida	Personas con discapacidad	Ciclistas	Motoristas	Peatones	Página
20 Adelgazamiento viario	●	●	●	●	Pág. 63
21 Ordenación del tráfico en glorietas	●	●	●	●	Pág. 65
22 Calmado del tráfico en intersecciones	●	●	●	●	Pág. 67
23 Adecuación de travesías	●	●	●	●	Pág. 69
24 Adecuación de cruces peatonales en vías interurbanas	●	●	●	●	Pág. 71
25 Balizamiento y cebreado de arcenes	●	●	●	●	Pág. 73
26 Arcenes asimétricos	●	●	●	●	Pág. 75



ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y ADVERTENCIA



27 Colocación de vallado sobre elementos de separación de mediana	●	●	●		Pág. 79
28 Adecuación de márgenes viarios	●		●		Pág. 81
29 Cunetas de seguridad y adecuación de bermas	●	●	●		Pág. 83
30 Sistemas de protección de pasos salvacunetas	●	●	●		Pág. 85
31 Señales actuadas por usuarios vulnerables	●	●	●		Pág. 87



TABLAS

ANEXO I. TABLAS RESUMEN DE FACTORES DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

1	Elementos visuales y acústicos	Pág. 91
2	Medidas para la separación y delimitación de flujos de tráfico	Pág. 93
3	Medidas de ordenación y calmado de tráfico	Pág. 95
4	Elementos de protección y advertencia	Pág. 97



APÉNDICE

	Glosario	Pág. 101
	Normativa	Pág. 103
	Localizaciones de cada medida. Ejemplos	Pág. 105



ELEMENTOS VISUALES Y ACÚSTICOS



1. BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA (BTAs)



¿Qué son las bandas transversales de alerta (BTAs)?

- Las bandas transversales de alerta (BTAs) son elementos transversales que se disponen en las proximidades a un elemento peligroso, como medida para extremar la atención que el conductor debe prestar ante la proximidad de una zona con un riesgo singular normalmente no percibido.
- La Instrucción Técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en Carreteras de la Red de Carreteras del Estado (Orden FOM/3053/2008) clasifica las BTAs en tres grupos: Fresadas, Resaltadas y a Nivel. Consultar la Instrucción para implantar correctamente las BTAs.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Garantizar que los vehículos alcanzan un elemento de trazado (ej. curva, intersección, inconsistencia de trazado, etc.) o zona de especial riesgo (ej. travesía, tramo transitado por vulnerables, etc.) a velocidades adecuadas compatibles con la seguridad de todos los usuarios.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- En tramos de transición entre distintos tipos de vía (ej. de autovía a carretera convencional). Se recomienda el empleo de las bandas que provocan vibración y sonido, concretamente las resaltadas por ser las de máxima efectividad y menor problemática.
- Aproximación a puntos de detención obligatoria (ej. áreas de peaje, stop, etc.).
- Evitar su implantación en el desarrollo de curvas para evitar pérdidas de adherencia y en la proximidad de zonas habitadas para evitar molestias por ruidos.
- Elementos del trazado que exigen una especial disminución de la velocidad debido a inconsistencias del trazado o a peligros no evidentes: curvas cerradas tras largas rectas, intersecciones señalizadas o accesos a nivel no señalizados en curvas sin visibilidad, etc.
- Se recomienda instalar en ambos sentidos de circulación en vías de calzada única.

¿Qué debería saber sobre las bandas transversales de alerta (BTAs)?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo los efectos físicos (transmisión de vibraciones o ruidos derivados de su acción sobre el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo) y visuales los que condicionan la reducción de la velocidad de circulación.
- Los módulos de las BTAs pueden disponerse en trespelillo o de forma continua. En general contarán con 3 líneas transversales, separadas 0,50 metros, si bien en casos justificados se admitirán dos o incluso una única línea.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



25%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Orden FOM/3053/2008, de 23 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción Técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en carreteras de la Red de Carreteras del Estado, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Elvik et al: Elvik, R, Høye, A, Vaa, T & Sørensen, M 2009, The handbook of road safety measures, 2nd edn, Emerald Publishing, Bingley, UK.
- Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.



2. GUÍAS SONORAS LONGITUDINALES EN MARCA VIAL DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS



¿Qué son las guías sonoras longitudinales en marca vial de separación de sentidos?

- Las guías sonoras longitudinales, también conocidas en inglés por el término “rumble-strips” son pequeñas hendiduras o resaltes en el firme que al ser pisadas por el neumático del vehículo producen una vibración y/o sonido que pretende alertar al conductor de maniobras prohibidas y/o desvíos involuntarios de la trayectoria del vehículo. Ambas tipologías se encuentran contempladas en la 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.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Alertar a los conductores que sufren una distracción o somnolencia en caso de que sus vehículos se desvíen involuntariamente de su trayectoria.
- Incrementar la disciplina de carril y evitar la invasión involuntaria del carril del sentido contrario en curvas a izquierda.
- Reforzar el cumplimiento de la línea continua.
- Indicar a los conductores que el tramo tiene una peligrosidad superior a la del resto de la vía.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Tramos en los que, por fatiga, somnolencia o distracción, se haya contrastado o se prevea la accidentabilidad por invasiones involuntarias del carril contrario o salidas involuntarias de vía por la izquierda.
- Tramos con escasa oferta de adelantamiento y elevado porcentaje de vehículos pesados para reforzar la prohibición de adelantamiento.
- Se recomienda el empleo de guías sonoras fresadas en aquellas vías afectadas por vialidad invernal ya que no entorpecen ni se deterioran con el paso de las máquinas quitanieves. Además, las guías fresadas son más perceptibles para vehículos pesados.
- Tramos lo suficientemente alejados de zonas urbanizadas para evitar contaminación acústica.

¿Qué debería saber sobre las guías longitudinales en marca vial de separación de sentidos?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo los efectos físicos (transmisión de vibraciones o ruidos derivados de su acción sobre el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo) los que condicionan la reducción de la velocidad de circulación.
- La DGT publicó en febrero de 2018 una Instrucción de Guías Sonoras Longitudinales con criterios técnicos a considerar en su ejecución.
- Diversos estudios han demostrado que no existe impacto alguno en la seguridad de los motociclistas.
- El Estado de Minnesota lleva ejecutando guías sonoras en el eje de las carreteras convencionales desde 1999.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



21%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Kenneth R. Agent, Jerry G. Pigman and Nikiforos Stamatidis. Countermeasures for fatal crashes on two-lane rural road. Kentucky transportation center. Research Report KTC-01-11/SPR211-00-2F.
- Transportation Department, Faculty of Engineering and Science. Aalborg University, Denmark. Centerline Rumble Strips – Safety Evaluation (2011).
- 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, del Ministerio de transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012).
- Instrucción 18/TV-102 sobre Guías Sonoras Longitudinales.
- Miller, K. W., Effects of Center-Line Rumble Strips on Non-Conventional Vehicles (2008).



3. GUÍAS SONORAS DE BORDE



¿Qué son las guías sonoras de borde?

- Las guías sonoras longitudinales, también conocidas en inglés por el término “rumble-strips” son pequeñas hendiduras o resaltes en el firme que al ser pisadas por el neumático del vehículo producen una vibración y/o sonido que pretende alertar al conductor de desvíos involuntarios de la trayectoria del vehículo. Ambas tipologías se encuentran contempladas en la 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.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Alertar a los conductores que sufren una distracción o somnolencia en caso de que sus vehículos se desvíen involuntariamente de su trayectoria y evitar así la invasión involuntaria de arcenes y las salidas de vía por la derecha.
- Evitar la invasión del arcén por parte de vehículos motorizados protegiendo así a los usuarios vulnerables que pueden transitar por él.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- Tramos en los que, por fatiga, somnolencia o distracción, se haya contrastado o se prevea accidentalidad por salidas de vía por la derecha e invasión involuntaria del arcén.
- Tramos con elevado tránsito peatonal o ciclista que transita por arcenes de ancho mayor a 1,5m.
- Se recomienda el empleo de guías sonoras fresadas en aquellas vías afectadas por vialidad invernal ya que no entorpecen ni se deterioran con el paso de las máquinas quitanieves. Además, las guías fresadas son más perceptibles para vehículos pesados.
- Se recomienda la ejecución de patrones discontinuos para permitir la transición cómoda y segura de ciclistas entre arcén y carril.
- Pueden disponerse en carriles estrechos, o como elemento de aviso más necesario, ante la proximidad de un elemento peligroso en los márgenes de la carretera.
- En caso de vías con arcenes estrictos se recomienda su ejecución sobre la propia marca vial para aumentar el margen lateral para la recuperación de la trayectoria del vehículo.
- Tramos lo suficientemente alejados de zonas urbanizadas para evitar contaminación acústica.

¿Qué debería saber sobre las guías de borde?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto físico (transmisión de vibraciones o ruidos derivados de su acción sobre el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo) el que advierte de la pérdida de una trayectoria adecuada.
- En condiciones de baja visibilidad, las guías sonoras resaltadas mejoran el reconocimiento del conductor de los límites del carril.
- La DGT publicó en febrero de 2018 una Instrucción de Guías Sonoras Longitudinales con criterios técnicos a considerar en su ejecución para vías convencionales y de alta capacidad.
- Diversos estudios han demostrado que no existe impacto alguno en la seguridad de los motociclistas.
- Se utilizaron por primera vez en el año 1953 en la ciudad de Nueva Jersey. Fueron presentadas como “singing safety lanes” que alertaban a los conductores.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



21%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Subdirección General de Gestión de la Movilidad, Dirección General de Tráfico. Preguntas frecuentes Guías Sonoras Longitudinales.
- Elvik, R., Høyed, A., Vaa, T., and Sorensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
- 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, del Ministerio de transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012).
- Turner, B., Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
- University of North Carolina Highway Safety Research Center and U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (2013). Crash Modification Factors Clearing House: www.cmfclearinghouse.org.
- Instrucción 18/TV-102 sobre Guías Sonoras Longitudinales.
- Popular Mechanics Magazine (1953). “Singing” safety lanes provide warning for motorists.



4. GUÍAS SONORAS DE SEPARACIÓN DE CARRILES



¿Qué son las guías sonoras de separación de carriles?

- Las guías sonoras longitudinales, también conocidas en inglés por el término “rumble-strips” son pequeñas hendiduras o resaltes en el firme que al ser pisadas por el neumático del vehículo producen una vibración y/o sonido que pretende alertar al conductor de desvíos involuntarios de la trayectoria del vehículo. Ambas tipologías se encuentran contempladas en la 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.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Alerta a los conductores que sufren una distracción o somnolencia en caso de que sus vehículos se desvíen involuntariamente de su trayectoria y evitar así la invasión involuntaria del resto de carriles.
- Reforzar la disciplina de carril y reducir al mínimo los cambios de carril, especialmente indicado en tramos con altas intensidades vehiculares con problemas de capacidad.
- Reforzar el cumplimiento de líneas continuas en tramos de canalización de trayectorias.
- Reforzar la disciplina de carril en tramos curvos de altas velocidades para evitar acortamiento de trazadas que implican la invasión del carril contiguo.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- Debe aplicarse en tramos de autovía, autopista o de vía multicarril en los que se deseen reducir los cambios de carril que puedan desencadenar la formación de congestión o de accidentes cuando la circulación es inestable por capacidad (ver relación fundamental del tráfico Intensidad-Velocidad).
- Se recomienda de manera general una disposición continua.
- Tramos lo suficientemente alejados de zonas urbanizadas para evitar contaminación acústica.

¿Qué debería saber sobre las guías sonoras de separación de carriles?

- Esta medida se puede ejecutar con diversas técnicas, como el fresado del firme aplicando un resalto negativo.
- La DGT publicó en febrero de 2018 una Instrucción de Guías Sonoras Longitudinales con criterios técnicos a considerar en su ejecución para vías convencionales y de alta capacidad.
- En condiciones de baja visibilidad, las guías sonoras resaltadas mejoran el reconocimiento del conductor de los límites del carril.
- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto físico (transmisión de vibraciones o ruidos derivados de su acción sobre el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo) el que condiciona los cambios de carril.
- En los vanos entre líneas discontinuas también puede ejecutarse el resalte positivo oculto (sin pintar).

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



18%

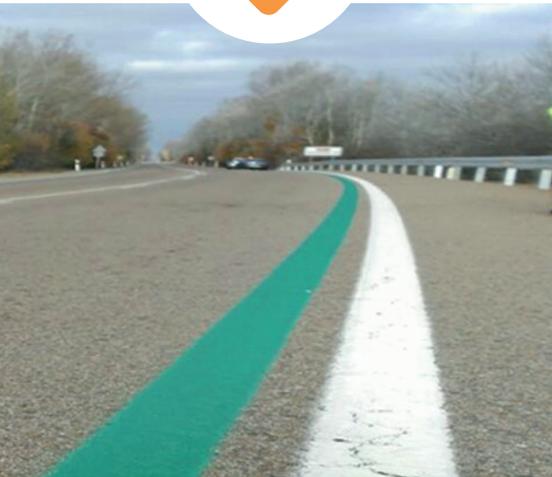
FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- M. Khan, A. Abdel-Rahim, C. J. Williams (2015). Potential crash reduction benefits of shoulder rumble strips in two-lane rural highways.
- J.B. Cicchino (2017). Effect of lane departure Warning on Police Reported Crash Rates, Insurance Institute for Highway Safety.
- Instrucción 18/TV-102 sobre Guías Sonoras Longitudinales.
- 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, del Ministerio de transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012).



5. MARCAS VIALES CARACTERÍSTICAS DE TRAMOS



¿Qué son las marcas viales características de tramos?

- Las marcas viales características de tramos son marcas viales longitudinales (de color verde) paralelas a la marca vial de arcén, que generan una sensación de estrechamiento de la sección (efecto túnel).
- Consiste en pintar líneas indicadoras longitudinales de color verde, paralelas a las marcas viales de separación de la calzada y el arcén, e instalar 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.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Las marcas de colores generan a los conductores la sensación de estrechamiento del carril para inducirles a moderar su velocidad.
- 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 asocie 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 auto-explicativa y que contribuya a aumentar el grado de cumplimiento de las normas por parte de los conductores (self-enforced roads o carreteras autovigilables en español).

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- Debe aplicarse cuando se desee disminuir la velocidad de circulación en carreteras convencionales cuyo trazado cuente con rectas largas y curvas horizontales de radio amplio. Estos factores unidos pueden generar en algunos conductores una errónea y peligrosa sensación de control y de seguridad que les puede inducir a sobrepasar los límites de velocidad establecidos para estos tipos de vías.

¿Qué debería saber sobre las marcas viales características de tramos?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto visual el que condiciona la reducción de la velocidad de circulación.
- El efecto de una marca vial es más duradero que una señal vertical puesto que acompaña al conductor durante todo el tramo que se pretende tratar.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



16%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020, 2017. (AEC & SEOPAN).
- Líneas verdes para reducir la velocidad. Noviembre 2016. Revista DGT, Seguridad Vial.
- Base de datos de accidentabilidad de la DGT.
- Seguridad Vial y calmado de tráfico interurbano. Carreteras de velocidad controlada. Junta de Castilla y León, Consejería de Fomento y Medio Ambiente. Dirección General de Carreteras e Infraestructuras. Abril 2016.
- An Evaluation of the Effectiveness of Wider Edge Line Pavement Markings. Paul Carlson and Jason Wagner. February 2012.



6. CAPTAFAROS LED



¿Qué son los captafaros led?

- Se definen como captafaros LED aquellos dispositivos de guía óptica utilizados generalmente como complemento de las marcas viales, capaces de emitir luz a fin de alertar, guiar o informar al usuario del trazado o elementos de la carretera.
- Los captafaros LED son elementos con iluminación propia y autónoma (normalmente, con placas solares) y se disponen en puntos del trazado especialmente conflictivos, como curvas con radios reducidos. Estos dispositivos permiten que el conductor sea alertado de la necesidad de variar la trayectoria de forma más exigente de lo normal, o de la existencia de un elemento difícil de percibir claramente. De esta manera se comunica el mensaje al conductor para que perciba la presencia de un elemento diferente, indicándole además la dirección a seguir.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Facilitar el guiado a lo largo del trazado de la carretera, fundamentalmente en condiciones nocturnas o de escasa luminosidad.
- Advertir al conductor de que se aproxima a una zona de cruce, curvas peligrosas o convivencia con usuarios vulnerables.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- De manera general, se recomienda aplicar en zonas de escasa luminosidad por motivos meteorológicos, o tramos de carretera sin iluminación artificial.
- Para reforzar el efecto de guiado de las marcas viales, se recomienda su instalación en curvas peligrosas, bifurcaciones, glorietas, intersecciones canalizadas o en zonas con dificultad de percepción visual.
- En puntos de conflicto de trayectorias entre automóviles y usuarios vulnerables, como pasos de peatones, pasos ciclistas, y carriles-bici paralelos.

¿Qué debería saber sobre los captafaros led?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto visual el que condiciona la reducción de la velocidad de circulación.
- No siempre precisan de instalación eléctrica puesto que algunos sistemas son autónomos gracias a los paneles solares que llevan incorporados.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



37%

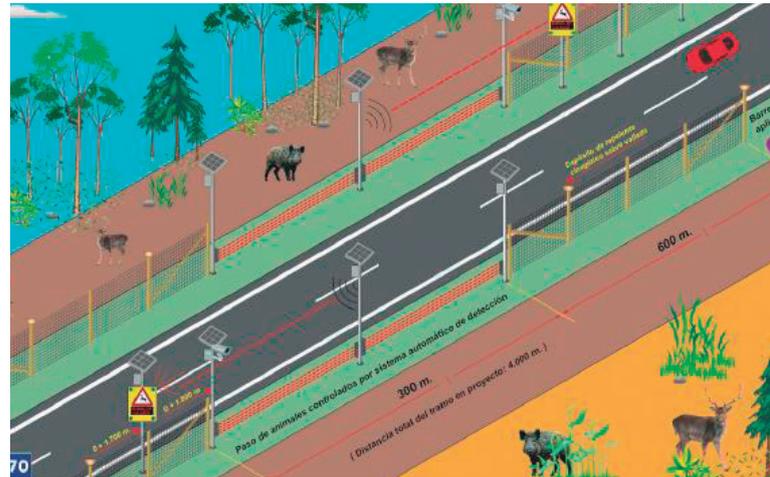
FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Ogden, K. W. (1996) Safer Roads - A Guide to Road Safety Engineering. Avebury Technical, Ashgate Publishing Limited, Grower House, Croft Road, Aldershot, England.
- Miglets J., Fish J.K., Graham J. L. (August 1994) Roadway Delineation Practices Handbook. Federal Highway Administration.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (2013).
- Austroads 2010a, Road safety engineering risk assessment: Part 6: Crash Reduction Factors, AP-T151-10, Austroads, Sydney, NSW.
- Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020. (2017) Asociación Española de la Carretera – Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras.



7. SISTEMAS DE ADVERTENCIA Y CANALIZACIÓN DE ANIMALES EN LA CALZADA



¿Qué son los sistemas de advertencia y canalización de animales en la calzada?

- Son sistemas que se ubican en márgenes de la vía con objetivo de canalizar el paso de fauna salvaje por zonas especialmente señalizadas al efecto y garantizar que en esos tramos los conductores extremen la precaución.
- Este sistema se puede componer de señalización de advertencia variable o estática, barreras físicas, barreras de olor, y sistemas de detección de presencia.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Acotar las zonas de cruce de calzada por fauna salvaje a tramos perfectamente definidos, señalizados, y sensorizados. Esto redundará en una mayor credibilidad de la señalización de peligro de fauna y aumenta la probabilidad de que los conductores incrementen su estado de alerta y adecúen su velocidad.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- En tramos de carreteras convencionales en los que se haya realizado un estudio exhaustivo de accidentabilidad (estadísticas de accidentes de los últimos 5 años) y comportamiento de fauna.

¿Qué debería saber sobre los sistemas de advertencia y canalización de animales en la calzada?

- La irrupción animal es uno de los problemas más graves para el tráfico de zonas rurales por la alta presencia de animales salvajes en las inmediaciones y el alto riesgo de accidente que pueden originar.
- Se han instalado en algunos tramos de la red española de carreteras con resultados satisfactorios. Deben ir acompañados de señalización vertical que alerte a los conductores de la posible presencia animal y se genere una reducción de velocidad de circulación.
- En 2019 se registraron en España 379 accidentes con animales implicados.
- Esta medida puede complementarse con la medida 27 del presente documento sobre Balizamiento y Cebreado de arcenes para informar al conductor de la extensión del tramo afectado.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



19%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Sedat Gulen, George McCabe, Ira Rosenthal, Samuel Wolfe, Virgil Anderson, Evaluation of Wildlife Reflectors in Reducing Vehicle Deer Collisions on Indiana Interstate 80/90, FHWA/IN/JTRP-2006/18, Joint Transportation Research Program and the U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Falko Brieger, Robert Hagena, Daniela Vetter, Carsten F. Dormann, Ilse Storch, Effectiveness of light-reflecting devices: A systematic reanalysis of animal-vehicle collision data, Accident Analysis and Prevention 97 (2016) 242–260.
- Accidentes de tráfico con animales. Análisis de la situación a nivel europeo y español, RACC. Abril de 2011.
- Servicio Territorial del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Palencia. Delegación Territorial de la Junta de Castilla y León.



8. CRUCES INTELIGENTES



¿En qué consisten los cruces inteligentes?

- Se trata de un sistema de sensorización y señalización circunstancial de bajo coste aplicado en intersecciones a nivel en vías de calzada única. La señalización advierte al vehículo de la vía principal de la proximidad de vehículos que efectúan o se disponen a efectuar la maniobra de cruce desde las vías secundarias.
- Se trata de un sistema pionero en España que se ha desplegado también en otros países como Estados Unidos.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Incrementan la seguridad vial a través de elementos y sistemas que inducen y promueven un uso seguro que se ajuste a las circunstancias de las vías.
- Refuerza la señalización al activarse únicamente cuando existe peligro real.
- Los Cruces Inteligentes cumplen con el requisito de mejorar la seguridad en las intersecciones y son una solución contrastada que disminuye la peligrosidad en las mismas.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- Debe aplicarse en cruces que, por su configuración, presenten una reducida visibilidad (curvas, cambios de rasante, cruces ubicados en lugares propensos a sufrir condiciones climatológicas adversas, árboles, vallados o problemas derivados de una falta de visibilidad por la orientación respecto a la salida y puesta de sol) y aquellos en que exista un índice elevado de peligrosidad, o existan condiciones inherentes a la vía que lo recomienden.

¿Qué debería saber sobre los cruces inteligentes?

- Se debe considerar la posible pérdida de eficacia en los casos en que el tráfico de cruce procedente de la vía secundaria sea continuado.
- No procede su instalación en intersecciones giratorias ni intersecciones semaforizadas.
- Según referencias de la FHWA, su implantación reduce los heridos y fallecidos entorno a un 40-55%.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



50%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Señalización inteligente para cruces peligrosos. Abril 2016. Revista DGT: Seguridad Vial.
- Datos de accidentabilidad de ARENA 2014-2016.
- Instrucción 20/TV-110 de Cruces Inteligentes. DGT.
- Investigaciones de la Federal Highway Administration - Safety Evaluation of Intersection Conflict Warning System (ICWS).



9. ADAPTACIÓN DINÁMICA DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD



¿En qué consisten la adaptación dinámica de los límites de velocidad?

- La adaptación dinámica de los límites de velocidad se basa en la aplicación de límites de velocidad variable en función de las condiciones de circulación de la vía (presencia de accidentes, meteorología adversa, protocolos de contaminación, etc.).

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- La aplicación de límites de velocidad variable permite a las autoridades adaptar dinámicamente el límite de velocidad en función de las condiciones preponderantes de circulación, meteorológicas o medioambientales de acuerdo con los datos en tiempo real.

¿Cuándo y cómo debe ser aplicado?

- Debe ser aplicado cuando se pretendan alcanzar los siguientes objetivos:
 - Garantizar el tráfico fluido ante situaciones de tráfico denso e inestable.
 - Adecuar la circulación ante incidencias próximas (ej. Accidente, obras, etc.).
 - Dar cumplimiento a protocolos que establecen restricciones temporales en episodios de alta contaminación.
 - Garantizar la seguridad vial ante fenómenos meteorológicos adversos.

¿Qué debería saber sobre la adaptación dinámica de los límites de velocidad?

- Esta medida puede implantarse principalmente a través de:
 - Señalización fija con paneles informativos complementarios en los casos en que se establezcan límites circunstanciales en días y horarios predeterminados según los patrones del tráfico recurrentes.
 - Sistemas ITS de señalización variable conectados en tiempo real con el Centro de Gestión de Tráfico correspondiente.
- El límite circunstancial puede ser inferior o superior al límite fijo de la vía.
- Los límites de velocidad variables que se adaptan a las circunstancias preponderantes aumentan el grado de cumplimiento y mejora la percepción por parte de los usuarios haciéndolos más creíbles.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



10%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Variable/seasonal speed limits (using variable speed messaging boards). Canada's Road Safety Strategy 2025.
- Dixon, M., Abdel-Rahim, A., and El-bassuoni, S. (2012). Evaluation of the Impacts of Differential Speed Limits on Interstate Highways in Idaho. Report No. FHWA-ID-13-218. Idaho Transportation Department.
- Seasonal speed limits – Improving Road Safety in Sweden. Oslo, October 2000.
- Frejo, D. Model Predictive Control for Freeway Traffic Networks (2015).



10. SEÑALES ACTUADAS PARA CALMADO DE LA VELOCIDAD



¿En qué consisten las señales actuadas para calmado de la velocidad?

- Son dispositivos que se activan cuando detectan la presencia de vehículos con el objetivo de alertar al conductor de que se aproxima a una zona en la que debe extremar la precaución. Induce a reducir la velocidad de circulación.
- Se trata de un tipo de señal actuada que por lo general se activa únicamente cuando el vehículo excede la velocidad límite de la vía o en horario escolar, dependiendo de cada caso.
- Con el fin de reforzar la notoriedad de la señal y su importancia, se pueden incluir flashes led en la propia señal que se activan simultáneamente.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Se trata de una medida de asistencia a la conducción que pretende calmar la velocidad en las aproximaciones a puntos o tramos de especial riesgo para la seguridad vial (ej. Inconsistencia de trazado, travesía, etc.).
- Se logra calmar el tráfico en los tramos donde se instala.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- En aproximaciones a curvas peligrosas, en travesías, en zonas peatonales, zonas escolares y en tramos con alto tránsito de vulnerables.
- En puntos y tramos en los que se prevea o se haya identificado una problemática de siniestralidad asociada a excesos de velocidad.
- En las aproximaciones a controles de velocidad y en el interior de un tramo con velocidad controlada por radar.

¿Qué debería saber sobre las señales actuadas para calmado de la velocidad?

- Internacionalmente, los radares pedagógicos se conocen como Dynamic Speed Feedback Signs (DSFS).
- La literatura científica atribuye una reducción de la siniestralidad de entre un 5% y un 7%.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



7%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Seasonal speed limits – Improving Road Safety in Sweden. Oslo, October 2000.
- Hallmark, S.L., Qiu, Y., Hawkins, N. and Smadi, O. (2015) Crash Modification Factors for Dynamic Speed Feedback Signs on Rural Curves. Journal of Transportation Technologies, 5, 9-23.
- PubliPunto, "La DGT instala paneles que muestran la matrícula de los infractores", noviembre 2016.



11. PAVIMENTO PIGMENTADO



¿En qué consiste el pavimento pigmentado?

- Es un pavimento en el cual se ha aplicado un tratamiento que le confiere un color distinto al habitual.
- El color deberá ser uniforme y llamativo para los usuarios tanto de día como de noche. Se recomiendan colores en tonos rojizos o anaranjados.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- El objetivo principal es incrementar la atención del conductor sobre la vía y sus circunstancias por la especial peligrosidad de un elemento concreto del trazado.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Zonas donde es necesaria una reducción brusca de velocidad como curvas cerradas, intersecciones, carriles de deceleración de geometría estricta, carriles de espera, etc.
- Se puede aplicar en la aproximación a travesías para reforzar o completar el efecto “puerta de entrada”, pasos de peatones y pasos de ciclistas no semaforizados, para incrementar su percepción.
- En puntos de baja velocidad para lograr un efecto estético, pero sin reducir la fricción.
- Se puede acompañar con la mejora de la fricción bien mediante un tratamiento del firme previo (ej. Hidrodesbaste) al pigmentado o mediante la aplicación de productos de pigmentación de alta fricción.

¿Qué debería saber sobre el pavimento pigmentado?

- Su efecto se prolonga en al menos los 250 metros posteriores a su ubicación.
- Se aplicaron por primera vez en los años 60 en Reino Unido,
- Un estudio de la FHWA en la U.S. Route 33 demostró que, en una curva de 80 metros de radio cuya velocidad de aproximación era de 88,5 km/h, la velocidad del percentil 85 se redujo cerca de 11 km/h en el punto medio de la curva tras aplicar un tratamiento de alta fricción.
- Con el fin de evitar una compensación del riesgo, en elementos de trazado curvos donde se aplique una mejora del CRT (ej. Hidrodesbaste) puede ser preferible aplicar el pigmentado sólo al inicio de la curva.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



35%

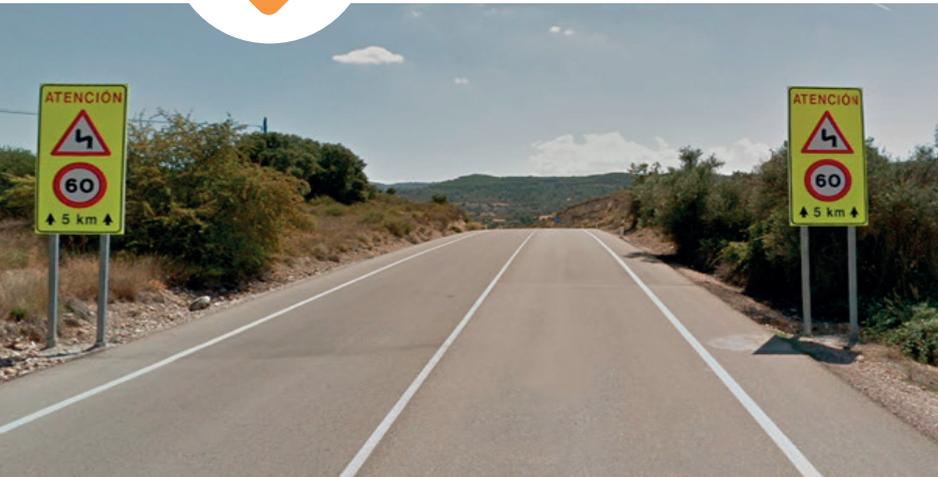
FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- U.S. Department of Transportation (2012). Proven Safety Countermeasures, Enhanced Delineation and Friction for Horizontal Curves. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Operational effect of High-friction surface treatment on rural, two lane curves. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
- Brimley B., Carlson P. "Using High Friction Surface Treatments to improve Safety at Horizontal Curves. Texas Transport Institute. July 2012.
- Speed Reduction Treatments for High-speed Environments. February 2016. Austroads research.
- Mejora de la Seguridad Vial por la re-texturización de pavimentos mediante técnicas de hidrodesbaste. Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas.
- Retexturizar el firme reduce casi un 90% los accidentes. Noviembre 2017. Revista DGT, Seguridad Vial.
- Cimbra, Julio 2020. Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, Nº 416.



12. REFUERZO DEL GUIADO EN PUNTOS CRÍTICOS



¿En qué consiste el refuerzo del guiado en puntos críticos?

- El refuerzo del guiado debe contemplar la adopción de medidas concretas que incrementen el efecto guiado, la eliminación de los elementos que puedan bloquear el campo visual de los usuarios de la vía, y en última instancia la protección para evitar salidas de vía.
- La visión que tiene un conductor de la vía por la que circula se ve condicionada por el entorno viario en que se inserta la misma, que puede en ocasiones generar efectos indeseados que deben ser mitigados desde la propia infraestructura y los elementos que la componen.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Garantizar la correcta interpretación del trazado de la vía por parte de todos sus usuarios en elementos de trazado que por motivos intrínsecos de la vía o de su entorno el efecto de guiado se ve comprometido afectando a la visibilidad y por tanto a la Seguridad vial.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe aplicarse en aquellos puntos en los que, por cuestiones del trazado, balizamiento, la señalización, o el entorno viario, el efecto guiado se vea mermado y pueda comprometer la Seguridad de la circulación.
- Tramos en los que puedan existir errores en la interpretación del trazado por parte de los usuarios (ej. Antiguos trazados, ilusiones ópticas, accesos, etc.).
- Elementos de trazado en que se produzca, por motivos de la coordinación del trazado en planta y alzado, una “pérdida de trazado” por ausencia de visibilidad geométrica.
- Tramos en los que existan intersecciones, bifurcaciones o divergencias en los que sea dificultosa la identificación del trazado de la vía principal.

¿Qué debería saber sobre el refuerzo del guiado en puntos críticos?

- Según el Manual sobre dispositivos uniformes de control de tráfico (Manual on Uniform Traffic Control Devices, MUTCD) de la FHWA, los paneles direccionales simples de curvas se recomiendan a partir de 10 mph (16 km/h) y son obligatorios a partir de 15 mph (24 km/h).
- Los paneles direccionales de curvas pueden incorporar elementos luminosos.
- Esta medida puede complementarse con la medida 6 del presente documento sobre Captafaros LED.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



30%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- IRAP Road Attribute Risk Factors. Sight distances restrictions. Noviembre 2013.
- Investigaciones de la Federal Highway Administration – Low Cost Treatments for Horizontal Curve Safety 2016.
- Austroads 2010a, Road safety engineering risk assessment: Part 6: Crash Reduction Factors, AP-T151-10, Austroads, Sydney, NSW.
- Instrucción de Carreteras, Norma 3.1-IC.
- Road Safety - Catalogue of Case Studies. World Road Association (PIARC), 2019.
- Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.



MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN Y DELIMITACIÓN DE FLUJOS DE TRÁFICO



13. LÍNEA CONTINUA DE SEPARACIÓN DE CARRILES



¿En qué consiste la línea continua de separación de carriles?

- Consiste en dotar a la vía de una marca longitudinal constituida por una o dos líneas de color blanco, que separe los carriles del mismo sentido y acentúe la prohibición de adelantar y de cambiar de carril.
- La presencia de estas líneas indica que ningún conductor debe atravesarlas o circular sobre ellas.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Permite que el usuario perciba de una manera más clara la delimitación de carriles en aquellos tramos en los que cambiar de carril pudiera conllevar un riesgo significativo adicional.
- Informa indirectamente a los conductores de que circulan por un tramo que requiere disciplina de carril y atención.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- En vías de dos o más carriles por sentido de circulación cuando se desee reducir la velocidad y como elemento de aviso ante la proximidad de un tramo de concentración de accidentes por salida de vía.
- Eliminar el movimiento lateral de cambio de carril y el adelantamiento, por motivos de seguridad vial o de fluidez de la circulación, primordialmente en:
 - Aproximación a elementos de trazado que requieran especial observancia de la disciplina de carril como curvas de reducido radio, acuerdos convexos, o intersecciones de reducida visibilidad.
 - Tramos de vía con alta densidad de tráfico y sin salidas ni bifurcaciones para evitar alcanzar el punto de no retorno de la curva intensidad-velocidad y desestabilizar la circulación.
- No podrá aplicarse si existen salidas o bifurcaciones que requieran cambiar de carril para escoger el destino.
- Se podrá laminar su aplicación y ejecutar línea continua con línea discontinua adosada que permita uno de los dos movimientos en caso de ser inviable la opción de cambio de carril para todos los carriles.
- Alternativamente, en los tramos en que por variación horaria o estacional del tráfico no siempre sea adecuada o necesaria la prohibición de cambios de carril, se podrá emplear marca vial discontinua sonora.

¿Qué debería saber sobre la línea continua de separación de carriles?

- Esta medida puede complementarse con otras medidas del presente documento como la medida 4 sobre Guías Sonoras de separación de carriles, la medida 6 sobre Captafaros LED o la medida 16 sobre Balizamiento de Carriles.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



6%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Xiaorui, W., Hongxu, Y., 2013. A Lane Change Model with the Consideration of Car Following Behavior. Procedia Social and Behavioral Sciences.



14. FRANJA DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS



¿En qué consiste la franja de separación de sentidos?

- La franja intermedia de separación de sentidos consiste en dotar a la vía de una zona central enmarcada por dos líneas longitudinales continuas o discontinuas. La zona inscrita entre ambas líneas puede diferenciarse del resto del firme mediante pigmentos, cebreado, o texturas diferenciadas.
- La zona central sirve de mediana, aumentando la separación física de los sentidos de circulación, dando un espacio de recuperación para incidentes y maniobras erróneas y reforzando e indicando que ningún conductor debe invadir dicha zona con su vehículo.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- La disposición de una franja de separación de sentidos permite aumentar la distancia lateral entre los vehículos que circulan en sentido opuesto, produciendo que se incremente el margen de actuación en maniobras evasivas para la evitación de accidentes frontales y frontolaterales.
- El ancho de carril efectivo disponible se reduce, induciendo en el conductor una percepción de la vía y de su conducción que de manera natural le hace circular a menor velocidad.
- En el caso de que en la franja intermedia se emplee pavimento de alta textura, para diferenciar la sonoridad, y no necesariamente de alta fricción, se consigue, además, alertar al conductor cuando abandona el carril natural de sobrepasar la línea que delimita su sentido de circulación.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Puede aplicarse en aquellas carreteras de calzada única, en que la problemática prevalente de seguridad vial haga que los esfuerzos deban encaminarse a:
 - Calmar el tráfico a lo largo de un itinerario.
 - Reducir la probabilidad de colisiones frontales y frontolaterales.
 - Reforzar la prohibición de adelantamiento.
 - Incrementar la alerta del conductor ante la aproximación a un elemento de trazado de singular peligrosidad.

¿Qué debería saber sobre la franja de separación de sentidos?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto visual el que condiciona la reducción de la velocidad de circulación y evita que los conductores invadan el sentido contrario.
- Si se opta por un color, se puede lograr jerarquizar una red aplicando el mismo color a cada categoría de vía para lograr así que las carreteras sean más previsibles y autoexplicativas.
- Si además se pretende alertar al conductor ante un desvío involuntario de la trayectoria del vehículo hacia el sentido contrario, es recomendable disponer de guías sonoras ya sean fresadas o resaltadas, bien en el espacio central o sobre las marcas viales blancas.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



40%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Austroads, June 2016, Guidance on Median and Centreline Treatments to Reduce Head-on Casualties, AP-519-16, Sydney, NSW.
- Roads and Maritime Services 2015b, Nomination form for councils, Roads and Maritime, viewed 24 March 2016.
- Travel, October 2018. "In the Netherlands, does the green stripe in the middle of a road always allow to drive 100 km/h?".



15. BALIZAMIENTO DE CARRILES



¿En qué consiste el balizamiento de carriles?

- Consiste en la disposición de elementos de balizamiento flexibles en el eje en tramos de prohibición de adelantamiento.
- Se emplearán elementos de balizamiento retrorreflectantes, flexibles, elásticos, y no lesivos en caso de caída de motociclista.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Se refuerza el efecto de guiado de las marcas viales.
- Se refuerza la delimitación de sentidos de circulación y se disuade del adelantamiento antirreglamentario.
- Se logra una sensación incrementada de la velocidad de circulación por lo que se calma el tráfico.
- Si se emplea una densidad elevada de balizas se puede conseguir disuadir maniobras de giro a la izquierda indebidas.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- En términos generales, su aplicación resulta conveniente en aquellas carreteras de calzada única, en que la problemática prevalente de seguridad vial haga que los esfuerzos deban encaminarse a:
 - Mejorar la visibilidad y el efecto guiado ante episodios de meteorología adversa. (ej. Niebla, lluvia intensa).
 - Mejorar el efecto guiado nocturno.
 - Reforzar una prohibición de adelantamiento.
 - Disuadir maniobras de giros a izquierda en salidas y accesos directos.

¿Qué debería saber sobre el balizamiento de carriles?

- Refuerza la delimitación de sentidos y la ordenación de carriles en su caso, y provoca una percepción distinta de la vía por parte del conductor que genera comportamientos más seguros.
- En aquellas vías con un volumen de tráfico elevado y problemática de adelantamientos, desvíos involuntarios de trayectoria o giros a izquierda indebidos, deberá complementarse con la medida 17 del presente documento sobre separación física que directamente impida determinadas maniobras
- Su eficacia se ve incrementada si se acompaña de marcas viales sonoras.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



25%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Austroads, June 2016, Guidance on Median and Centreline Treatments to Reduce Head-on Casualties, AP-519-16, Sydney, NSW.
- Austroads 2010d, Road safety engineering risk assessment: part 6: crash reduction factors, AP-T151-10, Austroads, Sydney, NSW.
- Alluri, P, Haleem, K & Gan, A 2013b, In-service performance evaluation (ISPE) for G4 (1S) type of strong-post W-beam guardrail system and cable median barrier: volume II, Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL, USA.
- Department of Transportation Federal Highway Administration. Desktop Reference for Crash Reduction Factors. September 2018. Report No. FHWA-SA-08-011 U.S.



16. SEPARACIÓN FÍSICA DE SENTIDOS EN TRAMOS CRÍTICOS



¿En qué consiste la separación física de sentidos en tramos críticos?

- La separación física de sentidos en tramos críticos consiste en aumentar la separación entre los tráficos que viajan en sentidos opuestos mediante un incremento del ancho de la mediana, instalando una barrera física para separar los flujos de tráfico.
- Es una medida en la cual se aprovechan los sobrecanchos en las curvas, o se reduce el ancho de carril en aquellos tramos en los que sea asumible, para generar espacio suficiente en la mediana mediante la instalación de elementos físicos como balizas, bordillos montables o barreras, generalmente de hormigón.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Es un separador o delimitador de sentidos para reducir el riesgo de accidentes frontales, al mismo tiempo que se puede utilizar la mediana para estrechar carriles anchos y así fomentar las velocidades más bajas al no dar sensación de amplitud.
- Mejora la definición de la curva, favoreciendo su legibilidad. Con menor efectividad, puede contribuir a la reducción de la velocidad y puede servir de protección para giros a la izquierda y/o peatones en zonas de cruce y se genere un ancho suficiente en la mediana como para conformar un resguardo.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- En términos generales, su aplicación resulta conveniente en aquellas carreteras de calzada única, en que la problemática prevalente de seguridad vial haga que los esfuerzos deban encaminarse a:
 - Mejorar la visibilidad y el efecto guiado ante episodios de meteorología adversa (ej. Niebla, lluvia intensa).
 - Mejorar el efecto guiado nocturno.
 - Reforzar una prohibición de adelantamiento.
 - Evitar maniobras de giros a izquierda en salidas y accesos directos.
- Está especialmente indicado para su disposición en intersecciones peligrosas o que carezcan de visibilidad adecuada, en vías de alta capacidad o en tramos de vías donde se produce un elevado número de accidentes por invasión del sentido contrario.
- Deberán contemplarse bordillos montables para permitir cambios de sentido a vehículos de conservación, emergencia u otras circunstancias especiales.

¿Qué debería saber sobre la separación física de sentidos en tramos críticos?

- Esta medida puede complementarse con la medida 1 del presente documento sobre BTAs, la medida 2 sobre guías sonoras para alertar a los conductores en caso de abandono de su carril o la medida 15 sobre franja de separación de sentidos.
- La mediana aumenta la seguridad y comodidad de la circulación y puede evitar deslumbramientos mediante plantaciones de vegetación.
- Los PMDs (del inglés Post-Mounted Delineators) son especialmente efectivos durante la noche y en condiciones climatológicas adversas cuando las marcas viales están cubiertas de hielo, nieve o agua.
- Bajo el marco de la Comisión Europea se están llevando a cabo estudios para utilizar materiales reciclados para la elaboración de estas barreras tales como: neumáticos reciclados, plásticos, etc.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



38%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Elvik, R, Høy, A, Vaa, T, and Sørensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
- Lynam, D (2012). Development of Risk Models for the Road Assessment Programme. RAP504.12 and TRL Report CPR1293.
- Austroads, June 2016, Guidance on Median and Centreline Treatments to Reduce Head-on Casualties.
- Roads and Maritime Services 2015b, Nomination form for councils, Roads and Maritime, viewed 24 March 2016.
- iRAP Road Safety toolkit, central hatching.
- U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Agosto 1994. Roadway delineation practices Handbook.



17. DELIMITACIÓN Y SEPARACIÓN DE SENTIDOS EN ENLACES TROMPETA



¿En qué consiste la delimitación y separación de sentidos en enlaces trompeta?

- Esta medida consiste en la separación (o delimitación como segunda opción) física de sentidos de circulación de los dos ramales que constituyen dicho enlace para evitar la entrada en sentido contrario al tronco de la carretera.
- La separación (o delimitación) de sentidos puede realizarse mediante balizas pisables, bordillos montables, captafaros, barreras, o cualquier otro elemento que sirva de separación o el refuerzo de la delimitación de sentidos.
- En términos generales, si bien la señalización vertical y horizontal puede reforzar y hacer más evidente el trazado y la reglamentación, no impide la realización de maniobras antirreglamentarias voluntarias o involuntarias. Deben emplearse técnicas que refuercen la norma, así como soluciones que en su caso impidan dichas maniobras.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- El propósito de esta medida es evitar la invasión del sentido contrario por parte de los conductores que, desde la carretera secundaria, desean acceder a la vía principal para lo que utilizan este ramal.
- Esta medida evita que los conductores accedan involuntariamente al tronco de la vía (habitualmente autovía, autopista o vías multicarril) por ramales de salida.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- En general en enlaces de tipo trompeta.
- En particular, en aquellos enlaces en que exista mayor probabilidad de acceso en sentido contrario por cuestiones de geometría en planta o alzado, meteorología adversa, usuarios extranjeros frecuentes, etc.

¿Qué debería saber sobre la delimitación y separación de sentidos en enlaces trompeta?

- Debe acompañarse de marcas viales en estado adecuado de conservación y elementos de balizamiento que refuerce el efecto guiado.
- Un estudio de la Universidad de Iowa demostró que un enlace en trompeta con unas dimensiones reducidas puede confundir y desorientar a los conductores.
- Un estudio de la FHWA realizado en 2012 en Michigan demostró que el 11,5% de los vehículos en sentido contrario que se vieron involucrados en accidentes, accedieron al sentido contrario por un enlace en trompeta.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución

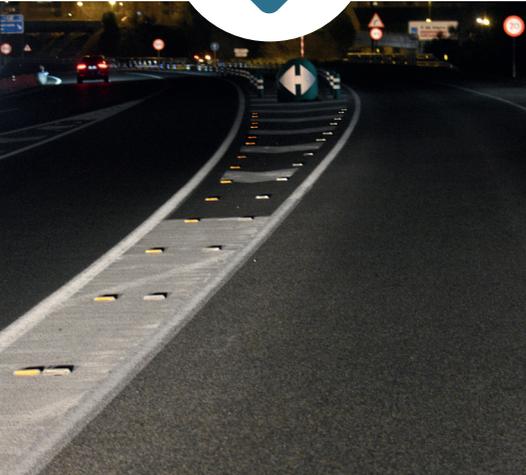


Referencias

- Moler, S. "Stop. You are Going the Wrong Way!" (2002). Vol. 66, No. 2. Public Roads. Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Joyce E. Copelan. Prevention of Wrong-Way Accidents on Freeways (1989). Report No. FHWA/CA-TE-89-2.
- C. Erginbas & C. Fordham. Investigating the Requirement for Median Safety Barriers on Loop Ramps. (2016).
- Abatan, O. "Safety analysis of interchange functional areas". Iowa State University, 2017.
- Morena, A., Leix, T. "Where these drivers went wrong", June 2012.



18. REFUERZO DE LA SEÑALIZACIÓN EN DIVERGENCIAS



¿En qué consiste el refuerzo de la señalización y en divergencias?

- Se trata de incrementar la visibilidad de las divergencias mediante la instalación de captafaros, marcas viales sonoras, cebreados y balizas en la calzada y así clarificar cuál es la trayectoria del tronco de la vía, a los que se puede acompañar de paneles direccionales de curva, con o sin elementos luminosos.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Proporcionar mayor confort y seguridad consecuencia de una mayor predictibilidad del trazado, reforzando las isletas cebreadas tipo M-7.1 en la nariz de la divergencia.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Especialmente indicadas en divergencias de vías de alta capacidad en que para garantizar la predictibilidad del trazado del tronco no sea suficiente con las marcas viales previstas en la Instrucción 8.2-IC (marca vial tipo M-7.1) por motivos que reduzcan la visibilidad recurrentemente como niebla, lluvia, trazado sinuoso, etc.

¿Qué debería saber sobre el refuerzo de la señalización y en divergencias?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto visual el que condiciona que la toma de decisiones del usuario sea más ágil y efectiva, y la demanda visual que se requiere para la conducción se reduce, aumentando así el confort, especialmente en horario nocturno.
- Los captafaros, entre otro tipo de refuerzos, están especialmente indicados para su empleo en convergencias y divergencias.
- Aun aplicando esta solución, se prestará especial atención a la eliminación de obstáculos que pudieran agravar las consecuencias del accidente por salida de vía en los márgenes de las divergencias.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



29%

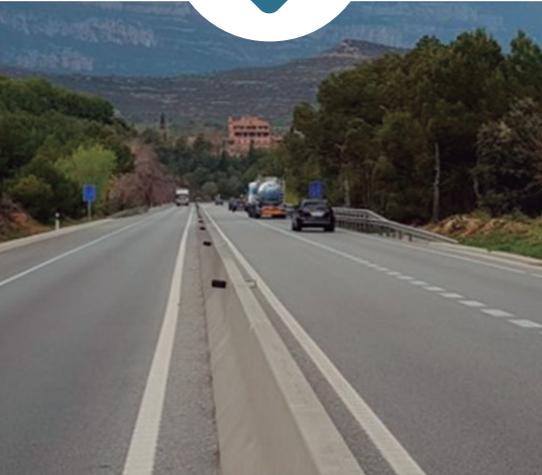
FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
- Gan A, Shen J & Rodriguez A 2005, Update of Florida Crash Reduction Factors and Countermeasures to improve the Development of District Safety Improvement Projects, Lehman Centre for Transportation Research, Miami, Florida, viewed 25 March 2008.
- Borrador de la Norma de Carreteras 8.2-IC sobre Marcas Viales, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Orden Circular 1/2011, de 25 de abril, sobre Criterios de balizamiento de divergencias, salidas y bifurcaciones mediante hitos de vértice y balizas cilíndricas, de la Xunta de Galicia.
- Orden Circular 32/2012 – Guía de Nudos Viarios del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012).
- Guía para el proyecto y ejecución de obras de señalización horizontal del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012).



19. CARRETERAS 2+1



¿En qué consisten las carreteras 2+1?

- Las carreteras 2+1, son aquellas en las que se tienen 3 carriles: uno para cada sentido de circulación y un tercero que servirá como vía de adelantamiento. La vía de adelantamiento será el carril central y se alternará con una pauta determinada y siguiendo los criterios normativos vigentes, entre cada uno de los sentidos de circulación.
- Este tipo de carretera aplica preferentemente en los ejes viarios con una demanda vehicular elevada y con una función en la que predomina la movilidad sobre la accesibilidad.
- Pueden existir distintas tipologías de carreteras 2+1 en función de los accesos directos, tipos de ramales de acceso y salidas, geometría de las intersecciones a nivel, tipo de separación o delimitación de sentidos.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- El propósito de las carreteras 2+1 es crear un nuevo tipo de infraestructura, en la que haya oportunidades de adelantamiento seguro conocidas, pautadas y esperables, para eliminar los accidentes por colisión frontal a alta velocidad, y disminuir el estrés de los conductores cuando circulan tras un vehículo sensiblemente más lento y no ven oportunidades claras de sobrepasarlo.
- Dotando de tramos con 3 carriles en los que se puede efectuar el adelantamiento sin invasión del sentido contrario, y señalizándose adecuadamente con antelación, se incrementa la predictibilidad, y se disuaden los adelantamientos en los tramos de un carril por sentido.
- Aseguran una menor dispersión de la velocidad de los vehículos que las recorren porque facilitan el adelantamiento de los vehículos más lentos.
- Se pueden desarrollar carreteras 2+1 como solución intermedia de continuidad entre convencionales y desdoblamientos, ya que mejora la seguridad, el nivel de servicio y tiene un coste y un impacto ambiental más reducido.
- Reducen el estrés de los conductores, fragmentan las colas y permiten adelantar a vehículos más lentos a lo largo del trayecto, con lo que localmente disminuye la dispersión de la velocidad de los vehículos que las recorren.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Los principios rectores de la implantación de carreteras 2+1 debe ser la eficiencia de las inversiones, la adecuación de las vías a su función, la predictibilidad, la homogeneidad y la seguridad vial.

¿Qué debería saber sobre las carreteras 2+1?

- Proporciona un aumento ligero de la velocidad media de recorrido y, por tanto, una disminución de la demora, por la reducción del número de vehículos en cola.
- Es una medida basada en la seguridad vial con la que se busca disminuir los accidentes ocasionados por maniobras de adelantamientos con invasión del sentido contrario.
- En función de variables como el tipo de accesos, ancho de plataforma, densidad de enlaces, etc., se tendrán categorías desde Carretera 2+1 hasta Autovía 2+1.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



33%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020, (2017, AEC & SEOPAN).
- Elvik, R, Høy, A, Vaa, T, and Sørensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
- Kirby, P, B Wilmshurst and G Koorey (2014) Operating characteristics and economic evaluation of 2 + 1 lanes with or without intelligent transport systems assisted merging. NZ Transport Agency research report 549.
- Las carreteras de Extremadura BlogSpot, mayo 2018. "Las carreteras 2+1. Un nuevo concepto viario".
- García, A. Un nuevo concepto de carretera. Jornada técnica de carreteras, marzo de 2018. Universidad Politécnica de València.



MEDIDAS DE ORDENACIÓN Y CALMADO DE TRÁFICO



20. ADELGAZAMIENTO VIARIO



¿En qué consiste el adelgazamiento viario?

- El adelgazamiento viario "road diet" en inglés, consiste en reducir el espacio efectivo destinado a la circulación generalmente disponiendo carriles más estrechos y en su caso acotando los movimientos vehiculares, normalmente aumentando los arcenes y/o disponiendo cebreados entre carriles. Para mayor efectividad, los arcenes que resulten del estrechamiento pueden cebrarse de cara a que el conductor perciba mejor el estrechamiento y reduzca la velocidad de circulación.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Recuperar espacio para usos distintos del uso viario como aceras, arcenes, carriles-bici, isletas, refugios, orejas, martillos, etc.
- Lograr una mejor canalización del tráfico que resulte en una mayor delimitación y homogeneidad de las trayectorias vehiculares.
- La reducción del espacio disponible para la circulación de los vehículos a motor induce una reducción de la velocidad por efecto óptico y por la propia geometría.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe aplicarse cuando se desee disminuir la velocidad de circulación e incrementar el efecto guiado.
- El adelgazamiento viario deberá contemplar las normativas y recomendaciones en materia de Carreteras, Seguridad Vial, Urbanismo, Accesibilidad y cualquier otra documentación de referencia que pudiera condicionar la intervención.

¿Qué debería saber sobre el adelgazamiento viario?

- Es una medida basada en la percepción del usuario de la vía, siendo el efecto visual el que condiciona la reducción de la velocidad de circulación.
- De acuerdo con a la Norma 3.1-IC de Trazado, la anchura mínima de carril debe ser de 3 m en carreteras convencionales y 3,25 m en autopistas y vías de calzadas separadas. Los carriles adicionales en rampa también deben tener una anchura mayor de 3 m.
- El ancho de carril debe ser siempre acorde con la función de la vía dentro de la jerarquización viaria existente, para así lograr que la función y el uso de la vía coincidan.
- Según bibliografía, la reducción de carriles de aproximadamente 3,65m de ancho a 3,00m supone un mayor factor de reducción de siniestralidad de 42%.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



24%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- University of North Carolina Highway Safety Research Center and U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (2013). Crash Modification Factors Clearing House: <http://www.cmfclearinghouse.org>.
- Abdel-Aty, M.A., C. Lee, J. Park, J.Wang, M. Abuzwidah, and S. Al-Arifi. "Validation and Application of Highway Safety Manual (Part D) in Florida." Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida. (May 2014).



21. ORDENACIÓN DEL TRÁFICO EN GLORIETAS



¿En qué consiste la ordenación del tráfico en glorietas?

- Atendiendo a las particularidades de geometría y variables de tráfico, en cada glorieta puede optimizarse la ordenación del tráfico con fines de seguridad vial y de fluidez del tráfico para maximizar ambos objetivos.
- La ordenación de flujos de entrada a glorietas consiste en la colocación de señalización bien vertical u horizontal, en los ramales de acceso o en las salidas, que indiquen al conductor el carril a tomar en función de su destino.
- Se consigue con ello canalizar los flujos de circulación antes de entrar en la glorieta y en el interior de la misma.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- La ordenación de flujos de entrada a glorietas permite que se reconduzcan los vehículos al carril de acceso correspondiente en función de la salida a tomar para reducir o evitar situaciones de conflicto en el interior de la glorieta por cambios de carril.
- Se consigue que los conductores tomen las decisiones antes de entrar en la glorieta de una forma más cómoda y bajo unas condiciones de mayor seguridad.
- Se logra mayor fluidez y ordenación del tráfico en el interior de la glorieta reduciendo los puntos de conflicto y los accidentes en la misma.
- Adaptar el diseño de la glorieta al tráfico y a los movimientos prevalentes para maximizar seguridad y fluidez para la mayoría de los usuarios de la misma.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe aplicarse en general cuando el funcionamiento de una glorieta se vea perjudicado bien por la asimetría de tráfico o geometrías no adecuadas para la función de la glorieta.
- Cuando se produzcan conflictos o congestión del tráfico derivados de la inadecuada selección de destinos o de una demanda excesiva bien en ramales de acceso o en el anillo.

¿Qué debería saber sobre la ordenación del tráfico en glorietas?

- Cada glorieta se ubica en un entorno viario particular en que se dan unas circunstancias del tráfico y con una variabilidad de los principales parámetros del tráfico a lo largo del tiempo a tener en cuenta.
- Las intervenciones de adecuación de la ordenación del tráfico se ven potenciadas por señalización horizontal, vertical y balizamiento que acompañe la medida.
- Resulta fundamental conocer el tráfico de la glorieta con detalle de giros y matriz origen-destino a fin de establecer cuál es la oferta de carriles más adecuada con la seguridad y fluidez como objetivo.
- Es importante utilizar el número mínimo requerido de carriles sujeto a consideraciones de capacidad para evitar puntos de conflicto adicionales.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



30%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Elvik, R, Høy, A, Vaa, T, and Sørensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
- Olona, A. L. (Zaragoza 2014), Las "turbo rotondas" y su repercusión en la Seguridad Vial.
- Nicolás, C. (2017). Así se circula en las turboglorietas. Tráfico y Seguridad Vial Nº 243.
- Gan, A, Shen, J & Rodríguez, A 2005, 'Update of Florida crash reduction factors and countermeasures to improve the development of district safety improvement projects', Lehman Centre for Transportation Research, Miami, Florida.
- INGARDI, Glorieta de carriles guiados.
- Queensland Government. Road Rules for everyday driving – Roundabouts. Department of Transport and Main Roads.



22. CALMADO DEL TRÁFICO EN INTERSECCIONES



¿En qué consiste el calmado del tráfico en intersecciones?

- Se trata de lograr el calmado del tráfico en las intersecciones y sus aproximaciones mediante intervenciones compuestas por diversas medidas de señalización, ordenación y balizamiento.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Moderar la velocidad de paso de los vehículos que circulan por la vía principal para reducir la probabilidad de accidente y su lesividad en caso de ocurrir.
- Reducir el número de puntos de conflicto entre trayectorias.
- Clarificar el funcionamiento de la intersección, e incrementar su notoriedad visual a lo largo de un itinerario para lograr comportamientos seguros.
- Alertar y ayudar al usuario a adaptar su conducción ante la aproximación a una intersección en la que existe peligro.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- De manera general, se recomienda su aplicación en intersecciones de vías convencionales principales de primer orden.
- De manera particular, se recomienda su ejecución en intersecciones de carreteras de órdenes inferiores cuando la velocidad de operación en la vía principal sea significativamente elevada, la visibilidad de cruce sea reducida, existan factores meteorológicos adversos prevalentes (ej. Niebla o lluvia).
- De manera general, debe prestarse especial atención a la ortogonalización de las trayectorias en los casos en que existan movimientos regulados por STOP.

¿Qué debería saber sobre el calmado del tráfico en intersecciones?

- Las principales intervenciones que pueden componer esta medida son las siguientes:
 - Marcas viales laterales de preaviso en las aproximaciones a la intersección (ej. BTA's, dientes de dragón, marca vial quebrada, etc).
 - Cebreado de arcenes en las aproximaciones y en el tramo de la propia intersección.
 - Balizamiento de los bordes de los carriles mediante balizas cilíndricas o similares, captafaros, etc.
 - Pigmentado del firme en las aproximaciones a la intersección.
 - Pigmentado del carril de espera en caso de que exista.
 - Sobreelevación de isletas mediante bordillos franqueables.
 - Adecuación de la geometría de los accesos regulados por STOP para que sean lo más ortogonales posibles al eje de la vía.
 - Prohibición del adelantamiento en la propia intersección y en los 250 metros previos a la misma.
 - Supresión de carriles de vehículos lentos o vehículos rápidos en el tramo de la intersección.
 - Instalación de sistemas de señalización automática actuada de presencia de vehículos en el cruce (Cruces Inteligentes).
 - Instalación de señales actuadas de advertencia del límite de velocidad (avisador de velocidad / radar pedagógico).

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



20%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Austroads, June 2016, Guidance on Median and Centreline Treatments to Reduce Head-on Casualties, AP-519-16, Sydney, NSW.
- Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. APR422- 12. Austroads Project No: ST1571.
- Instrucción de Carreteras, Norma 3.1-IC.
- Orden Circular 32/2012 – Guía de nudos viarios, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.



23. ADECUACIÓN DE TRAVESÍAS



¿En qué consiste la adecuación de travesías?

- La adecuación de travesías consiste en ejecutar una serie de medidas, ya sean amplias o localizadas, para calmar el tráfico en los accesos a poblaciones y en su interior con el objetivo de reducir el número de siniestros que tienen lugar en ellas.
- Las actuaciones localizadas hacen referencia a medidas puntuales, generalmente se trata de actuaciones reactivas derivadas de algún conflicto previo, por ejemplo, lomo de asno, desvío de la trayectoria, “puertas de entrada”, etc.
- Las actuaciones amplias se ejecutan generalmente en un itinerario o parte de él o en un conjunto de carreteras, por ejemplo, sistemas dinámicos de control de velocidad, marcas viales, pavimento diferenciado, etc.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Este tipo de actuaciones permiten reducir la velocidad de los vehículos y garantizar una mayor seguridad ante la posible circulación de los peatones.
- Ayudan a reducir los riesgos asociados al exceso de velocidad en determinadas zonas con presencia de usuarios vulnerables.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Deben ser objeto de actuación aquellas travesías en las que los vehículos pesados no adecúan las condiciones de circulación a las características de la vía o aquellas con un riesgo de accidente por km recorrido elevado, es decir, cuando la accidentabilidad es reducida y el volumen de tráfico también.
- Deben aplicarse cuando se desee disminuir la velocidad de circulación y como elementos de aviso ante la entrada en un entorno urbano.
- Está especialmente indicado para su disposición en entornos con probabilidad de circulación peatonal.

¿Qué debería saber sobre la adecuación de travesías?

- Este tipo de medidas se basan en la percepción del usuario de la vía, siendo los efectos físicos, sonoros (causados por las vibraciones) y visuales los que condicionan la reducción de la velocidad de circulación.
- La sonoridad de los adoquinados es considerablemente superior a la de las mezclas bituminosas, por lo que su efecto en el ruido ambiental debe ser considerado cuidadosamente al plantear estas medidas. Es fundamental conocer la velocidad de paso y la distancia a edificaciones por el aumento de ruido en los vecinos próximos.
- Estas actuaciones penalizan la circulación ordinaria y aumentan los tiempos de viaje de los vehículos en tránsito, pero dotan a los entornos donde disponen de mayores niveles de seguridad.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



25%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Geneva, Global Road Safety Partnership, (2008). Speed Management – a road safety manual for decision – makers and practitioners.
- Elvik, R, Høyed, A, Vaa, T, and Sorensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
- Lynam, D. (2012). Development of Risk Models for the Road Assessment Programme. CPR1293.
- Técnicas de calmado de tráfico para la mejora de la seguridad vial. Gobierno Vasco (diciembre 2015).
- ESTRATEGIA T. Un nuevo marco para abordar el tratamiento de las travesías. Grupo de Estudios y Alternativas 21, S.L. (2019).
- Instituto Mapfre de Seguridad Vial, Asociación Española de la Carretera, (2003). Manual de Seguridad Vial para Entornos Urbanos y Catálogo de Soluciones.
- Calmar el Tráfico. Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.



24. ADECUACIÓN DE CRUCES PEATONALES EN VÍAS INTERURBANAS



¿En qué consiste la adecuación de cruces peatonales en vías interurbanas?

- Las infraestructuras viarias provocan una serie de impactos entre los que se destaca la fragmentación del territorio, intersecando distintos tipos de itinerarios y redes por las que pueden transitar peatones, peregrinos, ciclistas, etc. En los numerosos puntos en los que una vía, senda o camino es atravesada por la calzada de una vía interurbana, resulta necesario acometer una serie de actuaciones para garantizar que los peatones o ciclistas, crucen la calzada en condiciones óptimas de seguridad.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Se trata de aplicar distintas combinaciones de intervenciones de seguridad vial que logren conciliar la movilidad vehicular interurbana con la demanda de cruce de la calzada por parte de usuarios vulnerables.
- Conciliar el funcionamiento del tráfico de la carretera con el tránsito de cruce de la calzada en condiciones de seguridad vial, mediante tratamientos homogéneos en la red viaria.
- Los beneficios radicarán en que los cruces se efectuarán en los lugares habilitados, bajo unas condiciones de prioridad definidas, en condiciones de visibilidad, siendo previsible para ambos usuarios, y sin comprometer la demanda de ninguno de los flujos circulatorios.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe aplicarse cuando exista demanda de peatones, peregrinos o ciclistas significativa para cruzar la calzada, y en función de la IMD de la carretera, la velocidad de operación, la sección transversal, el número de calzadas y el tránsito de usuarios vulnerables de la vía intersecada, se aplicarán de manera general los siguientes tratamientos:
 - Refugio central diferenciado de la calzada mediante bordillo convirtiéndose así en banda de protección entre el peatón y el vehículo.
 - Estrechamiento de la calzada mediante una prolongación de la acera. Recomendado en proximidades a cascos urbanos, travesías y vías de velocidad reducida.
 - Instalación de semáforos con pulsador para la activación de señalización luminosa en puntos de especial riesgo para la seguridad vial de los peatones.

¿Qué debería saber sobre la adecuación de cruces peatonales en vías interurbanas?

- Es una medida basada en la seguridad vial con la que se busca reducir la accidentabilidad en peatones, facilitándoles el cruce de la vía, en tramos interurbanos donde no es viable la semaforización.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



25%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- iRAP Road Attribute Risk Factors – pedestrian Crossing.
- University of North Carolina Highway Safety Research Center and U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration (2013). Crash Modification Factors Clearing House: www.cmfclearinghouse.org.
- Schultz, G., Thurgood, D., Olsen, A., Reese, C.S. (2011) Analyzing Raised Median Safety Impacts Using Bayesian Methods. Presented at the 90th Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Técnicas de calzado de tráfico para la mejora de la seguridad vial. Gobierno Vasco (diciembre 2015).
- Carreteras urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto. Ministerio de Obras Públicas y transportes. Dirección General de Carreteras, 1993.



25. BALIZAMIENTO Y CEBREADO DE ARCENES



¿En qué consiste el balizamiento y cebreado de arcenes?

- Consiste en cebrar los arcenes y/o disponer balizas con el fin de incrementar la atención del conductor en la aproximación a un elemento de trazado significativamente peligroso y que puede extenderse a lo largo del tramo en que persiste el peligro para reforzar la señalización vertical.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Mediante el cebreado y/o el balizamiento de arcenes, se genera una fisonomía de la vía diferenciada del resto, que por sí misma induce un estado de alerta incrementado en el conductor.
- Al introducir más referencias visuales en la carretera con la presencia de balizas y/o cebreado, se incrementa la sensación subjetiva de velocidad y se reduce la velocidad de circulación objetiva.
- La disposición de balizas en arcén mejora el efecto guiado que prestan las propias marcas viales, especialmente en episodios de visibilidad reducida y de noche.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe implementarse cuando existan datos históricos de accidentabilidad, o bajo criterios técnicos cuando se estime la peligrosidad de un punto o tramo de la vía asociada a:
 - Inconsistencias de trazado.
 - Intersecciones peligrosas de visibilidad limitada.
 - Alta densidad de accesos directos a nivel.
 - En cualquier otra circunstancia que recomiende incrementar la alerta del conductor.

¿Qué debería saber sobre el balizamiento y cebreado de arcenes?

- Esta medida induce una reducción de velocidad de 7%.
- La disposición de balizas y su tipología, deberá contemplar la compatibilidad con la frecuente circulación de vehículos agrícolas, bicicletas, u otros vehículos obligados a circular por el arcén.
- En el caso de tránsito frecuente de ciclistas, debe contemplarse la idoneidad tanto la posición de las balizas respecto la línea de borde como su equiespaciado para garantizar la circulación segura de los ciclistas por el arcén y el movimiento lateral seguro entre calzada y arcén y viceversa.
- Esta medida refuerza la disciplina de carril y obliga a que las trayectorias de los vehículos se acomoden al trazado real de la vía de modo que se evita la invasión del arcén en curvas a derecha.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



12%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Kenneth R. Agent, Jerry G. Pigman and Nikiforos Stamatiadis. Countermeasures for fatal crashes on two-lane rural road. Kentucky transportation center.



26. ARCENES ASIMÉTRICOS



¿En qué consisten los arcenes asimétricos?

- Se trata de distribuir el ancho dedicado a arcenes de manera asimétrica entre sentidos de circulación, resultando en una vía con un ancho de arcén en un sentido y otro ancho de arcén en el inverso, para favorecer la circulación ciclista segura por arcén.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Proporcionar el máximo ancho posible de arcén a los ciclistas en el sentido de circulación en el que sea más necesario por trazado o rampa para evitar interacciones peligrosas entre tráfico motorizado y ciclistas.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- De manera general, es de aplicación en vías con rampas prolongadas y/o trazado sinuoso con curvas de radio reducido y con visibilidad de parada reducida.
- En tramos de rampas continuadas, a fin de evitar grandes diferenciales de velocidades entre tráfico motorizado y ciclista (siempre que la velocidad del tráfico motorizado sea al menos 4 veces superior a la de los ciclistas), la existencia de arcén permite a los ciclistas circular de manera separada y más segura.

¿Qué debería saber sobre los arcenes asimétricos?

- Es una medida basada en la seguridad vial con la que se busca reducir la accidentabilidad en el colectivo de ciclistas de aplicación en países de nuestro entorno como Francia.
- En tramos de pendientes prolongadas, los ciclistas alcanzan velocidades elevadas, por lo que puede ser más seguro utilizar el carril (excepto en autopistas), estando amparado por el artículo 36 del Reglamento General de Circulación (RD.1428/2003).
- En tramos de rampas prolongadas, el ciclista transita a velocidades reducidas, por lo que ocupar el carril o circular por arcenes demasiado estrictos (menores de 0,5m) puede comprometer su seguridad especialmente en vías de alta intensidad circulatoria y función vertebradora.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



60%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Atizza S.L., Plan de movilidad ciclista de Palencia 2017 (enero 2017).
- Fédération Française de Cyclotourisme. Charte Cyclable: Le partage de l'espace (2016).
- Département de Finistère, Penn-ar-Bed. Schéma vélo du Finistère. Guide départemental des aménagements cyclables. Avril 2015.
- Elsevier, Accident Analysis and Prevention (2019).
- Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo.
- Análisis de la siniestralidad en ciclistas. 2008-2013. Fundación AXA, Ponle Freno y Universitat de València.
- Llorca, C. Angel-Domenech, A. Agustín-Gomez, F., Garcia, A. Motor vehicles overtaking cyclists on two-lane rural roads: Analysis on speed and lateral clearance. Safety Science.



ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y ADVERTENCIA



27. COLOCACIÓN DE VALLADO SOBRE ELEMENTOS DE SEPARACIÓN DE MEDIANA



¿En qué consiste la colocación de vallado sobre elementos de separación de mediana?

- Consiste en la instalación de un vallado metálico sobre la mediana con una altura suficiente para impedir el paso de peatones.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- La colocación de vallado sobre elementos de separación de mediana permite evitar el cruce de la vía por parte de los peatones.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe aplicarse en aquellos tramos de la vía donde se produzca un elevado número de atropellos o accidentes ocasionados por el cruce indebido de los peatones.
- Está especialmente indicado para su disposición en vías multicarril que atraviesan entornos poblados o de actividad económica a ambos lados de la vía.

¿Qué debería saber sobre la colocación de vallado sobre elementos de separación de mediana?

- La accidentabilidad e incidentes con peatones involucrados implica la existencia de una demanda de cruce peatonal que debe ser satisfecha en puntos estudiados previamente mediante la habilitación de pasos de peatones o pasarelas peatonales.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



20%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Elvik, R, Høy, A, Vaa, T, and Sørensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
- Lynam, D (2012). Development of Risk Models for the Road Assessment Programme.
- Turner, B, Steinmetz, L., Lim, A, and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
- Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.



28. ADECUACIÓN DE MÁRGENES VIARIOS



¿En qué consiste la adecuación de márgenes viarios?

- La Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas contempla como soluciones preferentes antes de optar por la instalación de barreras de seguridad la eliminación o traslado de los obstáculos, el rediseño del elemento que suponga un obstáculo o desnivel para que sea franqueable con seguridad, o el empleo de elementos de soporte estructurales eficaz para la seguridad pasiva (ej. Luminarias, señales, carteles, etc.).

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- El objetivo es reducir la gravedad de los accidentes por salida evitando impactos contra obstáculos en el margen de la vía, bien logrando la inexistencia de elementos que puedan considerarse obstáculos peligrosos, o bien logrando márgenes expeditos y con la presencia de materia como grava, gravilla, arena, o derivados del caucho, que favorezcan el frenado del vehículo antes de alcanzar cualquier obstáculo que pudiera existir.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Con carácter general se deben explorar las opciones indicadas en la Orden Circular 35/2014 previamente a la instalación de cualquier tipo de barrera de contención de vehículos, y de manera particular en curvas a izquierda en las que por cualquier motivo la probabilidad de salida involuntaria de la vía sea significativamente más alta (ej. Inconsistencia de trazado, visibilidad reducida, meteorología adversa prevalente, etc.).

¿Qué debería saber sobre la adecuación de márgenes viarios?

- Las barreras de contención de vehículos son elementos de seguridad activa y pasiva que reducen la lesividad de los accidentes y las víctimas de tráfico, si bien existen soluciones que pueden garantizar que las pérdidas de trayectoria de vehículos a pesar de suponer una salida de vía no implique una colisión (ni con barrera ni con obstáculos).

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



22%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020. (2017) Asociación Española de la Carretera – Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras.
- El Manual de Medidas de Seguridad Vial. Elvik, R. Fundación MAPFRE, 2013.
- Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.



29. CUNETAS DE SEGURIDAD Y ADECUACIÓN DE BERMAS



¿En qué consisten las cunetas de seguridad y adecuación de bermas?

- En ocasiones, existe un desnivel entre el borde exterior del arcén y berma, que puede incrementar el riesgo de pérdida de la estabilidad del vehículo y de salida de vía, especialmente en el caso de vehículos de dos ruedas.
- Las cunetas de seguridad y la adecuación de bermas consisten en acondicionar los márgenes exteriores a la calzada de manera que se logre disponer de bandas laterales regulares libres de obstáculos y de la máxima anchura posible (no más de 1,5 a 2 m, en todo caso) y con pendiente transversal no excesiva, evitando los taludes con cambios bruscos de pendiente peralte o cota, eliminado desniveles.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- Lograr transiciones progresivas y suaves entre borde exterior del arcén y la berma permitiendo al conductor retomar el control del vehículo, evitando pérdidas de estabilidad o salidas de vía en caso contrario.
- Permitir maniobras de emergencia por parte de los vehículos reduciendo el riesgo de alcance con el resto de los vehículos en circulación.
- Aumentar la visibilidad lateral disponible de los conductores de acuerdo con los cálculos de visibilidad que se realizan cuando se obtiene el trazado de la carretera conforme a la norma 3.1-IC de Trazado.
- Proporcionar protección al pavimento y a sus capas inferiores para reducir la erosión y la inestabilidad.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe aplicarse de manera general en los casos en que tras operaciones de refuerzo del firme se ha generado un desnivel entre arcén y berma.
- En carreteras de calzadas separadas se recomienda ejecutar bermas a ambos lados de la calzada, siendo las del lado interior de la calzada de un ancho inferior.
- No debe existir desnivel entre la berma y la calzada adyacente.

¿Qué debería saber sobre las cunetas de seguridad y adecuación de bermas?

- Las bermas deben tener una pendiente transversal hacia el exterior de la plataforma no inferior al 4%.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



6%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- J.L. Graham, K.R. Richard, M.K. O'Laughlin, and D.W. Harwood, Safety Evaluation of the Safety Edge Treatment, FHWA-HRT-11-024, Federal Highway Administration (marzo 2011).
- Federal Highway Administration. Proven Safety Countermeasure. Safety Edge. FHWA-SA-17-062.
- Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos en Carreteras de Características Reducidas. Grupo de trabajo de Seguridad Vial, julio de 2018.



30. SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS



¿En qué consisten los sistemas de protección de pasos salvacunetas?

- Los sistemas de protección de pasos salvacunetas son sistemas de contención o protección contra impacto de los desniveles ocasionados por las estructuras que dan continuidad al drenaje longitudinal de la carretera en aquellas zonas donde existen accesos a la vía.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- El propósito de los sistemas de protección de pasos salvacunetas es mejorar la calidad de los márgenes de la vía en línea con el concepto de márgenes clementes, reduciendo la gravedad de los accidentes que ocurren por salida de vía.
- Durante la interacción del vehículo con el sistema protector, gracias a las características resistentes de éste y a la disposición de sus elementos longitudinales, es capaz de reconducir la trayectoria del vehículo consiguiendo, además de evitar el impacto directo contra el obstáculo, que la trayectoria de salida del vehículo esté alineada con la propia cuneta y así reducir la posibilidad de que se produzca un impacto contra otros obstáculos situados detrás del paso salvacunetas.

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- Debe aplicarse cuando existan elementos de drenaje existentes en las cunetas o en las medianas contra los que un vehículo que sufra una salida de vía pueda colisionar.

¿Qué debería saber sobre los sistemas de protección de pasos salvacunetas?

- Es una medida basada en la seguridad de la vía con la que se busca reducir las consecuencias de los accidentes por salida de la vía.
- Evitar la salida de vía debería de ser el primer objetivo, por lo que como medida complementaria resultaría de alta efectividad en la evitación de este tipo de accidentes la implantación de marcas viales sonoras (con resaltes positivos o negativos).
- Según la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos, los dispositivos empleados a este fin no deben tener una inclinación superior a 4H:1V, deben ser diseñados tal que no exista riesgo de que un vehículo pueda introducir las ruedas entre sus elementos constitutivos y deben disponer de rigidez suficiente para soportar el peso de un autobús de 13.000 kg.
- En márgenes de la vía transitados por peatones debe prestarse especial atención al tipo de protector de paso salvacunetas a fin de permitir el tránsito seguro de los mismos.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



70%

FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

Referencias

- Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- Norma UNE 135126:2019, Sistemas de protección de los pasos salvacunetas (SPPS). Clases de comportamiento, métodos de ensayo y evaluación de la conformidad.
- Manual de buenas prácticas para el diseño de márgenes de carreteras convencionales, de la Asociación Española de la Carretera y la Dirección General de Tráfico.
- Especificaciones técnicas del sistema de protección de pasos salvacunetas "CROSSAFE". Citro.



31. SEÑALES ACTUADAS POR USUARIOS VULNERABLES



¿En qué consisten las señales actuadas por usuarios vulnerables?

- Las señales actuadas por usuarios vulnerables son un tipo de señalización actuada que contienen, en ocasiones, un pulsador y una señal vertical, sobre la que se aplican elementos luminosos que sólo se activan cuando el avisador detecta el paso de un peatón o una bicicleta o bien se usa el pulsador.

¿Cuál es su propósito y beneficios?

- El propósito de las señales actuadas por usuarios vulnerables es advertir a los conductores de la presencia de este tipo de usuarios en la vía, de manera que puedan tomar las precauciones necesarias como reducción de velocidad y separación lateral para mejorar la convivencia entre usuarios y evitar en último caso posibles accidentes.
- Los principios de funcionamiento en que se basa este sistema es la "previsibilidad" y la "credibilidad de la señalización".

¿Cuándo y cómo se recomienda su ejecución?

- En términos generales, conviene su instalación en tramos de la vía con alta presencia de ciclistas, peatones y escasa visibilidad ocasionada por curvas cerradas sin visibilidad (especialmente a derechas) o acuerdos verticales (cambios de rasante).
- En vías interurbanas, de manera particular, resulta de especial interés su instalación cuando no existan arcenes, el arcén sea de menos de 1 metro de ancho, o en los casos en que exista, pero sea intransitable por ciclistas o peatones.
- La señal debe ubicarse con una antelación de entre 50 y 100m. al elemento de trazado en que se desea proteger a estos usuarios, a fin de que maximizar la atención del conductor con la antelación suficiente pero no excesiva que pudiera hacerle olvidar el mensaje.
- Puede ubicarse en puntos en los que proteja curvas sucesivas.

¿Qué debería saber sobre las señales actuadas por usuarios vulnerables?

- El sistema puede ser configurado para que el tiempo de activación sea el adecuado para cada tipo de curva o tramo en el que se desea proteger a los usuarios vulnerables.
- El sistema de detección puede ser configurado para detectar tanto ciclistas como peatones y por tanto puede emplearse en tramos de alto tránsito peatonal.
- Se debe prestar especial atención al mantenimiento de este sistema para evitar que se produzcan falsos negativos que pudieran influir negativamente en la fiabilidad de la señalización de peligro.
- En los casos en que la señal no se encuentre activada, la señal vertical permanece vigente, si bien el mantenimiento de este tipo de sistemas debe contemplar métodos para evitar falsos negativos.

Viabilidad económica



Facilidad de ejecución



Referencias

- Revista DGT, ¡Peligro! Ciclistas en curva. Octubre 2017.
- Stanley Chesterfield, Neil Garnet. NZ Transport Agency Specification for electronic Warnign signs on State Higways. Marzo 2011.



ANEXO I: TABLAS RESUMEN DE FACTORES DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD

TABLA 1. ELEMENTOS VISUALES Y ACÚSTICOS

MEDIDAS		FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINISTRALIDAD				TIPO DE ACCIDENTE	OBSERVACIONES
1	BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA (BTAs)		25%			TODOS	Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
2	GUÍAS SONORAS LONGITUDINALES EN MARCA VIAL DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS		21%			FRONTALES Y FRONTOLATERALES	Kenneth R. Agent, Jerry G. Pigman and Nikiforos Stamatiadis. Countermeasures for fatal crashes on two-lane rural road. Kentucky transportation center. Research Report KTC-01-11/SPR211-00-2F.
3	GUÍAS SONORAS DE BORDE		21%			POR SALIDA DE LA VÍA	Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
4	GUÍAS SONORAS DE SEPARACIÓN DE CARRILES	18%				LATERALES	Se ha considerado adecuado utilizar el factor de reducción de una medida similar. "Lane Departure Warning Systems"; J.B. Cicchino (2017). Effect of lane departure Warning on Police Reported Crash Rates. Insurance Institute for Highway Safety.
5	MARCAS VIALES CARACTERÍSTICAS DE TRAMOS	16%				TODOS	Base de datos de accidentalidad de la DGT.
6	CAPTAFAROS LED			37%		POR SALIDA DE LA VÍA	El factor de reducción es referente a la utilización de captafaros, sin especificar que sean LED. Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020. (2017). Asociación Española de la Carretera - Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras.
7	SISTEMAS DE ADVERTENCIA Y CANALIZACIÓN DE ANIMALES EN LA CALZADA	19%				CON FAUNA SALVAJE	Sedat Gulen, George McCabe, Ira Rosenthal, Samuel Wolfe, Virgil Anderson. Evaluation of Wildlife Reflectors in Reducing Vehicle Deer Collisions on Indiana Interstate 80/90. FHWA/NJTRP-2006/18. Joint Transportation Research Program and the U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
8	CRUCES INTELIGENTES				50%	LATERALES Y FROTOLATERALES	Base de datos de accidentalidad de la DGT.
9	ADAPTACIÓN DINÁMICA DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD	10%				TODOS	Variable/seasonal speed limits (using variable speed messaging boards). Canada's Road Safety Strategy 2025.
10	SEÑALES ACTUADAS PARA CALMADO DE LA VELOCIDAD	7%				TODOS	Hellmark, S.L., Oju, Y., Hawkins, N. and Smadi, O. (2015) Crash Modification Factors for Dynamic Speed Feedback Signs on Rural Curves. Journal of Transportation Technologies, 5, 9-23.
11	PAVIMENTO PIGMENTADO			35%		TODOS	Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
12	REFUERZO DEL GUIADO EN PUNTOS CRÍTICOS		30%			POR SALIDA DE LA VÍA	Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.

TABLA 2. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN Y DELIMITACIÓN DE FLUJOS DE TRÁFICO

MEDIDAS		FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINIESTRALIDAD			TIPO DE ACCIDENTE	OBSERVACIONES
13	LÍNEA CONTINUA DE SEPARACIÓN DE CARRILES	6%			LATERALES	Xiaorui, W., Hongxu, Y., 2013. A Lane Change Model with the Consideration of Car Following Behavior. Procedia Social and Behavioral Sciences.
14	FRANJA INTERMEDIA DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS		40%		FRONTALES Y FRONTOLATERALES	Austrroads, June 2016, Guidance on Median and Centreline Treatments to Reduce Head-on Casualties, AP-519-16, Sydney, NSW.
15	BALIZAMIENTO DE CARRILES		25%		TODOS	Department of Transportation Federal Highway Administration. Desktop Reference for Crash Reduction Factors. September 2018. Report No. FHWA-SA-08-011 U.S.
16	SEPARACIÓN FÍSICA DE SENTIDOS EN TRAMOS CRÍTICOS		38%		FRONTALES Y FRONTOLATERALES	Elvik, R., Hove A., Vaa, T. and Sorensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
17	DELIMITACIÓN Y SEPARACIÓN DE SENTIDOS EN ENLACES TROMPETA				FRONTALES Y FRONTOLATERALES	A pesar de una extensa búsqueda de literatura y consultas con profesionales de la seguridad vial nacional e internacional, el equipo del proyecto no pudo identificar el factor de reducción de siniestralidad.
18	REFUERZO DE SEÑALIZACIÓN EN DIVERGENCIAS		29%		ALCANCES, LATERALES Y POR SALIDA DE LA VÍA	Gan, A., Shen, J. & Rodriguez A 2005, Update of Florida Crash Reduction Factors and Countermeasures to Improve the Development of District Safety Improvement Projects, Lehigh Centre for Transportation Research, Miami, Florida, viewed 25 March 2008.
19	CARRETERAS 2+1		33%		FRONTALES Y FRONTOLATERALES	Kirby, P., B. Wilmshurst and G. Koorey (2014) Operating characteristics and economic evaluation of 2 + 1 lanes with or without intelligent transport systems assisted merging. NZ Transport Agency research report 549.

TABLA 3. MEDIDAS DE ORDENACIÓN Y CALMADO DE TRÁFICO

MEDIDAS		FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINISTRALIDAD		TIPO DE ACCIDENTE	OBSERVACIONES
20	ADELGAZAMIENTO VIARIO		24%	TODOS	Abdel-Aty, M.A., C. Lee, J. Park, J. Wang, M. Abuzwidah, and S. Al-Arifi. "Validation and Application of Highway Safety Manual (Part D) in Florida." Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida. (May 2014).
21	ORDENACIÓN DEL TRÁFICO EN GLORIETAS		30%	TODOS	Se ha considerado adecuado utilizar el factor de reducción de una medida similar: "Instalación de canalización general". Gan, A., Shen, J. & Rodriguez, A. 2005. "Update of Florida crash reduction factors and countermeasures to improve the development of district safety improvement projects." Lehman Centre for Transportation Research, Miami, Florida.
22	CALMADO DEL TRÁFICO EN INTERSECCIONES	20%		FRONTALES Y FRONTOLATERALES	Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Ausroads Project.
23	ADECUACIÓN DE TRAVESÍAS		25%	TODOS	Elvik, R. Hoye, A. Vaa, T. and Sorensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition. Emerald Group Publishing Limited.
24	ADECUACIÓN DE CRUCES PEATONALES EN VÍAS INTERURBANAS		25%	ATROPELLOS A PEATONES	Schultz, G., Thurgood, D., Olsen, A., Reese, C.S. (2011) Analyzing Raised Median Safety Impacts Using Bayesian Methods. Presented at the 90th Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
25	BALIZAMIENTO Y CEBREADO DE ARCENES	12%		POR SALIDA DE LA VÍA	Se ha considerado adecuado utilizar el factor de reducción de una medida similar: "Balizamiento (install post delineators)". Kenneth R. Agent, Jerry G. Pigman and Nikiforos Stamatiadis. Countermeasures for fatal crashes on two-lane rural road. Kentucky transportation center.
26	ARCENES ASIMÉTRICOS		60%	ATROPELLOS A PEATONES Y CICLISTAS	Análisis de la siniestralidad en ciclistas. 2008-2013. Fundación AXA. Pontle Freno y Universitat de València.

TABLA 4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y ADVERTENCIA

MEDIDAS		FACTOR DE REDUCCIÓN DE SINISTRALIDAD			TIPO DE ACCIDENTE	OBSERVACIONES
27	COLOCACIÓN DE VALLADO SOBRE ELEMENTOS DE SEPARACIÓN DE MEDIANA	20%			ATROPELLOS A PEATONES	Turner, B. Steinmetz, L., Lim, A. and Walsh, K. (2012). Effectiveness of Road Safety Engineering Treatments. Austroads Project.
28	ADECUACIÓN DE MÁRGENES VIARIOS		22%		POR SALIDA DE LA VÍA	Seguridad en carreteras convencionales: un reto prioritario de cara al 2020. (2017) Asociación Española de la Carretera – Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras.
29	CUNETAS DE ADECUACIÓN DE BERMAS Y SEGURIDAD DE BERMAS	6%			POR SALIDA DE LA VÍA	J.L. Graham, K.R. Richard, M.K. O’Laughlin, and D.W. Hanwood. Safety Evaluation of the Safety Edge Treatment, FHWA-HRT-11-024, Federal Highway Administration (marzo 2011).
30	SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS			70%	POR SALIDA DE LA VÍA	A pesar de una extensa búsqueda de literatura y consultas con profesionales de la seguridad vial nacional e internacional, el equipo del proyecto no pudo identificar el factor de reducción de siniestralidad real demostrado, no obstante, en caso de salida de vía, se erradica la colisión contra un obstáculo rígido con pronóstico de alta gravedad. El factor de reducción de siniestralidad considerado está basado en los ensayos realizados por un fabricante (Citro - CROSSAFE).
31	SEÑALES ACTUADAS POR USUARIOS VULNERABLES				ATROPELLOS A PEATONES Y CICLISTAS	A pesar de una extensa búsqueda de literatura y consultas con profesionales de la seguridad vial nacional e internacional, el equipo del proyecto no pudo identificar el factor de reducción de siniestralidad.



APÉNDICE



GLOSARIO

- **ACCIDENTABILIDAD**
Frecuencia o índice de accidentes.
- **BERMA**
Franja de terreno entre el arcén y la cuneta o talud.
- **BTAS**
Bandas Transversales de Alerta.
- **CAPTAFAROS**
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.
- **CARRETERAS AUTOEXPLICATIVAS**
Carreteras con señalización vial con indicaciones claras a los usuarios sobre el tipo de vía por la que circulan y el comportamiento que deben adoptar para garantizar la seguridad vial para todos los usuarios.
- **DIENTES DE DRAGÓN**
Marcas viales triangulares situadas en los bordes exteriores de un determinado carril que generan en el conductor la percepción de un estrechamiento de la calzada que invita a reducir la velocidad de circulación.
- **FHWA**
Federal Highway Administration (Administración Federal de Carreteras), del Departamento de Transportes de Estados Unidos.
- **HIDRODESBASTE**
Sistema de mejora del coeficiente de rozamiento transversal del pavimento empleando únicamente agua a alta presión.
- **LOMO DE ASNO**
Reductores de velocidad de sección transversal de segmento circular.
- **NIVEL DE SERVICIO**
Medida cualitativa, descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico; generalmente se describe en función de ciertos factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, la comodidad y conveniencia, y la seguridad.
- **RETROREFLECTANTE**
Material o elemento con propiedades de visibilidad nocturna.
- **SELF-ENFORCED ROADS**
Son carreteras planificadas y diseñadas para alentar a los conductores a seleccionar velocidades en armonía con el límite de velocidad fijado contribuyendo así a reducir el número de accidentes y su lesividad.
- **SISTEMA SEGURO**
Sistema recogido en la Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020 y reconocido por organismos Internacionales como la Organización Mundial de la Salud y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, que acepta que el ser humano comete errores y busca evitar que estos errores provoquen muertes o lesiones graves.
- **TCA**
Tramo de Concentración de Accidentes.
- **USUARIOS VULNERABLES**
Usuarios de la carretera no motorizados, como los peatones y los ciclistas, así como los motociclistas y las personas con discapacidad o movilidad y orientación reducida.



NORMATIVA

- Orden FOM/3053/2008, de 23 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción Técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en carreteras de la Red de Carreteras del Estado, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Disponible en:
<https://www.boe.es/eli/es/o/2008/09/23/fom3053>
- 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, del Ministerio de transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012). Disponible en:
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/oc302012.pdf
- Instrucción 18/TV-102 sobre Guías Sonoras Longitudinales, de la Subdirección General de Operaciones y Movilidad de la Dirección General de Tráfico (2018). Disponible en:
http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-nomas/modificaciones/2018/18_TV_102_guias_sonoras_longitudinales_fresadas.pdf
- Instrucción 20/TV-110 sobre Cruces Inteligentes, de la Subdirección General de Gestión de la Movilidad y Tecnología de la Dirección General de Tráfico (2018). Disponible en:
http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/2020/INSTRUCCION-20-TV-110_-Cruces-Inteligentes.pdf
- Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC, de la Dirección General de Carreteras (2016). Disponible en:
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/norma_31ic_trazado_orden_fom_273_2016.pdf
- Orden Circular 32/2012 – Guía de Nudos Viarios del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012). Disponible en:
https://www.mitma.es/recursos_mfom/0410081.pdf
- Guía para el proyecto y ejecución de obras de señalización horizontal del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2012). Disponible en:
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdfhandler.pdf
- Borrador de la Norma de Carreteras 8.2-IC sobre Marcas Viales, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Disponible en:
<https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/buscador-participacion-publica/82-ic-marcas-viales>
- Orden Circular 1/2011, de 25 de abril, sobre Criterios de balizamiento de divergencias, salidas y bifurcaciones mediante hitos de vértice y balizas cilíndricas, de la Xunta de Galicia. (2011). Disponible en:
http://www.carreteros.org/normativa/balizamiento/pdfs/oc1_2011.pdf
- Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2014). Disponible en:
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/oc352014.pdf
- Norma UNE 135126:2019, Sistemas de protección de los pasos salvacunetas (SPPS). Clases de comportamiento, métodos de ensayo y evaluación de la conformidad.
- Calmar el Tráfico. Pasos para una nueva cultura de movilidad urbana. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2008).
- Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo. (2003). Disponible en:
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2003/BOE-A-2003-23514-consolidado.pdf>



LOCALIZACIONES DE CADA MEDIDA. EJEMPLOS

LOCALIZACIONES		
	MEDIDAS	LOCALIZACIÓN
1	BANDAS TRANSVERSALES DE ALERTA (BTAs)	N-332, en El Campello, Alicante.
2	GUÍAS SONORAS LONGITUDINALES EN MARCA VIAL DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS	M-607, a la altura de Colmenar Viejo, en Madrid.
3	GUÍAS SONORAS DE BORDE	AP-61, en el entorno de Ortigosa del Monte, en Segovia.
4	GUÍAS SONORAS DE SEPARACIÓN DE CARRILES	A lo largo de varios kilómetros de la autovía A-3, en el entorno de Requena, Valencia.
5	MARCAS VIALES CARACTERÍSTICAS DE TRAMOS	CL-615 y en la CL-613, en Castilla y León.
6	CAPTAFAROS LED	LR-111, en el entorno de Ojacastro, en La Rioja.
7	SISTEMAS DE ADVERTENCIA Y CANALIZACIÓN DE ANIMALES EN LA CALZADA	CL-615, cerca de Perales, en Palencia.
8	CRUCES INTELIGENTES	AC-840 en A Coruña, la A-370 en Almería o la N-403 en Ávila.
9	ADAPTACIÓN DINÁMICA DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD	C-31, Barcelona.
10	SEÑALES ACTUADAS PARA CALMADO DE LA VELOCIDAD	N-603, a la altura de Los Ángeles de San Rafael, en Segovia o en la N-525, en Cambeo, Ourense.
11	PAVIMENTO PIGMENTADO	RM-422, en el entorno de El Algarrobo, en Murcia.
12	REFUERZO DEL GUIADO EN PUNTOS CRÍTICOS	N-432 en el entorno de Llerena, Badajoz.
13	LÍNEA CONTINUA DE SEPARACIÓN DE CARRILES	Enlace de la LL-12 con la C-13, en Lérida.
14	FRANJA INTERMEDIA DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS	Carretera de l'Arrabassada (BP-1417), en Barcelona.
15	BALIZAMIENTO DE CARRILES	CG-2.2 en el entorno de Monforte de Lemos, Galicia.
16	SEPARACIÓN FÍSICA DE SENTIDOS EN TRAMOS CRÍTICOS	Carretera A645 pk 4 en Huos, Francia.
17	DELIMITACIÓN Y SEPARACIÓN DE SENTIDOS EN ENLACES TROMPETA	Enlace de la M-600 a la A-6 a la altura de Guadarrama, en Madrid.



LOCALIZACIONES DE CADA MEDIDA. EJEMPLOS

LOCALIZACIONES		
	MEDIDAS	LOCALIZACIÓN
18	REFUERZO DE SEÑALIZACIÓN EN DIVERGENCIAS	Salida 135 de la A-6, en el entorno de Simancas.
19	CARRETERAS 2+1	C-55, en el acceso sur a Manresa, Barcelona.
20	ADELGAZAMIENTO VIARIO	A-77, en San Vicente del Raspeig, en Alicante.
21	ORDENACIÓN DEL TRÁFICO EN GLORIETAS	A-77, en San Vicente del Raspeig, en Alicante.
22	CALMADO DEL TRÁFICO EN INTERSECCIONES	GI-627, en Arechavaleta, Gipuzkoa.
23	ADECUACIÓN DE TRAVESÍAS	CV-223, en Alcudia de Veo, Castellón.
24	ADECUACIÓN DE CRUCES PEATONALES EN VÍAS INTERURBANAS	M-505, en El Escorial, Madrid.
25	BALIZAMIENTO Y CEBREADO DE ARCENES	AC-14, en A Coruña, Galicia.
26	ARCENES ASIMÉTRICOS	CV-720, en Benimassot, Alicante.
27	COLOCACIÓN DE VALLADO SOBRE ELEMENTOS DE SEPARACIÓN DE MEDIANA	Vía de servicio de la A-6 a la altura de Torrelorones, Madrid.
28	ADECUACIÓN DE MÁRGENES VIARIOS	N-601, en Mojados, Valladolid.
29	CUNETAS DE SEGURIDAD Y ADECUACIÓN DE BERMAS	Salida 23 de la A-54, en Lugo.
30	SISTEMAS DE PROTECCIÓN DE PASOS SALVACUNETAS	CL-610 en Valladolid o en la CL-605 en Segovia.
31	SEÑALES ACTUADAS POR USUARIOS VULNERABLES	RM-A10 pk14+700 D en Murcia.

