

**RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCION
DE MOTOCICLISTAS EN CARRETERAS
RED REGIONAL DE CASTILLA Y LEÓN**

José Antonio Fernández Sainz

Jefe de Servicio de Conservación

Dirección General de Carreteras - Junta de Castilla y León

C/ Rigoberto Cortejoso nº 14

47071 Valladolid

Tf: 983419346. Fax: 983419999

e-mail: fersaijo@jcy.es

RESUMEN

Los accidentes de tráfico constituyen un problema muy grave de la sociedad de hoy, que debe combatirse involucrando a todos los sectores de la sociedad que se hallan implicados. Este es el espíritu que ha guiado a la Consejería de Fomento a la hora de plantear una estrategia para resolver el problema de los accidentes en que intervienen motoristas.

El resultado final del estudio es un documento de referencia para Ingenieros y Técnicos encargados del diseño, conservación y explotación de las carreteras de la red regional, que permitirá de forma objetiva equipar a las carreteras regionales con sistemas de protección de motociclistas adecuados y ubicados en aquellos emplazamientos donde son mas adecuados.

El estudio ha sido realizado por el Servicio de Conservación y Explotación de la D.G. de Carreteras e Infraestructuras, con la colaboración de la Fundación CIDAUT (Centro de Investigación y Desarrollo en Automoción).

0. OBJETO DEL ESTUDIO Y ESTRUCTURA

Este estudio planteó como objetivo analizar en profundidad la situación de los accidentes en los que están implicados motocicletas o ciclomotores en la Red Regional de Carreteras de titularidad de la Junta Castilla y León, en adelante **RRC**, con una longitud total de red de más de 11.500 Km. de carretera y establecer un conjunto de recomendaciones sobre implantación de sistemas de protección de estos usuarios **en las carreteras ya existentes de la red regional**, con el fin de mitigar las consecuencias que se derivan de las salidas de calzada en los que se ven implicados.

Las partes de las que este documento consta son las siguientes:

- Metodología de trabajo aplicada sobre la información recopilada en este trabajo para el desarrollo y obtención de unas recomendaciones de aplicación a esta red.
- Caracterización y justificación de las recomendaciones para cada uno de los escenarios a estudio.
- Publicación de unas “Recomendaciones sobre instalación de ‘Sistemas de Protección de Motociclistas’”.

1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Durante las diferentes fases de las que se compone este trabajo, se ha estudiado y analizado la diversa información relativa a la accidentalidad de los usuarios de motocicletas y ciclomotores en las carreteras de la **RRC**. Siendo el objetivo final de este trabajo, realizado a través de una asistencia técnica con la institución Cidaut, Fundación para la Investigación y Desarrollo en Transportes y Energía, la redacción de recomendaciones sobre la instalación de sistemas de protección de motociclistas en las carreteras ya existentes, se ha procedido en esta fase al tratamiento estadístico y al análisis, desde un enfoque integral de la seguridad vial, de toda la información

procedente de accidentes en todas sus fases, con el fin de obtener determinaciones que nos lleven a establecer recomendaciones.

Las recomendaciones finales que en este trabajo se ofrecen, están orientadas a **carreteras ya existentes de la RRC**, distinguiendo entre carreteras de **única calzada** y carreteras de **doble calzada**.

La metodología de trabajo que se ha seguido es:

- a. Revisión bibliográfica nacional e internacional
- b. Estudio estadístico de accidentes de motocicletas en carreteras en la RRC de CyL (años 2002-2004). Fuente: Base de datos de accidentes DG Cel de CyL y DGT
- c. Monitorización e investigación en profundidad, durante un año de todos los accidentes de motocicletas ocurridos en el tramo con mayor número de accidentes AV-502(AV-502: Navalperal de Pinares-Cebreros, 20 km) - 16 accidentes (19 heridos, 2 muertos).
- d. Filmación en vídeo del tramo seleccionado.
- e. Instalación de estación-radar en el tramo seleccionado.
- f. Caracterización geométrica y de equipamiento vial de los 7 tramos con mayor concentración de salidas de calzada de estos usuarios.
- g. Evaluación experta de usuarios y representantes del colectivo de usuarios durante la visita a los tramos de la RRC con mayor accidentalidad, acompañados del equipo de investigación de CIDAUT y de personal de la JCyL.
- h. Tratamiento estadístico de la información mediante técnicas adecuadas (técnicas epidemiológicas 'caso-control').
- i. Elaboración y redacción de las recomendaciones

1.1. FUENTES DE INFORMACIÓN

Las diferentes fuentes que se han utilizado en este análisis final son las siguientes:

- **Base de datos de ‘Accidentes de circulación con víctimas’ de la Dirección General de Tráfico (DGT)** entre los años 2002 y 2004, ambos inclusive. Los estudios y análisis realizados se han centrado en accidentes con víctimas en los que ha estado implicado, al menos, una motocicleta o ciclomotor.
- **Base de datos de ‘Accidentes de circulación con víctimas’ de la Dirección General de Carreteras e Infraestructuras (DGCel) de la Junta de Castilla y León**, entre los años 2002 y 2004, ambos inclusive.
- Información procedente de las **investigaciones ‘en profundidad’ de 16 accidentes de tráfico** con víctimas y, con al menos, una motocicleta o ciclomotor implicadas y que han ocurrido en un tramo de la **RRC** (tramo comprendido entre el kilómetro 0,000 y 19,800 de la carretera AV-502), el cual se erige como el de mayor concentración de accidentes de toda la red autonómica. Estos accidentes han sido monitorizados durante un periodo de un año.
- **Características geométricas y de equipamiento vial de una serie de tramos de la RRC** en los cuales se presenta el mayor índice de concentración de accidentes de motocicletas y ciclomotores. Las diferentes propiedades de estos tramos se obtuvieron, bien a través de la herramienta **‘Vídeo Inventario’** que la Junta de Castilla y León ha proporcionado o bien a través de la inspección por parte del equipo de investigación de estos tramos para la recogida de información ‘in situ’.
- **Evaluación experta de representantes del colectivo de usuarios** durante la visita a los tramos de la RRC con mayor accidentalidad, acompañados del equipo de investigación de CIDAUT y de personal de la Junta de Castilla y León.
- **Bibliografía nacional e internacional** relacionada, directa o indirectamente con la consecución del objetivo principal de esta asistencia.

La información procedente de estas fuentes se ha integrado de tal manera que, mediante programas apropiados, se ha procedido al análisis estadístico de cada una de las variables recopiladas, de forma individual y conjunta, y que se han considerado potencialmente influyentes en la causalidad del tipo de accidentes objeto de este estudio. En dichos análisis se han considerado únicamente aquellos accidentes en los que **un motociclista ha sufrido una salida de calzada**. Gracias a esta restricción se evita el sesgo que pudiese provocar el hecho de considerar accidentes en los que se ve involucrado más de un motociclista o cuya tipología sea distinta y cuya causalidad puede diferir de forma relevante de las salidas de calzada, objeto principal de acción de los SPMs.

1. 2. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

La Epidemiología, ciencia de extensa aplicación en el campo de la salud, se encarga de estudiar los factores que determinan la frecuencia y distribución de enfermedades en poblaciones humanas. Esta ciencia, aplicada en numerosas publicaciones internacionales relacionadas con la Seguridad Vial, puede ser aplicada tras las consideraciones pertinentes, sobre los accidentes de tráfico. Tales sucesos, aunque alejados del concepto habitual de enfermedad humana, suponen un desenlace no deseado provocado por un conjunto de causas en lugar de por un solo factor. Es por esta razón que dentro de esta asistencia se haya recurrido a las técnicas epidemiológicas adecuadas para el análisis de causalidad de los accidentes objeto de estudio.

A la hora de analizar la existencia de una relación ‘causa – efecto’ entre un grupo de variables (posibles factores de riesgo) y un desenlace determinado (enfermedad, en este caso ocurrencia del accidente de tráfico), un factor clave es la exposición de la población a los posible factores de riesgo. Es por ello que la Epidemiología no sólo analiza aquellos sujetos que han sufrido un accidente de tráfico, sino también aquellos que no han sufrido tal desenlace. De esta forma, mediante la aplicación de los modelos

estadísticos pertinentes, es posible analizar qué variables están relacionadas en mayor medida con la ocurrencia de un accidente de tráfico.

1.3. DEFINICIONES PREVIAS

Previamente a detallar las variables sobre las cuáles se han realizado los análisis estadísticos, se van a definir a continuación una serie de conceptos que van a ser utilizados durante este documento:

- **Radio de curvatura:** Se define 'Radio de curvatura' como el valor absoluto de ' $10000/\text{Curvatura}$ ', considerándose de esta manera que la alineación de una calzada es '**curva**', cuando el radio de curvatura alcanza, al menos, un valor igual o menor de 1500 metros entre aquellos puntos de la carretera donde el valor de 'radio de curvatura', disminuye primero por debajo de 2500 metros y finalmente de nuevo supera dicho valor de 2.500 metros.
- En la figura siguiente, se observan dos tramos diferentes de vía, en los que se representa el radio de curvatura según el desarrollo (en %) del tramo. En ambos tramos el radio de curvatura alcanza valores inferiores a 2500, pero es sólo en el tramo 2 donde el radio alcanza valores menores de 1500, por lo que únicamente se considerará 'curva' al tramo 2.

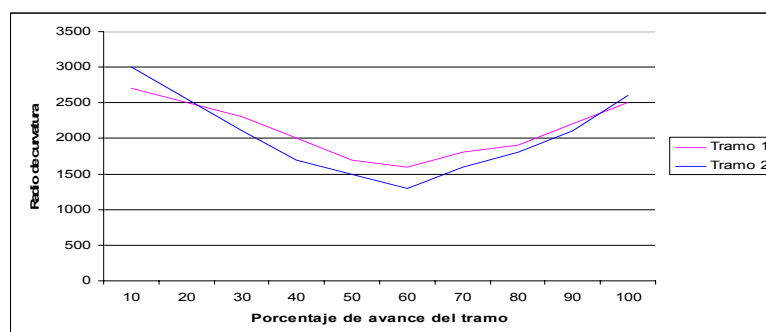


Figura 1.- Configuración de 'curva'.

- **Curva aislada:** Se considera que una curva es 'aislada' cuando no existe ninguna otra curva en los 200 metros anteriores y posteriores a la misma
- **Cuerpo de la curva:** Parte central de la misma, excluyendo la transición de entrada y salida, de manera que en términos cuantitativos, la parte central de la curva se considera que estará entre el 40 y el 70% del desarrollo de la misma.
- **Curva 'a izquierdas' / Curva 'a derechas':** Según el sentido del motociclista, aquellas curvas en las que el radio de curvatura (según la herramienta del vídeo-inventario) es positivo / negativo, respectivamente.

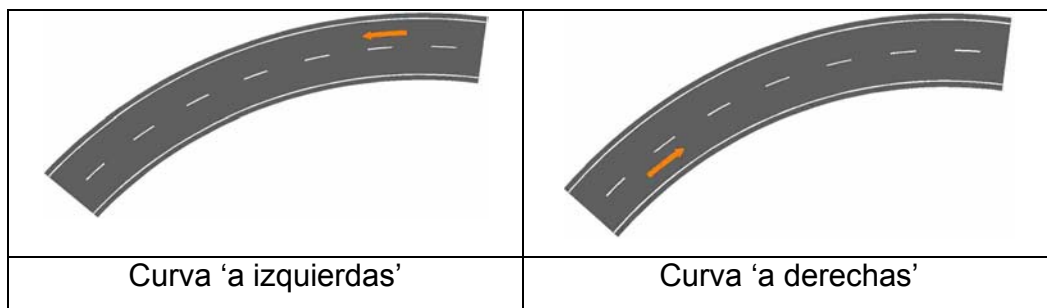


Figura 2.- Curva 'a izquierdas' y 'a derechas'.

- **Lado exterior de la curva:** Parte más externa de la curva, y la cual es independiente del sentido en el que se recorre la misma. Se corresponde con el margen apuntado por la tangente de la velocidad de los vehículos que abordan la curva.

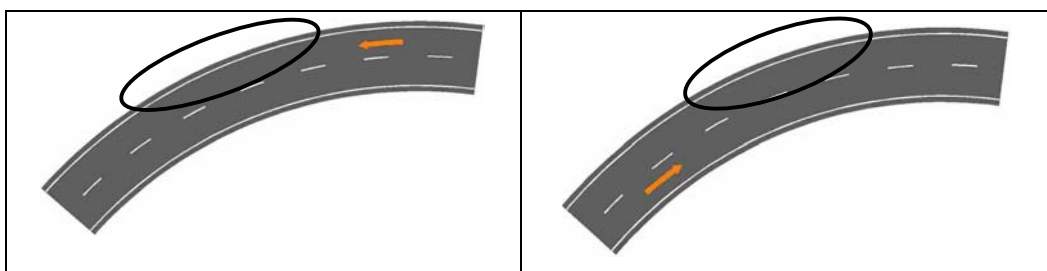


Figura 3.- Lado exterior de la curva.

1.4. VARIABLES DE ESTUDIO

Las técnicas estadísticas empleadas en esta asistencia y que han sido detalladas en el apartado 1.2, hacen referencia únicamente a la metodología utilizada sobre la información procedente de las carreteras ya existentes de única calzada y sobre las cuales estarán orientadas parte de las recomendaciones finales que en este documento se van a exponer. Los estudios descriptivos de la fase 1 de esta asistencia han mostrado cómo es en este grupo de carreteras donde se concentra la principal problemática de la morbilidad de motociclistas por salidas de calzada.

- **Radio mínimo de la curva:** Esta variable se refiere al valor mínimo del 'radio de curvatura' durante el trazado de cada curva medido en metros. La disponibilidad de la herramienta 'Vídeo inventario' de la JCyL en esta asistencia técnica, ha permitido obtener este valor de manera directa para cada una de las carreteras que se ha precisado estudiar. Es por ello, que en lo que respecta a esta variable, la medición se efectúe utilizando la citada herramienta.
- **Longitud de curva:** Este valor, medido en metros, ha sido obtenido igualmente de la herramienta 'Vídeo inventario'. En este caso, la manera de calcular este valor será mediante diferencias de la variable 'PK' (punto kilométrico) que aparece en la pantalla principal en aquellos intervalos en los que se cumpla la definición de curva presentada anteriormente.
- **Punto de radio mínimo:** Para cada curva a estudio, se ha registrado (a partir del 'Vídeo inventario') el punto de la curva en el que el radio de curvatura toma el valor mínimo respecto del desarrollo de la curva. Para poder comparar esta variable entre distintas curvas, dicho punto de radio de curvatura mínimo se debe expresar como porcentaje respecto al desarrollo total de la curva. Aunque este valor podría oscilar entre '0%' y '100%', se ha decidido tomar como válido el cuerpo de la curva (ver 1.3 ['DEFINICIONES PREVIAS'](#)).

- **Disminución oculta de radio mínimo en la curva:** Se trata de codificar si el motociclista es capaz de intuir o no dónde se encuentra el punto de radio mínimo de la curva, de manera que sea capaz de adaptar su trayectoria a las circunstancias. Esta variable, junto a una serie de variables que se citan a continuación, se caracterizan por ser 'subjetivas' desde el punto de vista del conductor de la motocicleta o ciclomotor. Con el fin de objetivizar esta variable, se han generado unas categorías dentro de esta variable que permitan cuantificar la disminución del radio de curvatura a lo largo del desarrollo de la curva. Estas categorías se han basado en estudiar el porcentaje en que el radio de curvatura disminuye, 10 metros ó 20 metros antes de que el radio de curvatura tome su valor mínimo (el hecho de haber escogido de 10 en 10 metros se basa en que ésta es la medida de la herramienta 'Vídeo-inventario' utilizada al efecto). Después de los análisis efectuados, se ha obtenido como relevante únicamente el valor 10 metros antes de la curva.
- **Elementos generales de señalización y guiado de la curva:** Mediante esta variable se registra el hecho que existan y que sean visibles por el motociclista y a una distancia de, al menos, 150 metros antes del comienzo de la curva, alguno de los siguientes elementos de señalización vertical u horizontal que ayuden al motociclista a conocer las características de la curva, como señalización de curvas peligrosas, paneles direccionales, hitos de aristas, marcas longitudinales continuas o discontinuas, líneas de borde de la calzada y captafaros.
- **Trazado predecible a una distancia de 150 metros:** Esta variable subjetiva hace referencia a la capacidad que pueda tener el conductor de predecir la trayectoria completa de la curva a una distancia de 150 metros antes del comienzo de la curva.
- **Trazado predecible a una distancia de 50 metros:** Esta variable subjetiva hace referencia a la capacidad que pueda tener el conductor de predecir la trayectoria completa de la curva a una distancia de 50 metros antes del comienzo de la curva.
- **Trazado predecible en plena curva:** Esta variable subjetiva hace referencia a la capacidad que pueda tener el conductor de predecir la trayectoria completa de la curva una vez que el conductor se encuentra en plena curva.

- **Trazado oculto:** Independientemente del radio de la curva y de la predicción de la misma a cualquier distancia, se ha determinado si existe algún impedimento visual físico (taludes, vegetación densa o cualquier otro tipo de obstáculo) que obstruya la percepción del desarrollo de la curva en su plenitud.
- **Pendiente longitudinal:** Mediante la herramienta 'Vídeo inventario', se ha registrado si la trayectoria de la curva, en el sentido de avance del motociclista, se encuentra en un tramo de pendiente 'ascendente' (valor de la variable 'pendiente' mayor que '2%') o 'descendente' (menor que '-2%').
- **Cambio de rasante:** Se ha registrado si la curva se encuentra en un cambio de rasante o si existe un cambio de rasante en la aproximación a dicha curva, es decir, se produce un cambio de signo del valor de la variable 'pendiente'.
- **Peralte transversal correcto:** Teniendo en consideración los criterios que define sobre los peraltes la Norma de Trazado de la Instrucción de Carreteras se ha codificado como 'Correcto' o 'Incorrecto' esta variable para la curva a estudio a partir de los valores medidos 'in-situ' para los distintos tramos de estudio. La catalogación de este peralte considera igualmente la capacidad de drenaje que la calzada posee en esta curva a través del valor del peralte transversal, al tener influencia este parámetro en la accidentalidad en condiciones de lluvia.
- **Curvas enlazadas:** Se ha registrado si cada curva forma parte de una serie de curvas enlazadas, independientemente de su 'radio' y 'longitud'. Se considera que una curva es 'aislada' si en los 200 metros anteriores y posteriores a la misma no existe ninguna otra curva (ver [DEFINICIONES PREVIAS](#)).
- **IMD motociclistas:** Valor indicativo de la 'Intensidad Media Diaria' en la curva referido al tráfico de motocicletas y ciclomotores. Debido a la dificultad de conocer este valor para este tipo de usuarios, se ha definido una variable categórica que clasifica las carreteras en función del rango y de la IMD global referente a todo tipo de vehículos, dato cuya fiabilidad se considera mucho mayor:
 - Carreteras de la Red Básica con IMD mayor o igual a 2000.
 - Carreteras de la Red Básica con IMD inferior a 2000.
 - Carreteras de la Red Complementaria de Itinerarios Principales.

- Carreteras de la Red Complementaria Tramos Locales o carreteras especiales (interés turístico, montaña, etc.).
- **Fisuras y/o pavimento irregular:** Siendo ésta la primera de las dos variables que se definen a continuación y que hacen referencia directa con el estado de la superficie, en este caso, se ha registrado si la superficie de la calzada en esta curva presenta algún tipo de fisuras, grietas o pavimento irregular en el sentido de avance del motociclista. Debe apuntarse que esto no significa que ese estado registrado en las inspecciones se corresponda con el que la calzada ofrecía en el momento de producirse los distintos accidentes, dado el período transcurrido entre los accidentes y las visitas
- **Adherencia superficial:** Igualmente, se ha estimado si el estado de la superficie ha proporcionado la adherencia suficiente durante el transcurso de la curva en el sentido de avance del motociclista.
- **Arcén pavimentado:** Se recogerá si la calzada en la zona curva poseía arcén pavimentado para el tránsito de una motocicleta, bien en un lado exterior o interior de la curva.
- **Elementos de Riesgo:** En el lado exterior de la calzada, hacia el cual la inercia del motociclista dirige al mismo en el tránsito de una curva, se ha revisado si existen elementos de riesgo tales como pilares, postes, farolas, obras u otros obstáculos y de los que el motociclista debe ser protegido. Se excluyen como elementos de riesgo en el margen de una curva en la que se encuentre instalada una barrera de seguridad aquellos postes pertenecientes a la señalización vertical de la curva que estén situados en el margen de la calzada contigua al sentido de circulación y aproximación a la curva por parte del motociclista. Esta decisión se basa en el estudio 'en profundidad' de los 16 accidentes que se han llevado a cabo durante la 2ª fase de esta asistencia, observándose en los mismos cómo este tipo de objetos podían considerarse como elementos de riesgo en los casos en los que la señalización vertical no estaba en el carril contiguo al sentido de circulación.

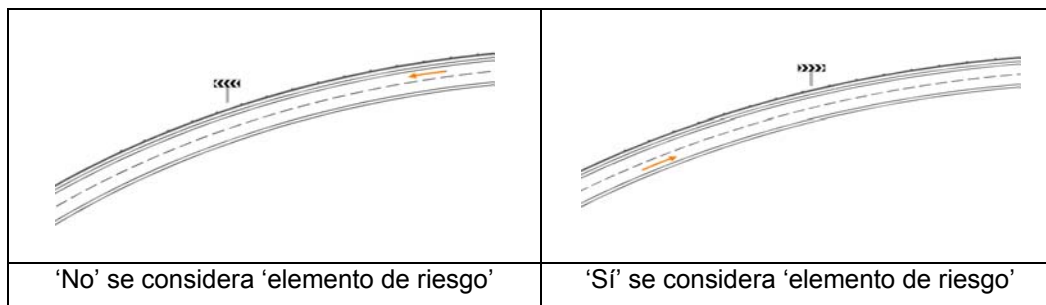


Figura 4.- Consideración de elemento de riesgo.

- **Distancia inferior de 4,5 metros:** Para el caso que la variable anterior ('Elementos de Riesgo') tenga el valor 'Sí', se ha medido la distancia horizontal (en metros) a la cual se encuentra dicho obstáculo desde el borde de la calzada y se observará si es mayor o menor a 4,5 metros. Dentro del proyecto europeo de investigación RISER (Roadside Infrastructure for Safer European Roads - **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) se determinó como zona segura para carreteras de doble calzada una distancia comprendida entre 8 y 12 metros respecto del borde la calzada. Tras el análisis de los 16 accidentes 'en profundidad' se ha considerado dicha distancia excesiva para el caso de los motociclistas, por lo que se ha reducido a 4,5 metros.
- **Terraplén mayor de 2 metros:** Se ha registrado si existe o no un terraplén (en el lado de la calzada hacia el cual la inercia del motociclista dirige al mismo durante la curva, es decir, en el lado exterior de la curva), con un desnivel correspondiente a una escala inferior a '1:2' ($\frac{1}{2}$), es decir un ángulo superior a 25° , y que además implique una profundidad 'p' superior a 2 metros respecto del borde de la plataforma de circulación.

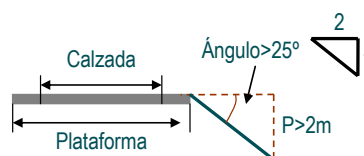


Figura 5.- Terraplén.

- **Desnivel importante en berma:** Se ha recogido si existe o no un desnivel importante entre el borde exterior de la plataforma de circulación pavimentada y la berma (independientemente del material de la misma). Este desnivel se ha medido en el lado de la calzada hacia el cual la inercia del motociclista dirige al mismo durante la curva.

1.5. VARIABLES DE SEGMENTACIÓN

Un primer análisis estadístico efectuado sobre las variables definidas en el apartado anterior muestra cómo algunas de ellas resultan ser estadísticamente significativas en la ocurrencia de los accidentes objeto de estudio; es decir, la **presencia de algunas de estas variables contribuye a un aumento del riesgo de que un motociclista sufra una salida de vía**. Sobre estas variables significativas, se ha buscado determinar un grupo reducido de variables ('variables principales de segmentación de la RRC'), en base a las cuales se estructurarán los posibles escenarios geométricos de las curvas de la RRC.

- **Longitud de la curva (L):** El valor que se ha obtenido como límite para ser estadísticamente representativa es '120 metros', de manera que los primeros escenarios quedarán definidos 'entre curvas de longitud mayor o igual a 120 metros' y 'curvas de longitud menor de 120 metros'.

De entre todos los diferentes valores de esta variable (valores comprendidos entre 20 y 390 metros) que se registraron en las curvas de las carreteras de una calzada sobre las que se ha realizado el análisis, los valores que resultaron estadísticamente más significativos (nivel de confianza 95%), fueron 'L=110 metros' y 'L=120 metros'. Para estos dos valores, la estimación más precisa del riesgo relativo que supone la presencia de una curva de longitud 'L' fue la correspondiente al valor 'L=120 metros', escogiéndose por ello como 'valor límite' que sirva para segmentar las carreteras de la red regional. La interpretación que se debe hacer de estos resultados es que

‘cuando un motociclista transcurre por una curva de una carretera de una calzada de longitud mayor o igual que 120 metros, aumenta en un 140% la probabilidad de sufrir una salida de calzada respecto de las curvas de desarrollo menor a 120 metros y suponiendo un valor igual para el resto de variables de influencia, con un error del 5%’.

- **Radio mínimo de curvatura (R):** El valor que se ha obtenido como límite para ser estadísticamente representativa es ‘90 metros’, de manera que los siguientes escenarios vendrán caracterizados por cumplir que son ‘curvas de radio de curvatura mayor o igual a 90 metros’ y ‘curvas de radio menor de 90 metros’. Una vez seleccionado ‘el valor límite’ de la primera ‘variable de segmentación’ (‘L=120 metros’), se ha procedido a calcular el ‘valor límite’ de la segunda ‘variable de segmentación’ (‘R_{mín}’), tanto para las curvas con ‘L ≥ 120 m’ como las curvas con ‘L < 120 m’.

La conjunción de estas dos ‘variables de segmentación’ origina que los cuatro escenarios de las carreteras ya existentes de una única calzada, fácilmente detectables sin ningún tipo de ambigüedad y sobre los cuales se van a desarrollar las recomendaciones de instalación de SPMs en el apartado siguiente, sean los mostrados en la tabla adjunta:

Primera variable de segmentación	Segunda variable de segmentación	Escenario
Longitud de curva ≥ 120 m	Radio mínimo de curvatura ≥ 90 m	Escenario 1 (curvas ‘largas’ y ‘abiertas’)
	Radio mínimo de curvatura < 90 m	Escenario 2 (curvas ‘largas’ y ‘cerradas’)
Longitud de curva < 120 m	Radio mínimo de curvatura ≥ 90 m	Escenario 3 (curvas ‘cortas’ y ‘abiertas’)
	Radio mínimo de curvatura < 90 m	Escenario 4 (curvas ‘cortas’ y ‘cerradas’)

Tabla 1.- Escenarios y criterios de instalación de SPMs en carreteras de una calzada.

2. CARACTERIZACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS

A continuación se detallan los diferentes escenarios de las carreteras **actuales** de **una** o **doble calzada** de la Red de Carreteras de CyL y sobre cuyas **curvas** se deben instalar SPMs.

La instalación de estos SPMs se debe realizar en el **lado exterior** de la curva y durante **todo el desarrollo** de la misma. En el caso que no exista barrera de seguridad, se deberá instalar conjuntamente la barrera y los SPMs en el lado exterior y durante todo el desarrollo de la curva. En el caso de curvas enlazadas en las que, al menos, una de las curvas cumpla alguna de las recomendaciones, y bajo un estudio particular de la misma, se instalará también SPMs (y barrera cuando no exista) en la parte que se estime oportuna del desarrollo del margen interior de las curvas adyacentes a la misma.

2.1. CARRETERAS DE CALZADA ÚNICA

Una vez definido el primer escenario, se han realizado los análisis estadísticos correspondientes para saber qué variables de las 21 variables iniciales presentan una influencia estadísticamente significativa en la ocurrencia del accidente. Tras dicho análisis se recomienda la instalación de SPMs cuando se cumpla alguna de las siguientes situaciones:

2.1.1. ESCENARIO 1 CURVAS 'LARGAS' Y 'ABIERTAS' ('L ≥ 120 m' 'Rmín ≥ 90 m')

A. Elementos generales de referencia de señalización y guiado de la curva:

A través de esta variable se registrará si **alguno de estos elementos:** (señalización de curva peligrosa (P-13.a o P-13.b), señalización de curvas peligrosas (P-14.a o P-

14.b), paneles direccionales (sencillos, dobles o triples), hitos de aristas, marcas longitudinales (continuas o discontinuas), líneas de borde de la calzada o captafaros horizontales (ojos de gato) **es visible** en su totalidad por el motociclista **a una distancia de 150 metros antes de la curva**. En los casos en los que, existiendo estos paneles, no sean visibles en su totalidad en los 150 metros anteriores a la curva, el riesgo de que el motociclista sufra una salida de calzada aumenta.

B. Disminución oculta de radio mínimo en la curva:

Se considera que existe disminución oculta del radio mínimo de la curva cuando existe una determinada disminución del radio mínimo de curvatura, 10 metros antes del punto donde se encuentra este radio. Entre los diferentes valores que se han analizado procedentes de la herramienta 'Vídeo-Inventario', es el valor del 15% el que ha resultado ser 'valor límite', de modo que, se considera que 'en las curvas de este escenario donde exista **una reducción del 15% del R_{\min} , 10 metros antes del punto donde se sitúa este R_{\min}** , aumenta el riesgo de que un motociclista sufra una salida de calzada'. Esta disminución se debe producir en el 'cuerpo' (ver [DEFINICIONES PREVIAS](#)) de la curva, de manera que si este R_{\min} se produce en la transición de entrada o salida de la curva, no se considerará de aplicación esta condición.

C. Curva aislada:

La última de las variables que ha resultado ser significativa en la ocurrencia de un accidente es la referente a que la curva a estudio sea una curva 'aislada', esto es, **no existan 'curvas' en los 200 metros anteriores y posteriores a la misma**. Sin embargo, el hecho que esta variable se considere significativa adquiere validez únicamente **en presencia conjunta con una de las dos condiciones anteriores** (A o B), es decir, 'el riesgo de que un motociclista sufra una salida de calzada aumenta en las curvas aisladas que, o bien no sea visible algún elemento general de referencia de señalización a una distancia de 150 metros, o bien exista disminución oculta del radio mínimo (existe una disminución del 15% del ' R_{\min} '). A partir de este momento, cuando se haga referencia a esta condición 'C' conllevará

que se cumpla también la condición 'A' o 'B'. En caso de cumplirse la condición 'C', se deberá priorizar sobre a los casos en los que se cumplan 'A', 'B' o 'A y B'.

2.1.2. ESCENARIO 2 CURVAS 'LARGAS' Y 'CERRADA' ('L ≥ 120 m' 'R_{mín} < 90 m')

A. Elementos generales de referencia de señalización y guiado de la curva:

Igual especificación que en el **escenario 1**.

B. Punto de radio mínimo en la curva:

La interpretación física de esta variable hace referencia a la posición del punto de la curva en el que el radio de curvatura toma el valor mínimo. Obtenida esta variable de la herramienta 'Vídeo-Inventario' y expresándose en porcentajes (porcentajes respecto al desarrollo total de la curva), los valores que adquiere están comprendidos entre un '40%' y un '70%', no incluyendo de esta manera la transición de entrada ni de salida a la curva. Los porcentajes que se han considerado son 40, 45, 50, 55, 60, 65 y 70%, siendo el del 60% el más significativo. Así pues, **cuando la posición del 'R_{mín}' esté a partir del 60% del desarrollo de la curva**, aumentará el riesgo de que un motociclista sufra una salida de calzada.

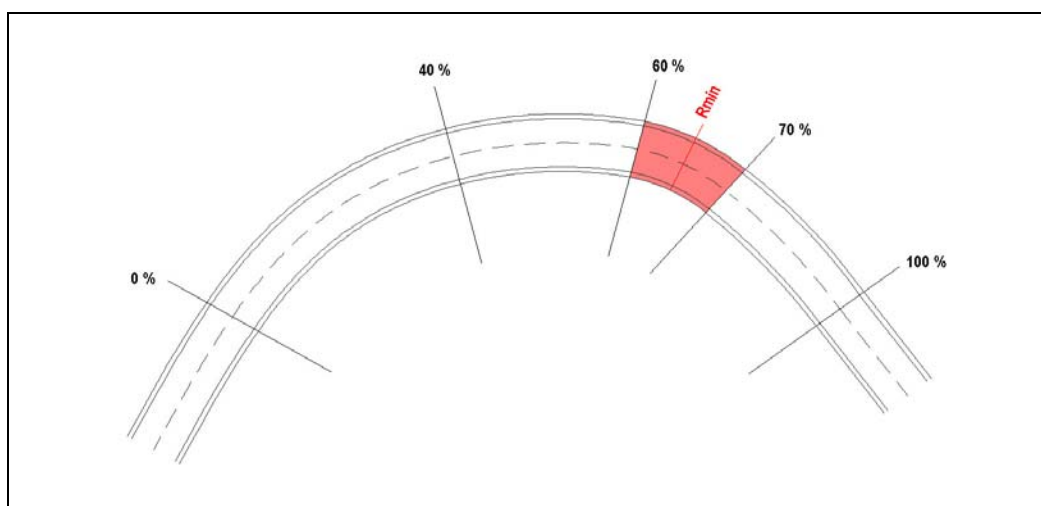


Figura 6.- Consideración de riesgo relativa a la posición de R_{mín}.

C. Pendiente longitudinal:

El hecho que la aproximación a una curva perteneciente a este escenario se encuentre en un tramo de **pendiente ‘descendente’ de valor mayor que 2%** (valor absoluto de la variable ‘pendiente’ del vídeo-inventario), ha resultado ser estadísticamente significativo **en conjunción con una de las dos variables anteriores** (A o B). Es decir, ‘el hecho que una curva esté en pendiente descendente, bien cuando alguno de los elementos generales de referencia de señalización no sea visible por el motociclista a una distancia de 150 metros o bien cuando el punto del radio mínimo está a partir del 60% de la curva, aumenta el riesgo de que un motociclista sufra una salida de calzada’. Cuando se haga referencia a esta condición ‘C’ conllevará que se cumpla también la condición ‘A’ o ‘B’, y en caso de cumplirse la condición ‘C’, se deberá priorizar sobre a los casos en los que se cumplan ‘A’, ‘B’ o ‘A y B’.

2.1.3. ESCENARIO 3 CURVAS ‘CORTAS’ Y ‘ABIERTAS’ (‘L < 120 m’ y ‘Rmín ≥ 90 m’)

A. Elementos generales de referencia de señalización y guiado de la curva:

Igual especificación que en el **escenario 1**.

B. Punto de radio mínimo en la curva:

Igual especificación que en el **escenario 2**.

C. Disminución oculta de radio mínimo en la curva:

Igual especificación que en el **escenario 1**.

2.1.4. ESCENARIO 4 CURVAS ‘CORTAS’ Y ‘CERRADA’ (‘L < 120 m’ ‘Rmín < 90 m’)

A. Punto de radio mínimo en la curva:

Igual especificación que en el **escenario 2**.

B. Curvas aisladas:

Igual especificación que en el **escenario 1**.

C. Arcén pavimentado:

La variable indicadora de la existencia de **arcén pavimentado en el lado interior de la curva y únicamente para el caso de curvas a derechas** según el sentido de avance, ha resultado ser significativa ('p-valor=0,048') siempre y **cuando coexista con las condiciones anteriores** ('A' o 'B'). De esta manera, el cumplimiento de la condición C supone que se haya cumplido también la condición 'A' o la 'B', y en caso de cumplirse la condición 'C', se deberá priorizar sobre a los casos en los que se cumplan 'A', 'B' o 'A y B'.

2.1.5. OTROS CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

Planteadas estas tres condiciones en los cuatro escenarios, **se recomienda instalar sistemas de protección de motociclistas en el lado exterior durante todo el desarrollo de aquellas curvas en las que se cumpla 'A', 'B' o 'C'**. Siendo la situación ideal aquella en la que se instalen 'SPMs' en las curvas que cumplan, al menos, una de estas tres condiciones (**con prioridad en los casos en los que se cumple 'C' en los escenario 1, 2 y 4**), se podrá además priorizar la instalación de estos sistemas en función de los siguientes criterios:

I. Tipo de carretera según la red:

Según el rango de la red y priorizando en razón a su IMD.

II. Accidentalidad previa:

A través de este criterio se priorizará la instalación de SPMs a aquellas curvas de este escenario en las que en los tres últimos años se haya producido uno o más accidentes por salida de vía de motociclista, de carácter mortal o grave, bien en los 1000 metros anteriores o posteriores a la curva.

III. Elementos de riesgo y terraplenes:

Se considera como tercer criterio de prioridad el caso en que estén presentes, en el lado exterior de la curva, 'elementos de riesgo' a menos de 4,5 metros desde el borde de la calzada (pilares, postes, farolas, obstáculos, ...) o esté presente un 'terraplén' de profundidad mayor o igual a 2 metros con las características definidas en el punto 1.3.1 del presente informe.

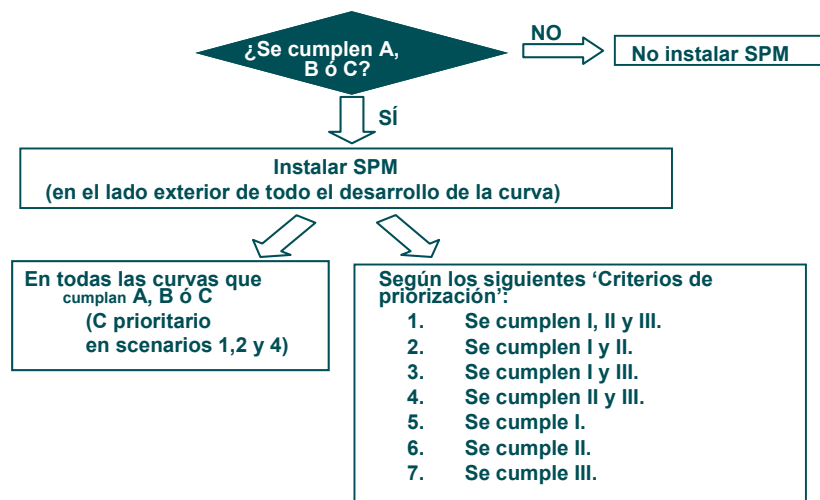


Figura 7.- Plan de actuación .

2.2. CARRETERAS DE DOBLE CALZADA

El estudio descriptivo realizado en la primera fase de esta asistencia ('Fase 1.- Análisis estadístico de la accidentalidad de motocicletas y ciclomotores en la RRC') ha mostrado cómo la gran mayoría de las salidas de calzada de motociclistas se producen en carreteras de una única calzada. Es esta la principal razón por la cual, las variables definidas en los apartados anteriores y los posteriores análisis estadísticos se han recogido únicamente en carreteras ya existentes de una única calzada, no siendo válidas para las de doble calzada. En el caso que la carretera sea de doble calzada, las recomendaciones que se deberán aplicar son las detalladas en la 'Orden Circular

18/2004 sobre Criterios de empleo de Sistemas para Protección de Motociclistas' del Ministerio de Fomento.

BIBLIOGRAFÍA

- 'Advanced Road Safety Audit'. Curso recibido en TMS Consultancy (Reino Unido).
- 'Applied Logistic Regression'. David W. Hosmer, Stanley Lemeshow.
- 'Guidelines for PTW-Safer road design in Europe'. ACEM. Bruselas.
- 'Is ESP effective on French Roads?'. Yves Pages, LAB (Laboratoire d'accidentologie, de Biomécanique et d'études du comportement humain PSA PEUGEOT – CITRÖEN / RENAULT) and Sophie Cuny, CEESAR (Centre Européen d'Études de Sécurité et d'Analyse des Risques). Alemania. 2004
- 'Influencia de las características superficiales de los firmes en seguridad vial'. Rutas. Madrid. Febrero 2004. Comité Técnico de Seguridad Vial de la A.T.C.
- 'National agenda for Motorcycle Safety'. National Highway Traffic Safety Administration. Washington.
- 'Norma UNE: 135900: Evaluación del comportamiento de los sistemas de protección de motociclistas en las barreras de seguridad y pretilas'. AENOR. 2003.
- 'Nota técnica sobre la aplicación en carreteras de los Sistemas de Protección de Motociclistas' del Ministerio de Fomento. Madrid, Octubre 2006.
- 'Orden circular 18/2004 sobre criterios de empleo sistemas para protección de motociclistas'. Ministerio de Fomento. Madrid, Octubre 2006.
- 'Pour une prise en compte des motards dans l'infrastructure'. Institut Belge pour la sécurité Routière.
- 'Practical Road Safety Auditing'. Steve Proctor, Martin Belcher, Phil Cook.