

ANEXO

Orden Circular OC 01/2021

Recomendaciones para el diseño de carreteras 2+1 y carriles adicionales de adelantamiento



2021

Este documento ha sido elaborado por un grupo de trabajo creado por la Subdirección General de Proyectos de la Dirección General de Carreteras, dirigido por Rosalía Bravo Antón, y se encuentra formado por los siguientes funcionarios:

- Fernando Pedraza Majárrez (Presidente)
- Juan Enrique Usechi Blanco (Secretario)
- Carlos Álvarez Merino
- Carlos Azparren Calvo
- Antonio Corpa Fernández
- Álvaro Cuadrado Tarodo
- José Luis Ferreras Delgado
- Adolfo Fidel Güell Cancela
- José Raúl Gurumeta García
- Javier Largo Maeso
- Roberto Llamas Rubio
- Rafael López Guarga
- Ángel Luis Martínez Muñoz
- Rafael Ángel Pérez Arenas
- Francisco Pérez María

También han aportado ideas y sugerencias al texto diversos funcionarios de la Dirección General de Carreteras, tanto de las Subdirecciones Generales como de las Demarcaciones de Carreteras, así como numerosos ingenieros pertenecientes al ámbito de la consultoría y la docencia.



RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS 2+1 Y CARRILES ADICIONALES DE ADELANTAMIENTO

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CATEGORÍAS DE DISEÑO	4
2.1	CONSIDERACIONES GENERALES	4
2.2	CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN DE CARRETERAS 2+1.....	5
2.3	CATEGORÍAS DE DISEÑO	6
2.4	TRAMOS DE CARRETERA 2+1 COMO PRIMERA FASE DE ACTUACIÓN	7
3	PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO	8
4	PROYECTO DE CARRILES ADICIONALES DE ADELANTAMIENTO AISLADOS.....	10
4.1	DEFINICIÓN DE LOS CARRILES DE ADELANTAMIENTO	10
4.2	INICIO DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO	10
4.3	LONGITUD DE LA DESVIACIÓN DE CARRILES	11
4.4	FINAL DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO	17
4.5	ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA REDUCIDA	19
5	PROYECTO DE TRAMOS DE CARRETERA 2+1	24
5.1	CRITERIOS PARA CONSIDERAR UN TRAMO COMO CARRETERA 2+1.....	24
5.2	DEFINICIÓN DE LOS CARRILES DE ADELANTAMIENTO EN CASO DE ALTERNANCIA	25
5.3	ZONA DE TRANSICIONES NO CRÍTICAS ACOPLADAS.....	26
5.4	ZONA DE TRANSICIONES CRÍTICAS ACOPLADAS.....	27
5.4.1	Separación central con sistema de contención de vehículos	27
5.4.2	Separación central sin sistema de contención de vehículos.....	29
6	SECCIÓN TRANSVERSAL	32
6.1	SECCIONES TRANSVERSALES ORDINARIAS	32
6.2	SECCIONES TRANSVERSALES SINGULARES	38
6.2.1	Túneles, soterramientos y cubrimientos	38
6.2.2	Obras de paso.....	39
6.3	CREACIÓN DE APARTADEROS	42
7	ESTUDIO DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO	44
7.1	METODOLOGÍA DEL HCM DEL TRB	44
7.1.1	Definición de los niveles de servicio	46
7.1.2	Metodología para la estimación de las medidas de eficiencia de la circulación.....	48
7.1.3	Obtención de la velocidad libre	48
7.1.4	Obtención de la demanda de tráfico	50
7.1.5	Obtención de la velocidad media de recorrido	51
7.1.6	Obtención del porcentaje de tiempo perdido en cola.....	52
7.1.7	Obtención del porcentaje alcanzado de la velocidad libre	52
7.1.8	Efecto de la presencia de carriles adicionales de adelantamiento	52
7.1.9	Procedimiento de agregación de varios segmentos	57
7.2	METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS ALTERNATIVAS	58



8	NUDOS	60
8.1	INTERSECCIONES.....	61
8.1.1	Intersección entre dos zonas de transición no crítica (ZTNC + ZTNC).....	61
8.1.2	Intersección entre dos zonas de transición crítica (ZTC + ZTC).....	62
8.1.3	Intersecciones mixtas (ZTC + ZTNC).....	63
8.1.4	Combinaciones del carril adicional de adelantamiento con los carriles de aceleración y deceleración.....	63
8.1.5	Intersecciones en cruz	66
8.1.6	Intersecciones sin giro a la izquierda ni cruce a nivel de carriles.....	69
8.1.7	Cambios de sentido	70
8.2	INTERSECCIONES TIPO GLORIETA.....	74
8.3	ENLACES.....	76
8.3.1	Enlace con continuidad del carril de adelantamiento	76
8.3.2	Enlace entre dos zonas de transición no crítica (ZTNC+ZTNC).....	77
8.3.3	Enlace entre dos zonas de transición crítica (ZTC+ZTC).....	77
8.3.4	Enlaces mixtos (ZTC+ZTNC).....	78
9	SEÑALIZACIÓN	80
9.1	SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	81
9.1.1	Transición de las reglas que rigen sobre la maniobra de adelantamiento	84
9.1.2	Inicio del carril de adelantamiento	85
9.1.3	Final del carril de adelantamiento.....	90
9.1.4	Adelantamiento prohibido para camiones.....	94
9.1.5	Señalización de indicación de tramos de Carretera 2+1	95
9.1.6	Refuerzo de la señalización	97
9.1.7	Intersecciones sin giro a la izquierda permitido y cambios de sentido	97
9.2	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	100
9.2.1	Separación de sentidos y separación de carriles	100
9.2.2	Final del carril adicional.....	105
9.2.3	Cebados de las zonas de transición.....	107
9.2.4	Inscripciones de orientación.....	108
9.3	SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA DE INTERSECCIONES Y ENLACES	109
9.4	LIMITACIONES ESPECÍFICAS.....	109
10	ACCESOS Y VÍAS DE SERVICIO	110
10.1	INTRODUCCIÓN	110
10.2	LIMITACIÓN DE ACCESOS	110
10.2.1	Accesos a Carreteras 2+1.....	111
10.2.2	Accesos en tramos con carriles adicionales de adelantamiento aislados.....	113
10.3	CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS	113
10.4	VÍAS DE SERVICIO.....	113
11	SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS	114
11.1	SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS EN SEPARACIÓN CENTRAL	114
11.1.1	Criterios generales.....	114
11.1.2	Criterios de empleo y disposición de sistemas de contención en la separación central ...	115
11.2	SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS EN MÁRGENES EXTERIORES DE LAS CARRETERAS 2+1	119



12	CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN	120
12.1	VIALIDAD INVERNAL	120
12.1.1	Tratamientos preventivos	120
12.1.2	Tratamientos curativos.....	121
12.2	ATENCIÓN A INCIDENCIAS.....	122
12.3	CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA.....	123
12.3.1	Conservación ordinaria.....	123
12.3.2	Conservación extraordinaria	123
APÉNDICE 1	EJEMPLOS DE ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN.....	124
APÉNDICE 2	GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS	135
BIBLIOGRAFÍA.....		138



RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS 2+1 Y CARRILES ADICIONALES DE ADELANTAMIENTO

1 INTRODUCCIÓN

La Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras, introduce en su capítulo n.º 8, "Carriles adicionales y otros elementos de trazado", carriles con la funcionalidad específica de permitir el adelantamiento en una carretera convencional. Tal como se recoge, sus objetivos concretos son la mejora del nivel de servicio y la reducción de la accidentalidad por falta de oportunidades para realizar la maniobra de adelantamiento, siendo ambos fines compatibles.

El desarrollo de este tipo de soluciones y las implicaciones que suponen para la explotación su utilización intensiva en un tramo de carretera, aconsejan profundizar en los detalles de diseño, objetivo que buscan estas recomendaciones.

Como la propia norma establece, estos carriles adicionales de adelantamiento pueden ser utilizados bajo dos estrategias de diseño distintas:

- Proyecto de carriles adicionales de adelantamiento aislados para la resolución de problemas puntuales.
- Proyectar de forma coordinada carriles adicionales de adelantamiento a lo largo de un tramo de carretera que se van alternando entre los sentidos.

En esencia, ante la complejidad que puede representar para el usuario en determinadas condiciones la gestión convencional de la maniobra de adelantamiento con invasión del sentido opuesto, la infraestructura se diseña para suprimirla con carácter local o global en un tramo de la vía.

Con el proyecto de carriles de adelantamiento alternos en ambos sentidos se elimina completamente la necesidad de invasión del sentido opuesto en un determinado tramo, hasta el punto de que se llega a configurar un nuevo tipo de carretera, que se viene consolidando internacionalmente bajo la denominación de "Carretera 2+1".

Bajo nuestra normativa actual, este nuevo tipo de carretera constituye una carretera convencional¹, si bien, sus condiciones de diseño pueden llegar a superponerse en gran medida con las carreteras multicarril, e incluso, en ciertas condiciones podría llegar a constituir una primera fase de una autovía/autopista. Es importante tener presente que el objetivo natural de diseño de la Carretera 2+1 está orientado a la movilidad en el ámbito interurbano.

¹ Son carreteras convencionales las que no reúnen las características propias de las autopistas, ni de las autovías, ni de las carreteras multicarril (artículo 2.3.d de la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras).



En consecuencia, la Carretera 2+1, al igual que la propia carretera convencional, dispone de un abanico de funcionalidad muy amplio. Es más, se puede considerar que la Carretera 2+1 constituye una extensión del rango de utilización de la carretera convencional para aproximarse a los tipos de vía que proporcionan una mayor movilidad y seguridad.

Entre las ventajas que se pueden enunciar sobre este tipo de solución se encuentran:

- Mejores condiciones de seguridad respecto a la carretera convencional. Diversos estudios ponen de manifiesto la significativa reducción de la accidentalidad del tipo de accidente frontal y frontolateral.
- Velocidades medias de recorrido más elevadas. Circunstancia que influye en primera instancia en el nivel de servicio de la vía.
- Mayor flexibilidad en la concepción del trazado al no necesitar conseguir la distancia de adelantamiento.
- Reducción en el coste de construcción respecto a una autovía/autopista. Si bien, es cierto que el efecto depende de las condiciones orográficas concretas, de la presión territorial y del objetivo del diseño, siendo en cualquier caso posible programar la actuación como una primera fase.
- Se puede actuar mejorando secciones existentes. En particular, las secciones REDIA pueden ser adaptadas sin necesidad de obra civil significativa.
- Permite el adelantamiento de vehículos lentos donde su presencia sea especialmente relevante.
- De cara a la explotación, en el sentido de circulación que dispone del carril adicional se puede anular un carril sin cortar el tráfico.
- Con un carácter más subjetivo, se puede señalar la reducción del estrés para los conductores por conocer que disponen de zonas para adelantar a lo largo de su itinerario.

Entre los inconvenientes generales podemos enunciar:

- Desarrollo de mayores velocidades en el carril rápido y un efecto de aceleración al inicio del carril adicional.
- Si se utiliza un sistema de contención de vehículos poco adecuado en la separación central se puede condicionar la visibilidad en curvas horizontales a izquierdas.
- Mayor complejidad en el diseño de los nudos.
- Encarecimiento de la gestión de incidencias y de los costes de la vialidad invernal, por incrementos de recorridos.
- En caso de mejoras de trazados existentes, puede ser necesaria la ampliación de las estructuras o la necesidad de considerar explícitamente los transportes especiales.
- Puede implicar restricciones de accesibilidad al entorno de la carretera, pues conlleva en la mayoría de los casos la reordenación de accesos.
- Dependiendo de las condiciones específicas del diseño, el efecto sobre la capacidad de un tramo puede ser reducido.



Estos inconvenientes pueden ser minorados con un adecuado tratamiento del diseño global y parte de ellos están asociados a un diseño bien estudiado de la separación central entre sentidos de circulación, de los nudos y de la reordenación de accesos, tarea de por sí ya beneficiosa para la seguridad vial.

En una Carretera 2+1 la disposición de la separación central conlleva la prohibición de la maniobra de adelantamiento con invasión del sentido contrario, eliminando los riesgos asociados a dicha maniobra. No obstante, la implantación en dicha separación central de un sistema de contención de vehículos puede implicar no solo la prohibición, sino además la imposibilidad física de invadir el sentido contrario, circunstancia que deberá ser evaluada tanto en sus aspectos positivos (eliminación total del riesgo de colisión frontal), como negativos (sección libre reducida ante circunstancias extraordinarias de explotación, incidencias o accidentes en la vía, presencia de pantallas acústicas en los márgenes, etc.).

También se puede apuntar que puede verse dificultada la compatibilidad con otros usuarios de la vía o que las transiciones representan una perturbación del flujo de tráfico. Por otra parte, puede ser necesario prever paradas de autobús y pasos de cebra fuera de las intersecciones.

Por otro lado, para anchuras de plataforma semejantes, el adecuado diseño de una Carretera 2+1 puede ofrecer ventajas en la seguridad del tráfico respecto al diseño de una carretera multicarril 2+2 periurbana con carriles de anchura reducida, debido a la mayor anchura de los carriles y de los arcones, asumiendo una velocidad media inferior. Por lo tanto, dependerá del volumen de tráfico esperado, en relación a la capacidad y al nivel de servicio buscados, que la alternativa de una Carretera multicarril 2+2 con carriles de anchura reducida resulte más ventajosa, como resultado de un análisis de coste-beneficio, que una Carretera 2+1.

Respecto a la fase de explotación hay que tener presente que será distinto el caso de utilización de carriles adicionales de adelantamiento aislados, frente a su uso coordinado entre sentidos en una configuración de Carretera 2+1.

En relación a su tramitación, conforme a lo establecido en el artículo 4.9 de la vigente Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras, los proyectos de carriles adicionales de adelantamiento y Carreteras 2+1 sobre carreteras preexistentes de la Red de Carreteras del Estado no tendrán la consideración legal de nueva carretera. No obstante, cuando se trate de tramos de nuevo trazado o creación de variantes de población que afecten a la ordenación territorial o al planeamiento urbanístico vigentes, se tendrá en cuenta la tramitación correspondiente conforme a la legislación de carreteras.

Asimismo, los proyectos no precisarán en principio de la redacción de un estudio de impacto ambiental, salvo que se estimara necesario en base a la longitud del ámbito del proyecto, la superficie de suelo alterada o a posibles afecciones ambientales significativas, estando en todo caso a lo establecido en la legislación ambiental aplicable.

Las presentes recomendaciones buscan proporcionar al proyectista un soporte básico para todas las decisiones que se deben adoptar para el proyecto de una Carretera 2+1 o de carriles adicionales de adelantamiento aislados. Su redacción parte de la propuesta de un Grupo de Trabajo creado en el seno de la Subdirección General del Proyectos de la Dirección General de Carreteras del MITMA, constituido por profesionales con amplia experiencia sobre el funcionamiento de la red viaria española. Ello ha permitido después de una meditada reflexión la elección de los criterios y elementos de diseño generales compatibles con nuestra experiencia específica.



2 CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN Y CATEGORÍAS DE DISEÑO

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La carretera convencional con dos carriles, uno para cada sentido, constituye un tipo de infraestructura viaria de amplia flexibilidad de diseño. Sin embargo, encuentra su importante limitación en tener que hacer frente a la maniobra de adelantamiento con invasión del sentido opuesto.

La utilización de carriles adicionales de adelantamiento, tanto aislados como alternos por sentido, constituye una estrategia técnica para minorar o incluso suprimir la necesidad de ocupación del carril opuesto, siendo en el ámbito interurbano donde cobra su sentido específico.

La Carretera 2+1 resultará una opción de diseño adecuada para aquellas carreteras convencionales preexistentes en las que exista una cantidad significativa de tráfico lento, limitaciones en la visibilidad de adelantamiento y/o en la intensidad de tráfico a la que se da servicio; condiciones que en definitiva merman el nivel de servicio de la vía.

Desde un punto de vista general, la implantación de los carriles adicionales, aislados o alternos por sentido, debe responder a la valoración de los siguientes factores:

- Condiciones operativas del tramo estudiado.
- Accidentalidad del tramo.
- Condicionantes orográficos presentes en el entorno.
- Condiciones de accesibilidad al territorio.
- Climatología y frecuencia de meteorología adversa.
- Condicionantes económicos.

Cada uno de estos factores se materializará en indicadores y variables que permitan valorar la conveniencia de construcción de los carriles adicionales de adelantamiento. Esta conveniencia debe justificarse a partir de un estudio coste-beneficio que compare las distintas alternativas disponibles, incluida la alternativa cero y la alternativa autovía/autopista. Los elementos básicos en que debe fundamentarse el estudio económico son:

- Estudio de tráfico y movilidad.
- Estudio de accidentalidad.
- Estudio de trazado.
- Estudio constructivo.
- Estudio de conservación y explotación.

De cara al diseño general, resulta evidente que es necesario tener muy presente las condiciones específicas del problema que se pretende resolver. En una clasificación elemental se pueden distinguir dos situaciones extremas para el proyecto de tramos de Carreteras 2+1:

- Nuevo trazado: cuando los condicionantes existentes en el corredor estudiado son de tal índole que obligan a optar por la creación de un nuevo trazado, donde en principio, se puede dar cumplimiento a los criterios generales de diseño establecidos por el titular de la vía, si bien, las variables de diseño deben ser estimadas.



- Acondicionamiento de una carretera existente: donde los condicionantes específicos del tramo pueden hacer necesaria la utilización justificada de excepciones sobre los criterios generales de diseño. A su vez, este caso podría subdividirse en dos situaciones extremas que responderían a una presencia de condicionantes normales o excepcionales. En esta situación gran parte de las variables de diseño son conocidas o se pueden medir directamente en campo.

En cualquier caso, se pueden identificar algunos aspectos críticos que deben explicitarse para cada alternativa:

- Datos básicos del estudio de tráfico que permitan analizar la velocidad media de recorrido y el porcentaje de tiempo perdido en cola.
- Datos históricos del número de accidentes frontales y frontolaterales.
- Accesos y conexiones a los que se debe dar servicio.
- Condicionantes urbanísticos y ambientales.
- Coste de construcción.
- Costes de conservación y explotación.
- Presencia de otros tipos de usuarios, especialmente los más vulnerables.

2.2 CRITERIOS DE IMPLANTACIÓN DE CARRETERAS 2+1

La implantación de un tramo de Carretera 2+1 requiere de un estudio específico que considere los condicionantes presentes, entre ellos el orográfico, que pueden limitar el número y la longitud de los carriles adicionales de adelantamiento.

En corredores o tramos donde por razones técnicas, económicas o ambientales no se justifica la implantación de carreteras de alta capacidad (autovía/autopista), puede ser una opción a considerar la adopción de un tramo de Carretera 2+1 en el acondicionamiento de carreteras existentes para la mejora del servicio público viario. En este caso puede valorarse adicionalmente la conveniencia o no de proyectar la posibilidad futura de duplicación de la calzada.

Conforme a la experiencia disponible, es recomendable analizar la posibilidad de implantar un tramo de Carretera 2+1 en los siguientes casos:

- Tramos de carretera con niveles de accidentalidad significativos (superiores a la media del conjunto de tramos de similares características de la Red de Carreteras del Estado), concretados en el número de víctimas mortales y el número de accidentes con víctimas asociados a choques frontales y frontolaterales.
- Tramos de carretera que se encuentren cerca de alcanzar su nivel de servicio mínimo (tabla 7.1 de la Norma 3.1-IC) debido a condiciones asociadas a las inclinaciones de la rasante, la disponibilidad de oportunidades de adelantamiento o la presencia en la composición del tráfico de vehículos pesados. Son tramos susceptibles de mejora significativa los que cumplan al menos dos de las siguientes condiciones:
 - Inclinaciones inferiores al 4 %, que no justificarían la implantación de carriles adicionales en rampa o pendiente.
 - Porcentajes de vehículos pesados superiores al 10 %.
 - Oportunidades de adelantamiento por sentido inferiores al 25 % de su longitud.



- Nuevos tramos de variante de población.
- Tramos próximos a nudos que supongan la descarga de importantes intensidades de tráfico, como pueden ser las conexiones con vías de la red autonómica o con tramos de variante de población.
- Tramos de carretera donde la mejora de las oportunidades de adelantamiento proporcione la ganancia de al menos un escalón en el nivel de servicio de la vía.
- Tramos de carretera con una presencia significativa de vehículos lentos, como pueden ser los vehículos agrícolas o los transportes especiales.

Estos criterios también son de utilidad para el proyecto de carriles adicionales de adelantamiento aislados.

2.3 CATEGORÍAS DE DISEÑO

Partiendo de esta realidad, se pueden establecer tres categorías principales de diseño de carreteras convencionales para el caso de uso aislado o coordinado de los carriles adicionales de adelantamiento, con los siguientes criterios básicos de implantación:

- **Tipo 1:** solución correspondiente con el nivel de diseño más elevado y especialmente indicado para proyectos de nuevo trazado de tramos con carriles adicionales alternos entre sentidos (Carretera 2+1).
- **Tipo 2:** solución recomendable para el caso de implantación del carril adicional de adelantamiento aislado sobre un trazado existente o para el acondicionamiento de un tramo existente mediante la implantación de carriles adicionales de adelantamiento alternos entre sentidos, configurando una Carretera 2+1. Esta solución también podría corresponder a un nuevo trazado con unas características de diseño más restringidas.
- **Tipo 3:** solución estricta de diseño para la implantación de carriles de adelantamiento aislados o para Carreteras 2+1 con condicionantes significativos.

En la Tabla 2.1 se presentan las principales variables de diseño de cada categoría de diseño. El nivel de servicio mínimo corresponde a la hora de proyecto del año horizonte, conforme se define en la Norma 3.1-IC.

TABLA 2.1
CATEGORÍAS PRINCIPALES DE DISEÑO

CATEGORÍA DE DISEÑO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	NUDOS	NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO
Tipo 1	≤ 100	Enlaces	D
Tipo 2	≤ 100	Intersecciones o enlaces	D
Tipo 3	≤ 90	Intersecciones	D



Las categorías de diseño indicadas fundamentalmente definen la sección transversal de la vía. En un mismo tramo de Carretera 2+1 no se recomienda la coexistencia simultánea de categorías de diseño Tipo 1 y Tipo 3.

En todo caso, dado que el ámbito de diseño de la Carretera 2+1 son los tramos interurbanos, en un proyecto de acondicionamiento sobre carreteras existentes con presencia de travesías se deberá interrumpir en las mismas la disposición de carriles adicionales de adelantamiento, a fin de no interferir con el entramado de calles y no confundir su función con carriles centrales de giro a la izquierda.

2.4 TRAMOS DE CARRETERA 2+1 COMO PRIMERA FASE DE ACTUACIÓN

En tramos de nuevo trazado donde el crecimiento de la demanda justifica para el año horizonte la implantación de carreteras de alta capacidad pero las disponibilidades económicas requieran programar por fases la actuación, podrá considerarse asimismo la opción de la Carretera 2+1, en cuyo caso el tramo será proyectado de modo que resulte compatible con la futura ampliación a sección 2+2 propia de una carretera de calzadas separadas, constituyendo una primera fase de la actuación.

En tal caso, se recomienda la siguiente estrategia general para el diseño de un tramo de Carretera 2+1 compatible con una futura duplicación de calzada:

- Proyectar la situación final de la infraestructura tanto en su trazado el alzado, planta y sección transversal, como en su coordinación con los nudos a implantar.
- Elegir la calzada, o los tramos de ella, que servirán de soporte a la Carretera 2+1, eliminando del diseño el resto de elementos. La selección de los tramos conlleva mayor complejidad técnica por la necesidad de elegir los tramos de desviación donde se produce la variación de anchura de la plataforma para que no reduzcan el aprovechamiento futuro de la parte de obra construida. También se pueden utilizar los nudos para establecer las transiciones.
- Se deberá adoptar una desviación que mantenga el eje de trazado semejante en todos los tramos.
- Elegir una anchura de futura mediana en la sección transversal compatible con la anchura de la separación central de la Carretera 2+1. Ello implica analizar las visibilidades de la situación final y provisional a sus correspondientes velocidades de proyecto, materializando la separación central con elementos que no la reduzcan.

Esta elección también determinará las inclinaciones de la sección transversal y los ejes para el trazado en planta que definen los puntos de giro.

- Inventariar las actuaciones necesarias para la conversión definitiva en sección 2+2, e incluirlas en el proyecto para disponer de ellas en el futuro.

Estos criterios del proyecto resultan también de utilidad para el caso de que un tramo de Carretera 2+1 entronque en zona periurbana con una carretera multicarril o incluso para entronque con un tramo de autovía. En cualquier caso, se deberá transmitir claramente el cambio de tipología viaria, prestando especial atención a la señalización si la mediana de la carretera multicarril o autovía no tiene continuidad en su tratamiento respecto a la separación central de la Carretera 2+1.



3 PRINCIPIOS BÁSICOS DE DISEÑO

Los carriles adicionales de adelantamiento se proyectarán como carriles para la circulación rápida situados a la izquierda del carril básico que sea objeto de adelantamiento.

No se establecerán sobre carriles adicionales en rampa o pendiente, sino que, en caso de coincidencia, el carril adicional único resultante cumplirá ambas funciones, primando siempre los criterios de diseño del carril adicional en rampa o pendiente. Por tanto, como norma general se podrán fusionar con otros carriles adicionales con distintas funcionalidades, prestando la debida atención a la señalización de la situación a los usuarios de la vía.

Salvo justificación expresa se evitará la disposición de carriles adicionales de adelantamiento o rampa en ambos sentidos de circulación, requiriéndose en tal situación la implantación de un sistema de contención de vehículos en la separación central. En cualquier caso, se evitará que esta coincidencia sea prolongada para evitar una errónea percepción de la funcionalidad de la vía por el usuario.

En las Carreteras 2+1 los carriles adicionales se coordinan agregando alternadamente un carril adicional de adelantamiento a una carretera convencional 1+1, a fin de permitir el adelantamiento equilibrado de los vehículos más lentos y la disolución de colas móviles en la corriente de tráfico. El carril de adelantamiento se alternará entre un sentido y el otro dentro de la sección tipo de la carretera, lo que permitirá oportunidades de adelantamiento para ambos sentidos, con el balance que el estudio de tráfico determine. En este caso, a la hora de su diseño, se debe tener presente que las zonas de transición entre secciones iniciales (y finales) 2+1 y 1+1 mantendrán también la función de establecer el cambio de tipo de carretera, lo que implica el refuerzo de su señalización.

La ampliación de la plataforma existente puede ser simétrica con respecto al eje central de la sección tipo o bien realizarse por un solo lateral de la carretera, dependiendo de la disponibilidad de dominio público viario y de la facilidad de construcción del carril adicional, o la previsión de una futura duplicación.

A continuación, se indican algunos aspectos adicionales que deben ser tenidos en cuenta en el proyecto:

- Deberá considerarse proporcionar de forma inmediata el carril de adelantamiento para aquel sentido de circulación que se aleja de un área de incorporación de tráfico o de la travesía de una zona urbana, a fin de diluir los potenciales pelotones generados en el poblado.
- Deberán analizarse los movimientos y prestaciones de la composición del tráfico cuando se requiera terminar los carriles de adelantamiento en coincidencia con una rampa importante, considerando el volumen de vehículos pesados y su influencia en el nivel de servicio.
- Deberá estudiarse con detalle el diseño de los nudos integrados en el tramo, la señalización y la reordenación de accesos asociada. Transmitir la información al usuario con la antelación necesaria y de forma clara es un aspecto determinante.
- Al considerar la ubicación de los carriles de adelantamiento deberá evaluarse la presencia de las principales obras de drenaje transversal, paradas de autobús, estructuras y túneles.



En todo caso, el diseño y disposición de carriles adicionales de adelantamiento atenderá al mantenimiento de las distancias mínimas entre secciones características establecidas en el apartado 9.6. (Limitaciones en tramos con carriles adicionales, otros elementos de trazado y obras con secciones transversales singulares) de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.

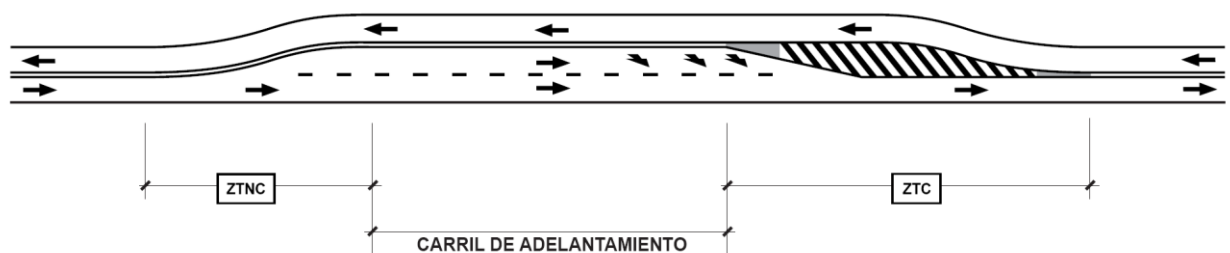
4 PROYECTO DE CARRILES ADICIONALES DE ADELANTAMIENTO AISLADOS

4.1 DEFINICIÓN DE LOS CARRILES DE ADELANTAMIENTO

La longitud efectiva de los propios carriles de adelantamiento viene definida entre secciones características de 3,5 m. Los carriles adicionales deben disponer de dos zonas de transición adicionales que se denominarán:

- **Zona de transición no crítica (ZTNC):** situada al inicio del carril de adelantamiento, donde se produce su ganancia.
- **Zona de transición crítica (ZTC):** situada al final del carril de adelantamiento, donde se produce su pérdida.

FIGURA 4.1
CARRIL ADICIONAL DE ADELANTAMIENTO AISLADO



La longitud de cada carril adicional de adelantamiento debe ser tal que diluya la cola estimada en la hora de proyecto con una longitud en un rango estimado de entre 800 m y 2 000 m, sin perjuicio de estudios más detallados al respecto. En los siguientes apartados se revisarán las condiciones de diseño del inicio y fin del carril.

4.2 INICIO DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO

La zona de transición no crítica (ZTNC) se proyectará de manera que la ganancia del carril adicional de adelantamiento se genere por la izquierda del carril básico, mediante una longitud de desviación (L_s) en la que se produce la variación de la anchura de la calzada, en función de la velocidad de proyecto (V_p) del tramo de carretera.

A la hora de materializar esta desviación, se puede adoptar una solución sin canalización, en la que el carril adicional surge por el interior de la calzada mediante una progresiva separación de las marcas viales longitudinales de separación de sentidos (figura 4.2); o con inicio canalizado, en la que mediante el pintado de un cebrado sobre el pavimento se remarque el contorno de la desviación del carril básico de su trayectoria (figura 4.3). En este segundo caso, la apertura del carril adicional de adelantamiento se efectúa mediante una cuña triangular pintada sobre el pavimento.



FIGURA 4.2
INICIO DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO SIN CANALIZACIÓN
ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA

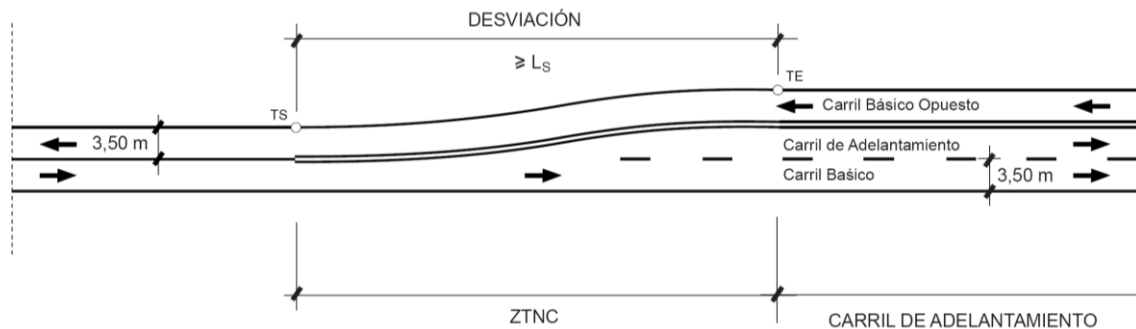
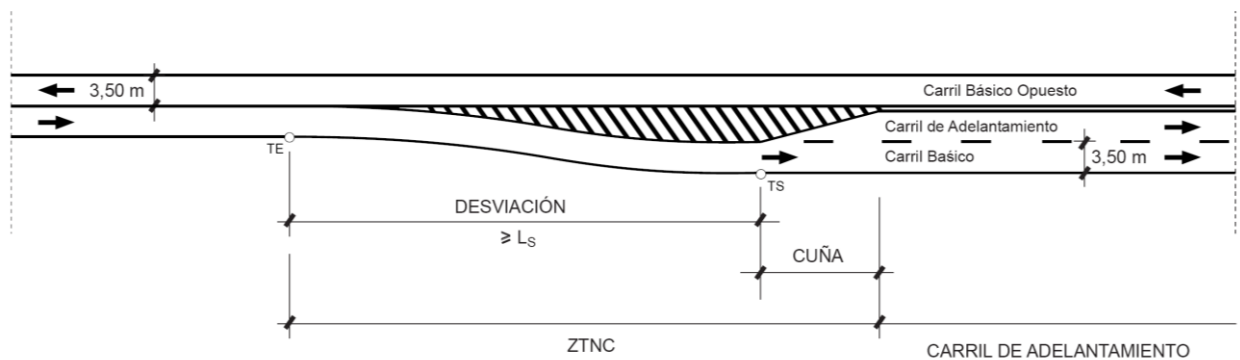


FIGURA 4.3
INICIO DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO CANALIZADO
ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA



En este último diseño (figura 4.3), el cebrado de la cuña de apertura del carril de adelantamiento podrá reducirse hasta una longitud mínima de 10 m. Esta solución mantiene la ventaja de mantener los ejes de trazado antes y después de la desviación.

4.3 LONGITUD DE LA DESVIACIÓN DE CARRILES

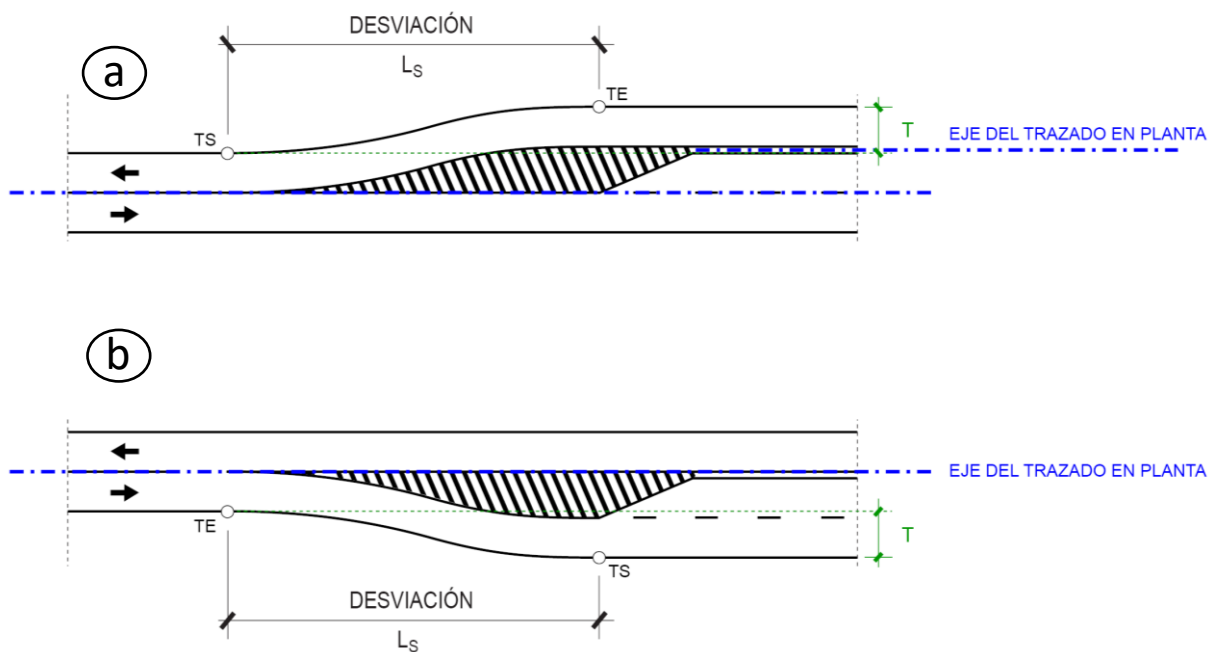
La desviación de los carriles básicos de su trayectoria para abrir o cerrar un carril adicional de adelantamiento por el centro de la plataforma se efectuará de manera gradual, sin que los conductores que circulen por dichos carriles tengan que efectuar maniobras bruscas.



Los ángulos de giro asociados a la implantación de un carril central pueden presentar inconsistencias de cara al cumplimiento de los parámetros exigidos con carácter general por el capítulo 4 de la Norma 3.1-IC para la definición del trazado en planta, que se basa en la utilización de elementos de trazado de mayor amplitud. Por este motivo, la desviación de carriles en carreteras convencionales podrá considerarse como un segmento específico del diseño de la carretera, en la que se produce la variación de la anchura de la calzada en la sección transversal y se debe realizar un análisis del cambio de trayectoria (apartado 8.2 de la Norma 3.1-IC).

La variación de la anchura de la calzada entre una sección (1+1) y una sección (2+1), y viceversa, se realizará en tramos con buena visibilidad en planta y alzado, de forma que el usuario perciba con claridad la desviación. Se podrá proyectar o bien desviando el carril básico del sentido opuesto, o bien desviando el carril básico del sentido con carril adicional de adelantamiento (figura 4.4), en una longitud L_s entre los puntos de tangencia TE y TS.

FIGURA 4.4
DESVIACIÓN DE UN CARRIL BÁSICO



En la solución de la figura 4.4.a, la desviación del carril básico del sentido opuesto implica la inserción de un elemento de trazado que materialice el cambio de los ejes del trazado en planta de los tramos anterior y posterior a la desviación.

En la solución de la figura 4.4.b, la desviación del carril básico del sentido con carril adicional de adelantamiento permite mantener el eje de trazado en planta para las secciones anterior y posterior a la desviación. Esta solución será de especial utilidad en aquellos casos en los que se pretenda compatibilizar el proyecto con una posterior duplicación de calzada. En este caso, la desviación no requiere el acuerdo entre ejes y es debida a la variación de la anchura de la calzada.



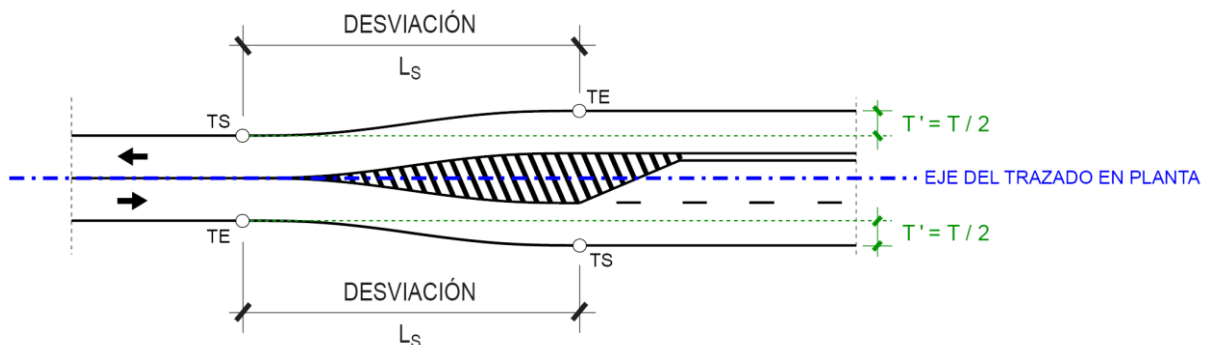
El ensanche o reducción de calzada necesario equivale al desplazamiento transversal (T) del carril básico, y será la suma de la anchura del carril adicional de adelantamiento y de la separación central a disponer, en función de la categoría de diseño adoptada (tabla 2.1).

$$T = \text{anchura de carril adicional} + \text{separación central}$$

Otra posible solución será desviar ambos carriles básicos simétricamente respecto al eje de la plataforma (figura 4.5), en cuyo caso el valor del desplazamiento transversal T' de cada carril básico será la mitad del ensanche o reducción total de la calzada.

$$T' = \frac{(\text{anchura de carril adicional} + \text{separación central})}{2}$$

FIGURA 4.5
DESVIACIÓN SIMÉTRICA DE AMBOS CARRILES BÁSICOS

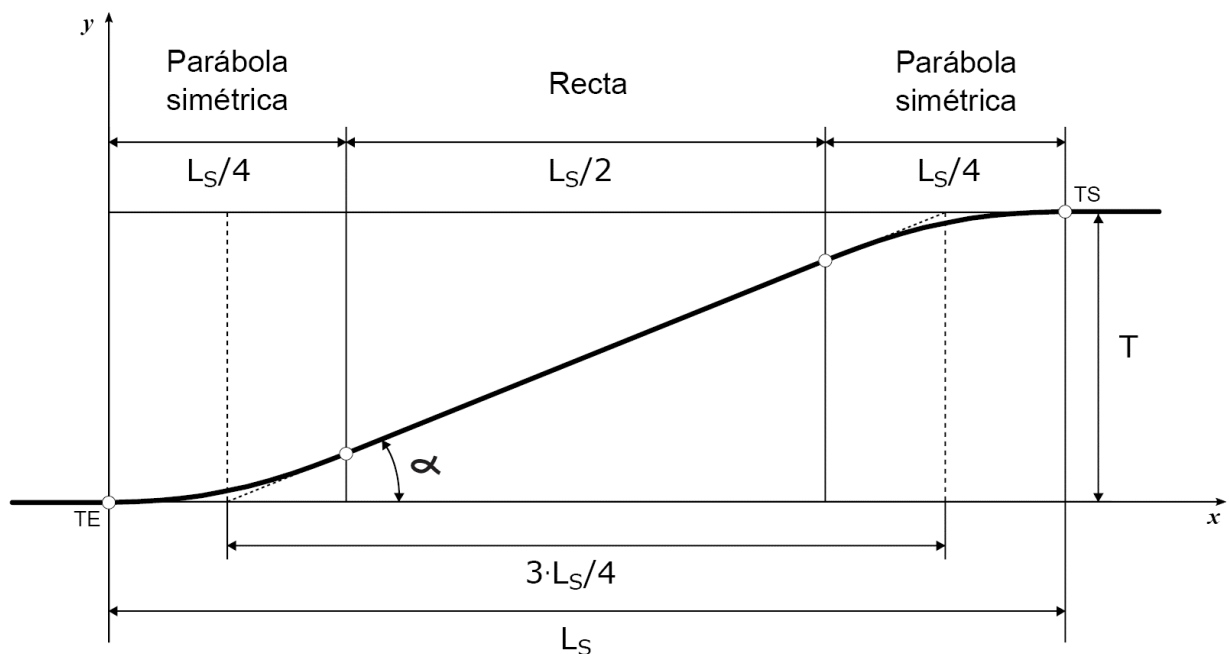


Esta solución podrá ser de aplicación en aquellos casos en los que se pretenda el aprovechamiento de la plataforma de una carretera existente, manteniendo el eje de trazado en planta en el eje de simetría de la misma, sin variar las inclinaciones transversales. Además, al dividirse por ambos márgenes la amplitud del desplazamiento transversal, conlleva la ventaja de requerir valores inferiores de la longitud de la desviación L_s entre los puntos de tangencia TE y TS.



Para efectuar la desviación de los carriles, se podrá efectuar la transición de la anchura de la calzada entre una sección (1+1) y una sección (2+1) como una sucesión de parábola, recta y parábola entre los puntos de tangencia TE y TS más alejados (figura 4.6).

FIGURA 4.6
DESVIACIÓN DE CARRIL



Siendo:

L_s = longitud de la desviación.

T = desplazamiento transversal del borde de la calzada.

TE = punto de tangencia de entrada a la desviación.

TS = punto de tangencia de salida de la desviación.

x = distancia al origen (TE) medida sobre el eje del trazado en planta de la carretera.

y = variación transversal.

Como consecuencia, el ángulo α formado entre el borde de la calzada y el eje de la correspondiente alineación del trazado en planta vendrá definido por la siguiente relación:

$$\cotg \alpha = \frac{3}{4} \cdot \frac{L_s}{T}$$

Se recomienda que la longitud de la desviación L_s cumpla la siguiente relación:

$$L_s \geq K \cdot \sqrt{T}$$

Siendo:

L_s = longitud de la desviación, en metros.

T = desplazamiento transversal, en metros.

K = parámetro de ajuste.



En la siguiente tabla 4.1 se han obtenido los valores de L_s resultantes de tomar un valor deseable de K igual a la velocidad de proyecto (V_p) en km/h, y para los valores de T correspondientes a la anchura total de un carril adicional de 3,00-3,50 m que pueda incluir además la anchura de separación central de cada clase de diseño (tabla 6.1). Para valores intermedios se podrá interpolar en dicha tabla.

TABLA 4.1. LONGITUD DE LA DESVIACIÓN
VALORES DE LAS LONGITUDES DESEABLES L_s (m)

CATEGORÍA DE DISEÑO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL T (m)							
		Desviación de un carril básico				Desviación simétrica de ambos carriles básicos			
		4,00	4,50	5,00	5,50	2,00	2,25	2,50	2,75
Tipo 1	100	-	-	-	235	-	-	-	166
Tipo 2	100	-	212	224	235	-	150	158	166
	90	-	191	201	211	-	135	142	149
Tipo 3	90	180	-	-	-	127	-	-	-
	80	160	-	-	-	113	-	-	-
	70	140	-	-	-	99	-	-	-
	60	120	-	-	-	85	-	-	-
	50	100	-	-	-	71	-	-	-
	40	80	-	-	-	57	-	-	-

No obstante, se debe tener presente que el diseño de este tipo de elementos (microtrazado) requiere en general de un tratamiento distinto al de los elementos básicos de trazado considerados en la Norma 3.1-IC, por lo que si la recomendación anterior de longitudes contara con dificultades importantes de implantación, de forma justificada se puede reducir la amplitud del tramo recto contenida en el modelo anterior o ajustar el parámetro K .

En este sentido, se recomiendan como valores mínimos de L_s los presentados en la tabla 4.2 siguiente basada en el mantenimiento de los mismos elementos del modelo de la figura 4.6.



TABLA 4.2. LONGITUD DE LA DESVIACIÓN (REDUCIDA)

VALORES DE LAS LONGITUDES MÍNIMAS L_s (m)

CATEGORÍA DE DISEÑO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	DESPLAZAMIENTO TRANSVERSAL T (m)							
		Desviación de un carril básico				Desviación simétrica de ambos carriles básicos			
		4,00	4,50	5,00	5,50	2,00	2,25	2,50	2,75
Tipo 1	100	-	-	-	160	-	-	-	115
Tipo 2	100	-	145	150	160	-	105	110	115
	90	-	128	134	141	-	89	94	98
Tipo 3	90	120	-	-	-	85	-	-	-
	80	105	-	-	-	75	-	-	-
	70	91	-	-	-	65	-	-	-
	60	78	-	-	-	55	-	-	-
	50	64	-	-	-	45	-	-	-
	40	52	-	-	-	37	-	-	-

En el caso de que la transición del ancho de la calzada coincida con la correspondiente al sobreecho de los carriles en curvas circulares de radio inferior a doscientos cincuenta metros (< 250 m) descrita en el epígrafe 7.3.5 de la Norma 3.1-IC, se coordinarán las transiciones cumpliéndose las especificaciones más restrictivas.

La transición del ancho de los arcenes exteriores se hará, salvo justificación en contrario, linealmente dentro de la longitud de la desviación L_s .

Las condiciones de diseño a nivel de microtrazado afectarán a elementos tales como las cuñas de cambio de velocidad, accesos de glorietas o las propias envolventes de giro consideradas en la Norma 3.1-IC.



4.4 FINAL DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO

La zona de transición crítica (ZTC) estará constituida por tres elementos:

- **Cuña de transición:** donde se efectúa la pérdida del carril adicional de adelantamiento mediante marcas viales.
- **Tramo central del cebrado:** que constituye una zona de seguridad de anchura constante del cebrado, previa a la desviación.
- **Desviación:** segmento específico de la carretera en el que se materializa la variación de la anchura de calzada en la sección transversal.

La longitud de las cuñas de transición se establecerá en función de la correspondiente velocidad de proyecto (V_p) del tramo de carretera donde se implante el carril adicional (tabla 8.1 de la Norma 3.1-IC).

En condiciones ordinarias, para valores de la velocidad de proyecto (V_p) mayores o iguales que ochenta kilómetros por hora (≥ 80 km/h) el tramo cebrado se diseñará de modo que se disponga de una longitud mayor o igual que doscientos metros (≥ 200 m) medidos desde el final de la cuña de transición, repartidos conforme se recoge en la figura 4.7.

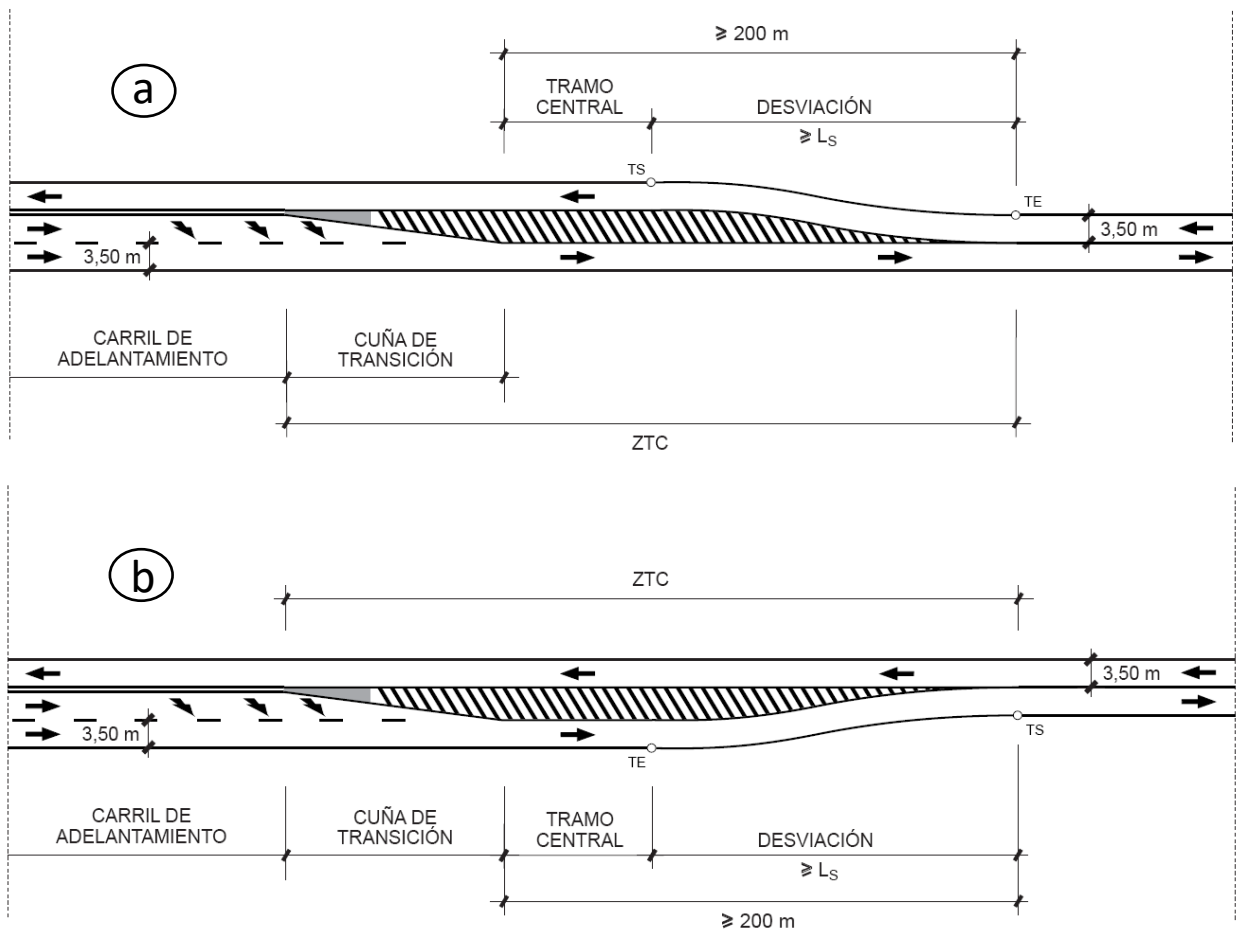
La desviación de los carriles se efectuará en tramos con buena visibilidad en planta y alzado, de forma que el usuario perciba con claridad la desviación.

Esta desviación en zona de transición crítica se podrá proyectar o bien desviando el carril básico del sentido opuesto (figura 4.7a), o bien desviando el carril básico del sentido con carril adicional de adelantamiento (figura 4.7b).

Se recomienda, siempre que sea posible, adoptar esta segunda opción (figura 4.7b), a fin de evitar que la prolongación de la trayectoria de adelantamiento implique el riesgo de colisión frontal con el sentido opuesto. También podrá optarse por desviar ambos sentidos simétricamente.



FIGURA 4.7
FINAL DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (GENERAL)



Para facilitar la toma de decisiones, en la siguiente tabla 4.3 se presentan las dimensiones mínimas del tramo central de cebrado y del total de la zona de transición crítica, en función de la categoría de diseño adoptada.



TABLA 4.3. ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA

LONGITUDES RECOMENDADAS Y VARIABLES PRINCIPALES DEL DISEÑO ($V_p \geq 80$ km/h)

CATEGORÍA DE DISEÑO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	CUÑA DE TRANSICIÓN (m)	TRAMO CENTRAL DEL CEBRADO (m)	LONGITUD DESVIACIÓN (m)	TOTAL (m)
Tipo 1	100	125	80	Valores según las tablas 4.1 y 4.2	≥ 325
Tipo 2	100	125	80		≥ 325
	90	115	60		≥ 315
Tipo 3	90	115	60		≥ 315
	80	100	60		≥ 300

En casos especiales o en aquellas situaciones que no resulten asimilables a los casos más generales previstos en este apartado, se podrá realizar un estudio específico para definir el trazado de la zona de transición.

El diseño de la zona de transición crítica deberá atender a los valores máximos de la inclinación de la rasante i (%) en rampas y pendientes prescritos por el apartado 5.2 de la Norma 3.1-IC, garantizando en todo caso que la suma de la longitud de la cuña de transición más la longitud del tramo central del cebrado sea mayor o igual que la distancia de parada ($\geq D_p$), obtenida para la velocidad de proyecto (V_p) del tramo de carretera.

Deberá evitarse el cierre del carril de adelantamiento sobre un acuerdo convexo o sobre una curva horizontal en la que la superficie del pavimento al final de la zona de transición crítica no resulte claramente perceptible desde el principio de la misma.

4.5 ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA REDUCIDA

La longitud de diseño del tramo central del cebrado podrá reducirse, de forma justificada, siempre que se cumpla que la suma de la longitud de la cuña de transición más la longitud de dicho tramo central sea mayor o igual que la distancia de parada ($\geq D_p$) correspondiente al tramo donde se implante dicho carril de adelantamiento (figura 4.8).

Esta mitigación cobra su sentido especialmente dentro de la categoría de diseño Tipo 3 para aquellos casos con velocidades de proyecto inferiores a ochenta kilómetros por hora (< 80 km/h) y con condicionantes significativos en el diseño del tramo. En tales casos se podrá adoptar una o ambas de las siguientes medidas:

- Implantar cuñas de transición reducidas (epígrafe 8.2.2.4 de la Norma 3.1-IC). Las longitudes de las cuñas de transición reducidas serán la mitad de las longitudes de las cuñas de transición definidas en la tabla 8.1 de la Norma 3.1-IC en función de la velocidad de proyecto (V_p) del tramo de carretera.



- Reducir la longitud del tramo central del cebrado, tal y como se recoge en la siguiente tabla 4.4 con las variables principales de diseño para $V_p < 80$ km/h.

Cuando en un ramal de enlace o en una vía colectora-distribuidora se disponga un carril de adelantamiento su final se proyectará con la zona cebrada reducida.

FIGURA 4.8
FINAL DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (REDUCIDA)

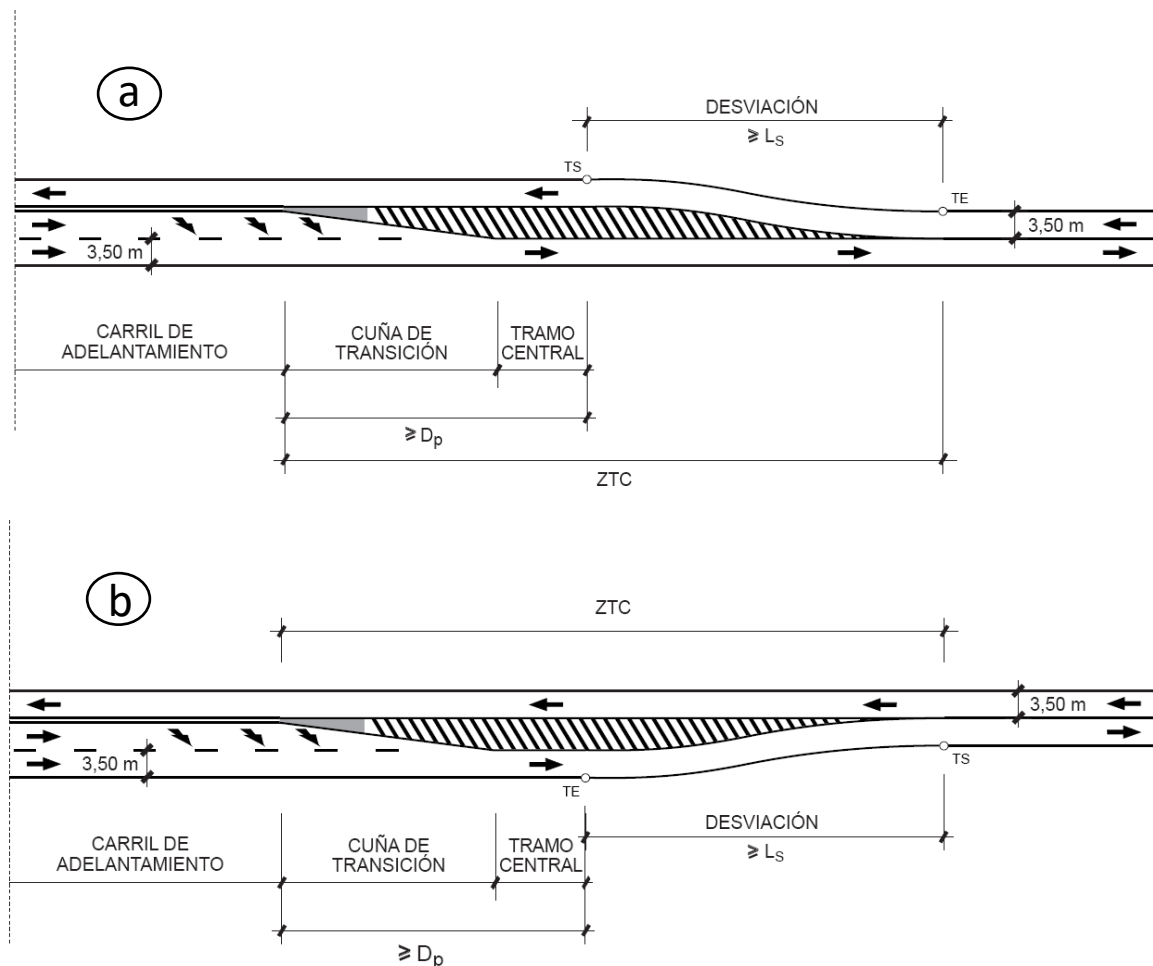




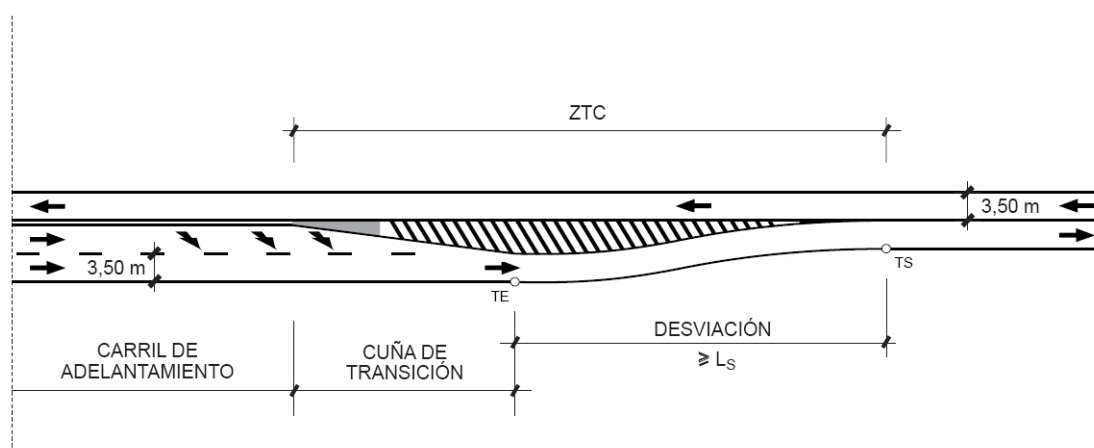
TABLA 4.4. ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA
LONGITUDES RECOMENDADAS Y VARIABLES PRINCIPALES DEL DISEÑO ($V_p < 80$ km/h)

CATEGORÍA DE DISEÑO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	CUÑA DE TRANSICIÓN (m)	TRAMO CENTRAL DEL CEBRADO (m)	LONGITUD DESVIACIÓN (m)
Tipo 3	70	80	40	Valores según las tablas 4.1 y 4.2
	60	60	30	
	50	40	20	
	40	25	20	

Se recomienda en todo caso que la suma de la longitud de la cuña de transición más la longitud del tramo central del cebrado resulte mayor o igual que la distancia de parada ($\geq D_p$).

En casos debidamente justificados, podrá admitirse que no se disponga tramo central del cebrado, disponiendo únicamente la cuña de transición y la desviación canalizada, si bien en este caso únicamente se admitirá que la desviación se realice con el carril básico del sentido con carril adicional de adelantamiento (figura 4.9), de manera que se disminuya el riesgo de colisión frontal.

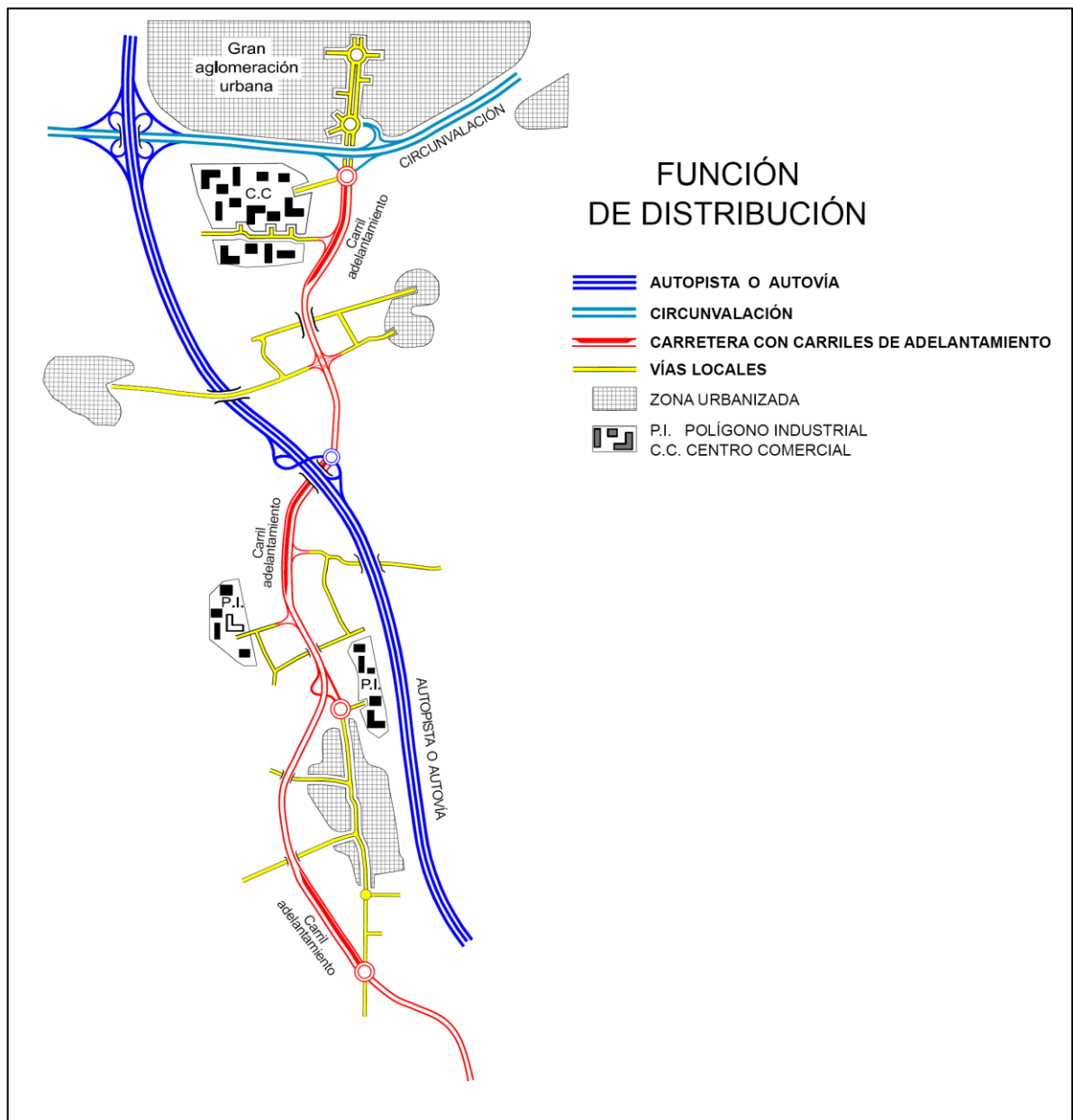
FIGURA 4.9
FINAL DEL CARRIL DE ADELANTAMIENTO
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (MÍNIMA)



En las figuras 4.10 y 4.11 siguientes se ilustra a modo de ejemplo la posible aplicación de los carriles de adelantamiento aislados para la mejora de la funcionalidad de un sistema viario.



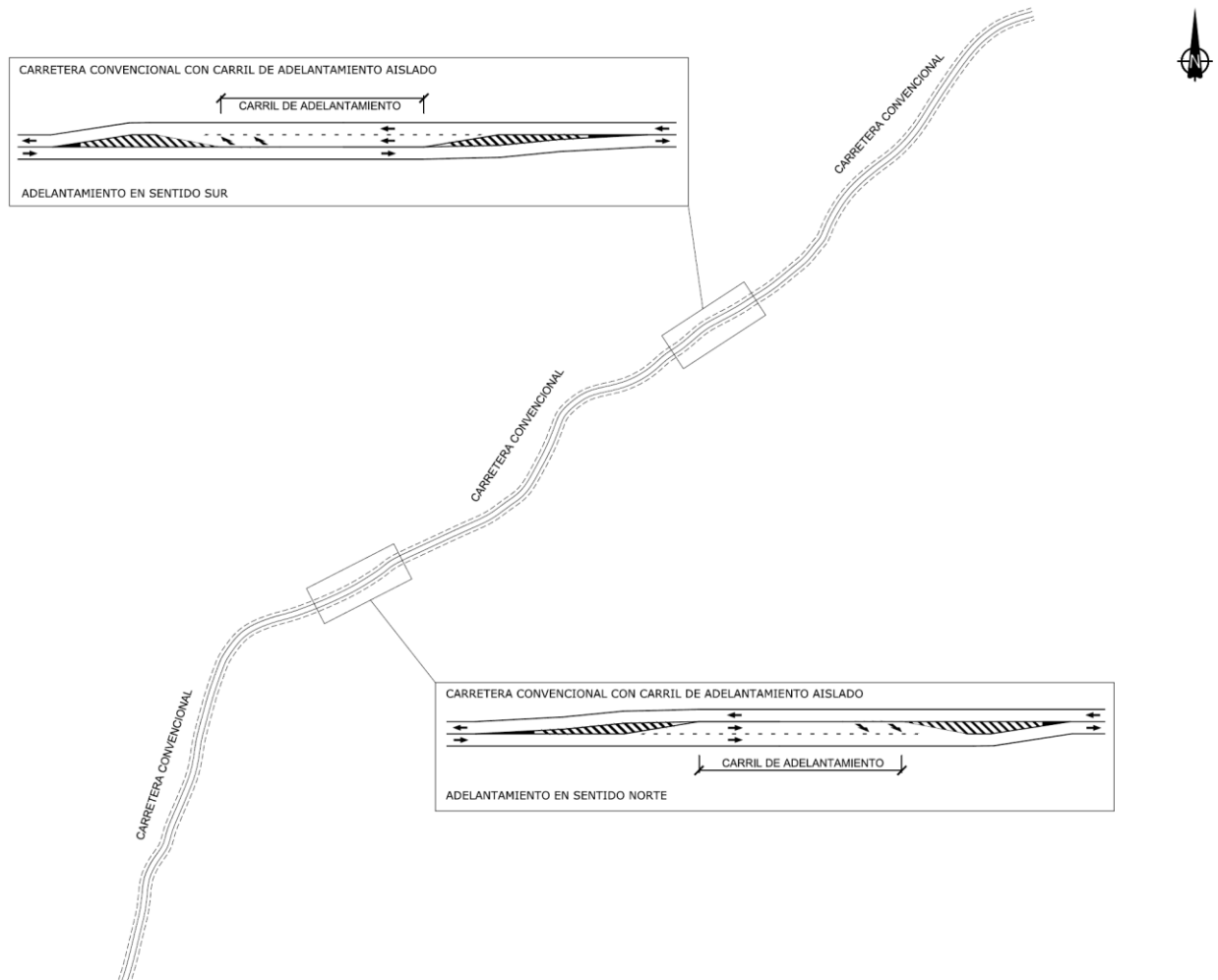
FIGURA 4.10
FUNCIONALIDAD EN EL SISTEMA VIARIO
DE CARRETERA CON CARRILES DE ADELANTAMIENTO AISLADOS



(Elaboración a partir de Guide Technique 2x1 voie. Route à chaussées séparées, SETRA)



FIGURA 4.11
DISPOSICIÓN DE CARRILES DE ADELANTAMIENTO AISLADOS EN UN ITINERARIO DE
CARRETERA CONVENCIONAL





5 PROYECTO DE TRAMOS DE CARRETERA 2+1

5.1 CRITERIOS PARA CONSIDERAR UN TRAMO COMO CARRETERA 2+1

El criterio fundamental para considerar un tramo de vía como Carretera 2+1 es conseguir unas condiciones de seguridad homogéneas respecto a la necesidad de ejecutar la maniobra de adelantamiento a nivel de un corredor. Es decir, el usuario dentro de un tramo de Carretera 2+1 se encontrará permanentemente con la maniobra de adelantamiento regulada completamente por la infraestructura, no necesitando invadir el sentido contrario de circulación en ningún momento. Considerar un tramo como Carretera 2+1 supondrá una explotación del mismo también homogénea y específica.

Desde el punto de vista técnico, conseguir este objetivo se alcanza idealmente disponiendo por el centro de la plataforma un tercer carril adicional para el adelantamiento, el cual se configura para uno y otro sentido de circulación en una sucesión de segmentos alternos ajustados a la demanda de cada caso.

La situación de diseño ideal consistiría en la perfecta alternancia en cada sentido de los carriles de adelantamiento ajustados a su demanda, sin tramos 1+1 interpuestos. Si bien, la realidad introduce condicionantes que obligan a desarrollar un estudio específico de cada sentido de circulación y de las posibilidades orográficas de diseño.

En la tabla 5.1 se presentan las principales variables de proyecto para cada categoría de Carretera 2+1. El nivel de servicio mínimo corresponde a la hora de proyecto del año horizonte.

TABLA 5.1. PRINCIPALES VARIABLES DE DISEÑO (CARRETERAS 2+1)

CATEGORÍA DE DISEÑO	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	ANCHO ORDINARIO DE LA PLATAFORMA (m)	NUDOS	NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO
Tipo 1 (C2+1A)	≤ 100	15,50-17,50	Enlaces	D
Tipo 2 (C2+1B)	≤ 100	13,25-15,50	Intersecciones o enlaces	D
Tipo 3 (C2+1C)	≤ 90	11,75-13,25	Intersecciones	D

Para que un tramo de carretera pueda ser considerado como Carretera 2+1 deberá venir definido por los siguientes criterios básicos:

- Se deberán materializar dos tramos de transición (puertas) para la entrada y salida del segmento de Carretera 2+1, dotadas de una señalización específica que informe al usuario de las condiciones de circulación que se va a encontrar.
- El principal requisito de diseño consistirá en conseguir en toda su longitud, incluyendo los eventuales nudos afectados, que la maniobra de adelantamiento no requiera la invasión del sentido contrario.



- Se incluirán al menos dos segmentos con carril adicional de adelantamiento por cada uno de los dos sentidos.
- El porcentaje de longitud de adelantamiento por sentido se recomienda como mínimo del treinta por ciento ($\geq 30\%$), medido sobre la longitud total de adelantamiento en el tramo. Esta condición limita el desequilibrio admisible, salvo justificación detallada en contra.
- No existirán tramos de más de cinco kilómetros ($\nless 5\text{ km}$) en los cuales cualquiera de los dos sentidos de circulación no disponga de posibilidad de adelantamiento.
- Los tramos intermedios con sección 1+1 tendrán prohibido el adelantamiento en toda su longitud, aunque la visibilidad disponible permitiera esa posibilidad.

A los efectos anteriores, se considerará como tramo de carril adicional de adelantamiento la suma de la longitud del carril más sus correspondientes cuñas de transición. El diseño de un tramo de Carretera 2+1 requerirá de un estudio donde se analicen las ventajas y desventajas de las distintas configuraciones viables y su ajuste a la demanda de tráfico.

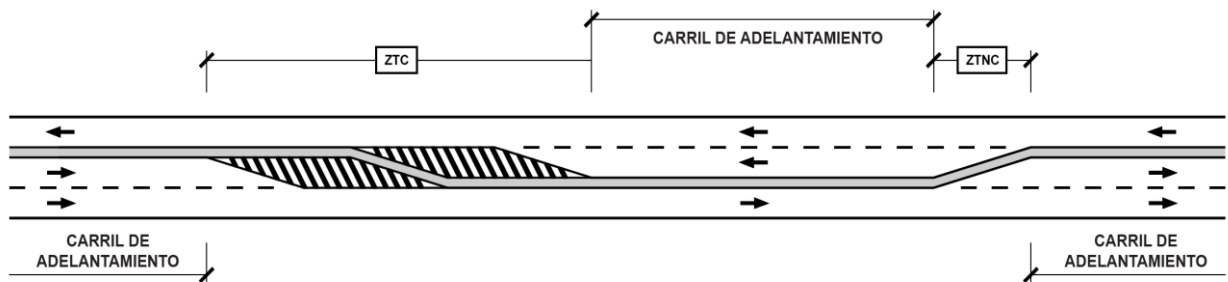
Las transiciones entre la sección 2+1 y 1+1 ya han sido abordadas en el capítulo anterior, por lo que en este se tratará específicamente el diseño en caso de alternancia de los carriles adicionales de adelantamiento entre ambos sentidos de circulación, situación que genera el acoplamiento de las zonas de transición.

5.2 DEFINICIÓN DE LOS CARRILES DE ADELANTAMIENTO EN CASO DE ALTERNANCIA

Si en un tramo de una carretera convencional se proyecta una alternancia de carriles de adelantamiento coordinados entre ambos sentidos de circulación, configurando una Carretera 2+1, se cumplirán, salvo justificación en contra, las siguientes condiciones (figura 5.1):

- Entre el inicio de un carril de adelantamiento en un sentido y el inicio de un carril de adelantamiento en el sentido opuesto existirá la longitud necesaria para disponer en cada sentido la cuña de transición previa al inicio del carril de adelantamiento.
- Entre el final de un carril de adelantamiento en un sentido y el final de un carril de adelantamiento en el sentido opuesto existirá la longitud necesaria para disponer en cada sentido la zona cebrada correspondiente.

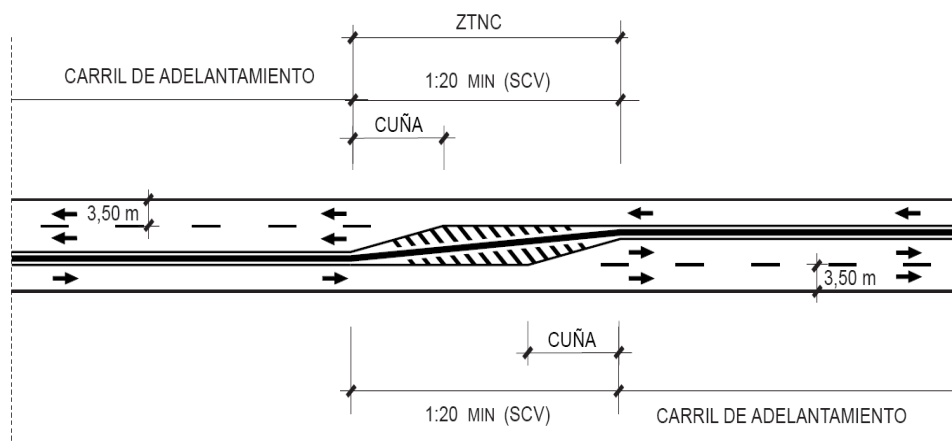
FIGURA 5.1
CARRILES ADICIONALES DE ADELANTAMIENTO ALTERNOS ENTRE SENTIDOS
(CARRETERA 2+1)



5.3 ZONA DE TRANSICIONES NO CRÍTICAS ACOPLADAS

En el caso de que se proyecte una alternancia de carriles adicionales de adelantamiento, las zonas de transición no crítica pueden llegar a acoplarse, requiriendo un tratamiento conjunto. En el caso de que se disponga un sistema de contención de vehículos (figura 5.2), la longitud de la zona de transición se realizará en una longitud mínima a razón de 20 m por cada metro de variación transversal (1:20).

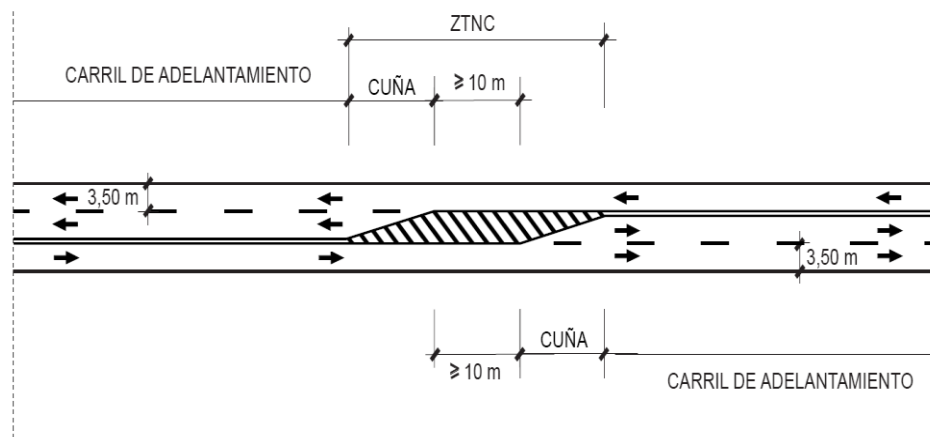
FIGURA 5.2
CARRETERAS 2+1 CON SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA



La geometría reflejada en la figura 5.2 considera la continuidad de un sistema de contención de vehículos permanente o desmontable que permita en caso de necesidad habilitar un paso de emergencia. En caso de no disponer un sistema de contención de vehículos (figura 5.3), se integrará en el diseño un sistema de señalización y balizamiento que aumente la percepción de la zona de transiciones acopladas.



FIGURA 5.3
CARRETERAS 2+1 SIN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA



En ambos diseños, en el cebrado la cuña de apertura del carril de adelantamiento podrá reducirse a una longitud mínima de 10 m.

5.4 ZONA DE TRANSICIONES CRÍTICAS ACOPLADAS

Del mismo modo que en el apartado anterior, en el caso de que se proyecte una alternancia de carriles adicionales de adelantamiento, las zonas de transición crítica pueden llegar a acoplarse, requiriendo un tratamiento conjunto.

En el caso de que el proyectista haya previsto una categoría de diseño Tipo 1 (C2+1A) o Tipo 2 (C2+1B) en cuya separación central se vaya a disponer un sistema de contención de vehículos (SCV) (ver capítulo 6), se deberán adaptar las longitudes de la zona de transición crítica a sus recomendaciones de disposición (en la actualidad la Orden Circular 35/2014), y en particular lo referente a la cotangente mínima respecto al sentido de la marcha.

Asimismo, en función del tipo de diseño adoptado y de los condicionantes generales del tramo, se podrá adoptar un esquema de zona de transición crítica conforme al esquema general, reducido o mínimo que se describe a continuación.

5.4.1 Separación central con sistema de contención de vehículos

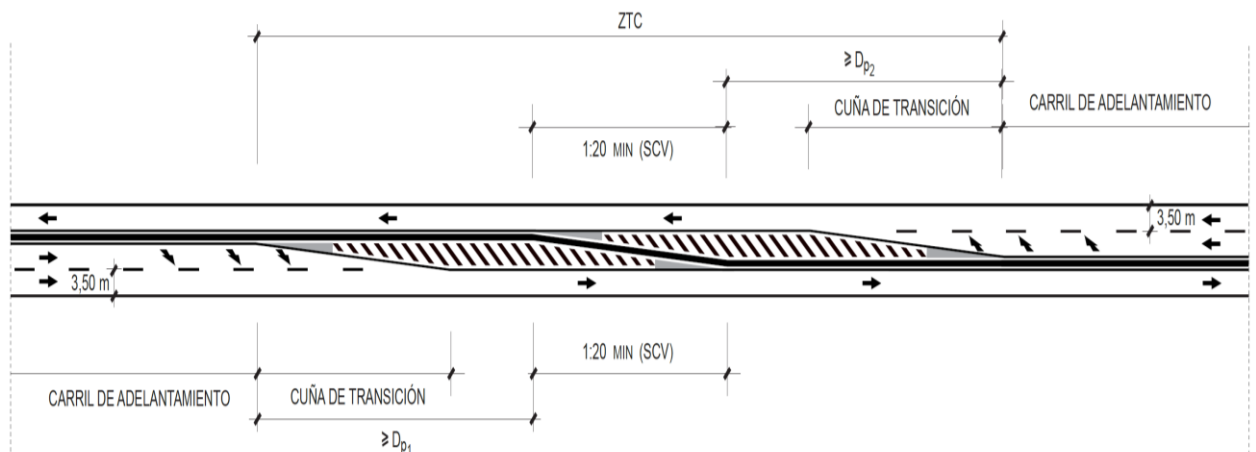
En la figura 5.4 se refleja la disposición general recomendada para el caso de diseño de Carretera 2+1 del Tipo 1 (C2+1A).

La zona de transición se definirá para cada sentido de circulación de forma que se cumpla que la suma de la longitud de la cuña de transición más la longitud del tramo de cebrado de anchura constante sea mayor o igual que las distancias de parada D_{p1} y D_{p2} obtenidas para cada sentido de circulación en función de la velocidad de proyecto (V_p) del tramo.



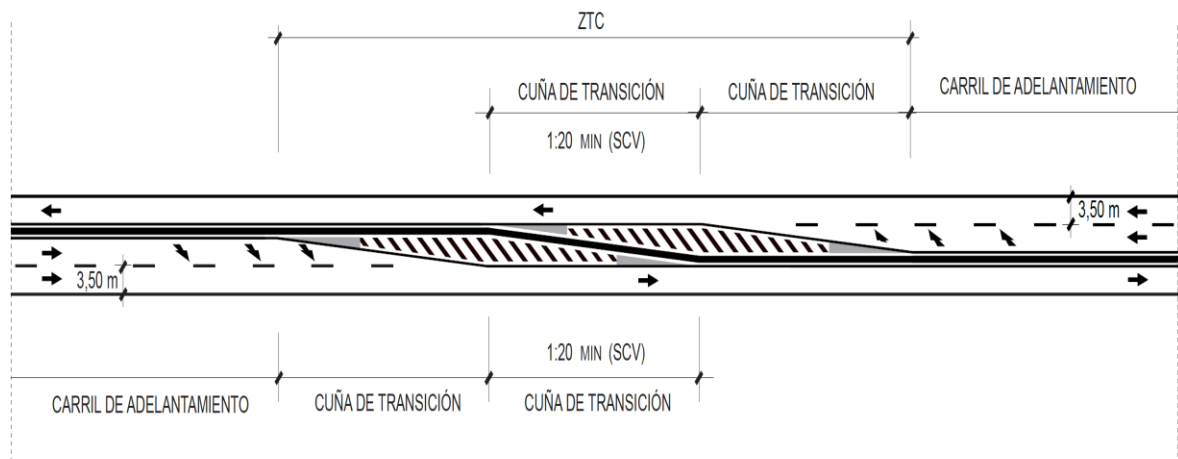
El tramo central resultante se definirá a partir de los criterios de disposición de sistemas de contención de vehículos (SCV) para su trasposición relativa en la sección transversal, por lo que se realizará en una longitud mínima a razón de 20 m por cada metro de variación transversal (1:20).

FIGURA 5.4
CARRETERAS 2+1 CON SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (GENERAL)



En el caso de la figura 5.5, se presenta una mitigación de la solución general donde la trasposición del sistema de contención de vehículos (SCV) se realizará en una longitud de cuña de transición (en función de la velocidad de proyecto (V_p)), o en una longitud mínima a razón de 20 m por cada metro de variación transversal (1:20) cuando esta última fuera superior.

FIGURA 5.5
CARRETERAS 2+1 CON SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (MÍNIMA)

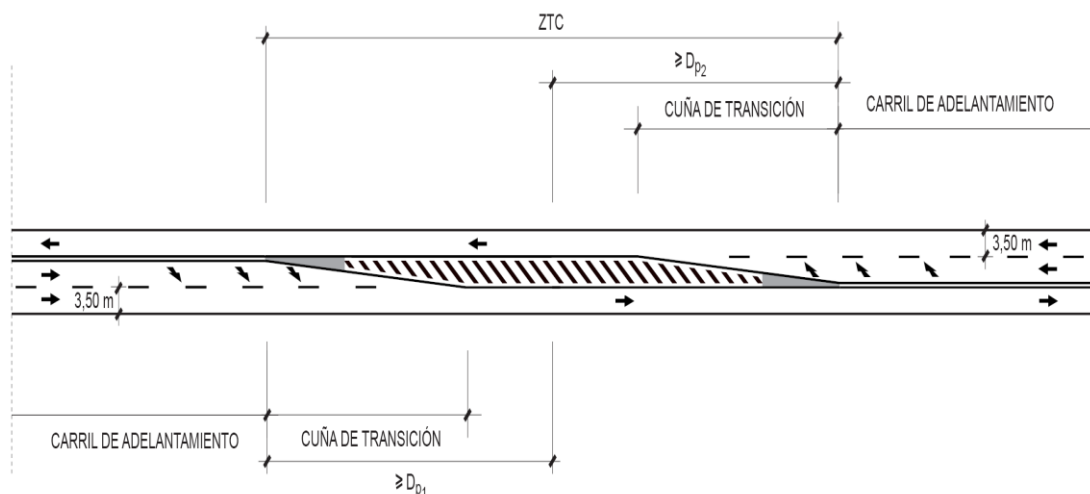


5.4.2 Separación central sin sistema de contención de vehículos

La disposición de zonas de transiciones críticas acopladas sin sistema de contención de vehículos en la separación central se podrá efectuar para las categorías de diseño de Carreteras 2+1 Tipo 2 (C2+1B) y Tipo 3 (C2+1C) en tramos con buena visibilidad en planta y alzado, de forma que el usuario perciba con claridad la zona de transición.

En el caso de la figura 5.6, la zona cebrada se definirá a partir de las distancias de parada D_{p1} y D_{p2} obtenidas para cada sentido de circulación en función de la velocidad de proyecto (V_p) del tramo de carretera.

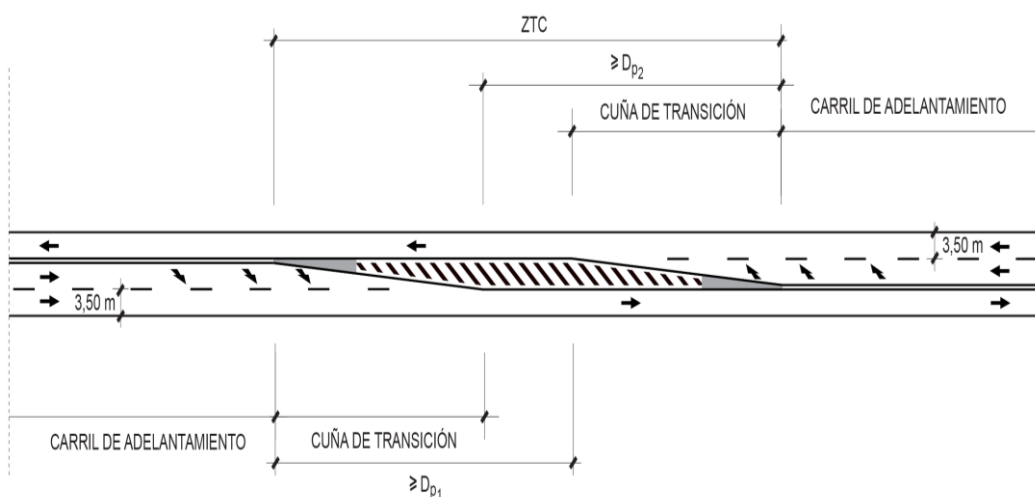
FIGURA 5.6
CARRETERAS 2+1 SIN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (GENERAL)



En el caso de la figura 5.7, que constituye una mitigación de la solución general, la zona cebrada se definirá a partir de la mayor de las distancias de parada D_{p1} o D_{p2} obtenidas para cada sentido de circulación en función de la velocidad de proyecto (V_p) del tramo de carretera.

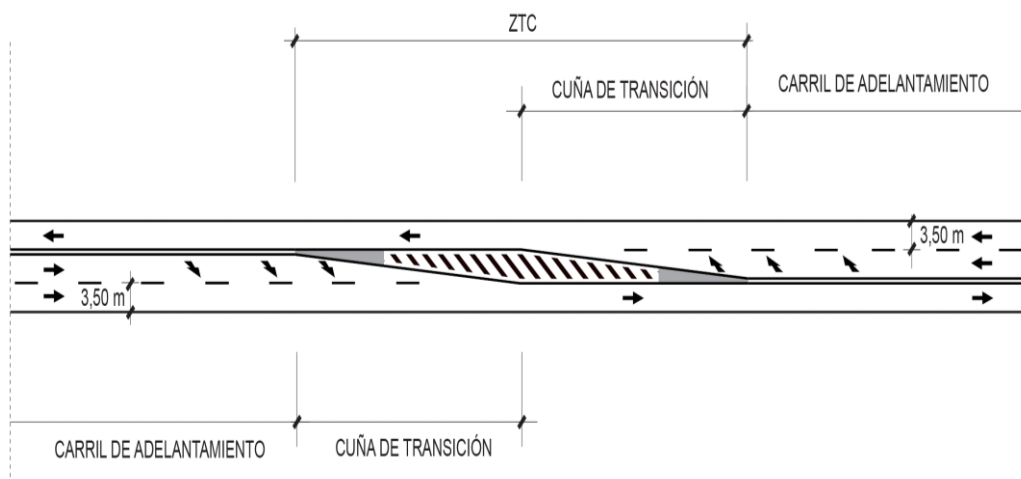
Esta mitigación cobra su sentido especialmente dentro de la categoría de diseño Tipo 3 para aquellos casos con velocidades de proyecto inferiores a ochenta kilómetros por hora ($< 80 \text{ km/h}$) y con condicionantes significativos en el diseño del tramo.

FIGURA 5.7
CARRETERAS 2+1 SIN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (REDUCIDA)



Excepcionalmente, en casos debidamente justificados, podrá admitirse que no se disponga tramo central del cebrado, disponiendo únicamente la cuña de transición para cada sentido de circulación (figura 5.8). Esta solución deberá venir acompañada de un refuerzo del sistema de señalización y balizamiento.

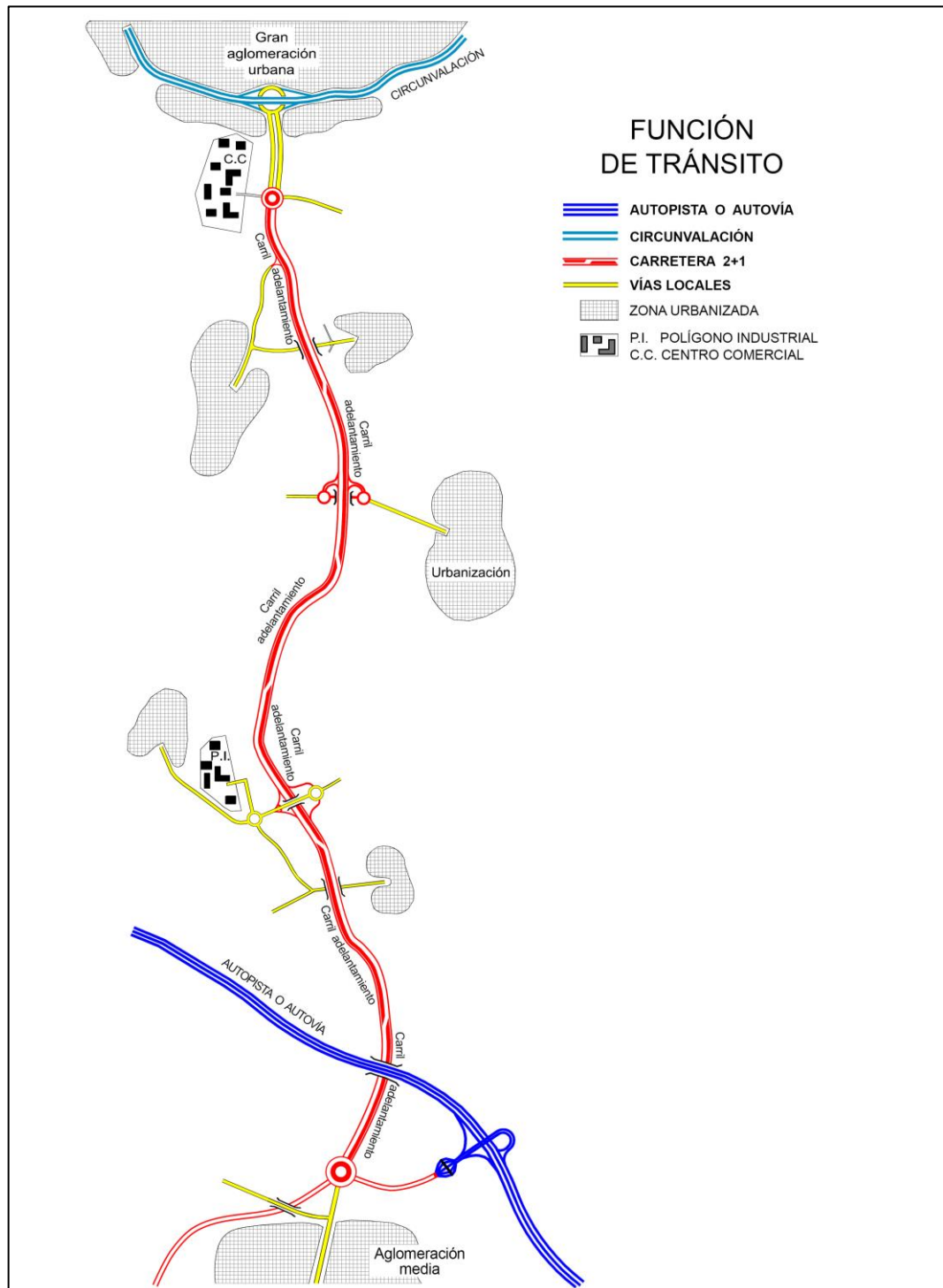
FIGURA 5.8
CARRETERAS 2+1 SIN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (MÍNIMA)



En la figura 5.9 siguiente se ilustra a modo de ejemplo la posible aplicación de las Carreteras 2+1 para la mejora de la funcionalidad de un sistema viario.



FIGURA 5.9
FUNCIONALIDAD EN EL SISTEMA VIARIO
DE LA CARRETERA 2+1



(Elaboración a partir de Guide Technique 2x1 voie. Route à chaussées séparées, SETRA).



6 SECCIÓN TRANSVERSAL

6.1 SECCIONES TRANSVERSALES ORDINARIAS

En líneas generales, la sección transversal de las Carreteras 2+1 y de las carreteras con carriles adicionales de adelantamiento estará conformada por la plataforma y las bermas. Como elemento diferenciador con respecto al resto de carreteras convencionales, se encuentra el hecho de que dentro de la plataforma se incluye, además de los carriles y arcenes, una separación central no destinada a la circulación de vehículos cuya función es materializar la separación de sentidos. Esta separación central no tiene la consideración de mediana en tanto que no independiza funcionalmente dos plataformas de circulación.

El ancho ordinario del carril de adelantamiento será de 3,50 m; no obstante, de forma justificada se podrán adoptar anchuras inferiores. Al respecto se considera que 3,25 m constituye un valor mínimo sólo reducible de forma excepcional, con un mínimo absoluto de 3,00 m. En cualquier caso, se deberá considerar además el correspondiente sobreancho en curvas, según lo establecido en el epígrafe 7.3.5 de la Norma 3.1-IC, en función del vehículo patrón característico considerado. Para la anchura del resto de carriles se atenderá a lo establecido en el epígrafe 7.3.1 de la Norma 3.1-IC.

A efectos de determinar las dimensiones mínimas de los elementos de la sección transversal, se seguirán los criterios establecidos en la tabla 6.1.

En carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1, se dispondrá entre ambos sentidos de circulación, como ya se ha expuesto, una zona intermedia denominada separación central, no destinada a la circulación (figuras 6.1 y 6.2). La implantación de una separación central conllevará la prohibición de la maniobra de adelantamiento con invasión del sentido contrario, que se señalizará al menos mediante dos marcas viales longitudinales continuas sobre el pavimento.

Esta separación central entre sentidos de circulación se materializará en función de su anchura, mediante marcas viales longitudinales dispuestas del siguiente modo:

- Separación central > 0,50 m: Doble línea de borde de calzada (M-2.6), de 0,15 m de anchura, pudiendo alojar en su interior elementos de refuerzo de la separación, como un cebrado, resaltos, captafaros, balizas o incluso si se considera justificado, un sistema de contención de vehículos.
- Separación central ≤ 0,50 m: Doble línea continua (M-2.3a), con una anchura de 0,15 m, y una separación entre líneas no mayor de 0,20 m.

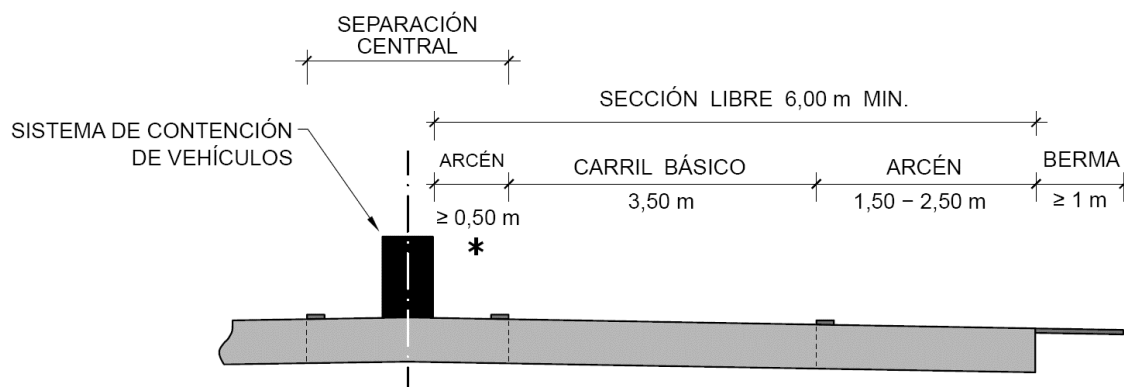
En ambos casos, debe tenerse en cuenta que el pintado de las marcas viales de borde no debe realizarse a costa del ancho de los carriles, disminuyendo su ancho aparente, sino que deberá realizarse sobre el espacio previsto de separación central (ver apartado 9.2.1).

La posibilidad de disponer un sistema de contención vehículos en la separación central entre ambos sentidos de circulación (categorías de diseño Tipo 1 y Tipo 2), divide a la Carretera 2+1 en dos semiplataformas separadas. En tal caso, en la determinación de la anchura de la separación central se han de incluir los arcenes interiores.

Es importante considerar que los sistemas de contención de vehículos, para permitir su funcionamiento adecuado en caso de impacto, necesitan un espacio mínimo que es función de sus especificaciones de comportamiento (deflexión dinámica (D) y anchura de trabajo (W)). Lo anterior obliga a disponer separaciones centrales con una anchura mínima compatible con el funcionamiento de dichos elementos (ver capítulo 11). Esta necesidad resultará ser limitativa en actuaciones de Carreteras 2+1 sobre trazados existentes en los cuales existan condicionantes que impidan la ampliación de la sección transversal (categoría de diseño Tipo 3).

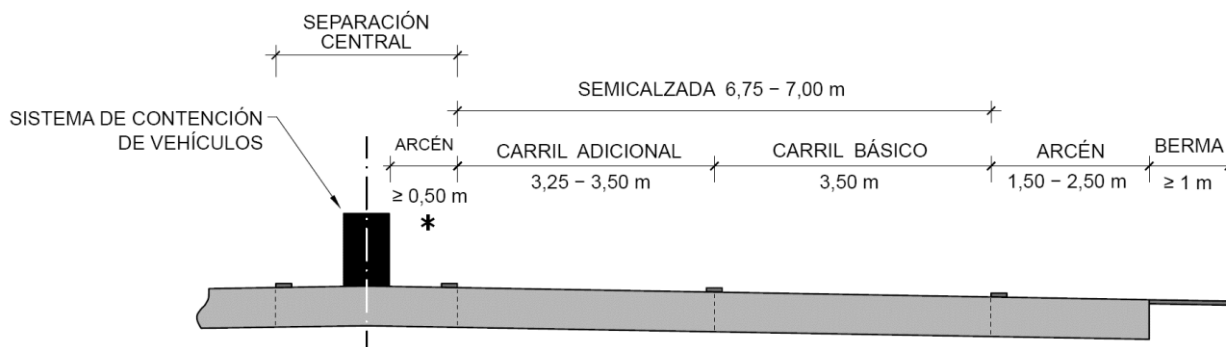
Cuando se contemple un sistema de contención de vehículos en la separación central, la parte de la plataforma correspondiente al sentido de un carril de circulación (semicalzada de un carril) deberá disponer de una anchura suficiente para permitir rebasar a un vehículo averiado detenido en el arcén o el acceso de vehículos de emergencia. Para ello, la anchura resultante de la suma de la parte pisable de la separación central, el carril y el arcén exterior tendrá un mínimo de seis metros ($\geq 6,00$ m) (figura 6.1).

FIGURA 6.1
SEMICALZADA DE UN CARRIL



(*) ANCHO MÍNIMO DEL ARCÉN EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

FIGURA 6.2
SEMICALZADA DE DOS CARRILES



(*) ANCHO MÍNIMO DEL ARCÉN EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS



En la categoría de diseño Tipo 2 la separación central podrá incluir un sistema de contención de vehículos, continuo o discontinuo, siempre que se aumente la anchura de la misma a tal efecto.

En Carreteras 2+1, la alternancia del carril adicional se debe producir con carácter general por el centro de la plataforma, lo que permitirá adoptar una anchura constante de la sección transversal a lo largo todo el trazado de la carretera. No obstante, podrá ser necesario subtramificar el trazado a efectos de implantación de la sección transversal.

Para definir el eje de giro de la sección transversal sobre el que se determina el bombeo y el peralte se seguirán, salvo justificación en contrario, los criterios generales establecidos en el apartado 4.7 de la Norma 3.1-IC, de modo que se eviten los escalones y se garantice la evacuación del agua de la calzada, teniendo en cuenta el tratamiento de la separación central en función del tipo de diseño adoptado.

Con carácter general, el carril adicional de adelantamiento mantendrá igual inclinación transversal que el carril básico de su derecha, si bien se podrá distinguir el caso de los proyectos de nuevo trazado de aquellas actuaciones de acondicionamiento que impliquen el aprovechamiento de una plataforma existente.

En todo caso, en el diseño de la sección transversal se tendrán en cuenta conforme a su normativa específica los criterios básicos que deben ser considerados en el proyecto de las secciones de firme de carreteras², así como las prescripciones referentes al adecuado diseño del drenaje superficial³ y subterráneo⁴ de la plataforma.

La siguiente tabla 6.1 recoge las dimensiones recomendadas de la sección transversal en función de la categoría de diseño adoptada. El rango inferior de los intervalos requerirá justificación expresa.

En el caso de secciones en desmonte con cuneta de seguridad se podrá prescindir de la berma.

² Norma 6.1-IC, Secciones de Firme.

³ Norma 5.2-IC, Drenaje Superficial.

⁴ Orden Circular 17/2003, Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera.



TABLA 6.1. DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

CATEGORÍA DE DISEÑO	SENTIDO CIRCULACIÓN CARRIL ADICIONAL				SENTIDO CIRCULACIÓN OPUESTO			SEPARACIÓN CENTRAL		
	CARRIL BÁSICO (m)	CARRIL ADICIONAL (m)	ARCÉN EXTERIOR (m)	BERMAS (MÍNIMO) (m)	CARRIL BÁSICO (m)	ARCÉN EXTERIOR (m)	BERMAS (MÍNIMO) (m)	ARCENES INTERIORES (MÍNIMO) (m)	TRATAMIENTO SEPARACIÓN CENTRAL	TOTAL SEPARACIÓN CENTRAL (m)
Tipo 1 (C2+1A)	3,50	3,50	1,50-2,50	1,00	3,50	1,50-2,50	1,00	0,50	Sistema de contención de vehículos	2,00
Tipo 2 (C2+1B)	3,50	3,25-3,50	0,50-1,50	1,00	3,50	1,50	1,00	-	Sistema de contención de vehículos o Marca vial doble	1,00-2,00
Tipo 3 (C2+1C)	3,50	3,25-3,50	0,50-0,75	1,00	3,50	0,50-1,50	1,00	-	Marca vial doble	0,50



Las bermas mantienen una funcionalidad diversa para una carretera. Permiten alojar el sistema de contención de vehículos y la señalización vertical; pueden alojar diversos servicios; permiten la circulación de vehículos de emergencia; posibilitan la implantación de elementos de drenaje y hacen posible el apartadero de vehículos.

En el caso particular de diseño de un tramo con carriles adicionales de adelantamiento alternos, si se dispone de un arcén exterior de anchura suficiente podrá permitir apartarse a los vehículos ligeros que lo precisen por una circunstancia excepcional. Sin embargo, para extender esta posibilidad a los vehículos pesados existen dos alternativas: o bien se amplía el arcén exterior (arcén de detención de emergencia) o bien se puede reforzar parte de la berma para que sea pisable, mediante un diseño específico de los rellenos de berma compatible con la sección del firme y con el drenaje superficial y subterráneo de la plataforma. En ambos casos el coste económico implicado puede ser muy semejante.

En consecuencia, en tramos con carriles adicionales de adelantamiento alternos (Carretera 2+1) el diseño de la berma no tendrá que responder necesariamente al criterio de simetría.

Por otro lado, existe otra estrategia para permitir a los vehículos apartarse ante una situación excepcional, muy poco desarrollada en nuestro país, consistente en la disposición de apartaderos con una frecuencia adecuada. El proyecto de apartaderos específicos puede justificar la adopción de dimensiones más estrictas para la plataforma.

Las siguientes figuras 6.3, 6.4 y 6.5 presentan un esquema de la sección transversal para cada uno de las categorías de diseño Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3, respectivamente.

FIGURA 6.3
SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO 1

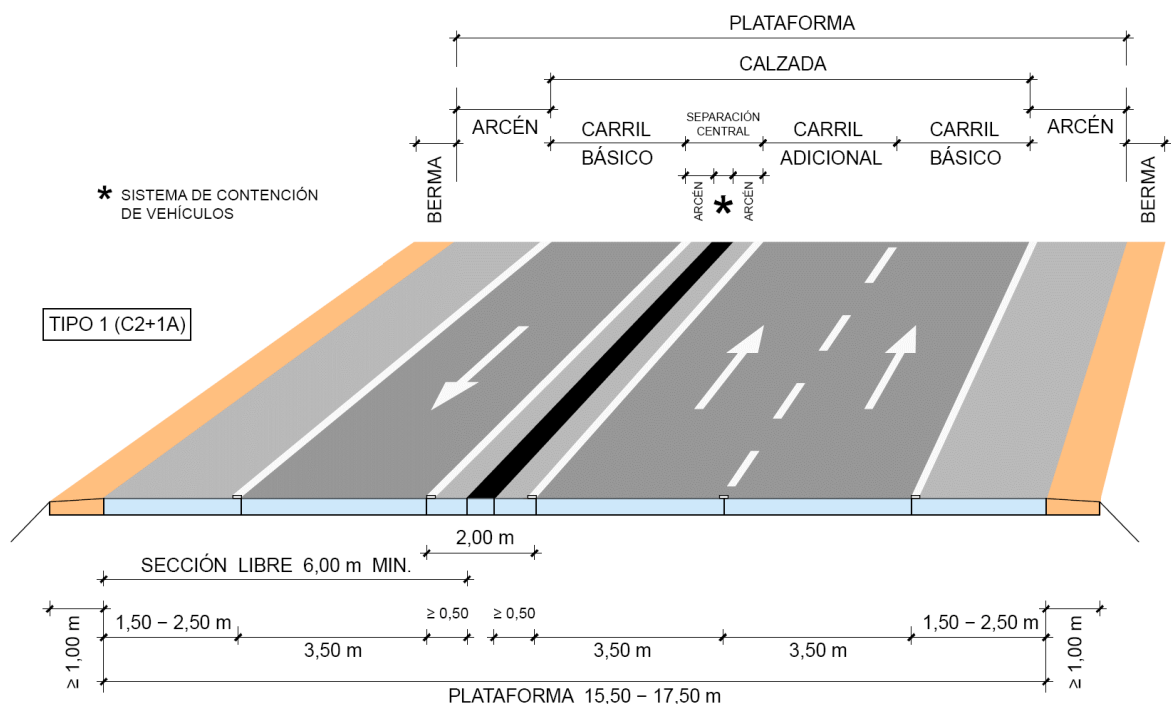




FIGURA 6.4
SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO 2

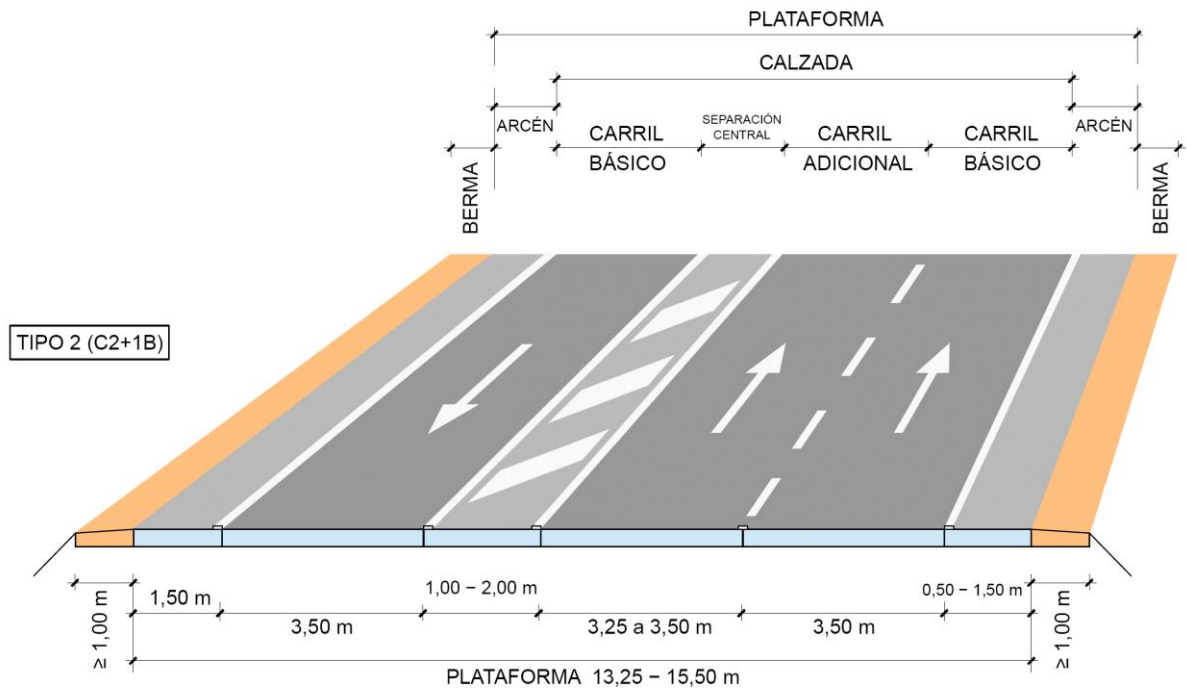
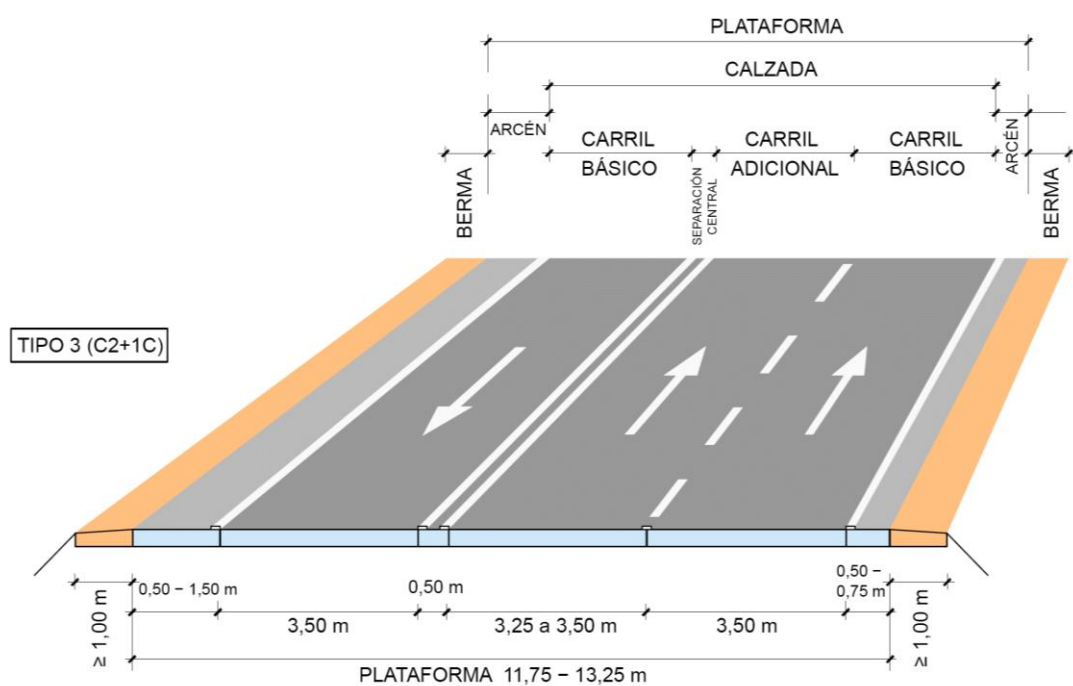


FIGURA 6.5
SECCIÓN TRANSVERSAL TIPO 3





6.2 SECCIONES TRANSVERSALES SINGULARES

Se considerarán secciones transversales singulares las correspondientes a túneles, soterramientos, cubrimientos y ciertos tipos de obras de paso, de acuerdo a lo establecido en el apartado 7.4 de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.

En el diseño de las zonas de transición de carriles adicionales de adelantamiento o de Carreteras 2+1 se aplicarán con carácter general los criterios de mantenimiento de distancias mínimas a túneles, soterramientos y cubrimientos y a obras de paso de sección transversal reducida, establecidos respectivamente en los epígrafes 9.6.3 y 9.6.4 de la Norma 3.1-IC.

En el caso de túneles, soterramientos, cubrimientos y obras de paso consecutivos y próximos, deberá proyectarse la sección transversal con la mayor homogeneidad posible.

Salvo estudio técnico-económico que justifique su no conveniencia, se podrá mantener el carril adicional de adelantamiento al paso por secciones transversales singulares. Cuando se dispongan carriles adicionales de adelantamiento en carreteras preexistentes en las que ya existan túneles u obras de paso de sección 1+1 (categorías de diseño Tipo 2 y Tipo 3), se podrá mantener en los mismos la configuración 1+1. En tal caso, en los tramos adyacentes a dichos túneles y obras de paso se realizará la interrupción del carril de adelantamiento con una zona de transición de sección 2+1 a sección 1+1, y de tal manera que se mantengan las distancias mínimas entre secciones características establecidas en el apartado 9.6 de la Norma 3.1-IC Trazado y en la normativa específica de seguridad en los túneles de la Red de Carreteras del Estado.⁵

Para estos túneles y obras de paso preexistentes se deberá reconfigurar la sección transversal (1+1), disponiendo una separación central con un ancho entre 0,50 y 1,00 m.

6.2.1 Túneles, soterramientos y cubrimientos

La sección transversal de túneles, soterramientos y cubrimientos se establecerá en función de su longitud, debiendo justificarse en cada caso la conveniencia o no de mantener la sección tipo genérica del tramo (epígrafe 7.4.1 de la Norma 3.1-IC). Se tendrá en cuenta asimismo las disposiciones de la normativa específica de seguridad en los túneles de la Red de Carreteras del Estado, y en particular la necesidad de realizar un análisis de riesgo.

Se evitará la disposición de sistemas de contención de vehículos en la separación central en túneles, soterramientos y cubrimientos con sección 1+1 que se ubiquen entre tramos consecutivos de sección 2+1, aun cuando en estos tramos adyacentes sí que se disponga sistema de contención de vehículos en la separación central, a fin de no constituir barreras que, en caso de accidente en el interior del túnel, puedan comprometer la celeridad y la seguridad de la evacuación. En tal caso se interrumpirá la barrera con suficiente longitud de antelación a los extremos del túnel, y en su lugar se podrán utilizar balizas flexibles u otros elementos de balizamiento (figura 6.6).

⁵ Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.



En caso de diseño de Carretera 2+1 del Tipo 1 (C2+1A), cuando en el interior del túnel se mantenga la sección 2+1 en la separación central se evitará la disposición de sistemas de contención de vehículos y su anchura podrá reducirse a un valor mínimo de un metro ($\geq 1,00$ m), pudiéndose emplear elementos flexibles de balizamiento en sustitución de la barrera (figura 6.7). Los arcenes podrán reducirse a un valor no inferior a un metro ($\nless 1,00$ m).

En caso de diseño de Carretera 2+1 del Tipo 2 (C2+1B) y Tipo 3 (C2+1C) sobre carreteras preexistentes la separación central podrá reducirse a un mínimo de medio metro ($\geq 0,50$ m). Los arcenes podrán reducirse a un valor no inferior a un metro ($\nless 1,00$ m). Del mismo modo, cuando en el interior del túnel se mantenga la sección 2+1 se evitará la disposición de sistemas de contención de vehículos en la separación central.

6.2.2 Obras de paso

La sección transversal de las obras de paso será función de su longitud, debiendo justificarse en cada caso la conveniencia o no de mantener la sección tipo genérica del tramo (epígrafe 7.4.2 de la Norma 3.1-IC). En todo caso, la anchura del tablero deberá contar con un espacio adicional que permita la correcta implantación de los sistemas de contención de vehículos de borde de tablero (pretil), la señalización vertical, los servicios y las posibles aceras u otros elementos de equipamiento sin mermar la sección transversal adoptada.

Se evitará la disposición de sistemas de contención de vehículos en la separación central en obras de paso con sección 1+1 que se ubiquen entre tramos consecutivos de sección 2+1, aun cuando en estos tramos adyacentes sí que se disponga sistema de contención de vehículos en la separación central. En tal caso se interrumpirá la barrera con suficiente longitud de antelación a los extremos de la obra de paso, y en su lugar se podrán utilizar balizas flexibles u otros elementos de balizamiento (figura 6.8)

En caso de diseño de Carretera 2+1 del Tipo 1 (C2+1A), cuando se trate de obras de paso de longitud mayor o igual que cien metros (≥ 100 m) y de sección transversal reducida respecto a la existente en los tramos contiguos, en la separación central no se dispondrá sistema de contención de vehículos y su anchura podrá reducirse a un valor mínimo de un metro ($\geq 1,00$ m), pudiéndose emplear elementos flexibles de balizamiento en sustitución de la barrera (figura 6.9). Los arcenes podrán reducirse a un valor no inferior a un metro ($\nless 1,00$ m). Cuando se trate de obras de paso de longitud menor que cien metros (< 100 m) se mantendrá el ancho de la plataforma (calzada y arcenes), si bien en casos justificados podrán aplicarse también las anteriores condiciones.

En caso de diseño de Carreteras 2+1 del Tipo 2 (C2+1B) y Tipo 3 (C2+1C) sobre carreteras preexistentes, en la separación central no se dispondrá de sistema de contención de vehículos, pudiéndose emplear elementos flexibles de balizamiento en su sustitución, y en las actuaciones sobre carreteras preexistentes su anchura podrá reducirse a un mínimo de medio metro ($\geq 0,50$ m). Los arcenes podrán reducirse a un valor no inferior a medio metro ($\nless 0,50$ m).



FIGURA 6.6
SECCIÓN TRANSVERSAL EN TÚNEL CON SECCIÓN 1+1

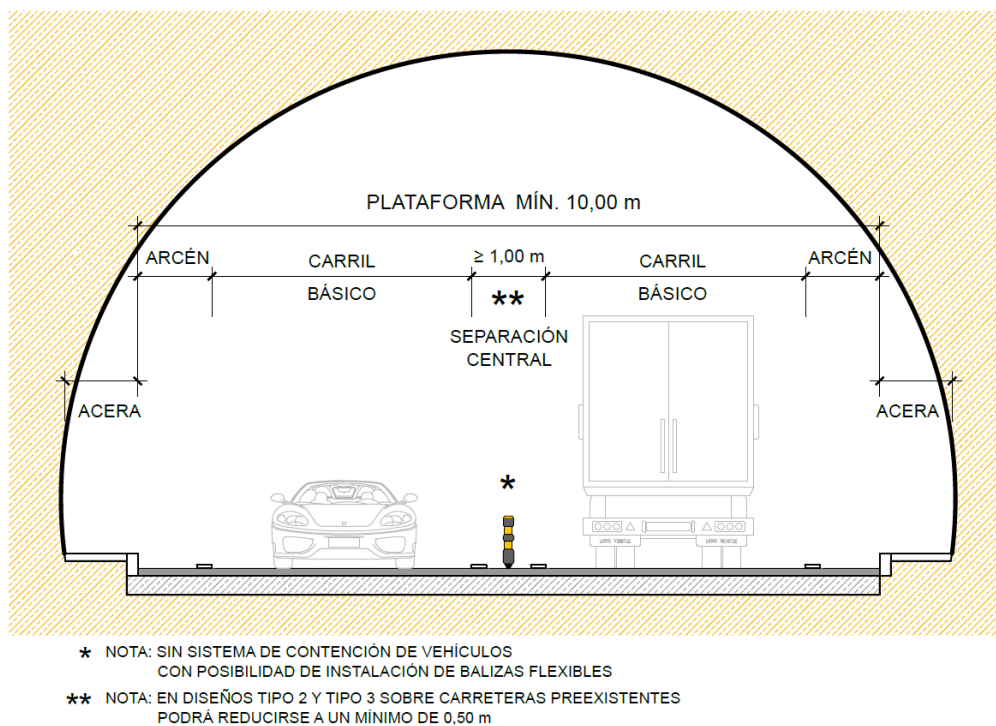


FIGURA 6.7
SECCIÓN TRANSVERSAL EN TÚNEL CON SECCIÓN 2+1

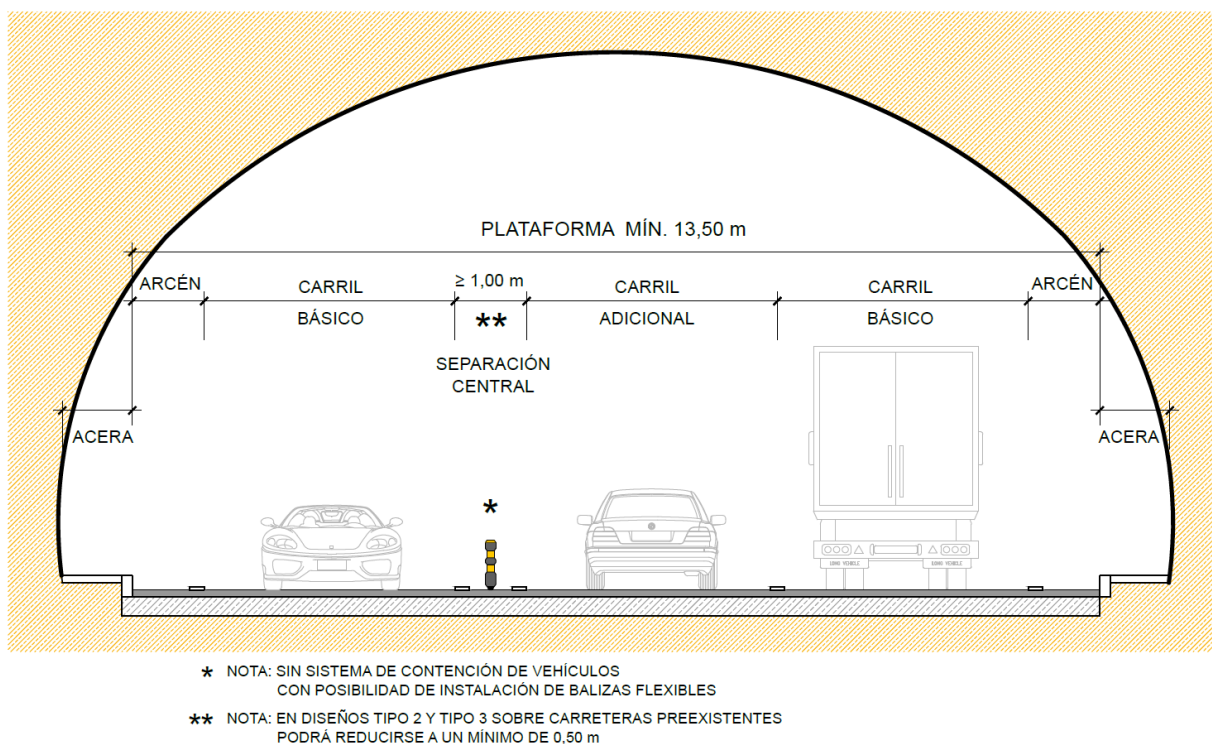
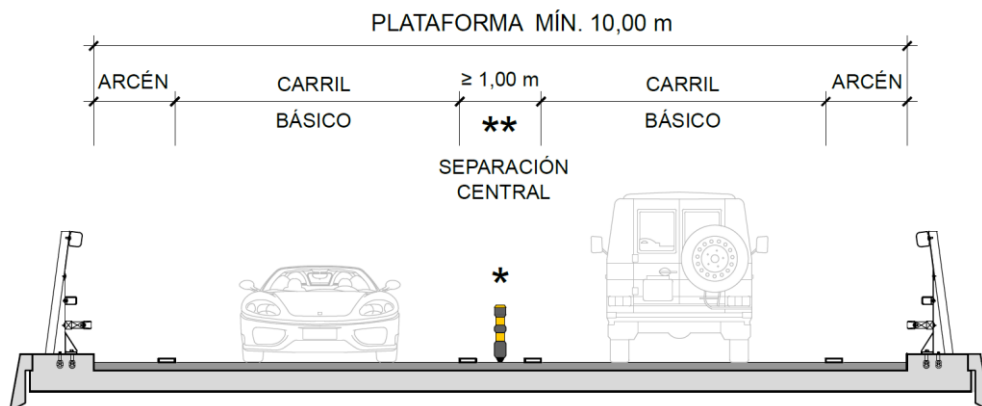


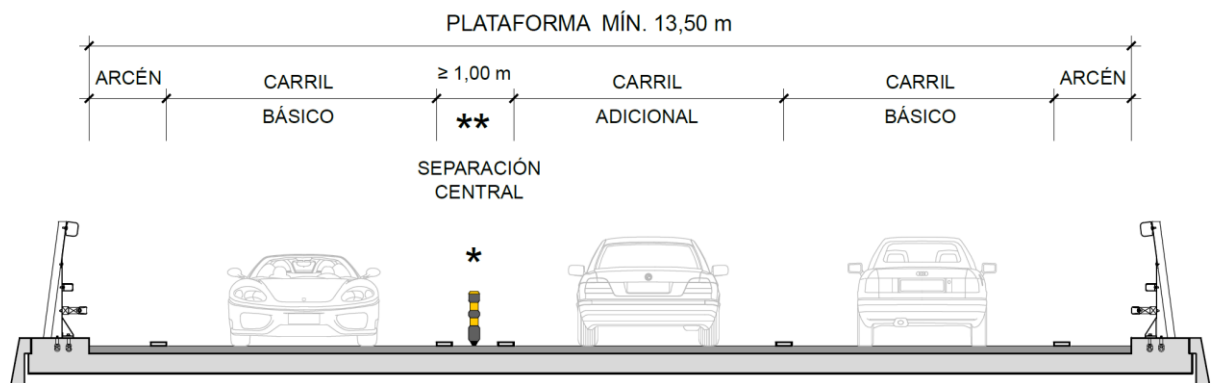


FIGURA 6.8
SECCIÓN TRANSVERSAL EN OBRAS DE PASO CON SECCIÓN 1+1



- * NOTA: SIN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
CON POSIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE BALIZAS FLEXIBLES
- ** NOTA: EN DISEÑOS TIPO 2 Y TIPO 3 SOBRE CARRETERAS PREEXISTENTES
PODRÁ REDUCIRSE A UN MÍNIMO DE 0,50 m

FIGURA 6.9
SECCIÓN TRANSVERSAL EN OBRAS DE PASO CON SECCIÓN 2+1



- * NOTA: SIN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS
CON POSIBILIDAD DE INSTALACIÓN DE BALIZAS FLEXIBLES
- ** NOTA: EN DISEÑOS TIPO 2 Y TIPO 3 SOBRE CARRETERAS PREEXISTENTES
PODRÁ REDUCIRSE A UN MÍNIMO DE 0,50 m



6.3 CREACIÓN DE APARTADEROS

En Carreteras 2+1 se estudiará la necesidad de implantación de apartaderos de emergencia o apartaderos de conservación y explotación conforme a lo establecido en el apartado 8.11 de la Norma 3.1-IC, especialmente en aquellos casos de diseño Tipo 3 (C2+1C) en los que se adopten secciones transversales con una anchura de los arcenes exteriores inferior a metro y medio ($< 1,50$ m).

Se denomina apartadero a un ensanche de la plataforma de la carretera destinado a permitir la detención de emergencia o el estacionamiento temporal de los vehículos. Los apartaderos se dispondrán preferentemente en la semicalzada con un único carril de circulación.

Si dichos apartaderos se proyectan para uso exclusivo de los vehículos de conservación y explotación se podrán definir con las dimensiones mínimas establecidas en el epígrafe 8.11.1 de la Norma 3.1-IC (figura 6.10).

FIGURA 6.10

APARTADERO DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN



No obstante, en determinados casos, las dimensiones mínimas de los apartaderos de conservación y explotación pueden resultar insuficientes para la detención de vehículos de dimensiones superiores a los diez metros (10 m) de longitud en condiciones suficientes de seguridad.

Por lo tanto, en carreteras de nuevo trazado, carreteras sin limitaciones de espacio en los márgenes, y en carreteras donde sea importante la presencia de vehículos de grandes dimensiones, resulta recomendable la disposición de apartaderos de emergencia con las dimensiones mínimas establecidas en el epígrafe 8.11.2 de la Norma 3.1-IC (figura 6.11), los cuales podrán ser utilizados tanto por los vehículos de conservación y explotación como por aquellos vehículos que sufran una emergencia.

FIGURA 6.11

APARTADERO DE EMERGENCIA





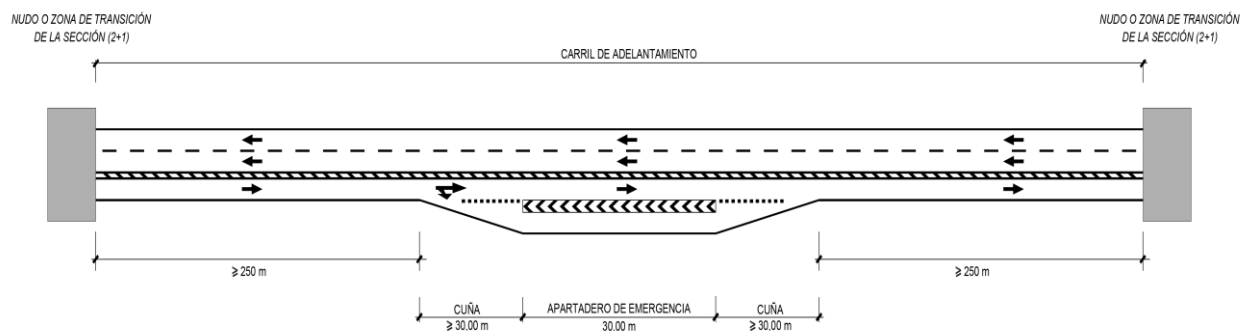
Los apartaderos de emergencia deberán ser divisados por los conductores a una distancia mayor o igual que la distancia de parada (D_p) correspondiente a la velocidad de proyecto del tramo. En su diseño se seguirán los criterios establecidos en el epígrafe 8.11.2 de la Norma 3.1-IC. El ancho total de los citados apartaderos será al menos de cuatro metros y cincuenta centímetros ($\geq 4,50$ m) con la siguiente distribución: tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) de apartadero propiamente dicho y una separación de la calzada de al menos un metro ($\geq 1,00$ m) conformada por marca vial doble con cebrado interior.

La longitud de los citados apartaderos de emergencia y de la zona cebrada será de treinta metros (30 m) con cuñas de transición al inicio y final, de longitud mínima treinta metros (≥ 30 m). Los apartaderos de emergencia y sus cuñas se dispondrán con la misma pendiente transversal que los arcenes de la calzada.

En cuanto a su ubicación, en carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 se dispondrán preferentemente en el margen de la semicalzada de un solo carril de circulación, a una distancia mínima de doscientos cincuenta metros (≥ 250 m) respecto a la sección característica inicial o final de los elementos de los nudos más próximos o de las zonas de transición de la sección 2+1 (figura 6.12)

FIGURA 6.12

DISPOSICIÓN DE APARTADERO DE EMERGENCIA EN CARRETERAS 2+1





7 ESTUDIO DE LA CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Desde un punto de vista funcional, la carretera convencional se caracteriza fundamentalmente porque la maniobra de adelantamiento debe invadir el sentido de circulación opuesto, siendo necesaria su regulación por parte de la infraestructura.

En un primer nivel de intervención, la regulación pasa por delimitar aquellas zonas en que el usuario dispone de suficiente visibilidad para desistir o completar la maniobra, mediante marcas viales y señalización vertical. Consecuencia de ello es la generación, para un tramo dado de la vía, de una longitud del mismo donde existen oportunidades de adelantamiento, si bien, dependiendo de las condiciones orográficas, este resultado puede ser o no satisfactorio.

No obstante, todavía no se tiene presente expresamente la existencia de huecos en la corriente de circulación opuesta y su reducción con el aumento de la demanda de tráfico. La no existencia de suficientes huecos en la corriente opuesta genera la aparición de colas móviles, columnas o pelotones que disminuyen el nivel de servicio de la vía y por tanto su capacidad. Lo destacable de estas condiciones es que si el trazado no proporciona un mínimo de oportunidades efectivas de adelantamiento hace falta una cantidad de vehículos lentos relativamente baja para deteriorar de forma muy significativa el nivel de servicio de la vía.

En un segundo nivel de intervención, se puede actuar materializando expresamente en la vía zonas de adelantamiento, de forma que no se invada el sentido opuesto, lo que se logra mediante la implantación de un carril adicional.

En los siguientes apartados se revisan diversas metodologías disponibles para el estudio de la implantación en carreteras convencionales de carriles adicionales de adelantamiento.

7.1 METODOLOGÍA DEL HCM DEL TRB

En el presente apartado se realiza una adaptación y síntesis del procedimiento de análisis de carreteras convencionales recogido en el Manual de Capacidad de Carreteras del TRB (Transportation Research Board), tomando como referencia su sexta versión (HCM6), y prestando atención expresa al diseño de carriles adicionales de adelantamiento. Conforme a la metodología correspondiente, las carreteras convencionales se clasifican en tres categorías funcionales básicas:

- Carreteras convencionales de Clase I. Carreteras interurbanas donde prima la movilidad y el usuario mantiene expectativa de desarrollar una mayor velocidad.
- Carreteras convencionales de Clase II. Carreteras interurbanas donde su funcionalidad ya no requiere necesariamente el desarrollo de una mayor velocidad o donde la presencia de condicionantes no lo permite.
- Carreteras convencionales de Clase III. Carreteras periurbanas donde prima fundamentalmente la accesibilidad.

Dado que una carretera convencional puede atender simultáneamente a diversas funcionalidades, es responsabilidad del analista justificar la correcta asignación del correspondiente tramo a su categoría atendiendo a los condicionantes básicos presentes y a la consideración de los objetivos de la actuación.



No obstante, por consistencia con el ámbito interurbano de empleo de los carriles adicionales de adelantamiento, no debería abordarse su utilización en la categoría funcional de Clase III, salvo circunstancias excepcionales que lo justifiquen.

Resulta muy importante tener claro que el estudio de tráfico a desarrollar puede corresponder a la fase de proyecto o a la de servicio. Incluso se puede considerar una fase de planeamiento metodológicamente semejante a la de proyecto, pero donde la información disponible es inferior. En el primer caso, fase de proyecto, las variables utilizadas en la metodología de estudio necesitarán ser estimadas; en el segundo, deben ser medidas directamente en campo y los datos sometidos a tratamiento estadístico para garantizar su representatividad.

La metodología de estudio para la fase de proyecto parte de considerar unas condiciones de funcionamiento de la infraestructura en flujo de tráfico ininterrumpido, situación que se puede dar en una carretera convencional si la circulación no se ve afectada por semaforizaciones o fuera de la incidencia de colas provocadas por nudos situados corriente abajo. Entrando en mayor detalle, el proceso parte de considerar unas condiciones de referencia ideales, en las que no existen restricciones de ningún tipo a la corriente de vehículos, que adaptadas a nuestro entorno estarían definidas por:

- Anchura de los carriles de 3,50 m.
- Disponible despeje lateral desde la calzada que se puede fijar en la existencia de un arcén de mínimo 1,50 m con una berma de 1 m (tabla 7.1 de la Norma 3.1-IC).
- Visibilidad de adelantamiento en todo el tramo (epígrafe 3.2.4 de la Norma 3.1-IC).
- Corriente de tráfico compuesta exclusivamente por vehículos ligeros.
- Terreno llano (tabla 2.2 de la Norma 3.1-IC).
- Inexistencia de perturbaciones derivadas de limitaciones específicas de velocidad, nudos, travesías o accesos.

Estas condiciones ideales serán corregidas mediante coeficientes de ajuste para adaptarlas a las condiciones concretas del problema considerado. En cualquier caso, deben explicitarse y justificarse las hipótesis adoptadas en el análisis. Para los valores no incluidos en estas recomendaciones de factores correctores se debe recurrir directamente a las tablas del HCM.

En condiciones ideales se considera que la carretera convencional de un carril por sentido dispone de una capacidad de 3.200 vl/h en ambas direcciones y de 1.700 vl/h en una dirección (1.500 vl/h en la dirección opuesta). No conviene olvidar que estos valores resultan difíciles de alcanzar en la realidad para una carretera convencional de un carril por sentido, pues las hipótesis enunciadas no se verificarán en mayor o menor medida, provocando el deterioro de las condiciones de adelantamiento.

La disposición de un carril adicional dedicado a facilitar la maniobra de adelantamiento en una carretera convencional emplazada en terreno llano u ondulado permite mejorar su nivel de servicio, y que sus condiciones operativas alcancen un rango de eficiencia mayor. Estos carriles proporcionan oportunidades de realizar adelantamientos seguros, reduciendo las demoras y mejorando la velocidad media de recorrido del tramo. Que además se manifieste en un aumento de la capacidad del corredor vendrá dado por la magnitud de los condicionantes concretos del tramo.



Actualmente, el estudio de tráfico a realizar requiere considerar por separado cada sentido de circulación, y además tener presente para estudios de proyecto los siguientes casos en función básicamente de las condiciones orográficas:

- Estudio direccional de un tramo en terreno genérico (llano u ondulado, tabla 2.2 de la Norma 3.1-IC).
- Estudio direccional de un tramo de inclinación específica (rampa o pendiente, o combinado), en cuyo caso debe analizarse el efecto de estas inclinaciones sobre las prestaciones de los vehículos pesados.
- Estudio direccional de un tramo con carriles adicionales de adelantamiento que se conectan con carriles adicionales para vehículos lentos (en rampas o pendientes), en cuyo caso deben diseñarse conforme a la última consideración.

A este respecto, hay que señalar que en el caso de tramos en terreno genérico calificado como montañoso, o con inclinaciones iguales o superiores a un 3 % en una longitud con efecto significativo sobre los vehículos pesados, se debe realizar un estudio con inclinación específica. La necesidad de evaluar el tipo de terreno y los matices asociados influyen en los coeficientes de ajuste a emplear para las principales variables y en la equivalencia de los vehículos pesados a vehículos ligeros.

Dentro de las limitaciones de la metodología es de señalar que no se considera la existencia de nudos consecutivos cercanos, en cuyo caso el tramo debe ser analizado con la metodología de una carretera urbana.

Para mantener la coordinación con las fuentes originales se han mantenido los acrónimos de las variables básicas empleadas, aunque las relativas a la demanda se han ajustado a los criterios propios tradicionales.

7.1.1 Definición de los niveles de servicio

Respecto a los niveles de servicio, debido a la amplia diversidad de condiciones en las que operan las carreteras convencionales, se definen a partir de tres medidas de eficiencia de la circulación que intentan valorar la percepción de los usuarios en el recorrido del tramo:

- Velocidad media de recorrido (ATS), que se puede calcular a través del tiempo medio de recorrido empleado por los vehículos para atravesar el tramo y de su longitud, durante un periodo de observación. Se calcula considerando los dos sentidos y la composición completa del tráfico. Esta variable se relaciona con la movilidad que proporciona el tramo de una forma global.
- Porcentaje del tiempo perdido en cola (PTSF), definido como el porcentaje medio del tiempo empleado por los vehículos viajando en una cola móvil al atravesar el tramo durante el periodo de observación (demora en tiempo). Se trata pues de una medida que intenta valorar la percepción del usuario en su recorrido del trayecto de una forma más local, asociada a las condiciones de comodidad de la conducción, y resulta de difícil evaluación en campo. Para soslayar esta dificultad se puede utilizar una variable sustitutoria definida por el porcentaje de vehículos que viajan en cola, estimada a través del número de vehículos que circulan con un intervalo inferior a 3 s en un emplazamiento específico, durante el periodo de observación.



- Porcentaje alcanzado de la velocidad libre (PFFS), es decir, el porcentaje medio de la velocidad libre alcanzada en el recorrido, durante el periodo de observación. Esta variable intenta cuantificar las posibilidades de aprovechamiento que permite la infraestructura.

Cabe recordar que el estudio de tráfico puede corresponder a la fase de proyecto o a la de servicio. En el primer caso las variables de cálculo necesitarán ser estimadas por el procedimiento que seguidamente se describe de forma sucinta; en el segundo deberán ser medidas directamente en campo.

Conviene también reseñar que, por coherencia del procedimiento, estas variables en fase de proyecto deben estar relacionadas con la hora de proyecto elegida, por lo que el periodo de estudio debe adoptarse de forma que se centre en la correspondiente intensidad. Adicionalmente, como también resulta evidente, en caso de variables obtenidas en campo se requiere del tratamiento estadístico de las mediciones, debiendo realizarse esta tarea en el contexto de un estudio de tráfico integral y asegurando la representatividad de los datos.

Para definir los niveles de servicio de las carreteras convencionales de Clase I se utilizan como medidas de eficiencia la velocidad media de recorrido y el porcentaje de tiempo perdido en cola. Sin embargo, para las carreteras convencionales de Clase II, con menores expectativas respecto a la movilidad, se emplea exclusivamente el porcentaje de tiempo perdido en cola. Para las carreteras convencionales de Clase III, donde se asume manifiestamente que no se dispone de buenas condiciones para la movilidad, y se busca un recorrido lo más estable posible y cercano a la velocidad señalizada en el tramo, se utiliza el porcentaje alcanzado de la velocidad libre.

En la tabla 7.1 se presentan los valores de las variables que definen cada nivel de servicio de forma gradual.

TABLA 7.1. DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO

NIVEL DE SERVICIO	CLASE I		CLASE II	CLASE III
	VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO ⁶ (km/h)	PORCENTAJE DEL TIEMPO PERDIDO EN COLA (%)	PORCENTAJE DEL TIEMPO PERDIDO EN COLA (%)	PORCENTAJE ALCANZADO DE LA VELOCIDAD LIBRE (%)
A	> 90	≤ 35	≤ 40	> 91,7
B	>80-90	>35-50	>40-55	>83,3-91,7
C	>70-80	>50-65	>55-70	>75,0-83,3
D	>65-70	>65-80	>70-85	>66,7-75,0
E	≤ 65	> 80	> 85	≤ 66,7

⁶ Los valores han sido redondeados para adaptarlos a nuestros escalones de velocidad.



7.1.2 Metodología para la estimación de las medidas de eficiencia de la circulación

El estudio debe partir de una tramificación de la vía analizada en subtramos homogéneos (segmentos) respecto a las condiciones orográficas, de trazado y tráfico. Para cada subtramo, y según la clasificación de la vía, se tiene que dar respuesta a las siguientes cuestiones:

- Obtención de la velocidad libre.
- Obtención de la demanda de tráfico.
- Obtención de la velocidad de recorrido.
- Obtención del porcentaje del tiempo perdido en cola.
- Obtención del porcentaje alcanzado de la velocidad libre.

En función de la categoría de la carretera se podrá omitir alguna de estas variables. En cualquier caso, se debe estudiar cada sentido de circulación de cada segmento de carretera convencional, considerando expresamente la presencia de rampas o pendientes, carriles adicionales para vehículos lentos, efecto de accesos y de nudos.

Deducidas estas variables se puede valorar para cada sentido el nivel de servicio del subtramo y su capacidad inicial, antes de la implantación de los carriles adicionales de adelantamiento.

7.1.3 Obtención de la velocidad libre

Se debe tener muy presente que la velocidad libre no tiene por qué corresponder con la velocidad señalizada, y tampoco necesariamente con la velocidad de proyecto. Dependiendo del tipo de estudio deberá ser observada en campo o estimada en gabinete.

La observación en campo requiere tener presente a qué intensidades de tráfico se realiza la toma de datos, con un valor recomendado de menos de 200 veh/h. El tamaño mínimo de la muestra aleatoria debería superar los 100 vehículos para cada sentido de circulación. La ecuación de ajuste propuesta⁷ por el HCM es la siguiente:

$$FFS_d = S_{FM} + 0,01249 \left(\frac{IH}{f_{VP}} \right)$$

Donde:

FFS_d = velocidad libre media en el sentido analizado (km/h);

S_{FM} = velocidad media de la muestra observada (km/h);

IH = intensidad horaria de tráfico total, en ambos sentidos, durante el periodo de observación (veh/h);

f_{VP} = factor corrector por la presencia de vehículos pesados, que es específico para la estimación de la ATS o del PTSF.

⁷ Con los datos de la muestra puede ser deducida una ecuación específica mediante ajuste.



Respecto a la estimación en gabinete, el HCM⁸ tradicionalmente ha presentado un método que a su vez requiere primero estimar su valor en condiciones ideales (base) y proceder a su reducción atendiendo a los principales factores involucrados: la anchura de carril, el despeje lateral y la densidad de puntos de acceso.

$$FFS_d = FFS_{BASE} - f_{CD} - f_A$$

En esta expresión se ha procedido a realizar un cambio de unidades de los factores correctores para que proporcione los valores directamente en km/h. En la estimación de la velocidad libre base o ideal (FFS_{BASE}) se puede apoyar en valores observados en otros casos cuyas condiciones de trazado sean semejantes al analizado.

El factor corrector, f_{CD} , tiene en cuenta de forma conjunta la anchura de carril y el arcén. Teniendo siempre presente que los valores no corresponden exactamente a nuestro entorno, los valores adaptados para los factores de corrección pueden ser los mostrados en la tabla 7.2:

TABLA 7.2. COEFICIENTE DE AJUSTE DE LA VELOCIDAD LIBRE POR ANCHURAS

ANCHURA CARRIL (m)	ANCHURA DEL ARCÉN (m)		
	≥ 0 - 1	≥ 1 - 2	≥ 2
< 3,00	10,3	7,7	3,5
≥ 3,00-3,35	8,5	5,9	1,7
≥ 3,35-3,65	7,5	4,8	0,6
≥ 3,65	6,7	4,2	0,0

El factor corrector por densidad de accesos, f_A , se obtiene contabilizando el número total de accesos, incluyendo los derivados de la presencia de nudos, por ambas márgenes y dividiendo por la longitud del segmento estudiado en kilómetros. Los valores adaptados pueden ser:

TABLA 7.3. COEFICIENTE DE AJUSTE DE LA VELOCIDAD LIBRE POR DENSIDAD DE ACCESOS

NÚMERO DE ACCESOS	f_A
0	0,0
10	4,0
20	8,0
30	12,1
40	16,1

⁸ En rigor, los factores correctores requieren de calibración para aplicación al caso de la red española.



Dado que este procedimiento lleva asociada cierta incertidumbre, puede ser preferible estimar la velocidad libre directamente por comparación con tramos semejantes, justificando adecuadamente tal semejanza.

7.1.4 Obtención de la demanda de tráfico

Para la deducción de la intensidad horaria de tráfico se emplea la metodología clásica propuesta por el HCM, que trabaja en vehículos ligeros equivalentes y referidos a un intervalo de conteo de 15 minutos. De esta manera, el volumen horario discreto se convierte en una tasa horaria continua. La elección de la hora de referencia corresponde a la punta dentro del periodo de observación entorno a la hora de proyecto.

Para la estimación en gabinete, los ajustes contemplados corresponden a la consideración de vehículos ligeros y a considerar el posible efecto de la rasante sobre los propios vehículos ligeros. La intensidad horaria equivalente deducida, en vehículos ligeros a la hora, se obtendría como:

$$IHE_d = \frac{IH_d}{FHP f_{VP} f_{IVL}}$$

Donde:

IH_d = intensidad horaria en la hora de proyecto en el sentido analizado (veh/h);

FHP = factor de hora punta;

f_{VP} = factor corrector por la presencia de vehículos pesados;

f_{IVL} = factor corrector por efecto de la inclinación sobre los propios vehículos ligeros.

Respecto a la hora punta se debe señalar que para tramos interurbanos no resultan habituales descargas de tráfico concentradas en periodos inferiores a la hora que obliguen a la consideración de un factor corrector por este efecto. No obstante, en tramos periurbanos o más urbanos puede ser conveniente su utilización.

La intensidad horaria equivalente debe obtenerse para cada sentido de circulación y los factores correctores son distintos si la estimación va encaminada a deducir posteriormente la velocidad de recorrido o el porcentaje de tiempo perdido en cola.

Salvo que se disponga de datos detallados sobre la composición de la corriente de vehículos, el factor corrector por la presencia de vehículos pesados se deduce de la siguiente expresión clásica donde se ha considerado que la corriente está constituida exclusivamente por vehículos ligeros y pesados:

$$f_{VP} = \frac{1}{1 + P_{VP}(E_{VP} - 1)}$$

Donde:

P_{VP} = porcentaje de vehículos pesados (tanto por uno);

E_{VP} = vehículos ligeros equivalentes a los pesados, dependiente de las condiciones de la rasante.



Las expresiones enunciadas también permiten estimar la capacidad del segmento en condiciones reales (c_{VR}) para cada sentido de circulación, o incluso carril específico, atendiendo tanto a la intensidad horaria equivalente deducida para la velocidad de recorrido como para el porcentaje de tiempo perdido en cola. En ambos casos se utilizará la ecuación:

$$c_{VR} = 1.700 FHP f_{IVL} f_{VP}$$

Se observa que el principal factor corresponde a la equivalencia de los vehículos pesados a ligeros, que a su vez depende de su cantidad y del efecto de la rasante del tramo sobre ellos. Por ello, el efecto de introducir los carriles adicionales de adelantamiento sobre la capacidad del tramo resulta teóricamente más sujeto a discusión con este modelo de análisis, lo que no ocurre para las variables que definen los niveles de servicio. Sin embargo, considerando la semicalzada como multicarril, este valor de la capacidad debe ser multiplicado por un coeficiente en la dirección en que se dispone del carril adicional de adelantamiento, que en una situación ideal tendría un valor próximo a 2 en caso de que esa dirección dispusiera en todo el tramo del carril adicional a su disposición.

Por ello, el efecto sobre la capacidad para una Carretera 2+1 depende en última instancia de la longitud efectiva que se pueda conseguir de implantación de carril adicional de adelantamiento para cada sentido y de la elección correcta de los emplazamientos.

Dado que los factores correctores dependen a su vez de la intensidad horaria, es necesario proceder de forma iterativa.

7.1.5 Obtención de la velocidad media de recorrido

Tal como se ha señalado, esta variable se puede obtener en campo mediante el tratamiento estadístico de una muestra suficientemente amplia, o ser estimada en gabinete recurriendo a ajustes conocidos deducidos en condiciones más generales. Para la estimación, el HCM propone la siguiente expresión basada en un ajuste lineal de datos de campo:

$$ATS_d = FFS_d - 0,01249 (IHE_d + IHE_o) - 1,6093 f_{ZNA,ATS}$$

Donde:

ATS_d = velocidad de recorrido en el sentido analizado (km/h);

FFS_d = velocidad libre (km/h);

IHE_d = intensidad horaria equivalente del sentido analizado (vl/h);

IHE_o = intensidad horaria equivalente del sentido opuesto (vl/h);

$f_{ZNA,ATS}$ = factor corrector por la presencia de zonas con imposibilidad de adelantamiento en el sentido analizado.

Las intensidades horarias equivalentes deben ser deducidas con los factores correctores que corresponden a la estimación de la velocidad media de recorrido. La expresión pone en evidencia la dependencia de la velocidad de recorrido del tráfico correspondiente al sentido opuesto y de la disponibilidad de oportunidades efectivas de adelantamiento. Sobre esta variable los carriles de adelantamiento tienen un efecto local, cuya evaluación se expone más adelante.



Dado que también los factores correctores dependen a su vez de la intensidad horaria, es necesario proceder de forma iterativa. Para los valores no incluidos de factores correctores se debe recurrir directamente a las tablas incluidas en el HCM.

7.1.6 Obtención del porcentaje de tiempo perdido en cola

Al igual que con la variable anterior, se puede obtener en campo mediante el tratamiento estadístico de una muestra suficientemente amplia, si bien, resulta más sencillo recurrir a una variable sustitutoria constituida por el porcentaje de vehículos que viajan en cola, estimada a través del número de vehículos que circulan con un intervalo inferior a 3 s.

Para la estimación en gabinete se pueden emplear ajustes de carácter general. En concreto, el HCM propone la siguiente expresión:

$$PTSF_d = PTSF_{BASE,d} + f_{ZNA,PTSF} \left(\frac{IHE_d}{IHE_d + IHE_o} \right)$$

Las intensidades horarias equivalentes deben ser deducidas con los factores correctores que corresponden a la estimación del porcentaje de tiempo perdido en cola. A su vez, el porcentaje de tiempo perdido en cola base en el sentido de análisis se deduce de la siguiente expresión derivada de un ajuste de datos de campo:

$$PTSF_{BASE,d} = 100 \left[1 - e^{(a \cdot IHE_d^b)} \right]$$

Donde a y b son coeficientes del ajuste. Los porcentajes se obtienen en tanto por uno. Al igual que con las variables anteriores, los factores correctores dependen a su vez de la intensidad horaria, resultando necesario proceder de forma iterativa.

La expresión empleada en este modelo de análisis también pone en evidencia la dependencia de del porcentaje del tiempo perdido en cola del tráfico correspondiente al sentido opuesto y de la disponibilidad de oportunidades efectivas de adelantamiento. Estos aspectos son mejorados localmente con la implantación de los carriles adicionales.

7.1.7 Obtención del porcentaje alcanzado de la velocidad libre

Su deducción se realiza a partir de las variables ya calculadas, puesto que se define como:

$$PFFS_d = \frac{ATS_d}{FFS_d}$$

Este resultado se obtiene en tanto por uno.

7.1.8 Efecto de la presencia de carriles adicionales de adelantamiento

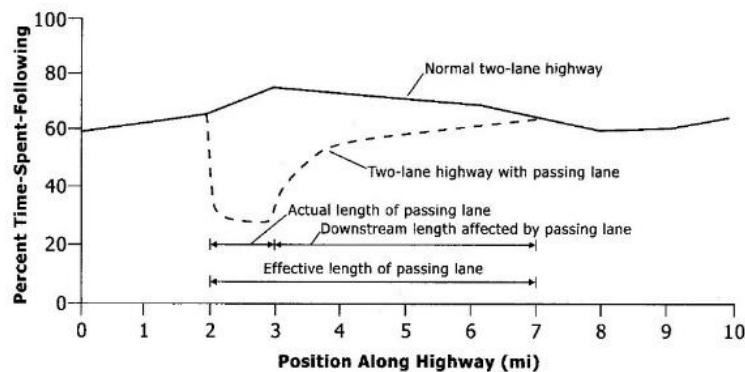
Una vez evaluada la situación inicial, se debe analizar el efecto de mejora que proporcionan los carriles adicionales que se pretende implantar. Evidentemente, en el estudio se pueden abordar distintos escenarios de ejecución considerando como objetivos optimizar el emplazamiento y la longitud del carril adicional.



El procedimiento descrito en el HCM sólo resulta aplicable en terreno llano u ondulado; para inclinaciones superiores se estudiarán como carriles adicionales para vehículos lentos. En la clásica figura 7.1 se puede observar cómo la existencia de un carril adicional de adelantamiento localizado reduce el tiempo perdido en cola en un tramo de mayor longitud de la del propio carril.

FIGURA 7.1

**EFFECTO CLÁSICO DE UN CARRIL DE ADELANTAMIENTO
SOBRE EL TIEMPO PERDIDO EN COLA**



Fuente: Harwood and Hoban (referido en HCM2010).

El mismo efecto se verifica sobre la velocidad media de recorrido. El HCM propone las siguientes longitudes óptimas, que incluyen las longitudes de las correspondientes cuñas de transición:

TABLA 7.4. LONGITUDES RECOMENDADAS DE CARRILES ADICIONALES

INTENSIDAD HORARIA EQUIVALENTE EN EL SENTIDO DE ANÁLISIS (vl/h)	LONGITUD RECOMENDADA (km)
≤ 100	$\leq 0,8$
$> 100 \leq 400$	$> 0,8 - \leq 1,2$
$> 400 \leq 700$	$> 1,2 - \leq 1,6$
≥ 700	$> 1,6 - \leq 3,2$

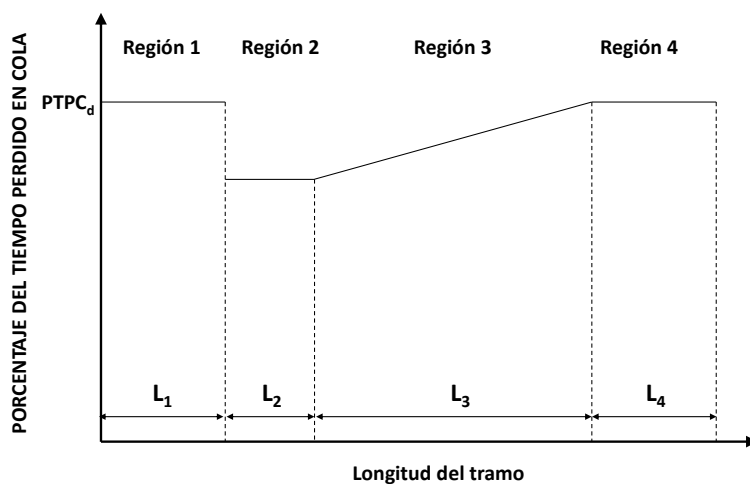
El procedimiento de estudio pasa por modelizar de forma simplificada las curvas de respuesta de las variables tiempo perdido en cola y velocidad media de recorrido ante la presencia del carril adicional de adelantamiento. Para ello es necesario dividir el tramo en segmentos o regiones de características uniformes.

Para el caso de la estimación del porcentaje de tiempo perdido en cola las regiones se reflejan en la siguiente figura 7.2:



FIGURA 7.2

REGIONES DE CARA A LA ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE TIEMPO PERDIDO EN COLA



La longitud total del tramo de estudio se divide en función de las longitudes de cada región:

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

La región 2 corresponde al propio carril de adelantamiento y la región 3 a la zona afectada por el carril adicional de adelantamiento, cuya longitud se puede encontrar en la tabla 7.5 para las distintas variables de análisis. El resto de regiones completan la longitud del tramo de estudio y se supone que no se ven afectadas por el carril adicional.

TABLA 7.5. LONGITUD REGIÓN 3

INTENSIDAD HORARIA EQUIVALENTE (vl/h)	LONGITUD DEL TRAMO AFECTADO POR EL CARRIL ADICIONAL, L ₃ (km)	
	PARA PORCENTAJE DE TIEMPO PERDIDO EN COLA	PARA VELOCIDAD DE RECORRIDO
≤ 200	20,9	2,7
300	18,7	2,7
400	13,0	2,7
500	11,7	2,7
600	10,4	2,7
700	9,2	2,7
800	8,0	2,7
900	6,9	2,7
≥ 1.000	5,8	2,7



El porcentaje de tiempo perdido en cola se estima por composición de las longitudes de cada región para el segmento de análisis:

$$PTSF_{CAA} = \frac{PTSF_d \left[L_1 + L_4 + f_{CAA} L_2 + \left(\frac{1 + f_{CAA}}{2} \right) L_3 \right]}{L_T}$$

Donde:

$PTSF_{CAA}$ = porcentaje de tiempo perdido en cola con el carril adicional de adelantamiento (tanto por uno);

f_{CAA} = factor corrector que recoge el efecto del carril adicional sobre el porcentaje de tiempo perdido en cola, que puede obtenerse de la tabla 7.6.

TABLA 7.6. FACTORES DE CORRECCIÓN PORCENTAJE DE TIEMPO PERDIDO EN COLA

INTENSIDAD HORARIA EQUIVALENTE EN EL SENTIDO DE ANÁLISIS (vl/h)	FACTOR CORRECTOR f_{CAA}
≤ 100	0,58
200	0,59
300	0,60
400	0,61
500	0,61
600	0,61
700	0,62
800	0,62
≥ 900	0,62

En el caso de que en la zona afectada por el carril adicional se sitúe una población, algún tipo de nudo o cambien de forma sustancial las condiciones de la carretera, su longitud, L'_3 , será inferior al valor propuesto, L_3 , siendo necesario recurrir a la siguiente expresión:

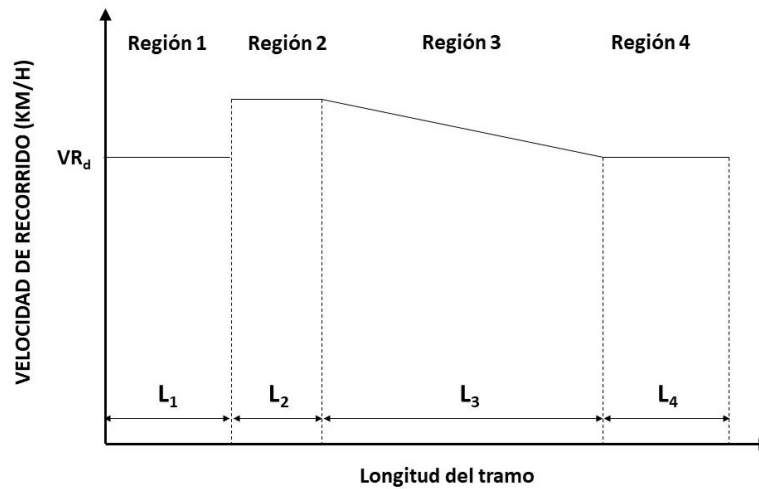
$$PTSF_{CAA} = \frac{PTSF_d \left[L_1 + f_{CAA} L_2 + f_{CAA} L'_3 + \left(\frac{1 - f_{CAA}}{2} \right) \left(\frac{L'^2_3}{L_3} \right) \right]}{L_T}$$

Para la estimación de la velocidad de recorrido las regiones son semejantes y se reflejan en la siguiente figura 7.3.



FIGURA 7.3

REGIONES DE CARA A LA ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE RECORRIDO



Por otro lado, la velocidad media de recorrido se estima también por composición de las longitudes de cada región para el tramo de análisis:

$$ATS_{CAA} = \frac{ATS_d L_T}{L_1 + L_4 + \left(\frac{L_2}{f'_{CAA}}\right) + \left(\frac{2}{1 + f'_{CAA}}\right) L_3}$$

Donde:

ATS_{CAA} = velocidad media de recorrido con el carril adicional (km/h);

f'_{CAA} = factor corrector que recoge el efecto del carril adicional sobre la velocidad media de recorrido, que puede obtenerse de la tabla 7.7.



TABLA 7.7. FACTORES DE CORRECCIÓN VELOCIDAD MEDIA DE RECORRIDO

INTENSIDAD HORARIA EQUIVALENTE EN EL SENTIDO DE ANÁLISIS (vl/h)	FACTOR CORRECTOR f'_{CAA}
≤ 100	1,08
200	1,09
300	1,10
400	1,10
500	1,10
600	1,11
700	1,11
800	1,11
≥ 900	1,11

Al igual que con el porcentaje de tiempo perdido en cola, si no puede alcanzarse toda la longitud de la región afectada por el carril adicional, la expresión utilizada para estimar la velocidad de recorrido sería:

$$ATS_{CAA} = \frac{ATS_d L_T}{L_1 + \left(\frac{L_2}{f'_{CAA}}\right) + \left[\frac{2}{1 + f'_{CAA} + (f'_{CAA} - 1) \left(\frac{L_3 - L'_3}{L_3}\right)} \right] L'_3}$$

7.1.9 Procedimiento de agregación de varios segmentos

Varios tramos pueden ser combinados en uno único de mayor longitud, lo que nos permite evaluar un corredor de forma global. Para ello se pueden obtener el porcentaje de tiempo perdido en cola y la velocidad media de recorrido a través de una media ponderada. El cálculo se debe realizar por sentido y como pesos se utilizarán:

- Para realizar la combinación de las velocidades de recorrido se proponen los vehículos-kilómetros recorridos en la dirección de análisis durante los 15 minutos punta de estudio en los correspondientes tramos:

$$VKMT_i = 0,25 \left(\frac{IH_{d,i}}{FHP} \right) L_{T,i}$$

- Para realizar la combinación de los porcentajes de tiempo perdido en cola se opta por los tiempos totales de recorrido empleados por todos los vehículos-kilómetros anteriores:

$$TT_i = \frac{VKMT_i}{ATS_{d,i}}$$



Según este procedimiento, para un corredor compuesto de tramos homogéneos se tendrá:

$$ATS_{TOTAL} = \frac{VKMT_1 + VKMT_2 + \dots + VKMT_N}{TT_1 + TT_2 + \dots + TT_N}$$
$$PTSF_{TOTAL} = \frac{(TT_1 \cdot PTSF_1) + (TT_2 \cdot PTSF_2) + \dots + (TT_N \cdot PTSF_N)}{TT_1 + TT_2 + \dots + TT_N}$$

No obstante, este procedimiento no debe emplearse para combinar tramos de diferentes categorías funcionales. Para el caso de la carretera de Clase III, que normalmente mantiene longitudes reducidas, no resulta necesario proceder a su combinación.

7.2 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS ALTERNATIVAS

En la bibliografía que acompaña estas recomendaciones se encuentra un artículo que, mediante técnicas de simulación, propone ajustes distintos para la estimación de las variables expuestas para cuantificar la eficiencia del diseño, buscando una adaptación a las condiciones específicas de nuestro país (referencia 28). Por otro lado, diversos países de nuestro entorno han desarrollado sus propios manuales de capacidad de carreteras. Ejemplo de ello es el Manual de Capacidad alemán (HBS 2015), el de Países Bajos o el de Finlandia, adaptados a su tipo de viario.

Al margen de lo expuesto, siempre existe la posibilidad de recurrir a técnicas de microsimulación del tráfico, mediante aplicaciones desarrolladas expresamente o utilizando las diversas ya existentes (TWOPAS, VISSIM, AIMSUN, CORSIM, etc.). En estos modelos, se deben explicitar expresamente las calibraciones respecto a la realidad y las hipótesis que se adopten en la modelización.

Otro aspecto que merece comentario aparte es la elección de las propias variables de eficiencia utilizadas para establecer los niveles de servicio (PTSF, ATS y PFFS). Por ello, además de las variables comentadas, existen otras posibilidades todavía en fase de investigación o recogidas en otras metodologías, como son:

- La velocidad media de recorrido de los vehículos ligeros (ATS_{vl}), centrada exclusivamente en este tipo de vehículos, que son los que sufren la demora.
- La relación ATS_{vl}/FFS_{vl} , donde FFS_{vl} considera exclusivamente los vehículos ligeros.
- La clásica relación de capacidad, v/c .
- El porcentaje de seguidores (PF) en colas móviles.
- La densidad de vehículos en cola (FD), definida por el producto del porcentaje de seguidores y la densidad. Según algunos estudios resulta una variable prometedora para evaluar la calidad del servicio.
- Porcentaje de vehículos impedidos (PI) por otros vehículos lentos, obtenido como producto de la probabilidad P_p de que un vehículo forme parte de una cola, asumiendo una separación entre vehículos dada, y de la probabilidad P_i de que un vehículo sea impedido de circular a su velocidad deseable. P_p se puede obtener mediante las observaciones de separaciones entre vehículos y P_i se puede estimar a partir de la distribución de las velocidades de los vehículos en cola y las de aquellos que lideran las colas.



La relación ATS-intensidad, la forma de introducir el efecto de los vehículos pesados o la propia adopción de un intervalo de 3 s, son aspectos sujetos a debate. Si bien, todavía no se cuenta con suficiente experiencia que permita normalizar el empleo de estas variables y objective la graduación de los niveles de servicio.



8 NUDOS

Se denomina nudo a la zona en la que existe cualquier tipo de concurrencia espacial de dos o más vías que implique la posibilidad de pasar de una a las otras. Incluye los ramales de enlace y las vías de giro y, eventualmente, las intersecciones que puedan utilizar los vehículos al pasar de una carretera a otra. El nudo quedará físicamente delimitado por las correspondientes secciones características, conforme al apartado 10.3 de la Norma 3.1-IC. Los nudos se clasifican en:

- Intersecciones, cuando todos los movimientos se realicen al mismo nivel.
- Enlaces, cuando al menos un movimiento se realice a distinto nivel.

En Carreteras 2+1 la selección inicial entre intersección y enlace se confirmará con el correspondiente estudio de tráfico, donde se analicen las intensidades de tráfico de los distintos movimientos que conectan en el nudo.

Los nudos deben diseñarse preferentemente de manera que no se interrumpa el flujo de tráfico de paso ni se perjudique la funcionalidad de la Carretera 2+1, evitando diseños que contribuyan a la generación de largas colas de vehículos.

A tal efecto, los principios fundamentales a tener en cuenta para la implantación de nudos en un tramo de Carretera 2+1 son:

- Para el diseño Tipo 1, no se permitirán los giros a la izquierda ni el cruce a nivel de carriles, debiendo resolverse a distinto nivel mediante enlaces.
- Para el resto de diseños, los giros a la izquierda y el cruce a nivel de carriles supondrán la interrupción del carril adicional de adelantamiento dentro del tramo de Carretera 2+1. Ello implicará su implantación en tramos con sección 1+1 o la interrupción temporal de la sección 2+1.
- Serán preferibles aquellas configuraciones en las que se haga coincidir el emplazamiento del nudo con una zona de transición no crítica de la carretera, de manera que al circular alejándose del nudo se produzca inmediatamente la ganancia de carril adicional de adelantamiento, a fin de diluir las potenciales colas generadas por la incorporación de tráfico procedente de la vía secundaria.
- Si en el emplazamiento correspondiente no se considera posible el movimiento de giro a la izquierda, se deberán proporcionar alternativas convenientemente desplazadas para facilitar los cambios de sentido.

En la concepción y elección de los nudos se deberán tener en cuenta las consideraciones generales incluidas en el apartado 10.2 de la Norma 3.1-IC

En todo caso, el número de nudos es recomendable que se minimice, por lo que podrá plantearse la utilización de vías de servicio y vías colectoras-distribuidoras para concentrar los accesos y conexiones, respectivamente.

Asimismo, es conveniente que en un tramo de Carretera 2+1 los diseños de los nudos sean homogéneos en cuanto a su tipología. El número de diferentes tipologías de nudos debe ser mínimo.



Se distinguen tres configuraciones básicas de diseño de nudos:

- Nudos entre dos zonas de transición no crítica (ZTNC + ZTNC).
- Nudos entre dos zonas de transición crítica (ZTC + ZTC).
- Nudos mixtos (ZTC + ZTNC).

En actuaciones sobre carreteras existentes pueden plantearse intersecciones o glorietas, en función de las conclusiones del correspondiente estudio de tráfico, si bien el análisis del nivel de servicio en glorietas debe realizarse con especial cuidado, a fin de no perjudicar la funcionalidad de la carretera principal interrumpiendo el flujo del tráfico de paso.

A los efectos de determinar las distancias mínimas entre el inicio o el final de un elemento de transición de las condiciones de circulación o un carril adicional (apartado 8.1 de la Norma 3.1-IC) y las secciones características iniciales o finales de otros elementos, se considerará una distancia igual a una distancia de decisión de dos segundos (2 s) a la velocidad de proyecto (V_p) del tramo, con un mínimo de cincuenta metros (≥ 50 m).

Las figuras incluidas en este capítulo representan esquemáticamente la disposición de los carriles en los nudos y no presuponen el diseño de la señalización horizontal, que deberá ser llevada a cabo de conformidad con lo prescrito en la Norma 8.2-IC Marcas Viales.

8.1 INTERSECCIONES

Las intersecciones deben diseñarse con una clara prioridad para el tráfico de paso de la carretera principal en la que se ubiquen.

En la tabla 9.2 de la Norma 3.1-IC se establecen las reglas generales para disponer carriles centrales de almacenamiento y espera para maniobras de giro a la izquierda en intersecciones. No obstante, en el caso de implantación de carriles adicionales de adelantamiento o tramos de Carretera 2+1 no se proyectarán maniobras de giro a la izquierda sin carriles centrales. Los eventuales carriles centrales de almacenamiento y espera se diseñarán conforme a lo establecido en el apartado 8.3 de la Norma 3.1-IC.

De las configuraciones básicas de diseño ya indicadas, en el caso de intersecciones la situación deseable será su disposición entre dos zonas de transición no crítica, pudiendo ser admisibles las otras dos configuraciones, según se describe a continuación.

8.1.1 Intersección entre dos zonas de transición no crítica (ZTNC + ZTNC)

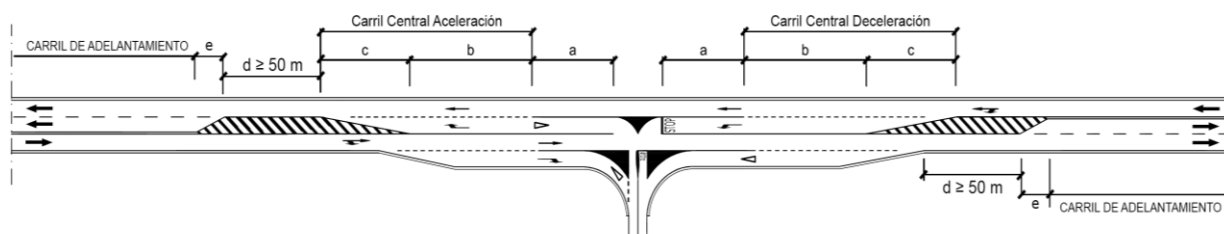
Constituye la disposición recomendada, por las siguientes consideraciones:

- Para las situaciones en las que desde la vía secundaria se incorpora a la carretera principal una proporción significativa del tráfico, puesto que con este diseño se favorece que el tráfico que se incorpora a la vía principal desde la secundaria se aproveche del carril adicional (figura 8.1).
- Se minimiza la longitud de interrupción del carril adicional de adelantamiento.
- Las maniobras resultan más simples para los usuarios y se simplifica la señalización.



FIGURA 8.1

**INTERSECCIÓN EN "T" CANALIZADA EN CARRETERAS 2+1
ENTRE DOS ZONAS DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA (SOLUCIÓN RECOMENDADA)**



En esta y en las posteriores figuras se ha utilizado la siguiente notación para las distancias indicadas:

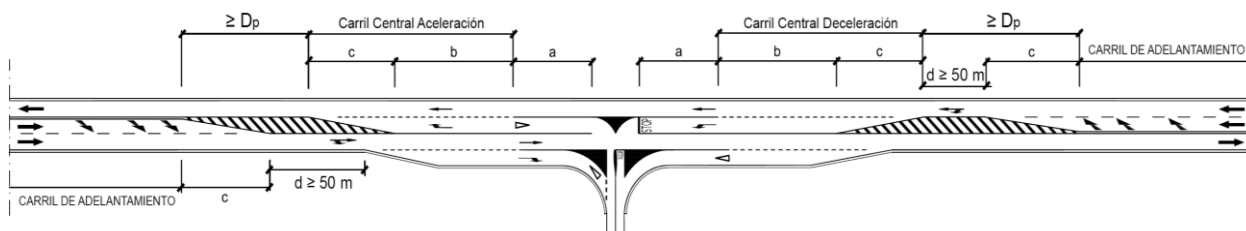
- a = Tramo de almacenamiento y espera.
- b = Tramo de aceleración / deceleración.
- c = Cuña de transición.
- d = Distancia de decisión de 2 s.
- e = Cuña corta de apertura de carril adicional de adelantamiento.
- D_p = Distancia de parada.

8.1.2 Intersección entre dos zonas de transición crítica (ZTC + ZTC)

Cuando las condiciones del tramo no permitan utilizar la solución anterior, se podrá disponer la pérdida del carril adicional de adelantamiento antes de la intersección, haciendo coincidir la presencia de la intersección con una zona de transición crítica (figura 8.2).

FIGURA 8.2

**INTERSECCIONES EN "T" CANALIZADAS EN CARRETERAS 2+1
ENTRE DOS ZONAS DE TRANSICIÓN CRÍTICA**



En este caso se deberá cuidar especialmente la disposición de la señalización vertical y horizontal, de manera que advierta con la debida antelación del final del carril adicional de adelantamiento y de la presencia de la intersección (ver capítulo 9).



8.1.3 Intersecciones mixtas (ZTC + ZTNC)

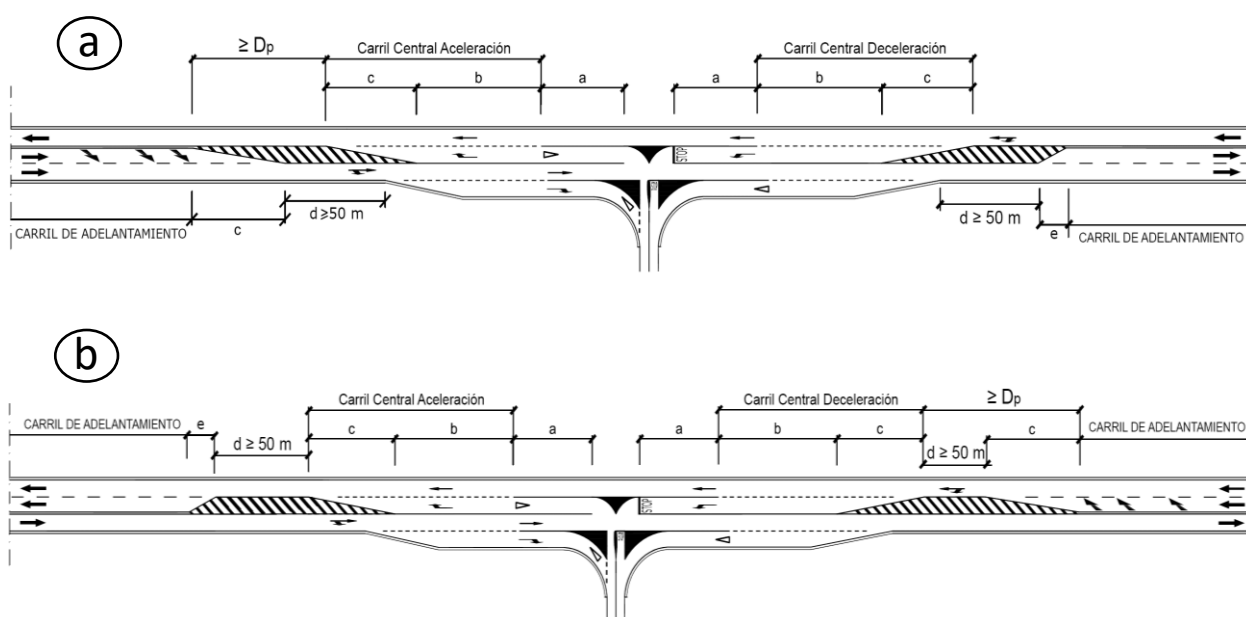
En casos justificados podrá disponerse la intersección en una combinación de los dos casos anteriores, entre una zona de transición crítica y una zona de transición no crítica (figura 8.3).

Pueden presentarse dos casos, según la intersección en "T" se sitúe en el margen del sentido de circulación con carriles adicionales de adelantamiento (figura 8.3.a) o en el margen del sentido opuesto (figura 8.3.b).

En esta configuración el carril adicional de adelantamiento antes y después de la intersección favorece a un único sentido de circulación, por lo que puede resultar especialmente adecuada en tramos de carretera en rampa en puertos de montaña, o también en aquellos tramos que presentan una mayor intensidad de tráfico o mayor proporción de pesados en un sentido que en el otro.

FIGURA 8.3

INTERSECCIONES EN "T" CANALIZADAS EN CARRETERAS 2+1 ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN CRÍTICA Y NO CRÍTICA



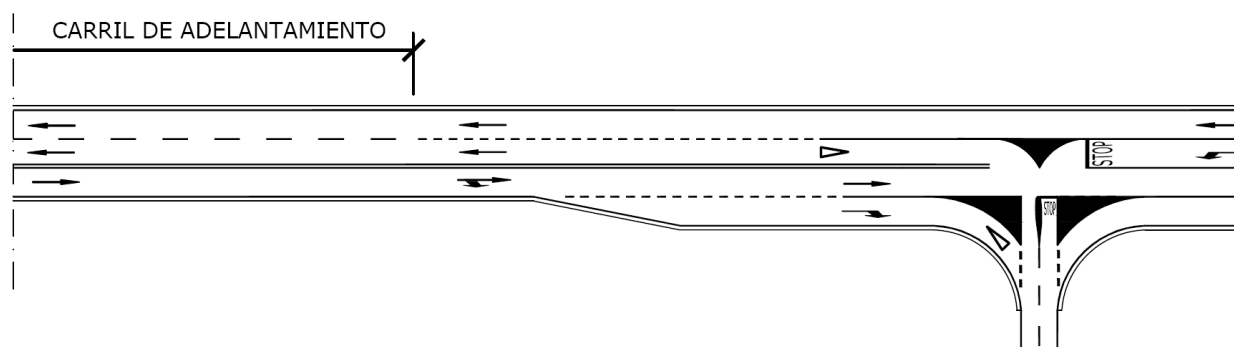
8.1.4 Combinaciones del carril adicional de adelantamiento con los carriles de aceleración y deceleración

De forma justificada se podrá admitir que un carril central de aceleración procedente de una intersección se convierta en el carril adicional de adelantamiento, sin zona cebrada interpuesta (figura 8.4). Esta solución requiere de una cuidada implantación de la señalización y cobra su sentido en zonas que pueden ser consideradas periurbanas.



FIGURA 8.4

INICIO DE CARRIL ADICIONAL MEDIANTE PROLONGACIÓN DEL CARRIL CENTRAL DE ACCELERACIÓN PROCEDENTE DE UNA INTERSECCIÓN



Asimismo, de forma justificada se podrá contemplar también el caso de implantación del carril adicional de adelantamiento por la derecha, mediante prolongación del carril exterior de aceleración procedente de una intersección (figura 8.5) o de un enlace (figura 8.6). No obstante, deberá tenerse en cuenta que esta combinación supone una disposición mixta del carril de adicional de aceleración, en la que se produce una trasposición implícita del carril básico por el carril adicional para los movimientos de paso, dado que al carril básico se le incorpora el carril adicional por la derecha en lugar de por la izquierda.

En consecuencia, estas situaciones deben venir acompañadas de la correspondiente señalización vertical que presente el inicio del carril adicional de adelantamiento (ver en el capítulo 9 la figura 9.11).

FIGURA 8.5

INICIO DE CARRIL ADICIONAL MEDIANTE PROLONGACIÓN DEL CARRIL EXTERIOR DE ACCELERACIÓN PROCEDENTE DE UNA INTERSECCIÓN

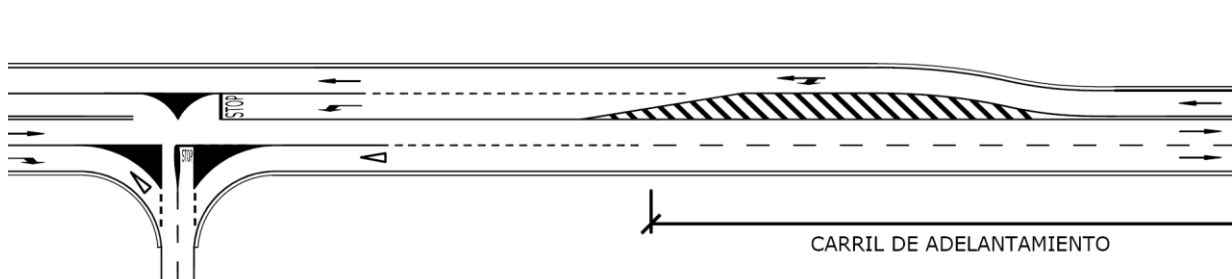
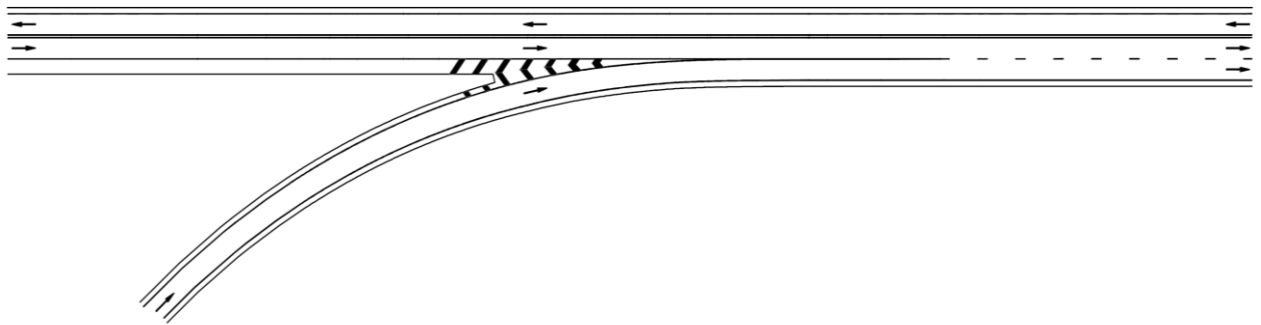


FIGURA 8.6

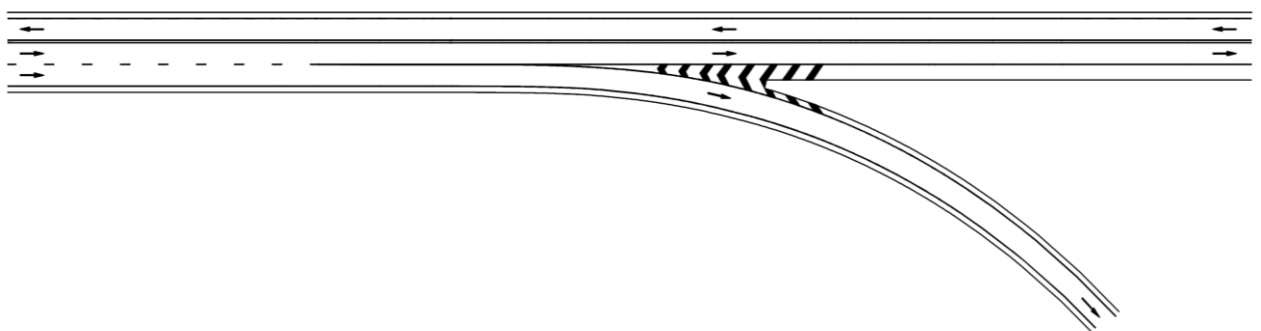
INICIO DE CARRIL ADICIONAL PROCEDENTE DE UN ENLACE



Las soluciones que supongan la pérdida directa en el nudo del carril exterior del sentido con carril adicional de adelantamiento solo se adoptarán en casos excepcionales, puesto que tales soluciones implican que los vehículos más lentos deben cambiar de carril para poder realizar los movimientos de paso a través del nudo (figura 8.7). En esta situación la señalización vertical puede reforzar la percepción del carril perdido indicando en banderola la salida inmediata, y complementarse con marca vial (M-6.1) de inscripción de orientación, pintadas sobre los carriles, indicando el destino al que conduce cada uno de ellos (ver en el capítulo 9 la figura 9.16).

FIGURA 8.7

**PÉRDIDA DE CARRIL ADICIONAL EN UN ENLACE
(SOLUCIÓN EXCEPCIONAL)**



Asimismo, también se consideran excepcionales las soluciones con carriles de trenzado entre entradas y salidas consecutivas, con objeto de evitar confusiones con los carriles de adelantamiento. En casos justificados, puede ser conveniente diseñar dos conexiones a la carretera con distancias entre secciones características inferiores a las planteadas en el capítulo 9 de la Norma 3.1-IC, requiriéndose en tal caso un estudio de tráfico específico. En caso alternativo, las entradas y salidas consecutivas se pueden resolver mediante vías colectoras-distribuidoras.



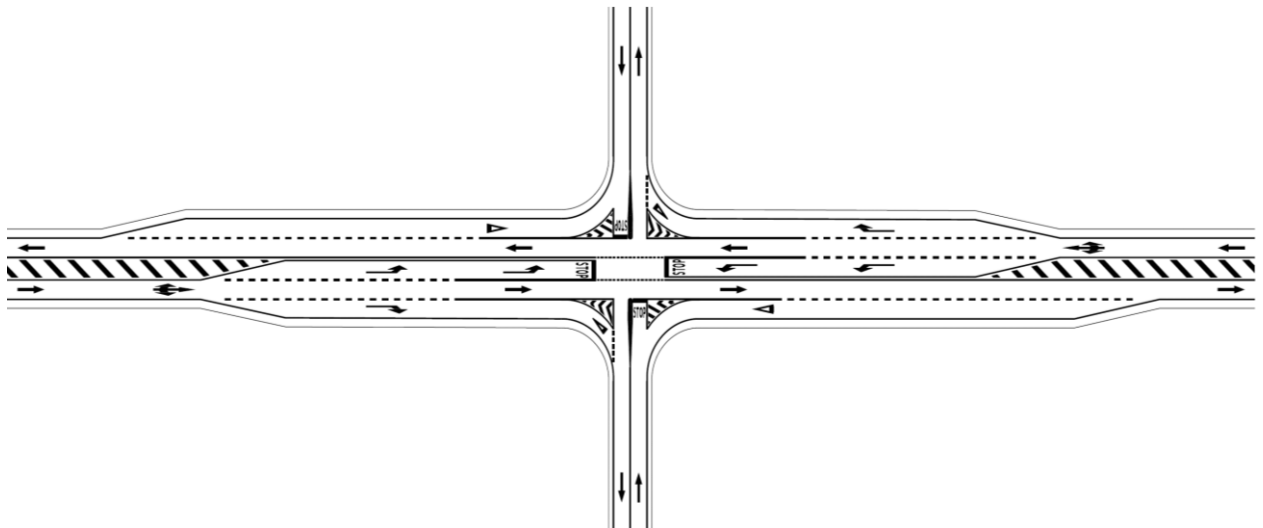
8.1.5 Intersecciones en cruz

La implantación de una intersección en "cruz" (figura 8.8) requerirá de un exhaustivo estudio de su trazado, señalización y balizamiento, tanto diurno como nocturno. Para un tramo de Carretera 2+1, el desacoplamiento de riesgos implica la interrupción del carril adicional de adelantamiento.

Por tanto, la implantación de intersecciones en cruz se debe realizar en tramos con sección 1+1 o proceder a la interrupción de la sección 2+1.

FIGURA 8. 8

INTERSECCIÓN EN "CRUZ"



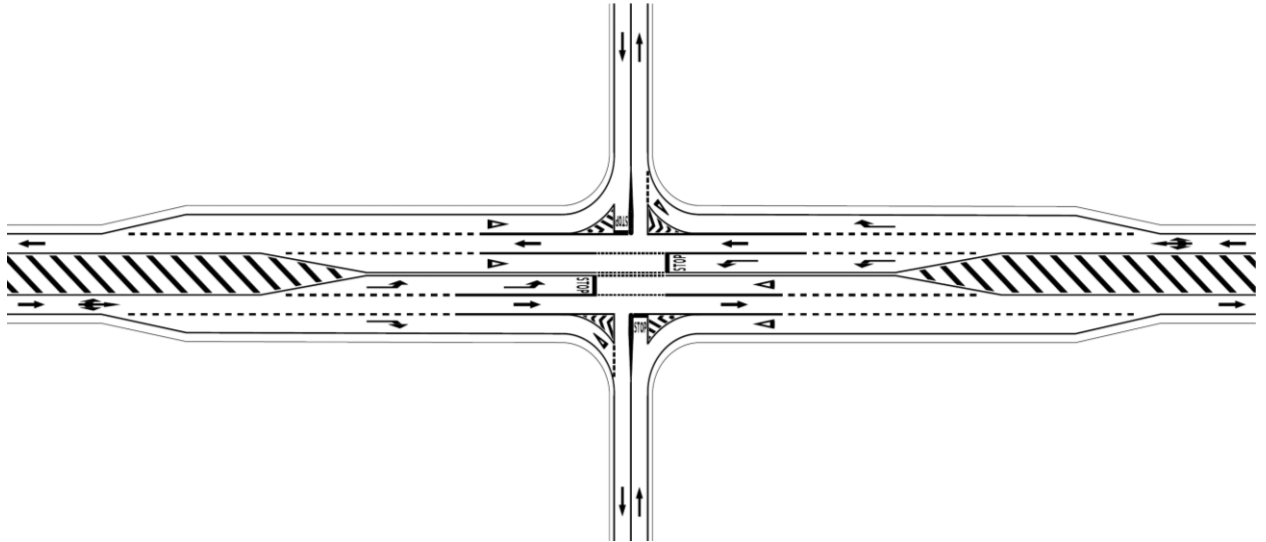
En una intersección en "cruz" entre dos carreteras, cuando las intensidades en la vía principal y en la vía secundaria son elevadas puede surgir la necesidad de disponer carriles de cambio de velocidad para todos los movimientos de giro a la derecha, y carriles centrales de almacenamiento y espera para todos los movimientos de giro a la izquierda, formando una cruz completa (figura 8.9).

No obstante, esta configuración presenta la desventaja de requerir visibilidades elevadas para todos los movimientos de cruce de la carretera secundaria, y obliga a realizar un número elevado de maniobras sobre la misma plataforma, elevando sustancialmente los puntos de conflicto. Además, implican un coste elevado por el gran ensanchamiento de la plataforma que requieren para alojar hasta seis carriles. Asimismo, en tramos interurbanos la complejidad que se requiere en su señalización vertical y horizontal perjudica la comprensión del nudo por parte de los usuarios.

En consecuencia, en estos casos se deberá estudiar y valorar la alternativa de implantar un enlace en lugar de esta tipología de intersección, de modo que el cruce y los giros a la izquierda se realicen a distinto nivel.



FIGURA 8.9
INTERSECCIÓN EN "CRUZ" COMPLETA



Como otra alternativa, a fin de evitar los movimientos de cruce a nivel de la carretera secundaria, se pueden disponer dos intersecciones en "T" desplazadas, de manera que su combinación permita realizar todos los movimientos entre ambas carreteras, si bien esta configuración conlleva la desventaja de aumentar la longitud de interrupción de los carriles adicionales de adelantamiento. En la figura 8.10 se representan diferentes posibilidades y combinaciones de intersecciones en "T" en carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1.

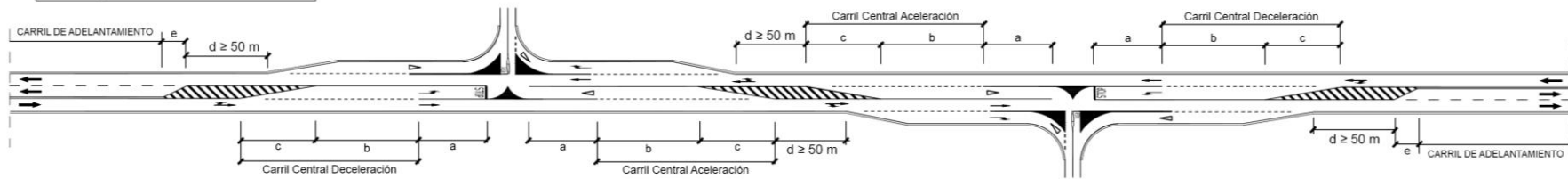


FIGURA 8.10

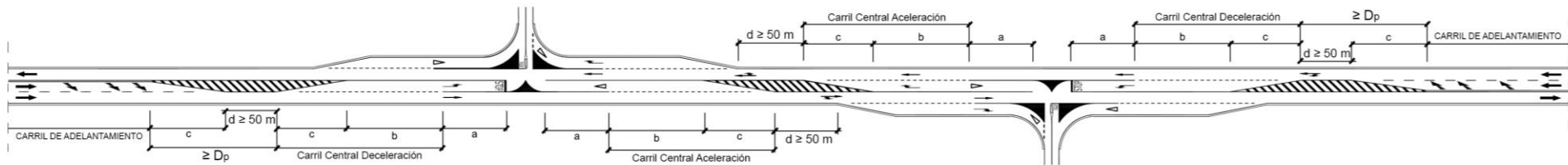
COMBINACIÓN DE INTERSECCIONES EN "T" CANALIZADAS EN CARRETERAS 2+1

NOTAS:

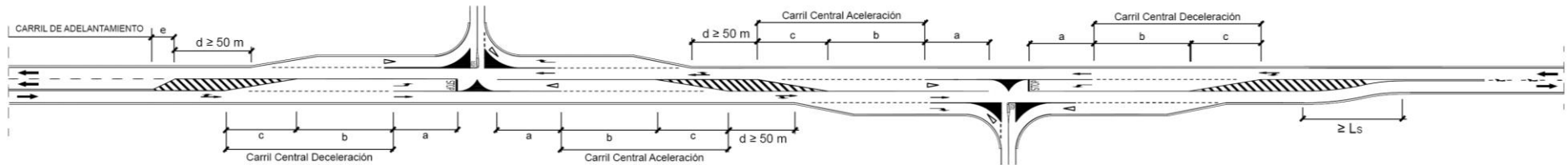
- a = Tramo de almacenamiento y espera
- b = Tramo de aceleración / deceleración
- c = Cuña de transición
- d = Distancia de decisión de 2 s
- e = Cuña corta de apertura de carril adicional
- D_p = Distancia de parada
- L_s = Longitud de la desviación



A - DOBLE INTERSECCIÓN EN "T" ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA (ZTNC + ZTNC)



B - DOBLE INTERSECCIÓN EN "T" ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN CRÍTICA (ZTC + ZTC)



C - DOBLE INTERSECCIÓN EN "T" EN INICIO O FINAL DE SECCIÓN 2+1



8.1.6 Intersecciones sin giro a la izquierda ni cruce a nivel de carriles

En carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 se podrán diseñar intersecciones que solo sirvan a uno de los sentidos de circulación, en las que no esté permitida la maniobra de giro a la izquierda ni el cruce a nivel de carriles (figura 8.11 y 8.12).

FIGURA 8.11

**INTERSECCIÓN EN "T" SIN GIROS A LA IZQUIERDA
EN MARGEN CON UN ÚNICO CARRIL DE CIRCULACIÓN**

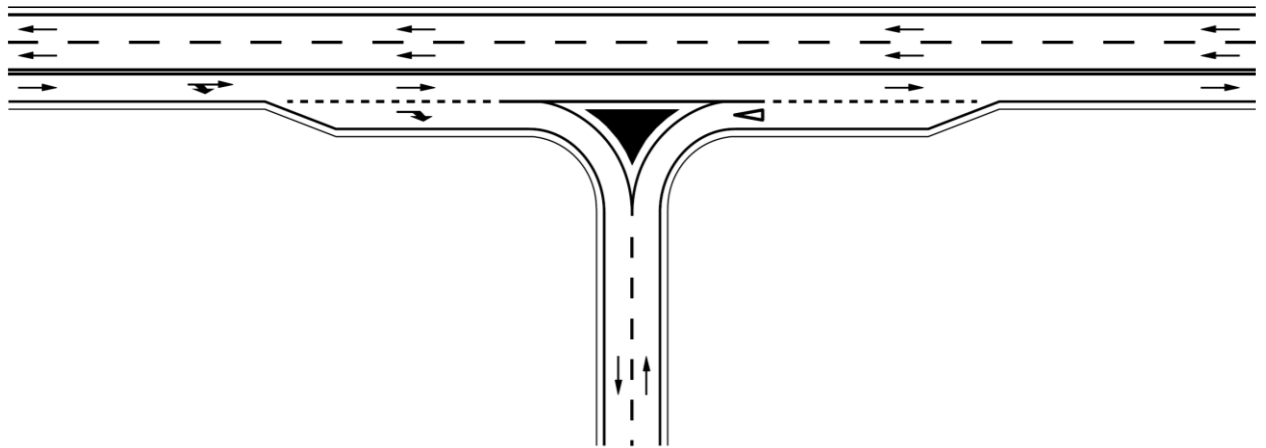
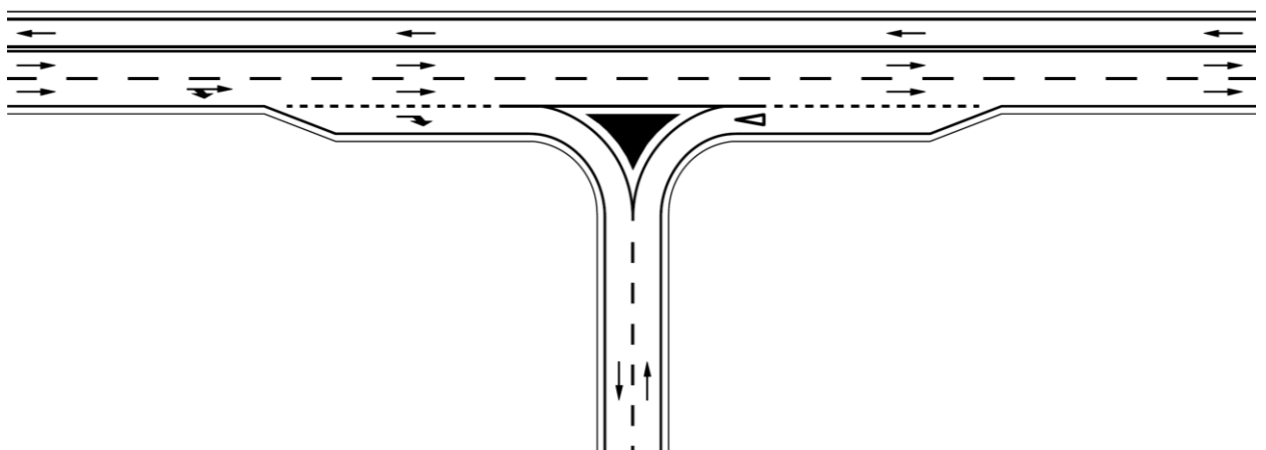


FIGURA 8.12

**INTERSECCIÓN EN "T" SIN GIROS A LA IZQUIERDA
EN MARGEN CON CARRIL ADICIONAL DE ADELANTAMIENTO**





En tales casos se estudiará la necesidad de disponer una conexión de cambio de sentido con objeto de no incrementar el tiempo de recorrido para realizar esta maniobra en más de cinco minutos (\neq 5 min) (epígrafe 9.1.2 de la Norma 3.1-IC).

8.1.7 Cambios de sentido

Dada la posible necesidad de llevar a cabo una importante reordenación de accesos, resulta necesario proporcionar alternativas para el cambio de sentido.

Los cambios de sentido a nivel podrán ser de tipo simple, que solo sirven a un sentido de circulación (figura 8.13.A), o de tipo doble, con vías de giro para ambos sentidos de circulación (figura 8.13.B).

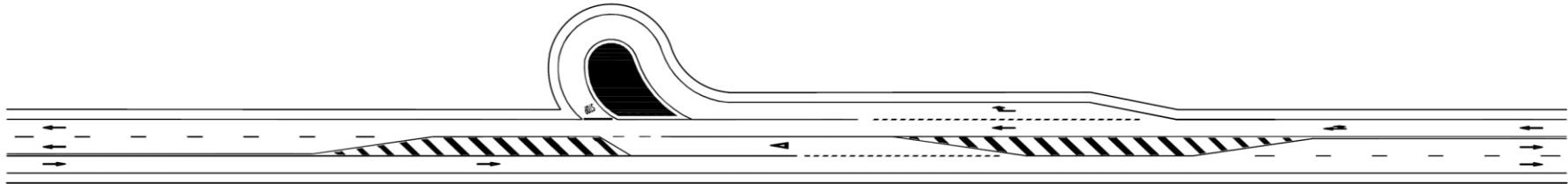
Asimismo, los cambios de sentido podrán resolverse en intersecciones en "T", mediante una vía de giro con isleta (figura 8.14.A), o mediante una glorieta auxiliar en la vía secundaria suficientemente distanciada (figura 8.14.B).

Las intersecciones que no permitan el giro a la izquierda podrán combinarse con cambios de sentido a nivel o con enlaces, desplazados respecto de aquellas, que completen la posibilidad de realizar todos los movimientos, tal y como se refleja en la figura 8.15.



FIGURA 8.13
CAMBIOS DE SENTIDO EN CARRETERAS 2+1

A. CAMBIO DE SENTIDO SIMPLE



B. CAMBIO DE SENTIDO DOBLE

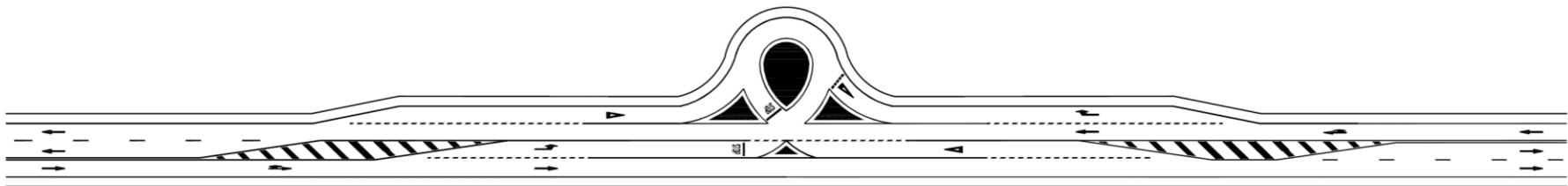
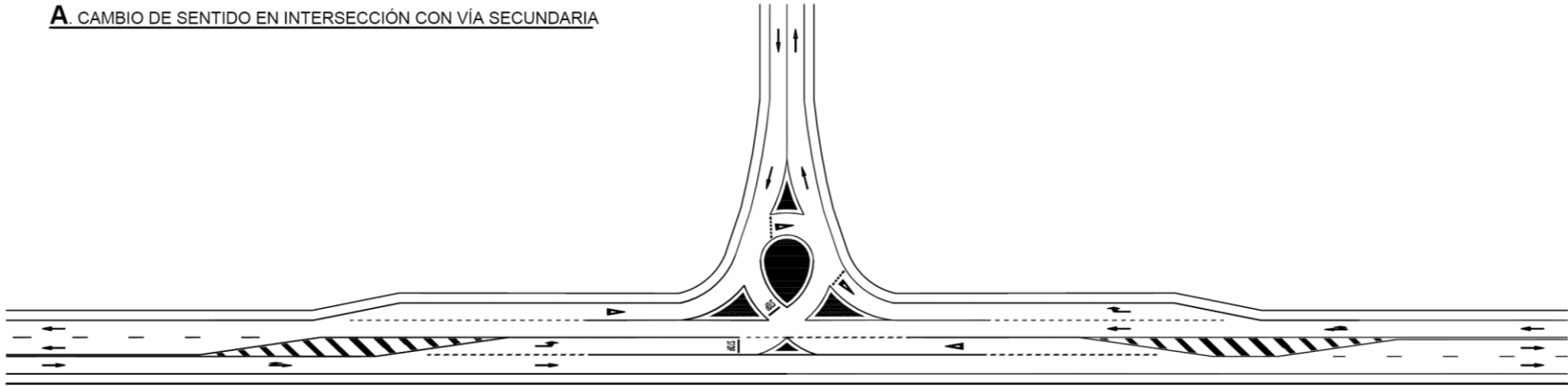




FIGURA 8.14

CAMBIOS DE SENTIDO EN UNA INTERSECCIÓN DE CARRETERA 2+1 CON VÍA SECUNDARIA

A. CAMBIO DE SENTIDO EN INTERSECCIÓN CON VÍA SECUNDARIA



B. CAMBIO DE SENTIDO EN GLORIETA AUXILIAR EN VÍA SECUNDARIA

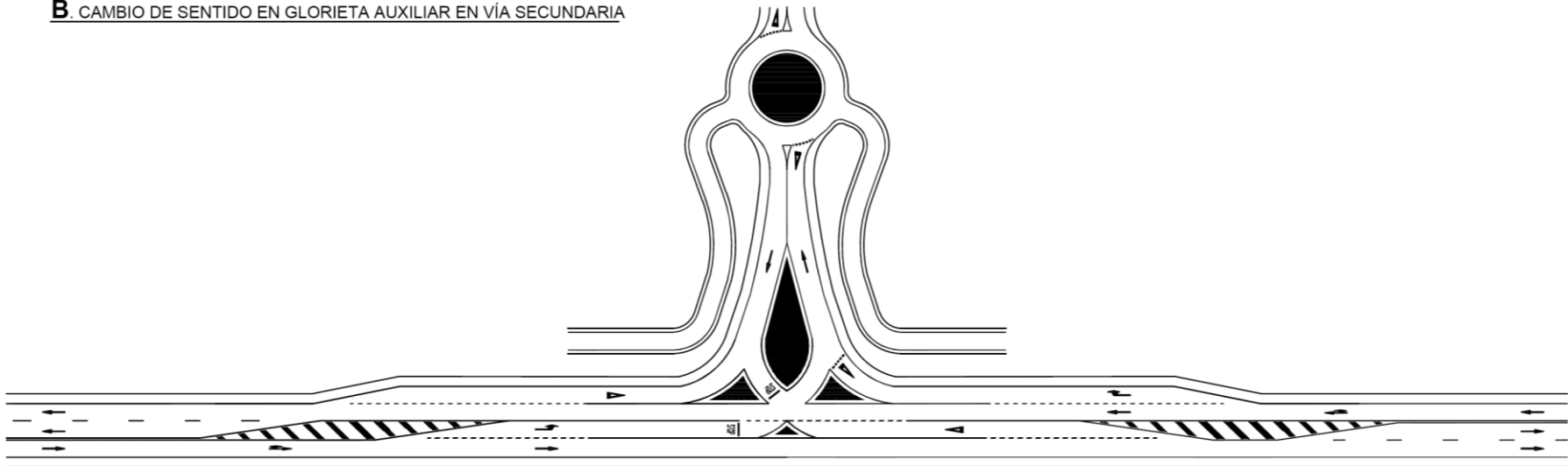
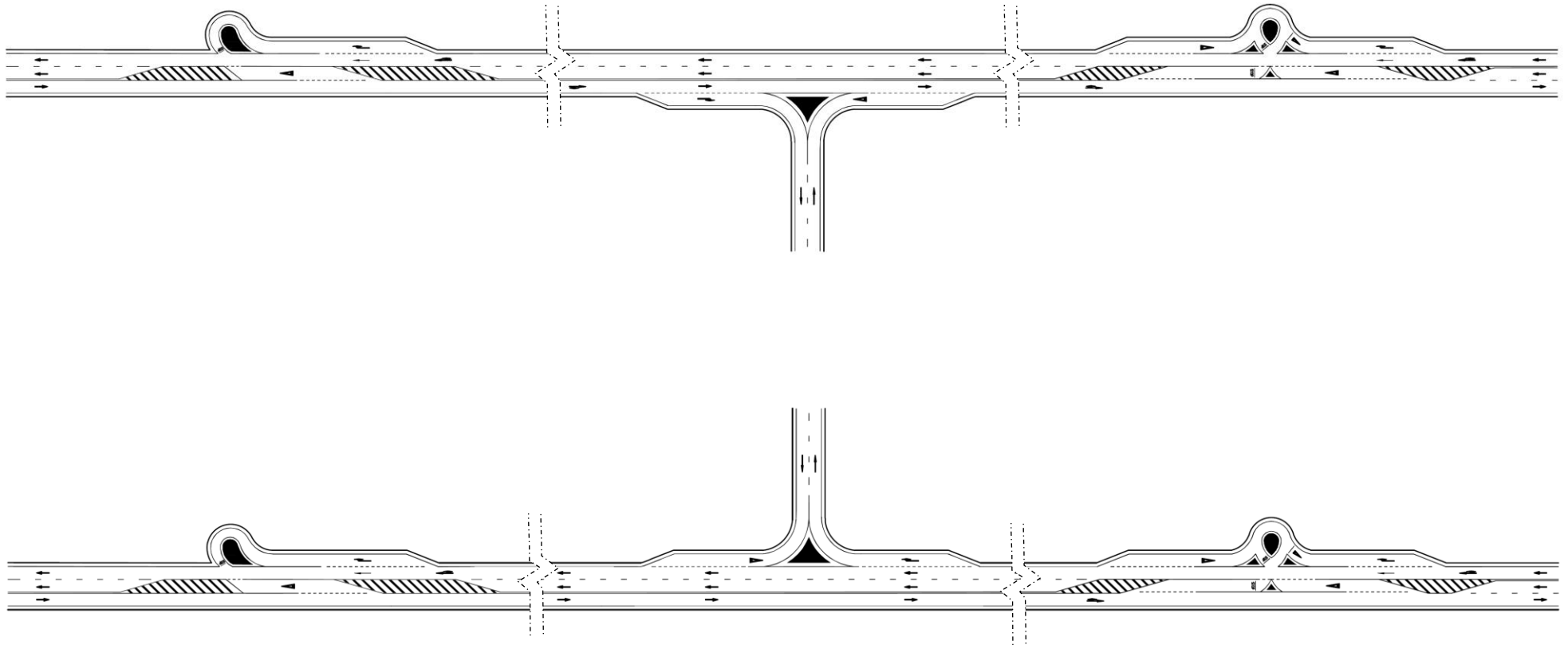




FIGURA 8.15

COMBINACIÓN DE INTERSECCIÓN SIN GIRO A LA IZQUIERDA CON CAMBIOS DE SENTIDO DESPLAZADOS RESPECTO A AQUELLA





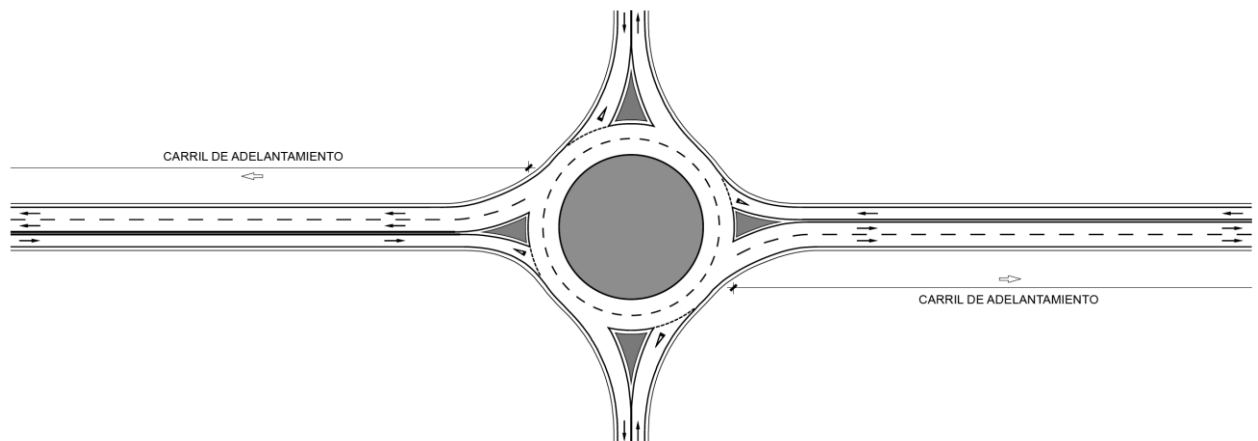
8.2 INTERSECCIONES TIPO GLORIETA

En Carreteras 2+1 de categorías de diseño Tipo 2 y Tipo 3, cuando el entorno y la intensidad de tráfico de las distintas vías a conectar en un nudo lo justifiquen, las glorietas a nivel pueden ser una solución admisible aprovechando el inicio o fin de carriles adicionales. Su implantación requerirá del correspondiente estudio de tráfico específico que analice sus efectos sobre el flujo del tráfico de paso de la carretera.

Se recomienda que el emplazamiento de la glorieta coincida con una zona de transición no crítica de la carretera, de manera que la propia salida constituya el inicio del carril adicional de adelantamiento (figura 8.16).

FIGURA 8.16

CONEXIÓN CON GLORIETA DE CARRETERA 2+1 ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA

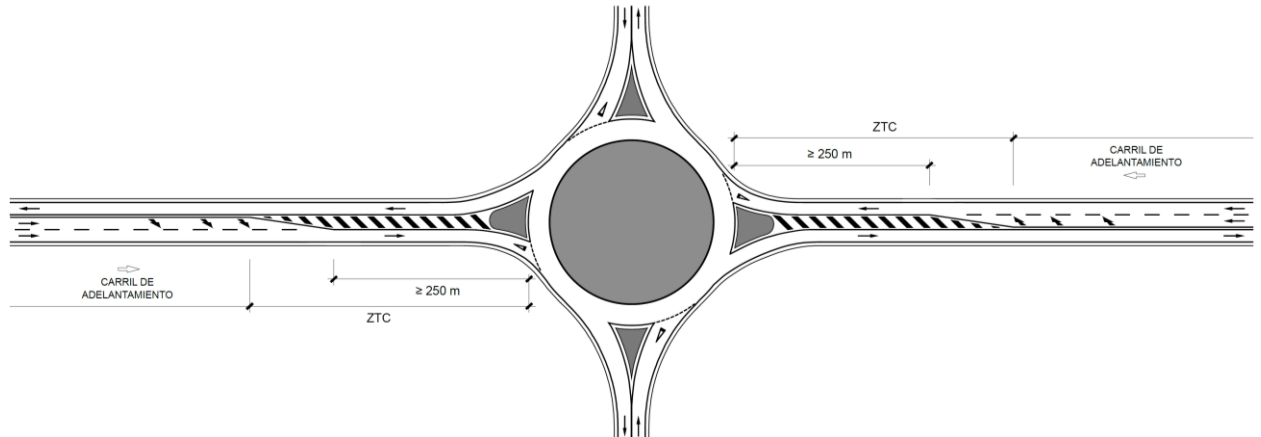


No se considera admisible que la glorieta se aproveche como zona de transición crítica de una Carretera 2+1, debiendo mantenerse una distancia deseable de doscientos cincuenta metros (≥ 250 m) a la misma desde el final de la cuña de transición que materialice la pérdida del carril adicional (figura 8.17).



FIGURA 8.17

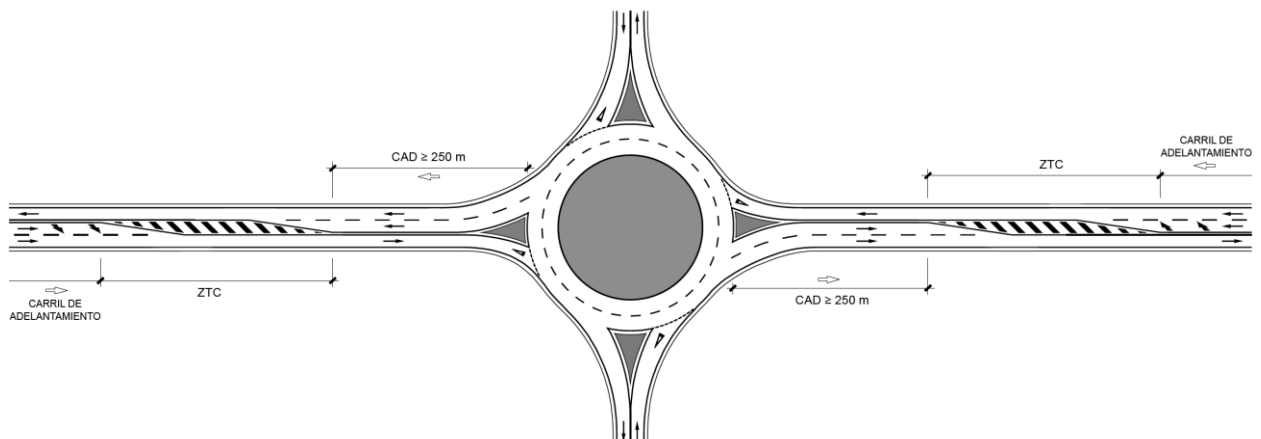
CONEXIÓN CON GLORIETA DE CARRETERA 2+1 ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN CRÍTICA



En el caso anterior, podrá estudiarse la conveniencia de disponer un Carril de Aceleración Diferencial (CAD), al objeto de permitir el adelantamiento a aquellos vehículos con aceleraciones inferiores a su salida de la glorieta (figura 8.18). La longitud del CAD debe ser función de los condicionantes del entorno, tráfico previsto y su composición, velocidad de proyecto, inclinación de la rasante y distancias de visibilidad, con un mínimo de doscientos cincuenta metros (≥ 250 m).

FIGURA 8.18

**CONEXIÓN CON GLORIETA DE CARRETERA 2+1 ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN CRÍTICA
CON CARRILES DE ACELERACIÓN DIFERENCIAL (CAD)**



Conforme a lo descrito anteriormente, salvo que se proceda a la eliminación del carril adicional de adelantamiento, la glorieta necesariamente será multicarril.



8.3 ENLACES

La doble prohibición de giro a la izquierda y de cruce a nivel de carriles implicará el tratamiento de la separación central, mediante cebrados, balizamiento o incluso mediante la disposición de un sistema de contención de vehículos. Los inicios de la separación central con un sistema de contención de vehículos requerirán de su tratamiento específico.

La selección de la tipología de enlace debe buscar minimizar la longitud de interrupción del carril adicional de adelantamiento. Los esquemas que se presentan en este apartado no presuponen la tipología del enlace, que deberán proyectarse conforme al capítulo 10 de la Norma 3.1-IC y las presentes recomendaciones.

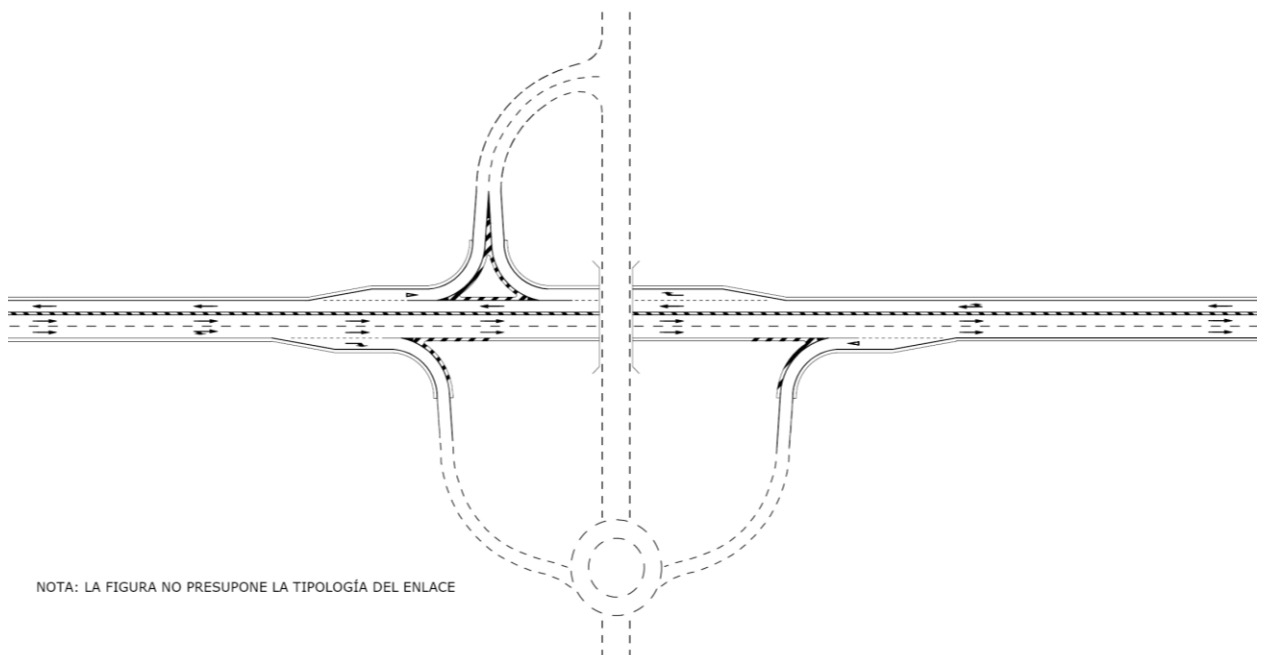
La entrada al tronco que proporciona un enlace puede ser aprovechada para el inicio del carril de adelantamiento, con trasposición del carril básico, conforme a la figura 8.6. La solución de pérdida directa en el enlace del carril básico aprovechando una salida (figura 8.7) se considerará un caso excepcional.

8.3.1 Enlace con continuidad del carril de adelantamiento

En el caso más general y deseable, el proyecto puede basarse en la simple incorporación de los ramales al tramo con carriles adicionales de adelantamiento o de Carretera 2+1 (figura 8.19).

FIGURA 8.19

**ENLACE DE CARRETERA 2+1 CON UNA VÍA SECUNDARIA
QUE CRUZA A DISTINTO NIVEL**



NOTA: LA FIGURA NO PRESUPONE LA TIPOLOGÍA DEL ENLACE



8.3.2 Enlace entre dos zonas de transición no crítica (ZTNC+ZTNC)

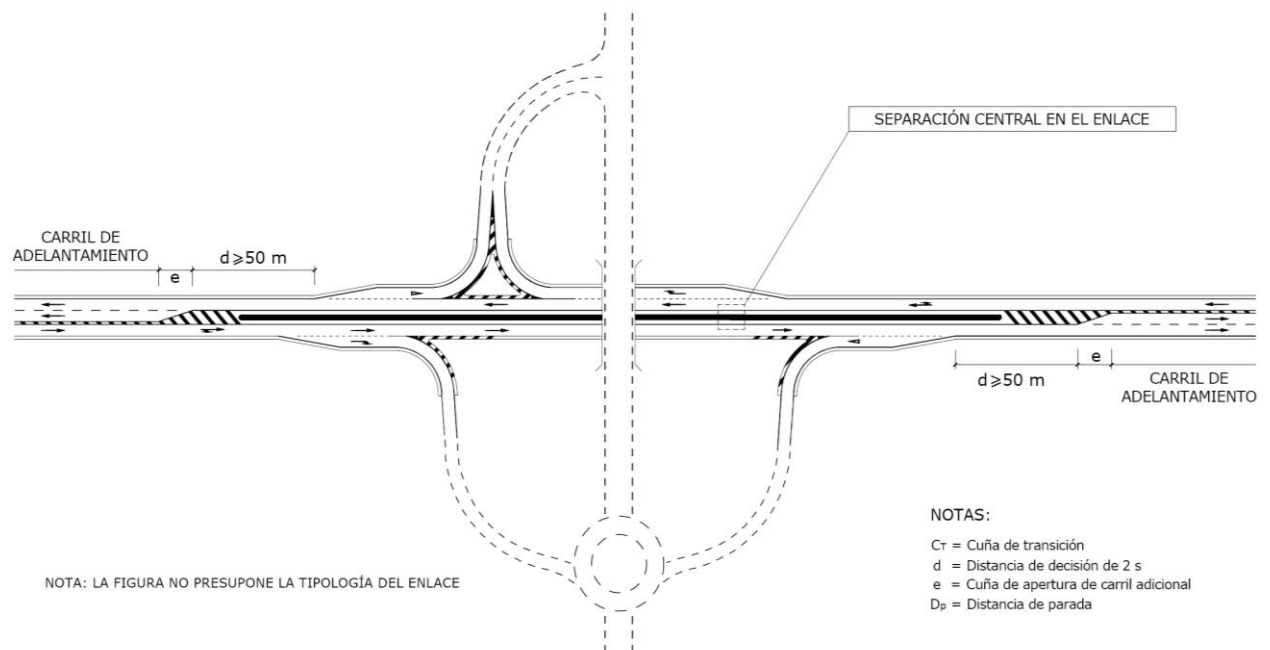
Los condicionantes técnicos y económicos del tramo pueden conducir a que el enlace requiera insertarse en un tramo con carril adicional de adelantamiento o de Carretera 2+1, siendo necesaria la interrupción de la sección 2+1.

En el caso de que el enlace se emplace entre dos zonas de transición no críticas, la situación favorece especialmente la incorporación desde la vía secundaria a la carretera principal. En la siguiente figura 8.20 se recogen las distancias a respetar independientemente de la tipología de enlace elegida.

Finalizada la cuña de transición del carril de cambio de velocidad, resulta necesario disponer de un tramo de estabilización del tráfico antes de proceder al inicio del carril adicional de adelantamiento. Esta distancia no será inferior a 50 m.

FIGURA 8.20

**ENLACE DE CARRETERA 2+1 CON UNA VÍA SECUNDARIA
QUE CRUZA A DISTINTO NIVEL ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA
(SOLUCIÓN RECOMENDADA)**



8.3.3 Enlace entre dos zonas de transición crítica (ZTC+ZTC)

En esta situación, el final de la cuña de transición para la desaparición del carril adicional de adelantamiento mantendrá un mínimo de 50 m respecto al inicio del correspondiente carril de cambio de velocidad del enlace.

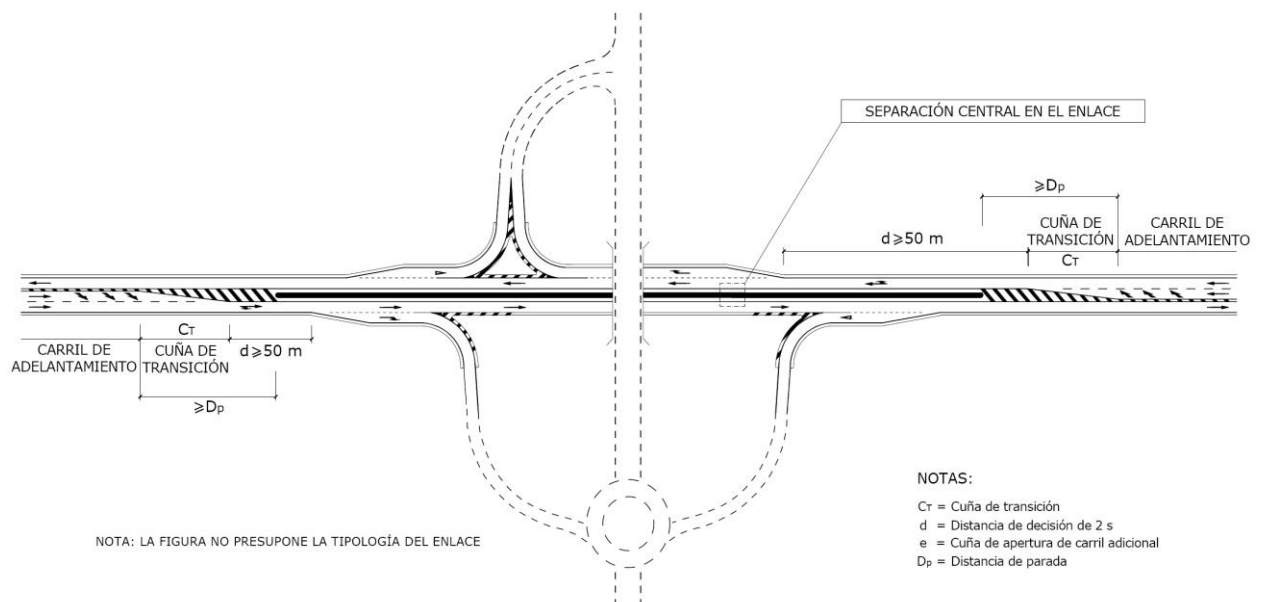


En todo caso, cuando se disponga al paso por el enlace un sistema de contención de vehículos para la separación de los sentidos de circulación, se mantendrá una zona cebrada de longitud mayor que la distancia de parada D_p correspondiente a la velocidad de proyecto (V_p), medida desde el inicio de la cuña de transición para la desaparición del carril adicional de adelantamiento.

En la figura 8.21 se representan las dos condiciones expuestas, independientemente de la tipología del enlace.

FIGURA 8.21

**ENLACE DE CARRETERA 2+1 CON UNA VÍA SECUNDARIA
QUE CRUZA A DISTINTO NIVEL ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN CRÍTICA**



8.3.4 Enlaces mixtos (ZTC+ZTNC)

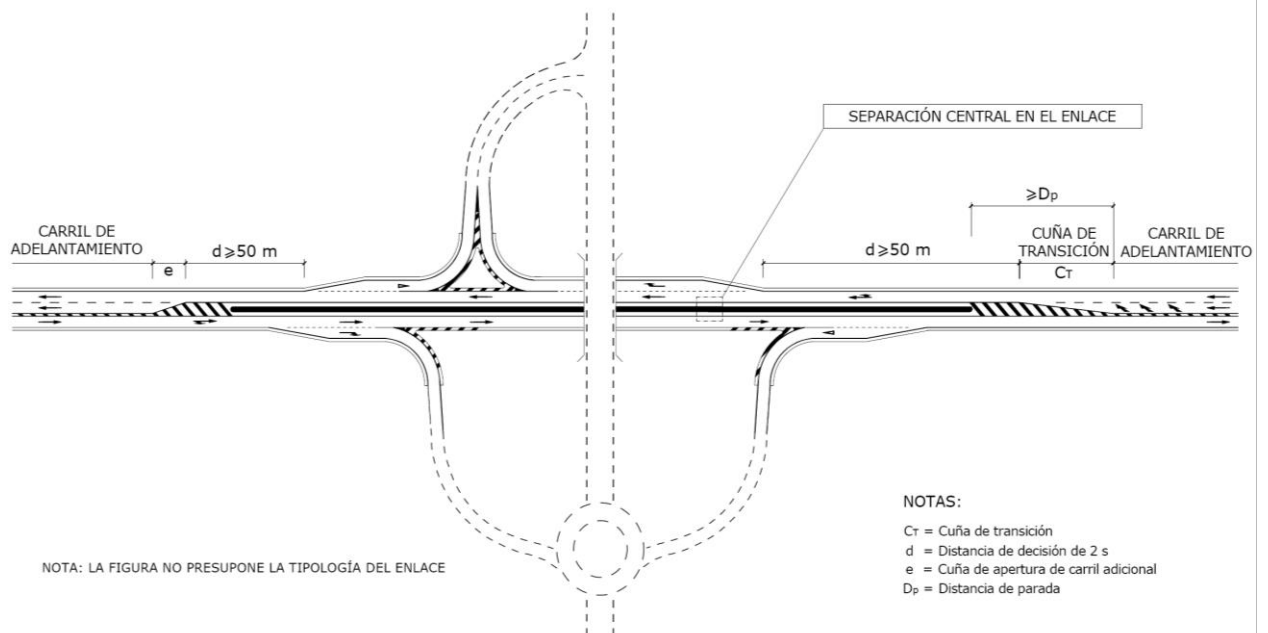
Podrá interrumpirse un carril adicional de adelantamiento y disponerse el enlace en una combinación de los dos casos anteriores, entre una zona de transición crítica y una zona de transición no crítica (figura 8.22). En esta solución se desacopla el efecto del enlace con el del carril adicional.

En esta configuración el carril adicional de adelantamiento antes y después del enlace favorece a un único sentido de circulación, por lo que puede resultar especialmente adecuada en tramos de carretera en rampa en puertos de montaña, o también en aquellos tramos que presentan una mayor intensidad de tráfico o mayor proporción de pesados en un sentido que en el otro.



FIGURA 8.22

**ENLACE DE CARRETERA 2+1 CON UNA VÍA SECUNDARIA
QUE CRUZA A DISTINTO NIVEL ENTRE ZONAS DE TRANSICIÓN CRÍTICA Y NO CRÍTICA**





9 SEÑALIZACIÓN

La señalización a disponer en carreteras con carriles adicionales de adelantamiento aislados y en las Carreteras 2+1 deberá perseguir los siguientes objetivos fundamentales:

- Aumentar la **seguridad** de la circulación.
- Aumentar la **eficiencia** de la circulación.
- Aumentar la **comodidad** de la circulación.
- Facilitar la **orientación** de los conductores.

En el marco general definido en la Norma 8.1-IC Señalización Vertical y la Norma 8.2-IC Marcas Viales, el diseño e implantación de la señalización vertical y horizontal en los proyectos de carriles adicionales de adelantamiento y Carreteras 2+1 se deberá ajustar a los siguientes principios básicos de la buena señalización:

- **Claridad:** La claridad impone transmitir mensajes fácilmente comprensibles por los usuarios, no recargar la atención del conductor reiterando mensajes evidentes y, en todo caso, imponer las menores restricciones posibles a la circulación, eliminando las señales requeridas para definir determinadas circunstancias de la carretera o las restricciones en su uso en cuanto cesen de existir esas condiciones o restricciones.
- **Sencillez.** La sencillez exige que se emplee el menor número posible de elementos.
- **Uniformidad.** La uniformidad requiere que los elementos utilizados, su implantación y sus criterios de aplicación sean los descritos en la Norma 8.1-IC Señalización Vertical.
- **Continuidad.** La continuidad significa que un destino incluido una vez en la señalización debe ser repetido en todos los carteles siguientes hasta que se alcance.

Adicionalmente se deben tener en cuenta los dos siguientes principios de diseño basados en considerar específicamente la diversidad de perfiles de los usuarios y sus limitaciones de percepción:

- **Redundancia.** El perfil del usuario de la vía cuenta con una dispersión elevada tanto respecto a las condiciones físicas para la percepción, como por las condiciones ambientales. En consecuencia, en función del riesgo valorado en fase de diseño, los mensajes transmitidos pueden requerir de su redundancia para alcanzar su percepción en las condiciones más extremas. Esta redundancia debe mantener un equilibrio que evite la sobresaturación por exceso de información transmitida.
- **Desacoplamiento de riesgos.** En determinadas situaciones de la circulación se producen confluencia de los riesgos derivados para los usuarios, por lo que la señalización debe contribuir a su desacoplamiento y a la transmisión ordenada al usuario. Ejemplos típicos se producen habitualmente ante la necesidad de realizar una maniobra en un nudo, con posibilidad de adelantamiento y velocidad elevada, siendo necesario valorar la gestión de estos riesgos mediante la disposición de carriles adicionales, la prohibición del adelantamiento y la reducción de la velocidad.



La vigente normativa de señalización no contempla el caso de las Carreteras 2+1, por lo que, en defecto de regulación específica, deberán considerarse con carácter general como carreteras convencionales con carril adicional y realizarse una adaptación de los principios y criterios rectores de la misma.

En todo caso, el proyecto de señalización deberá tener en cuenta las particularidades asociadas a este tipo de carreteras en relación con la disposición proyectada para los carriles básicos, los carriles adicionales y los elementos de transición de las condiciones de circulación, proporcionando a los conductores la información adecuada a cada una de las situaciones siguientes:

- Transiciones de las reglas que rigen sobre la maniobra de adelantamiento:
 - a) Tramos en los que el adelantamiento no implica la invasión del sentido contrario (carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1).
 - b) Tramos en los que el adelantamiento implica la invasión del sentido contrario.
- Transiciones del número de carriles disponible para cada uno de los dos sentidos de circulación.

Las señales, figuras y esquemas presentados en estas recomendaciones pretenden reflejar la aplicación combinada de los elementos de señalización vertical y horizontal de las vigentes Norma 8.1-IC Señalización Vertical y Norma 8.2-IC Marcas Viales a las situaciones particulares que origina la disposición de carriles adicionales de adelantamiento y Carreteras 2+1, sin perjuicio de la regulación específica que se pueda aprobar en las actualizaciones posteriores de dicha normativa.

9.1 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Dado que el fin inmediato de la señalización vertical es aumentar la seguridad, la eficacia y la comodidad de la circulación, resulta necesario tenerla en cuenta desde las fases iniciales del proyecto como parte integrante del diseño de una Carretera 2+1, y no como un mero añadido posterior a su concepción, especialmente en el ancho de la separación central.

Al diseñar la señalización vertical, debe preverse su ubicación a lo largo del trazado, sus dimensiones, su encaje en la sección transversal, los postes que la sustentan, sus necesidades de cimentación y la existencia de dominio público. Asimismo, debe considerarse su posible interferencia con los sistemas de contención de vehículos, con el drenaje superficial y, en su caso, con el drenaje subterráneo. Estos aspectos resultan de especial relevancia en el caso de los carteles de la señalización de orientación de gran dimensión tanto horizontal como vertical.

Al efecto de determinar las características de los elementos de la señalización vertical de los carriles adicionales de adelantamiento y de las Carreteras 2+1, sus dimensiones, colores y composición de los carteles, así como sus criterios de implantación, deberán considerarse con carácter general como carreteras convencionales (capítulo 4 de la Norma 8.1-IC). En consecuencia, los carteles de orientación (preseñalización, dirección, localización, confirmación) que indiquen la dirección propia tendrán fondo blanco y letras negras.

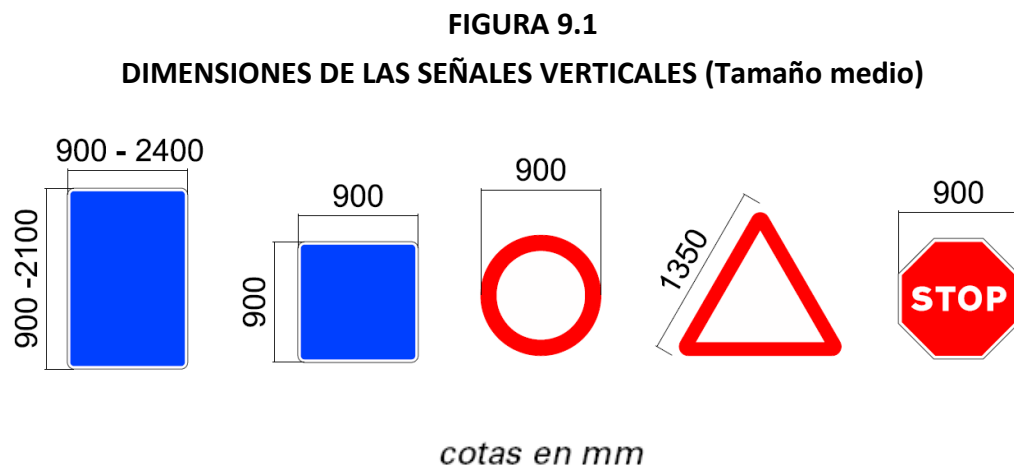
Las señales de indicación de carriles (S-50 y siguientes) aparecen actualmente recogidas en el Reglamento General de Circulación conforme al código, nombre, definición y dimensiones que se establece en el Catálogo Oficial de Señales Verticales de Circulación.



Conforme a lo establecido actualmente en dicho catálogo oficial, las señales de indicación de carriles se han representado con flechas blancas sobre fondo azul, aun tratándose de carreteras convencionales, sin perjuicio de que en actualizaciones posteriores se pudiera variar dicho criterio introduciendo para el caso de carreteras convencionales (y dentro de ellas las Carreteras 2+1) nuevas señales específicas con flechas negras sobre fondo blanco.

Asimismo, conforme a dicho catálogo oficial, las señales de indicación de carriles se han representado con una flecha o trazo para cada uno de los carriles disponibles en ambos sentidos de circulación, por ser el criterio general establecido actualmente para carreteras convencionales.

En cuanto a sus dimensiones, en el caso general para carretera convencional las señales que hayan de ser vistas desde un vehículo en movimiento tendrán el tamaño indicado en la siguiente figura 9.1:



En tramos con carril de adelantamiento aislado y en Carreteras 2+1, las señales de contenido fijo se colocarán en el margen derecho de la plataforma según el sentido de la marcha, y también se podrán duplicar por su izquierda si el tráfico pudiera obstruir la visibilidad de las situadas a la derecha.

De acuerdo con la vigente Norma 8.1-IC Señalización Vertical, se tendrá en cuenta la necesidad de duplicar en el margen izquierdo las señales R-305, R-306, P-7, P-8, P-9a, P-9b, P-9c, P-10a, P-10b y P-10c (epígrafe 4.2.1.1 de la Norma 8.1-IC), así como las señales de indicación de carriles S-52a y S-52b en la aproximación al final de un carril de adelantamiento (apartado 7.24 de la Norma 8.1-IC).

Una vez implantado el carril adicional, no será preceptiva la duplicación de las señales de indicación de carriles, salvo que se trate de la señalización específica de fin de carril adicional S-52a o S-52b.

Asimismo, se duplicarán las señales en aquellos tramos que presenten problemas de visibilidad debidos a la sinuosidad del trazado, la orografía, o la meteorología de la zona.

A tal efecto, debe tenerse en cuenta que no resultan efectivas aquellas señales duplicadas al otro lado de una barrera o sistema de separación, por lo que se atenderá a los siguientes criterios:

- En configuraciones Tipo 1, las señales duplicadas se dispondrán sobre la separación central (figura 9.2).



- En configuraciones Tipo 2:
 - Si se dispone de un sistema de contención de vehículos y de suficiente separación central, las señales duplicadas se dispondrán dentro de la separación central (figura 9.2).
 - Si no se dispone de un sistema de contención de vehículos, las señales duplicadas se colocarán en el margen izquierdo de la plataforma (figura 9.3).
- En configuraciones Tipo 3, las señales duplicadas se implantarán en el margen izquierdo de la plataforma (figura 9.3).

FIGURA 9.2

**DISPOSICIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL
DUPLICACIÓN DE SEÑAL EN LA SEPARACIÓN CENTRAL**

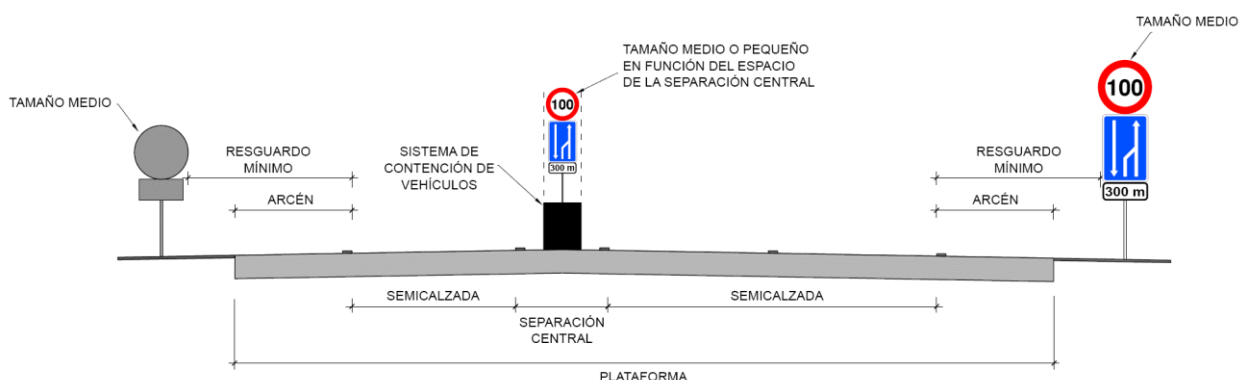
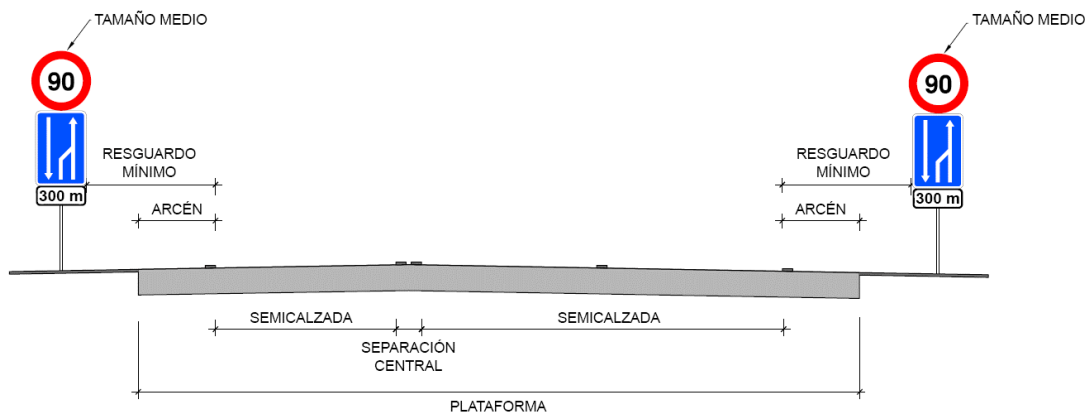


FIGURA 9.3

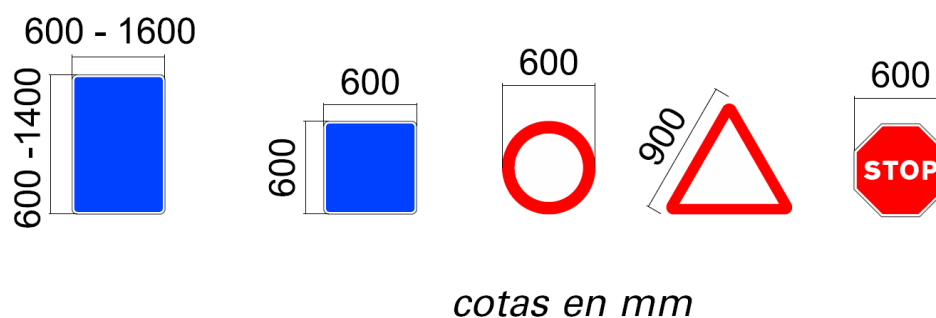
**DISPOSICIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL
DUPLICACIÓN DE SEÑAL EN EL MARGEN OPUESTO**





En los casos anteriores, cuando se deba duplicar la señal sobre la separación central y no hubiera espacio suficiente para mantener los resguardos mínimos, se podrán emplear señales de dimensiones inferiores según se indica a continuación (figura 9.4), manteniendo las proporciones entre los distintos elementos de la señal conforme a lo establecido en el Catálogo de Señales Verticales de Circulación.

FIGURA 9.4
DIMENSIONES DE LAS SEÑALES VERTICALES (Tamaño pequeño)



Como mínimo, las señales verticales se distanciarán entre sí 50 m para dar tiempo al conductor a percibir las, analizarlas, decidir y actuar en consecuencia.

La señalización vertical que se considera básica para la identificación de los carriles adicionales de adelantamiento estará configurada por las siguientes señales:

- Señal S-50a indicativa del inicio del carril adicional.
- Señal S-50d recordatoria de la presencia de carril adicional, con panel complementario S-810 con la longitud disponible hasta su finalización.
- Señal S-52b indicativa del final del carril adicional.
- Panel complementario S-800 con la distancia de preaviso.

9.1.1 Transición de las reglas que rigen sobre la maniobra de adelantamiento

En general, al pasar de un tramo de carretera convencional de sección 1+1 a otro con carriles adicionales de adelantamiento o de Carretera 2+1, se produce una transición de las reglas que rigen sobre la maniobra de adelantamiento, dado que en estos el adelantamiento no implica la invasión del sentido contrario.

En este sentido, se debe tener en cuenta que para la apertura y cierre de un carril adicional de adelantamiento la vigente Norma 8.1-IC no requiere el empleo de las señales R-502 (fin de la prohibición de adelantamiento) ni R-305 (adelantamiento prohibido), sino únicamente las señales de indicación de carriles S-50 y S-52 correspondientes.



Por su parte, en los tramos de carretera de calzada única y doble sentido de circulación en las que para adelantar a otro vehículo más lento se permite la invasión del carril de sentido contrario, se aplican las reglas generales de señalización establecidas en el apartado 7.2 "Adelantamiento" de la Norma 8.1-IC.

Por lo tanto, en los tramos de sección 1+1 anteriores y posteriores a un tramo de sección 2+1 con carriles adicionales de adelantamiento, resulta recomendable extender una distancia de seguridad con prohibición de adelantamiento, mediante colocación de señales R-305 en ambos márgenes de la calzada, con una longitud mínima de 250 m (ver figura 9.10). En el inicio del tramo de sección 1+1, salvada una distancia mínima de 200 m se podrán volver a aplicar las reglas generales de señalización establecidas en el apartado 7.2 "Adelantamiento" de la Norma 8.1-IC.

Asimismo, si se procede de una sección 2+1 a una sección 1+1 en el que la maniobra de adelantamiento implica la invasión del carril de sentido contrario, resulta recomendable colocar una señal P-25 advirtiendo de la circulación en doble sentido (figura 9.5).

FIGURA 9.5

SEÑAL P-25 DE ADVERTENCIA DE PELIGRO DE CIRCULACIÓN EN LOS DOS SENTIDOS



Esta circunstancia es especialmente importante en aquellos casos en que se provenga de secciones Tipo 1 o Tipo 2 en cuya separación central se haya dispuesto un sistema de contención de vehículos. En tales casos, la señal P-25 se colocará en la zona de transición de sección 2+1 a sección 1+1, como advertencia del fin de dicha separación central y del cambio de las reglas que rigen sobre la maniobra de adelantamiento.

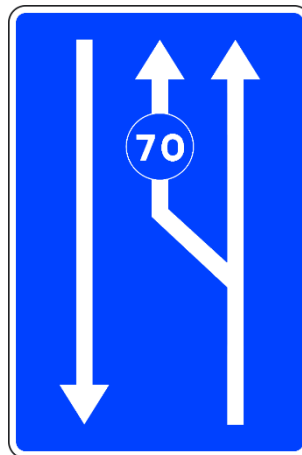
Adicionalmente, en las zonas de cebrado de canalización de apertura o cierre de un carril adicional de adelantamiento se recomienda disponer señales R-401a, ubicadas bien sobre elementos de balizamiento flexibles diseñados al efecto o bien en un poste fusible sobre isleta rebasable, señalando el lado del cebrado por el que los vehículos han de pasar obligatoriamente según su sentido de circulación.

9.1.2 Inicio del carril de adelantamiento

Según se establece en el apartado 7.20 de la Norma 8.1-IC, en carreteras de calzada única donde se disponga un carril adicional por la izquierda se señalará su inicio mediante la señal S-50a (figura 9.6).



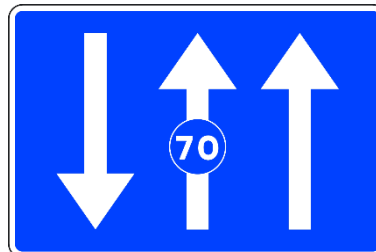
FIGURA 9.6
SEÑAL S-50a DE INICIO DE CARRIL ADICIONAL
(POR LA IZQUIERDA)



S-50a

La presencia del carril adicional se recordará a intervalos inferiores a 500 m mediante la señal S-50d (figura 9.7).

FIGURA 9.7
SEÑAL S-50d DE PRESENCIA DE CARRIL ADICIONAL



S-50d

En las señales S-50a y S-50d figurarán todos los carriles, con su sentido en cada caso.

Cuando la longitud del carril adicional sea superior a 1 km, se recomienda disponer en las señales S-50d un panel complementario (S-810) (figura 9.8) que indique la longitud total del tramo afectado.

FIGURA 9.8
SEÑAL S-810 CAJETÍN COMPLEMENTARIO INDICATIVO DE LA DISTANCIA



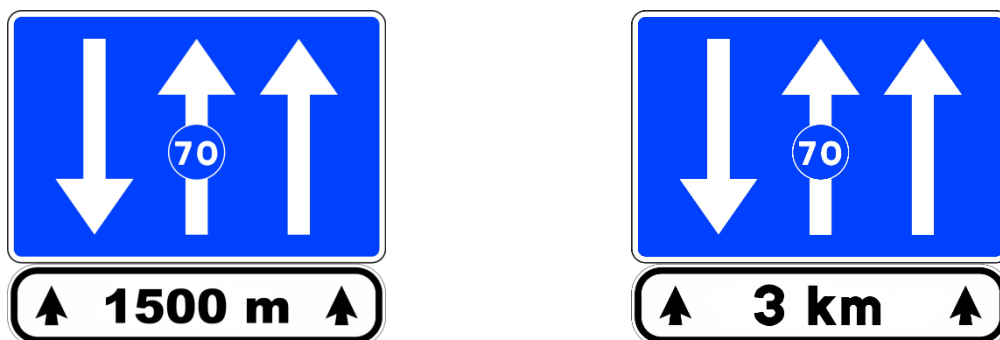
S-810

Las distancias se indicarán en metros o en kilómetros conforme a las reglas del epígrafe 2.2.4 de la Norma 8.1-IC (figura 9.9).



FIGURA 9.9

EJEMPLOS DE SEÑAL S-50d CON PANEL COMPLEMENTARIO DE LONGITUD DISPONIBLE



Las señales S-50a y S-50d establecen que el carril adicional solo puede ser utilizado por los vehículos que circulen a velocidad igual o superior a la indicada, aunque si las circunstancias lo permiten deben circular por el carril de la derecha. La velocidad mínima (R-411) indicada en las señales S-50a y S-50d se podrá adaptar en función del trazado y las condiciones de la carretera.

Asimismo, como se ha indicado anteriormente, se debe tener en cuenta que en la apertura de un carril adicional de adelantamiento la vigente Norma 8.1-IC no requiere el empleo de las señales R-502 (fin de la prohibición de adelantamiento), sino únicamente las señales de indicación de carriles S-50 correspondientes.

En las figuras 9.10 y 9.11 siguientes se presenta una posible combinación de los elementos básicos anteriormente descritos de señalización vertical en el inicio de un carril adicional de adelantamiento aislado.

En el caso de la zona de transiciones no críticas acopladas de una Carretera 2+1, se seguirá la misma disposición aplicada a ambos de sentidos de circulación (ver apéndice 1).

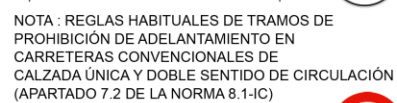
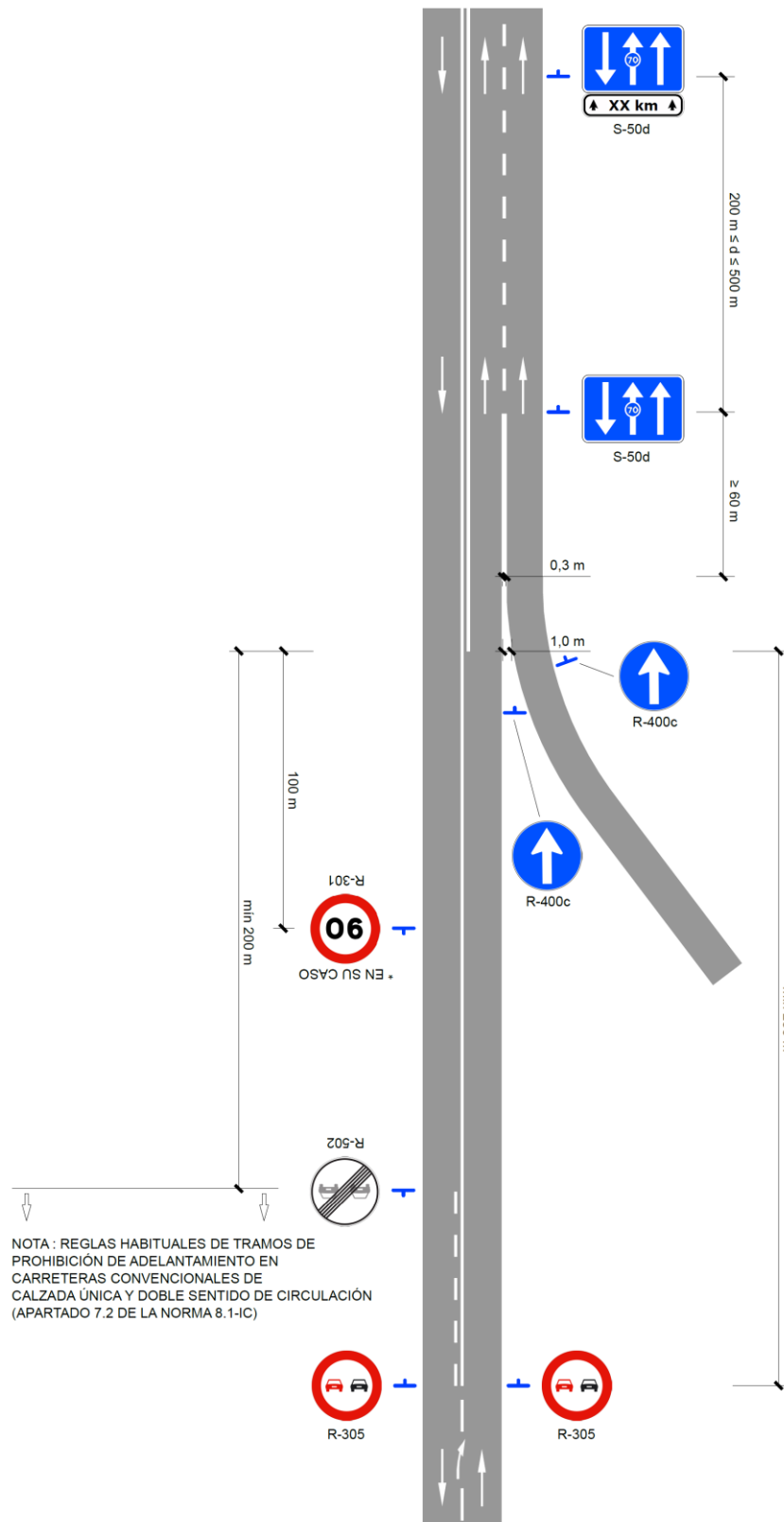
FIGURA 9.10



FIGURA 9.11
INCORPORACIÓN DE CARRIL ADICIONAL (POR LA DERECHA)



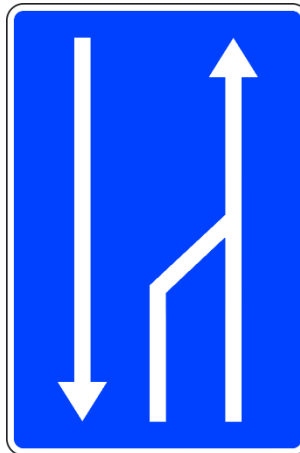


9.1.3 Final del carril de adelantamiento

Según se establece en el apartado 7.24 de la Norma 8.1-IC, en carreteras de calzada única el final de un carril adicional para circulación rápida se señalizará mediante la señal S-52b (figura 9.12), a 100 m y a 300 m, acompañando esta última con un panel complementario con la distancia (figura 9.13). Se podrá poner la señal S-52b también a 500 m con panel complementario (apartado 7.24 de la Norma 8.1-IC).

En las señales S-52b figurarán todos los carriles, con su sentido en cada caso; se pondrán en ellas cajetines complementarios S-800 con la distancia de preaviso, indicada conforme a las reglas del epígrafe 2.2.4 de la Norma 8.1-IC.

FIGURA 9.12
SEÑAL S-52b DE FINAL DE CARRIL ADICIONAL
(POR LA IZQUIERDA)




S-52b

FIGURA 9.13
SEÑAL S-800 CAJETÍN COMPLEMENTARIO INDICATIVO DE LA DISTANCIA DE PREAVISO



S-800

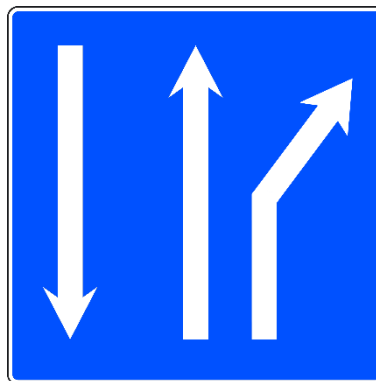
En ningún caso se colocarán señales R-1  en el final de un carril adicional de adelantamiento.

Asimismo, como se ha indicado anteriormente, se debe tener en cuenta que para el cierre de un carril adicional de adelantamiento la vigente Norma 8.1-IC no requiere el empleo de las señales R-305 (adelantamiento prohibido), sino únicamente las señales de indicación de carriles S-52 correspondientes.



En los casos excepcionales que supongan la pérdida directa en un nudo del carril exterior del sentido con carril adicional de adelantamiento, debe tenerse en cuenta que estas configuraciones llevan implícita una transposición del carril básico, por lo que es de especial importancia una adecuada señalización. A tal fin, se podrá reforzar la percepción de los conductores con señales de preaviso y con señales de indicación de carril perdido por la derecha (figura 9.14). Dicha señal tendrá las dimensiones y proporciones que, en su caso, se definan específicamente en el Catálogo Oficial de Señales Verticales de Circulación.

FIGURA 9.14
SEÑAL DE PÉRDIDA DE CARRIL POR LA DERECHA



Asimismo, en caso de pérdida de carril por la derecha se recomienda indicar la salida inmediata en banderola sobre el carril perdido (Señal S-350), y complementarse con marcas viales de inscripción de orientación (M-6.1), pintadas sobre los carriles, indicando el destino al que conduce cada uno de ellos (figura 9.16)

Respecto a la señalización de la transición de las reglas que rigen sobre la maniobra de adelantamiento, se seguirán las recomendaciones ya indicadas anteriormente.

En las figuras 9.15 y 9.16 siguientes se presenta una posible combinación de los elementos básicos anteriormente descritos de señalización vertical en el final de un carril adicional de adelantamiento aislado.

En el caso de la zona de transiciones críticas acopladas de una Carretera 2+1, se seguirá la misma disposición aplicada a ambos de sentidos de circulación (ver apéndice 1).



FIGURA 9.15
FINAL DE CARRIL ADICIONAL DE ADELANTAMIENTO (POR LA IZQUIERDA)

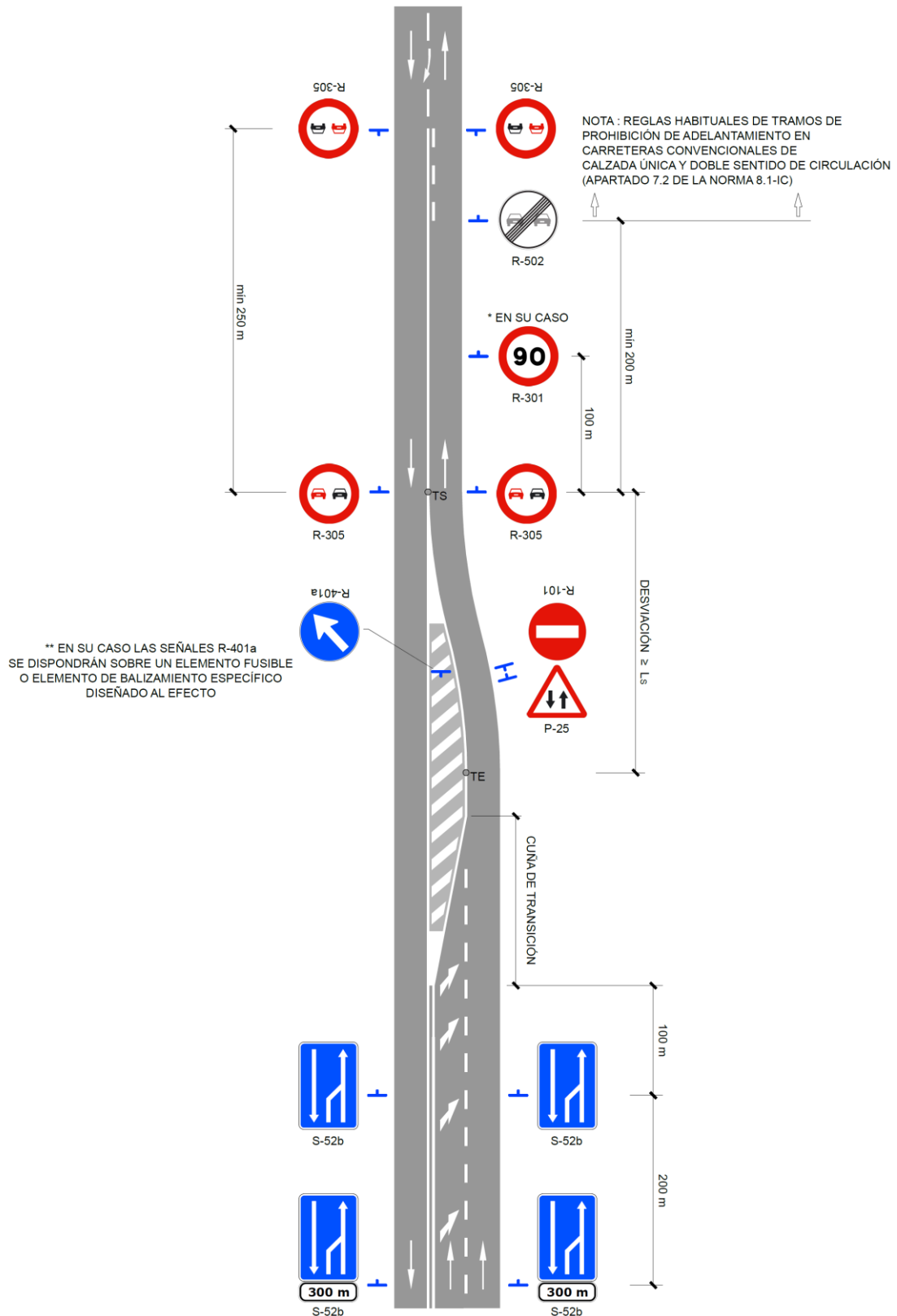
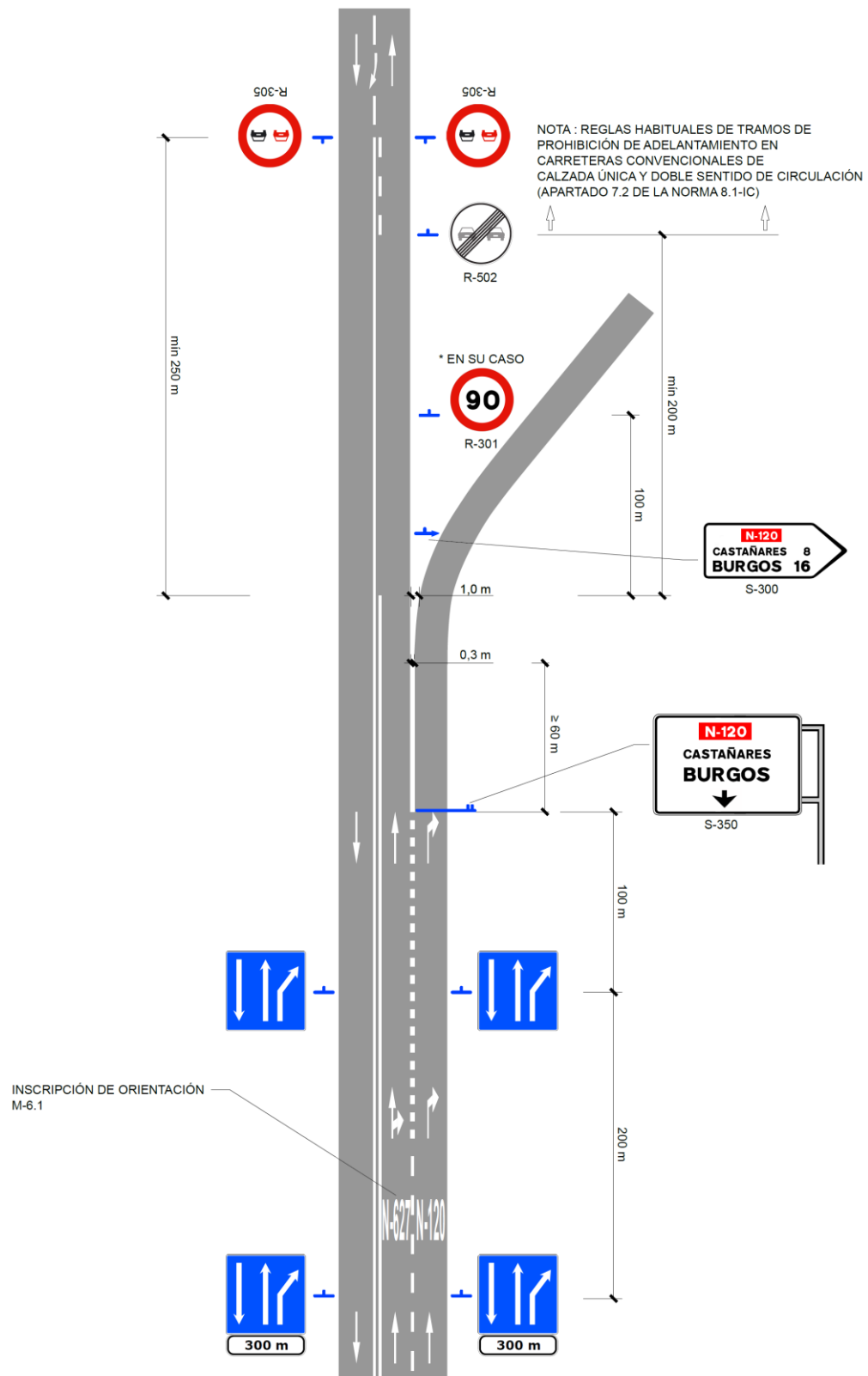




FIGURA 9.16
PÉRDIDA DE CARRIL ADICIONAL (POR LA DERECHA)





9.1.4 Adelantamiento prohibido para camiones

Como criterio general, en la zona de implantación de un carril adicional de adelantamiento se prohibirá dicha maniobra a los camiones mediante la señal R-306 (figura 9.17).

No obstante, lo anterior, deberá realizarse un estudio específico en aquellos casos en los que el carril adicional de adelantamiento coincida con las funciones de carril adicional para vehículos lentos (carriles en rampa o pendiente), en cuyo caso se podrá admitir que a los vehículos pesados también les esté permitido el adelantamiento.

FIGURA 9.17

SEÑAL R-306 DE ADELANTAMIENTO PROHIBIDO PARA LOS CAMIONES

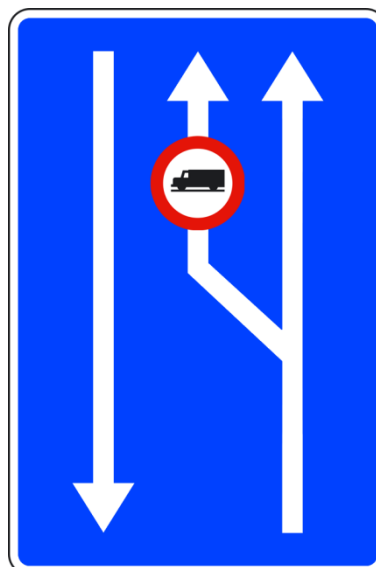


En todo caso, para la disposición de las señales R-306 se atenderán los criterios establecidos en el epígrafe 7.2.3 de la Norma 8.1-IC.

Asimismo, existe la posibilidad de modificar las señales S-50a con la reglamentación que rige sobre el carril adicional, sustituyendo la velocidad mínima (R-411) por las señales R-106 o R-107 de prohibición de vehículos de transporte de mercancías, u otros tipos de vehículos determinados (figura 9.18).

FIGURA 9.18

SEÑAL S-50a CON REGLAMENTACIÓN ESPECÍFICA SOBRE EL CARRIL ADICIONAL (SEÑAL R-106)





Sin embargo, esta solución resultará más difícil de interpretar para los usuarios de los demás vehículos, para los que sí está permitido el adelantamiento, especialmente cuando se emplean tamaños de señales inferiores a los recomendados. Por lo tanto, para el caso de prohibir el adelantamiento a los camiones se aconseja preferentemente la utilización de señales R-306 independientes.

Al inicio del carril adicional, la señal R-306 podrá disponerse, o bien espaciada de la señal S-50a una distancia de 50 m, o bien colocadas ambas señales superpuestas sobre un mismo poste.

9.1.5 Señalización de indicación de tramos de Carretera 2+1

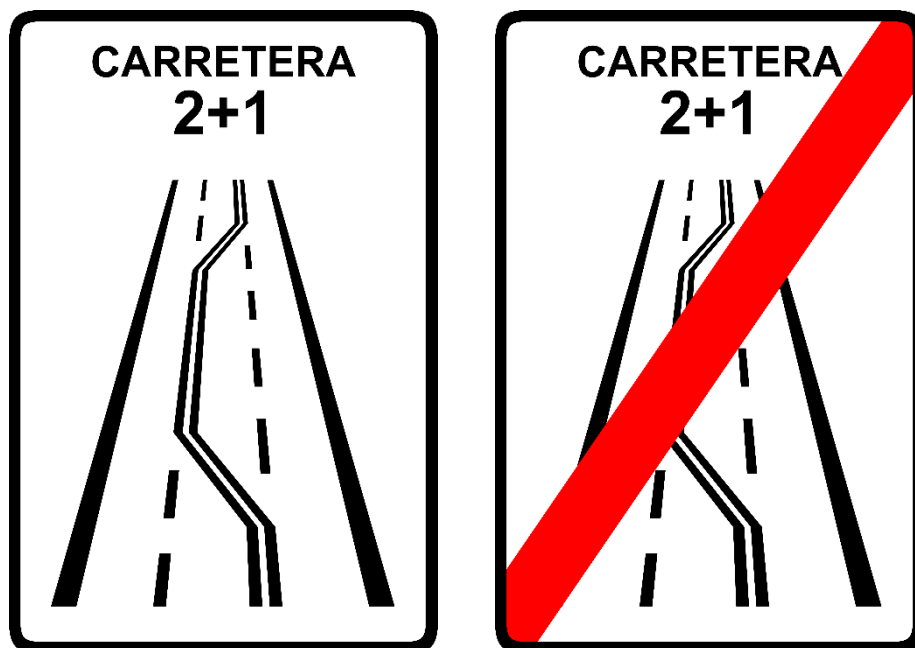
En las conexiones de inicio y final de tramos de Carreteras 2+1 con otros tramos de autopista, autovía, carretera convencional o con una red urbana, se seguirán las reglas generales de señalización establecidas en el apartado 4.1 de la Norma 8.1-IC Señalización Vertical.

Las reglas de adelantamiento en las Carreteras 2+1 resultan fácilmente predecibles una vez que el usuario se ha acostumbrado a la sucesión de las zonas de transición críticas y no críticas y a la disposición alternativa de los carriles de adelantamiento para cada sentido de circulación.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la infraestructura, los tramos de Carretera 2+1 a lo largo de un itinerario se deben identificar con claridad. Se recomienda a tal efecto disponer una señal de identificación específica, que marque el inicio del tramo de Carretera 2+1 (figura 9.19) e informe a los conductores de que disponen de zonas para adelantar a lo largo de su itinerario. En todo caso, a efectos de su normalización estas señales deberán atender a las definiciones, colores y dimensiones que se puedan establecer en el Catálogo Oficial de Señales Verticales de Circulación.

FIGURA 9.19

SEÑAL DE INDICACIÓN DE INICIO Y FINAL DE CARRETERA 2+1





Al igual que las señales de indicación del número de carriles, las señales de indicaciones generales pueden acompañarse de un panel complementario S-810 con la distancia sobre la que rige dicha reglamentación.

Dado que las Carreteras 2+1 no tienen una regulación específica en la vigente legislación de tráfico, circulación de vehículos y seguridad vial⁹, les serán de aplicación por defecto las reglas generales establecidas para las carreteras convencionales. En este sentido, para reducir el número de señales necesarias se podrá disponer en carteles compuestos las limitaciones de vehículos y velocidades máximas de la circulación que rige sobre un tramo de Carretera 2+1, tal y como se indica en el apartado siguiente.

En todo caso, los riesgos singulares asociados a elementos específicos (transición a tramos de sección 1+1, presencia de intersecciones, etc.) siempre deberán ser señalizados.

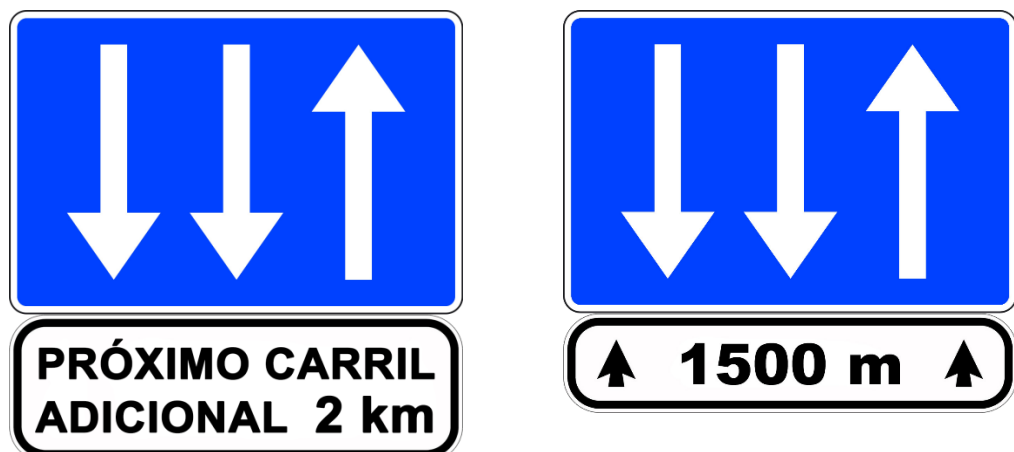
Asimismo, en las Carreteras 2+1 resulta recomendable informar a los conductores no solo de que disponen de zonas para adelantar, sino también de la distancia a la que se encontrará esta posibilidad.

Por tanto, una vez superada la zona de transición crítica y al inicio de un segmento con carril único de circulación, sin posibilidad de adelantamiento, se recomienda disponer una señal de indicación de carriles para indicar la distancia a la que se volverá a disponer del próximo carril adicional de adelantamiento.

A tal efecto, se recomienda colocar señales S-50 específicas con un panel complementario (figura 9.20), bien con un mensaje indicativo de la distancia al próximo carril adicional (S-860), o bien con la distancia en que se mantiene la misma configuración de carriles (S-810).

FIGURA 9.20

EJEMPLOS DE SEÑAL DE INDICACIÓN DE PRÓXIMO CARRIL ADICIONAL EN CARRETERAS 2+1



⁹ Real Decreto Legislativo 6/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.



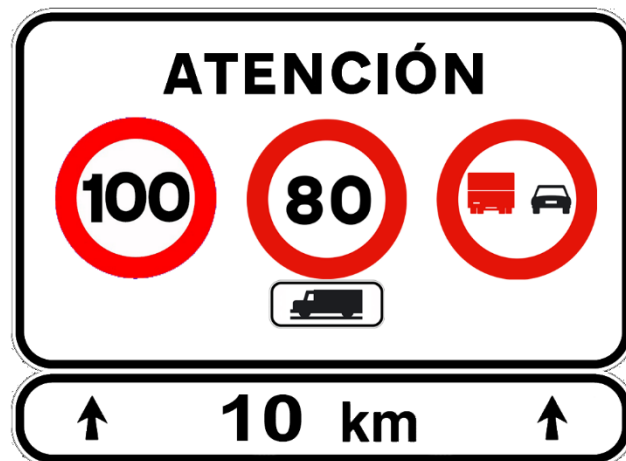
9.1.6 Refuerzo de la señalización

De acuerdo con el apartado 7.33 de la Norma 8.1-IC Señalización Vertical, en aquellos puntos donde se considere que un refuerzo de la señalización de código puede contribuir a mejorar las condiciones de circulación, se podrá destacar la señalización sobre carteles.

Por lo tanto, en tramos de carril de adelantamiento aislado o Carreteras 2+1 se podrán disponer carteles que compongan las limitaciones de velocidad o la prohibición de adelantamiento a los camiones, con un subcartel S-810 indicativo de la longitud de carretera a la que se extienden dichas condiciones (figura 9.21).

FIGURA 9.21

EJEMPLO DE CARTEL DE REFUERZO DE LAS SEÑALES DE PROHIBICIÓN Y RESTRICCIÓN



9.1.7 Intersecciones sin giro a la izquierda permitido y cambios de sentido

En intersecciones en las que no esté permitido el giro a la izquierda desde la vía secundaria, además de disponer la señal R-303 y la señal R-400d en la vía secundaria, la prohibición de giro a la izquierda se podrá reforzar mediante el tratamiento de la separación central, mediante isletas o incluso mediante la disposición de un sistema de contención de vehículos, de manera que exista una imposibilidad física de realizar las maniobras prohibidas (figuras 9.22 y 9.23).



FIGURA 9.22

**INTERSECCIÓN EN "T" SIN GIROS A LA IZQUIERDA
EN MARGEN CON UN ÚNICO CARRIL DE CIRCULACIÓN**

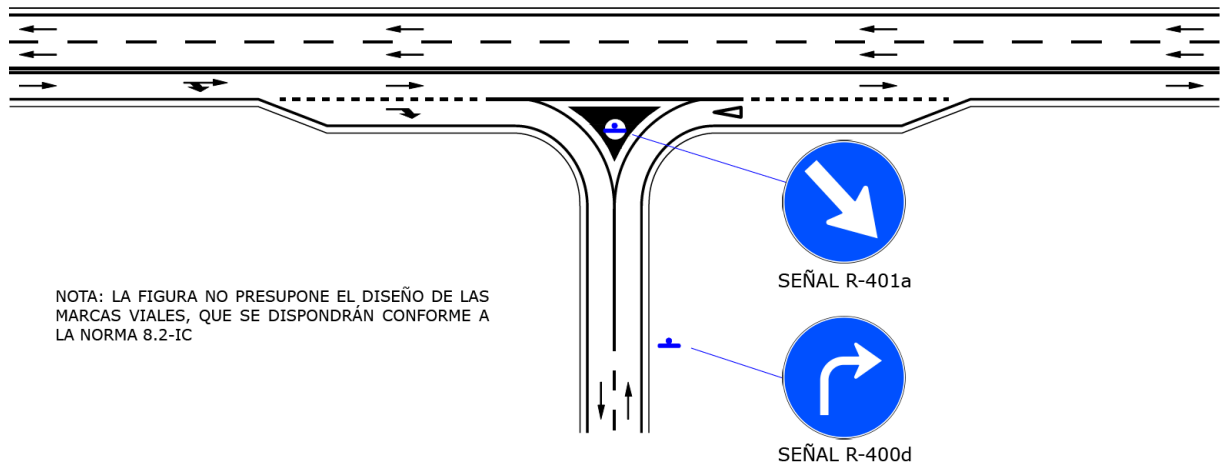
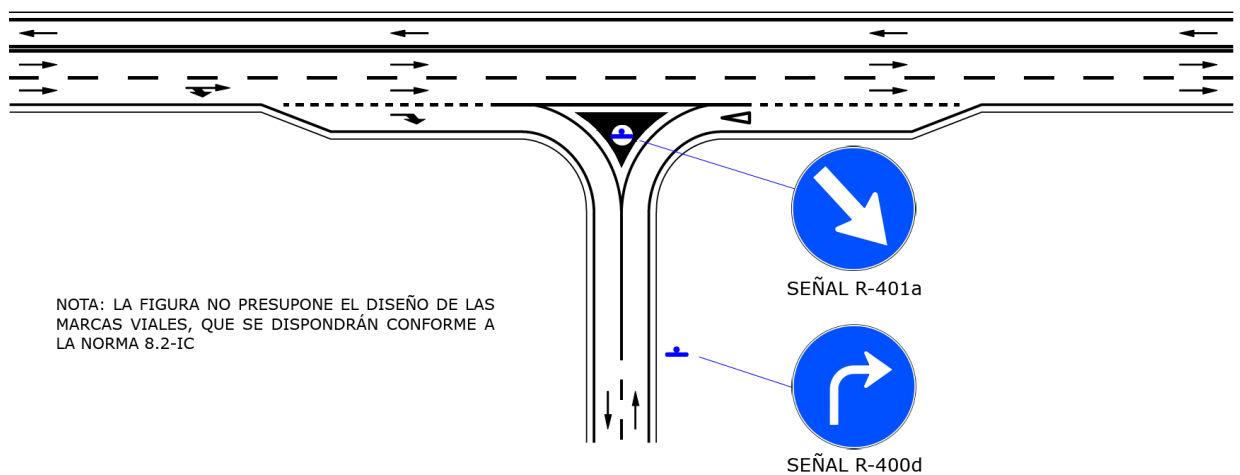


FIGURA 9.23

**INTERSECCIÓN EN "T" SIN GIROS A LA IZQUIERDA
EN MARGEN CON CARRIL ADICIONAL DE ADELANTAMIENTO**





Los cambios de sentido se señalizarán con la señal S-22 (figura 9.24) o S-25 (figura 9.25) del catálogo oficial, según se trate de cambios de sentido a nivel o a distinto nivel, respectivamente.

FIGURA 9.24

SEÑAL S-22, CAMBIO DE SENTIDO A NIVEL



FIGURA 9.25

SEÑAL S-25, CAMBIO DE SENTIDO A DISTINTO NIVEL





9.2 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

La implantación y los criterios de aplicación de la señalización horizontal se realizará en el marco establecido por la Norma 8.2-IC Marcas Viales, atendiendo al objetivo fundamental de aumentar la seguridad, la eficacia y la comodidad de la circulación.

En carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 la implantación de la separación central conllevará la prohibición de la maniobra de adelantamiento con invasión del sentido contrario, materializándose, al menos, mediante dos marcas viales longitudinales continuas.

Las marcas viales deberán ser tenidas en cuenta desde una fase temprana del proyecto como parte integrante del diseño de una Carretera 2+1, y no como un mero añadido posterior a su concepción.

Algunas de estas marcas viales varían sus dimensiones en función del tipo de vía, de la velocidad de proyecto o de la velocidad máxima que un precepto general, la señalización fija o las limitaciones físicas de la vía permitan.

También podrá considerarse como un refuerzo de la señalización horizontal los captafaros que se fijan en el pavimento. De noche, y sobre todo en situación de lluvia y meteorología adversa, complementan la acción de guía óptica de las marcas viales, y pueden resultar especialmente recomendables en puntos difíciles como las zonas de transición de la sección transversal y los nudos viarios.

En zonas con importante presencia de motociclistas o en zonas de lluvia frecuente se podrá estudiar la posibilidad de emplear pinturas con propiedades antideslizantes, a fin de mejorar la adherencia en el caso de que el pavimento se encuentre mojado, especialmente en los cebrados y flechas pintadas sobre los carriles.

Asimismo, en carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 se podrá considerar el empleo de marcas viales sonoras en las líneas longitudinales de la separación central o de borde de calzada, especialmente en el caso de diseño Tipo 3. Las marcas viales sonoras, reguladas en su normativa específica, incorporan resaltes que producen efectos sonoros y vibraciones al paso de las ruedas de los vehículos, aumentando la atención de los conductores.

Alternativamente, con el mismo objetivo, se podrá optar por soluciones de fresados o huellas sonoras en el pavimento, adyacentes a la marca vial.

9.2.1 Separación de sentidos y separación de carriles

Para la separación de carriles en el sentido de circulación con dos carriles, deberá tenerse en cuenta lo establecido en la normativa vigente de marcas viales en relación a los carriles adicionales de adelantamiento y su consideración como carril básico (marca vial M-1.2) o carril especial (marca vial M-1.7), en función del tramo en el que se ubiquen dichos carriles y su disposición por la izquierda o por la derecha del carril básico.

La separación central entre sentidos de circulación se materializará en función de su anchura, mediante marcas viales longitudinales dispuestas del siguiente modo:

- Separación central > 0,50 m: Doble línea de borde de calzada (M-2.6) de 0,15 m de anchura, pudiendo alojar en su interior elementos de refuerzo de la separación, como un cebrado,



resaltos, captafaros, balizas o incluso si se considera justificado, un sistema de contención de vehículos.

De acuerdo con lo establecido en la Norma 8.2-IC Marcas Viales, para disponer el cebrado se deberá cumplir que la separación entre ambas líneas M-2.6 sea superior a 0,50 m, lo que requerirá en tal caso que la separación central sea superior a 0,80 m.

- Separación central $\leq 0,50$ m: Doble línea continua (M-2.3a), con una anchura de 0,15 m, y una separación entre líneas no mayor de 0,20 m.

Para el Tipo 1 y Tipo 2 las marcas viales longitudinales continuas de borde de carril M-2.6 se dispondrán pintadas sobre el espacio de la separación central.

Para el Tipo 3 de diseño, a diferencia de otras carreteras convencionales con sección 1+1, la marca vial longitudinal doble continua M-2.3a, se dispondrá pintada sobre el espacio de la separación central.

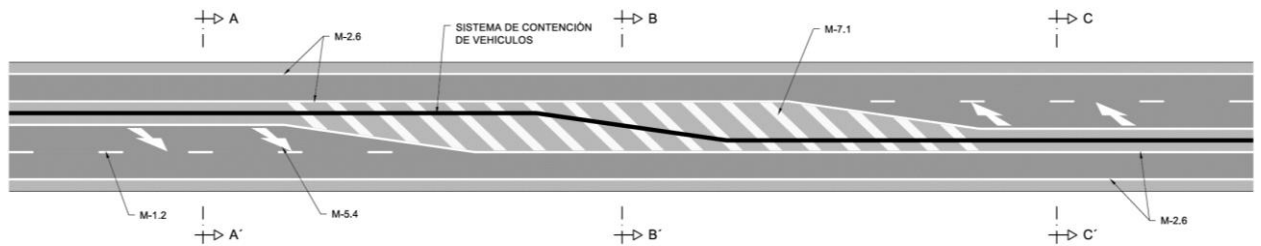
En ambos casos, debe tenerse en cuenta que el pintado de las marcas viales no debe realizarse a costa del ancho de los carriles, disminuyendo el ancho aparente de los mismos, sino que deberá realizarse sobre el espacio previsto para la separación central en el diseño de la sección transversal.

Del mismo modo, las líneas de borde de calzada M-2.6 se dispondrán pintadas sobre el espacio del arcén.

En las siguientes figuras 9.26, 9.27 y 9.28 se representan los criterios geométricos recomendados de disposición de las marcas viales en la sección transversal de la plataforma, para cada uno de los Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3, respectivamente.

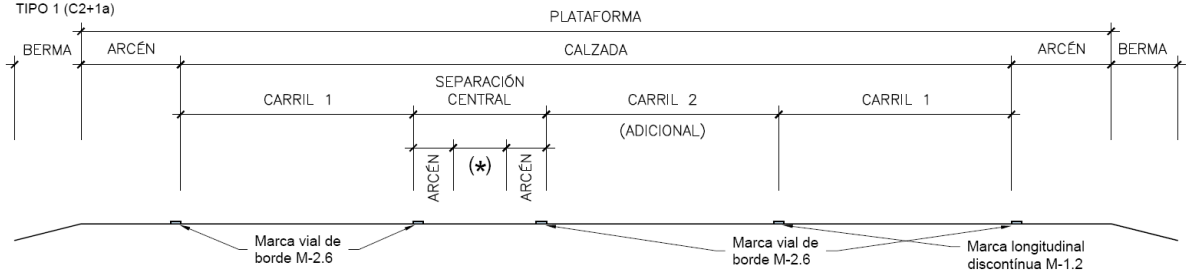


FIGURA 9.26
MARCAS VIALES EN UNA CARRETERA 2+1 TIPO 1



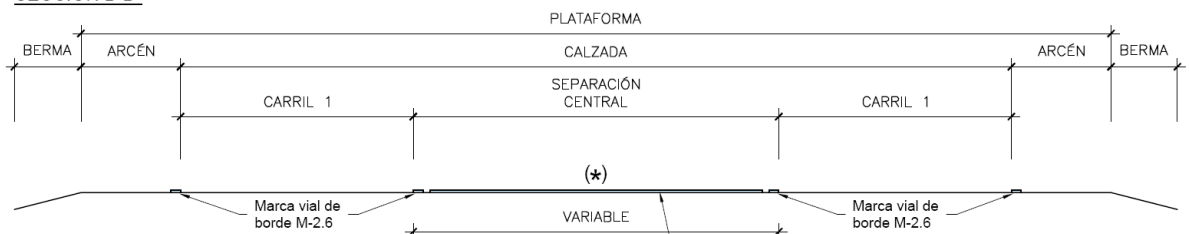
SECCIÓN A-A'

TIPO 1 (C2+1a)



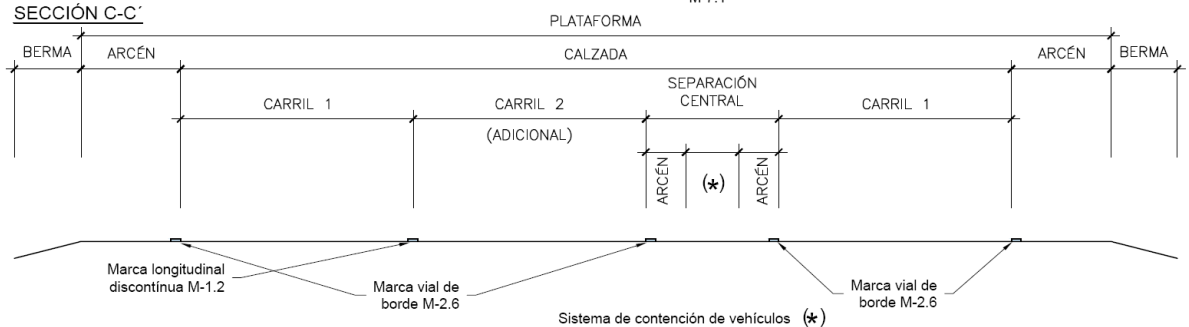
(*) Sistema de contención de vehículos

SECCIÓN B-B'



(*) Sistema de contención de vehículos

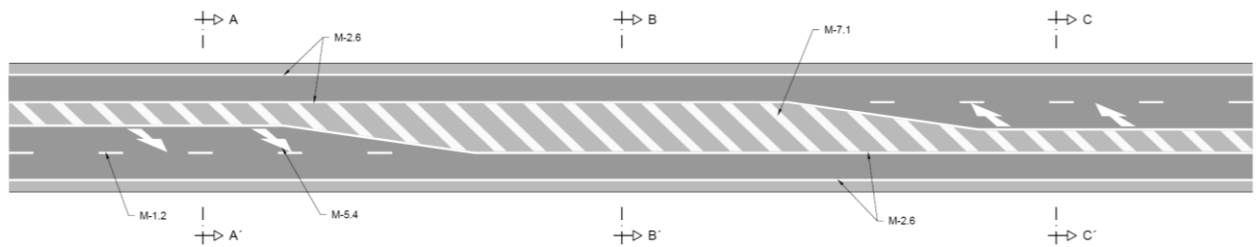
SECCIÓN C-C'



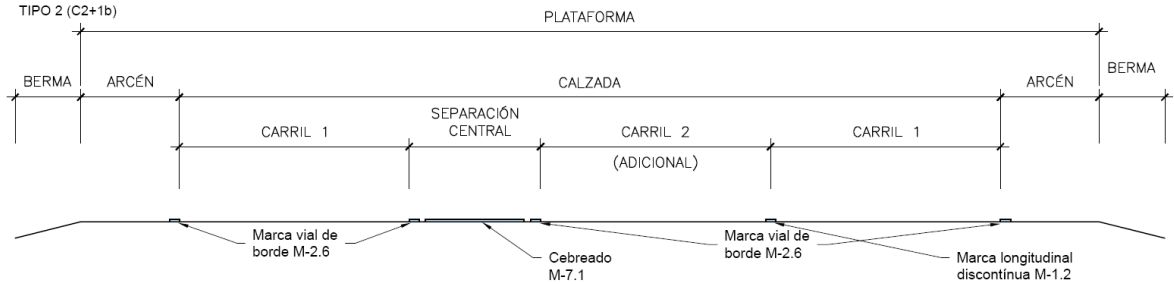
Sistema de contención de vehículos (*)



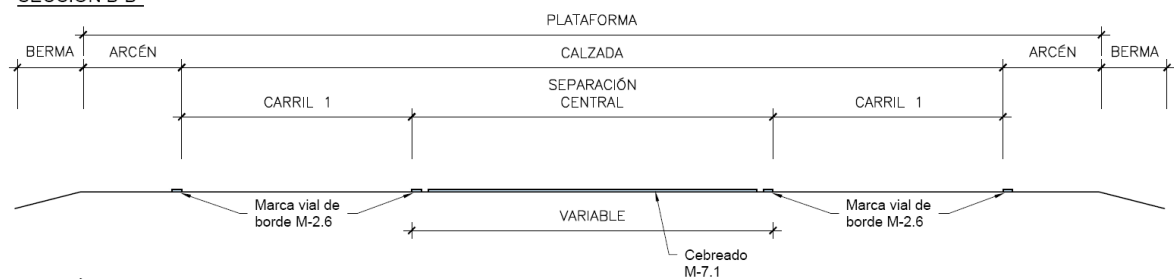
FIGURA 9.27
MARCAS VIALES EN UNA CARRETERA 2+1 TIPO 2



SECCIÓN A-A'
TIPO 2 (C2+1b)



SECCIÓN B-B'



SECCIÓN C-C'

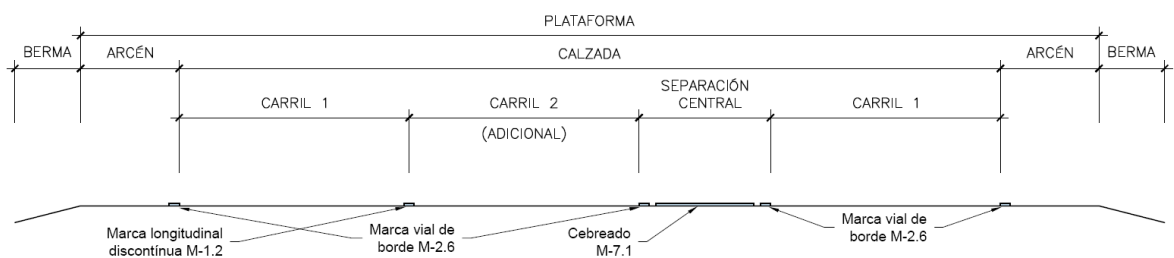
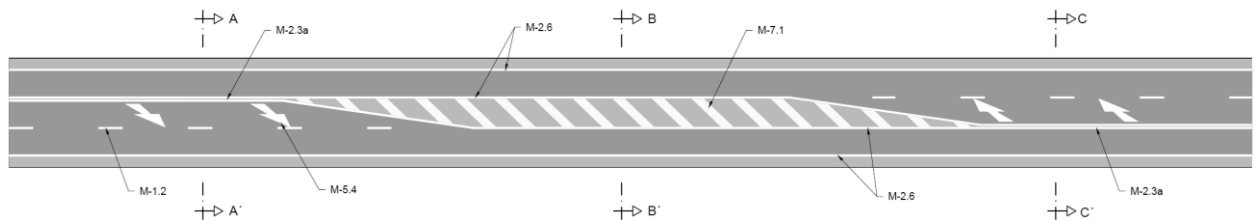


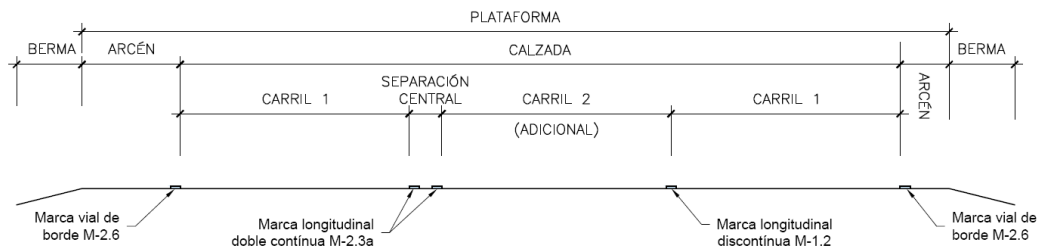


FIGURA 9.28
MARCAS VIALES EN UNA CARRETERA 2+1 TIPO 3

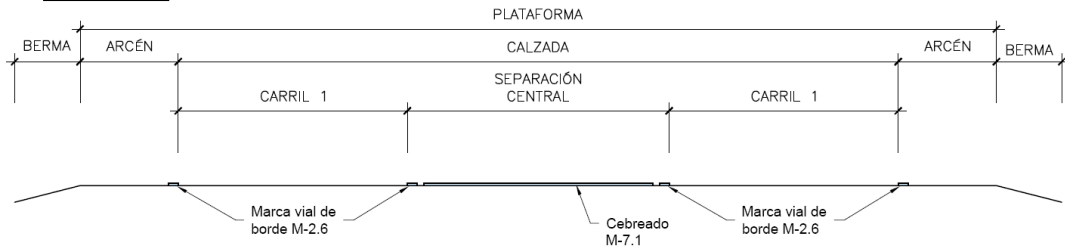


SECCIÓN A-A'

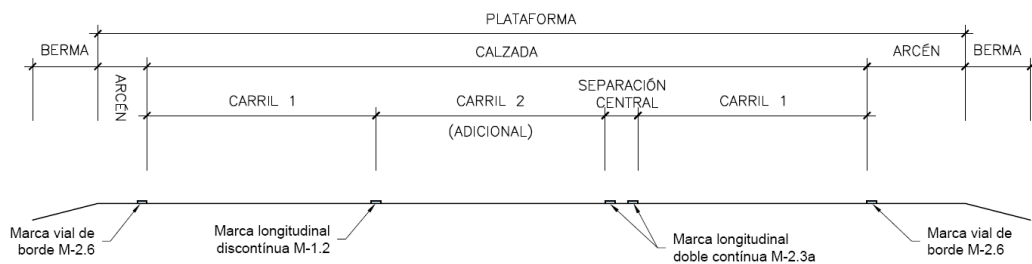
TIPO 3 (C2+1c)



SECCIÓN B-B'



SECCIÓN C-C'



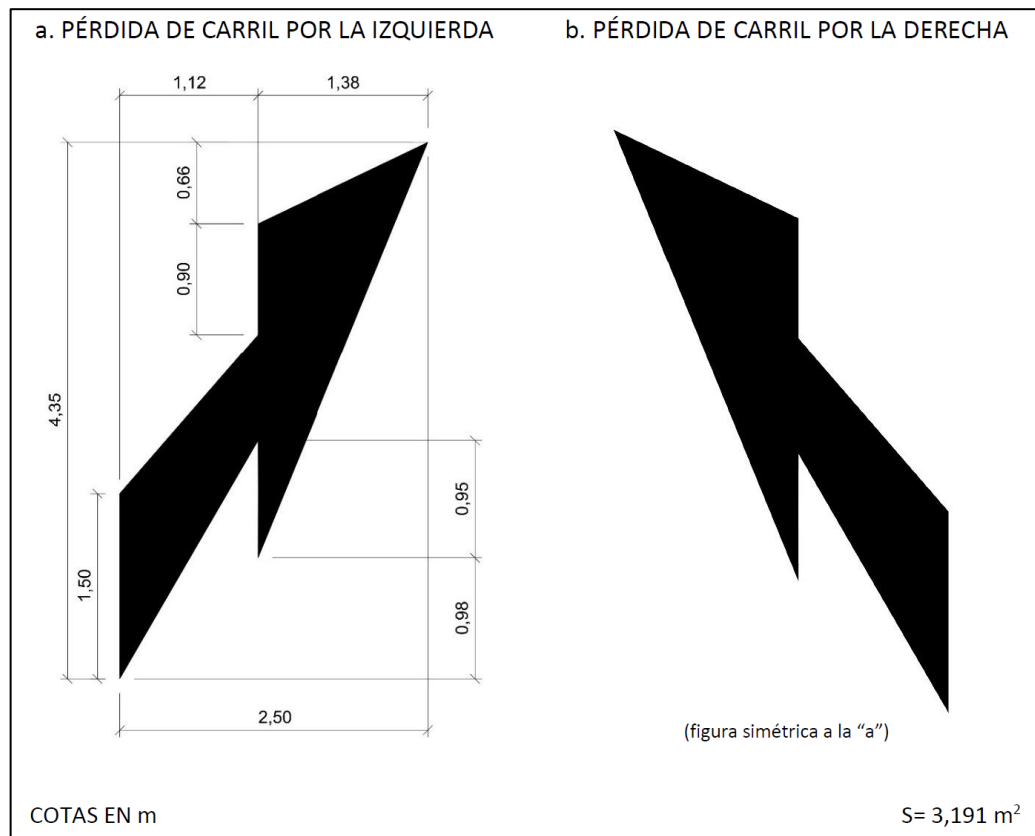


9.2.2 Final del carril adicional

En las carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 se atenderá especialmente a la adecuada disposición de flechas de fin de carril (M-5.4) en el final del carril de adelantamiento.

Las flechas de pérdida de carril indican que el carril en que están situadas termina próximamente y es preciso seguir su indicación, respetando la prioridad del vehículo que circula por el carril que se pretende ocupar. Se dispondrán sucesivamente empleando un mínimo de cuatro, siempre que la geometría lo permita, a intervalos linealmente decrecientes.

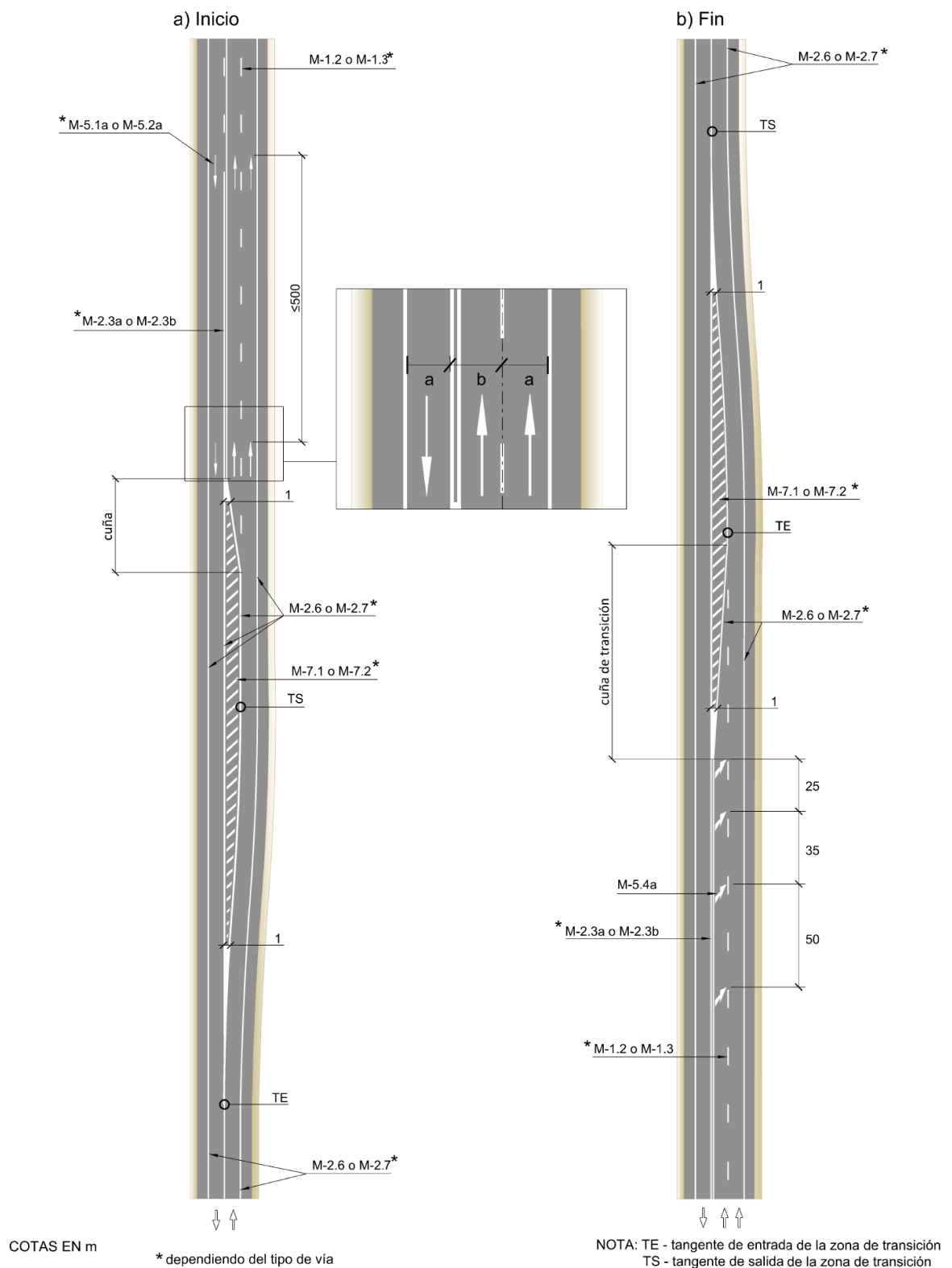
FIGURA 9.29
MARCAS VIALES M-5.4



(Fuente: documento de trabajo para la actualización de la Norma 8.2-IC Marcas Viales (marzo 2020))



FIGURA 9.30
CARRIL ADICIONAL POR LA IZQUIERDA



(Fuente: documento de trabajo para la actualización de la Norma 8.2-IC Marcas Viales (marzo 2020))



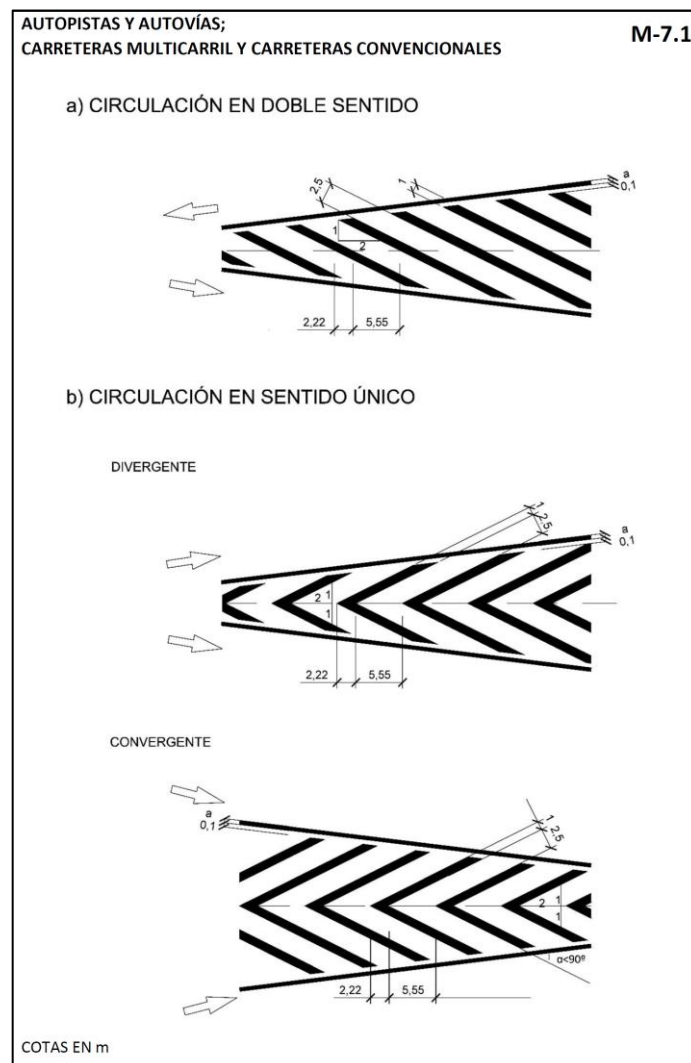
9.2.3 Cebrados de las zonas de transición

Los cebrados (M-7.1) contribuyen a incrementar la visibilidad de la zona de la plataforma excluida a la circulación de vehículos.

Se procurará un adecuado diseño y disposición de los cebrados en las zonas de transición de Carreteras 2+1, así como en las zonas de transición entre una sección 1+1 y la sección 2+1 o viceversa, al inicio o al final de un tramo con carril adicional de adelantamiento.

El cebrado de una zona de la plataforma con franjas oblicuas paralelas enmarcadas por una línea continua, significará que ningún vehículo debe penetrar en esa zona.

FIGURA 9.31
MARCAS VIALES M-7.1



(Fuente: documento de trabajo para la actualización de la Norma 8.2-IC Marcas Viales (marzo 2020))



Los cebrados asociados a una desviación de los carriles básicos, para crear o anular la separación que permite alojar el carril adicional de adelantamiento, deberán diseñarse con una longitud suficiente, de manera que los conductores que circulen por dichos carriles sean canalizados sin efectuar maniobras excesivamente bruscas.

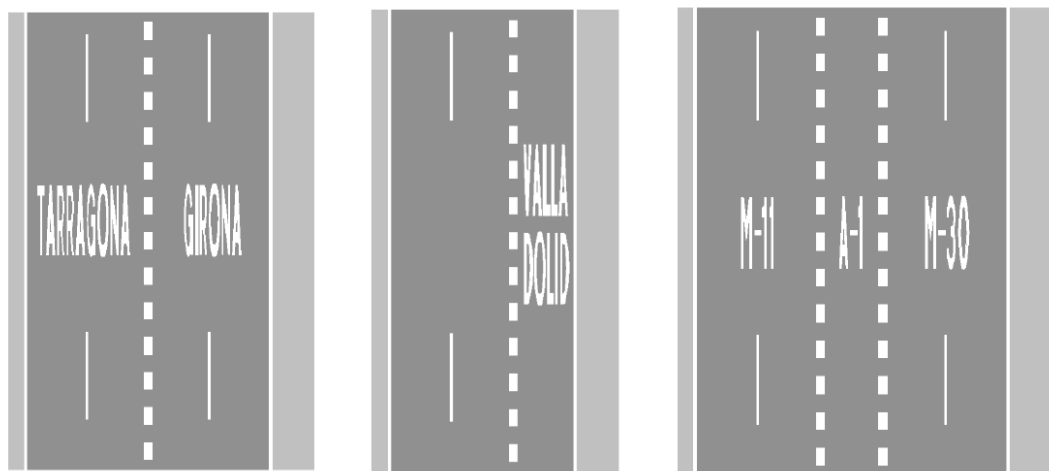
En el caso de que se opte por la disposición de isletas en combinación con las zonas de cebrado, se atenderá a las recomendaciones del apartado 4.8 de la Orden Circular 32/2012 Guía de Nudos Viarios.

9.2.4 Inscripciones de orientación

Se podrán disponer inscripciones de orientación sobre el pavimento (M-6.1) para indicar la carretera, población, zona de estacionamiento, aeropuerto, peaje u otro lugar que se pueda alcanzar si se sigue por el carril en que estén situadas las inscripciones y se efectúen los cambios de dirección indicados por las flechas que, en su caso, puedan situarse en el mismo carril e inmediatas a la inscripción (Norma 8.2-IC).

FIGURA 9.32

MARCAS VIALES CON INSCRIPCIONES DE ORIENTACIÓN



(Fuente: documento de trabajo para la actualización de la Norma 8.2-IC Marcas Viales (marzo 2020))



9.3 SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA DE INTERSECCIONES Y ENLACES

La señalización específica de las intersecciones y enlaces se diseñará en atención a las disposiciones de la Norma 8.1-IC Señalización Vertical y 8.2-IC Marcas Viales de la Instrucción de Carreteras.

En tramos de Carreteras 2+1 resultará recomendable aumentar la preseñalización en intersecciones con respecto a lo contemplado en la Norma 8.1-IC, al objeto de que los conductores puedan percibir la nueva situación con la anticipación suficiente.

A tal efecto se tendrá en cuenta la ubicación de los carteles, banderolas y pórticos de preseñalización de salida y de salida inmediata, teniendo en cuenta su relación con la disposición proyectada para los carriles básicos, los carriles adicionales y los elementos de transición de las condiciones de circulación, de manera que se facilite a los conductores la toma de decisiones en condiciones de seguridad y comodidad en correspondencia con las velocidades de circulación, y de manera que las maniobras se puedan realizar de forma, clara, rápida y con antelación suficiente.

En el Apéndice 1 se incluyen varios ejemplos de señalización vertical y horizontal en tramos donde se presentan zonas de transición críticas y no críticas en carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1, así como para el caso de intersecciones en "T" e intersecciones en "cruz".

Siempre que pueda estar impedida la visibilidad de los carteles laterales, en la señalización de las salidas en nudos se podrán utilizar banderolas dentro de la zona con carril adicional de adelantamiento.

9.4 LIMITACIONES ESPECÍFICAS

En todo caso, en aquellos tramos de carretera donde no se disponga de las visibilidades requeridas o exista imposibilidad física de adoptar las configuraciones indicadas en los capítulos 4 y 5 de estas recomendaciones, se estudiarán las medidas que permitan mejorar la percepción de los conductores, mediante reducción de la velocidad señalizada en el tramo, o mediante la implantación de otras ayudas a la conducción (señalización vertical, señalización horizontal, balizamiento, alumbrado u otras dotaciones viarias).



10 ACCESOS Y VÍAS DE SERVICIO

10.1 INTRODUCCIÓN

Las mejoras que en términos de funcionalidad y seguridad viaria puede llevar consigo la implantación de un carril adicional de adelantamiento o un tramo de Carretera 2+1, no están exclusivamente motivadas por la diferente conformación de la plataforma. El adecuado tratamiento de la accesibilidad a las propiedades colindantes, las conexiones de las vías de servicio y el correcto emplazamiento y diseño de los nudos para permitir los cambios de sentido, son aspectos esenciales que contribuirán, en gran medida, a dichas mejoras.

En este sentido, el control de accesos es una herramienta fundamental en la defensa de la carretera, permitiendo preservar unos estándares de seguridad y funcionalidad elevados que no serían posibles permitiendo el acceso incontrolado a las carreteras desde las propiedades colindantes.

Por otra parte, la particular configuración de una Carretera 2+1 implica necesariamente que la accesibilidad se vea restringida, entre otros motivos, por la imposibilidad para la realización de giros a la izquierda en gran parte de su recorrido. En este sentido, son carreteras cuyo ámbito de diseño óptimo es el interurbano, debiendo orientarse su proyecto de manera clara hacia la movilidad.

Todo lo anteriormente expuesto pone de manifiesto que, sobre todo en el caso de actuaciones sobre carreteras existentes, el proyecto para la implantación de un carril adicional de adelantamiento o de un tramo de Carretera 2+1 deberá incluir un estudio de la reordenación de los accesos existentes.

Ambos aspectos, el grado de control de accesos y la reordenación de los mismos, son cuestiones fundamentales a tener en cuenta desde el inicio en el planteamiento de estas soluciones, ya que pueden condicionar su eficacia y viabilidad.

10.2 LIMITACIÓN DE ACCESOS

Las Carreteras 2+1, aun siendo carreteras convencionales, no dejan de ser una extensión del rango de utilización de las mismas, aproximándose al de otras vías de mayor capacidad y seguridad. Esta nueva tipología debe ser una carretera convencional planteada con una elevada calidad funcional y, en consecuencia, deben establecerse criterios de diseño en materia de accesos consistentes con este objetivo.

Por otra parte, la implantación de carriles de adelantamiento aislados en carreteras convencionales supone la aparición de un tramo singular en las mismas cuyo fin último es la mejora de local de su funcionamiento. Es necesario limitar los accesos en dichas zonas con el fin de conseguir más eficazmente los objetivos buscados. Igualmente, por razones de seguridad vial, se debe restringir la existencia de accesos en las proximidades de las zonas de transición, en cuyo entorno se producen perturbaciones del tráfico donde es aconsejable desagregar puntos de potencial conflicto entre trayectorias de vehículos.



Como ya se ha expuesto anteriormente, un elemento coadyuvante para el adecuado tratamiento de la limitación de accesos es el correcto diseño de los nudos. Dichos nudos son las zonas establecidas para el acceso a estas carreteras, debiendo estar concebidos de manera que posibiliten la adecuada conexión en los mismos de las vías de servicio necesarias para la reordenación de accesos, así como la realización en dichos puntos de los giros a la izquierda que están restringidos en el resto del itinerario.

Otro aspecto que debe ser tenido en cuenta en el proyecto de Carreteras 2+1 es la necesidad de limitar la longitud máxima de los tramos en los cuales no está permitida la maniobra de giro a la izquierda, estudiándose la necesidad de disponer conexiones intermedias de cambio de sentido cuando el tiempo de recorrido necesario para realizar esta maniobra sea mayor de diez (10) minutos.

10.2.1 Accesos a Carreteras 2+1

Para la definición del grado de control de accesos adoptado en el diseño de las actuaciones, es necesario tener en cuenta las categorías definidas en el capítulo 2 de las presentes recomendaciones. Por una parte, estarían las actuaciones de nuevo trazado y, por otra parte, las actuaciones planteadas como un acondicionamiento de una carretera existente. Las diferentes limitaciones generadas en ambos casos por los condicionantes existentes, obligan a considerar criterios de diseño distintos.

Conviene igualmente recordar las limitaciones legales reflejadas en la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras, que resultan de aplicación al proyecto de actuaciones sobre la Red de Carreteras del Estado.

Carreteras 2+1 de nuevo trazado

De acuerdo con lo anterior, las Carreteras 2+1 de nuevo trazado se diseñarán preferentemente de manera que las propiedades colindantes no tengan acceso directo al tronco de la vía, debiendo producirse dichos accesos de manera exclusiva a través de sus nudos o a través de vías de servicio.

En los proyectos se estudiará la restitución de la accesibilidad a las parcelas que se vean afectadas por las nuevas actuaciones mediante la reposición de la red de caminos afectada y la construcción de las vías de servicio que sean estrictamente necesarias para reordenar los accesos existentes, consiguiéndose de esa manera reponer la accesibilidad al entorno de la carretera de manera independiente del tronco de la misma.

Las conexiones de las vías de servicio se realizarán a través de los nudos, no obstante, se podrán admitir excepcionalmente las conexiones específicas en el tronco, siempre que se cumpla simultáneamente que se mejore la seguridad viaria, que no se aumente el número de conexiones al tronco y que no exista otra alternativa técnica, funcional, ambiental o económicamente viable.

En el diseño de las mencionadas conexiones específicas de las vías de servicio se tendrán en cuenta los criterios establecidos anteriormente en el capítulo 8. NUDOS de las presentes recomendaciones.

Para los casos en los cuales el tramo de Carretera 2+1 cumpla la función de variante de población o circunvalación, las conexiones de las vías de servicio serán exclusivamente a través de los nudos.



Carreteras 2+1 sobre carretera existente

En el caso en el cual el proyecto de Carretera 2+1 sea concebido a partir del acondicionamiento de una carretera existente, en el planteamiento de la actuación se procederá a la reordenación de los accesos que hubiera en el momento de redactarse el proyecto.

Como norma general, no se diseñarán accesos directos, para lo cual se proyectarán vías de servicio que conectarán con el tronco preferentemente a través de sus nudos o, alternativamente, mediante conexiones específicas.

De igual modo que en el caso anterior, se tendrán en cuenta todos los criterios establecidos anteriormente en el capítulo 8. NUDOS, de las presentes recomendaciones para el diseño de dichas conexiones específicas.

De forma justificada, en el caso de Carreteras 2+1 (Tipo 3) con condicionantes significativos y en el resto de tipos cuando se justifique la imposibilidad técnica o económica de otro tipo de solución, podrán proyectarse accesos directos, cumpliéndose, en todo caso, los criterios y parámetros de diseño establecidos en la Norma 3.1-IC y resto de normativa de aplicación al respecto.

No obstante, no habrá acceso directo de las propiedades colindantes a los nudos viarios y cambios de sentido, ni a los ramales, a las intersecciones, las vías de giro, ni a los carriles de cambio de velocidad o vías colectoras-distribuidoras.

En el diseño de dichos accesos directos se tendrá en cuenta lo dispuesto con carácter general para los nudos en Carreteras 2+1. En este sentido, el cruce de carriles o los giros a izquierda únicamente podrán realizarse a distinto nivel o mediante la interrupción del carril adicional de adelantamiento. En caso contrario, deberán proyectarse accesos exclusivamente con maniobras de giro a la derecha, concentrándose los giros a la izquierda en los nudos adyacentes proyectados.

La distancia mínima entre un acceso a una Carretera 2+1 y el final de la cuña de transición situada al inicio del carril adicional (o el comienzo de la cuña de transición situada al final del mismo) y la sección característica más próxima del acceso será la indicada en la tabla 10.1 siguiente:

TABLA 10.1. REPRODUCCIÓN DE LA TABLA 9.4 DE LA NORMA 3.1-IC

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	LONGITUD / DISTANCIA MÍNIMA (m)
140, 130, 120, 110, 100, 90 y 80	250
70 y 60	125
50 y 40	75



10.2.2 Accesos en tramos con carriles adicionales de adelantamiento aislados

En el caso de proyectos sobre carreteras existentes que incluyan la implantación de carriles de adelantamiento aislados, se estudiará la reordenación de los accesos en todo el tramo afectado por dichos carriles con el fin de mejorar su funcionamiento. Como ya se ha expuesto anteriormente, por razones de seguridad vial, se restringirá igualmente la existencia de accesos en las proximidades de las zonas de transición para evitar el acoplamiento de los posibles riesgos generados por ambas perturbaciones.

Dicha reordenación de accesos se llevará a cabo preferiblemente mediante la construcción de vías de servicio. De forma excepcional, podrán mantenerse accesos directos en estas zonas con exclusivamente giros a derecha materializados siempre mediante carriles de cambio de velocidad.

En estos supuestos, deberá cumplirse que la distancia mínima entre el final de la cuña de transición situada al inicio del carril adicional (o el comienzo de la cuña de transición situada al final del mismo) y la sección característica más próxima de la conexión o el acceso sea la indicada en la tabla 10.1.

10.3 CONDICIONES TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS

En todos los casos anteriores, el diseño de los accesos, así como los estudios para la reordenación de los mismos, serán redactados aplicando las condiciones técnicas recogidas en la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras y en el resto de normativa técnica de carreteras.

En relación a las condiciones administrativas para la autorización de nuevos accesos o cambio de uso de los existentes, se deberá tener en cuenta en todo caso lo establecido en el artículo 36 Limitación de accesos, de la Ley 37/2015, de 29 septiembre, de carreteras, y en la Orden de 16 de diciembre de 1997, por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.

10.4 VÍAS DE SERVICIO

Son vías de servicio las vías sensiblemente paralelas a una carretera, respecto de la cual tiene carácter secundario, conectada a ella solamente en algunos puntos, y que sirve a las propiedades o edificios contiguos permitiendo el acceso a los mismos.

Los proyectos que contengan el uso coordinado o aislado de los carriles adicionales incluirán las vías de servicio que estrictamente se consideren necesarias para asegurar la ordenación de los accesos existentes.

Las conexiones de una carretera con las vías de servicio de la propia carretera se proyectarán teniendo en cuenta las indicaciones establecidas anteriormente en el capítulo 8. NUDOS de estas recomendaciones. Del mismo modo, los accesos y conexiones a las propias vías de servicio se proyectarán teniendo en cuenta las disposiciones que los regulan.

En cuanto al diseño y proyecto de las vías de servicio en lo relativo a su trazado, sección transversal, firmes, señalización, sistemas de contención, etc., se observará la normativa técnica aplicable.



11 SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

11.1 SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS EN SEPARACIÓN CENTRAL

11.1.1 Criterios generales

En el diseño de Carreteras 2+1 y de carriles de adelantamiento aislados se introduce en la sección transversal de la carretera convencional un nuevo elemento, la separación central. Este elemento, que no constituye una mediana, supone un sobreancho de la calzada situado entre corrientes de tráfico en sentidos opuestos.

La normativa técnica actual sobre sistemas de contención¹⁰ introduce como elemento o situaciones potenciales de riesgo las "carreteras o calzadas paralelas", no considerando la existencia de flujos de tráfico contrarios adyacentes sobre la misma calzada como una situación que implique a priori la necesidad de implantar barreras de seguridad.

Diversas experiencias internacionales reflejan los beneficios que la configuración 2+1 puede llegar a tener en términos de seguridad vial. Más allá de lo anterior, varios estudios inciden en que la disminución de la accidentalidad puede llegar incluso a duplicarse en caso de existencia de una separación física entre ambos sentidos. En este sentido, la implantación de sistemas de contención de vehículos puede llegar casi a suprimir la posibilidad de accidentes por choques frontales entre vehículos en sentido opuesto, llegándose, de esta manera, a niveles de seguridad muy cercanos a los obtenidos en carreteras con calzadas separadas.

Conocidos los beneficios que la implantación de un sistema de contención en la separación central puede llegar a reportar, es necesario tener igualmente en cuenta los inconvenientes que este hecho puede implicar. Su instalación genera unos incrementos de costes importantes, ya no sólo en la fase de ejecución de las obras, sino también en la fase de explotación, elevando los gastos de conservación ordinaria y dificultando los trabajos en la calzada.

Por otro lado, otro aspecto que se ve perjudicado es la gestión de la actuación de los servicios de emergencia ante cualquier tipo de accidente o incidente en la vía. Por otra parte, aunque poseen un efecto notable en cuanto a la disminución de los accidentes frontales con vehículos en sentido opuesto, las experiencias internacionales han demostrado un incremento de los siniestros causados por choques contra los propios sistemas de contención.

Otro aspecto a reseñar es que los sistemas de contención de vehículos, para permitir su funcionamiento correcto en caso de impacto, necesitan un espacio mínimo que es función de sus especificaciones de comportamiento (deflexión dinámica (D) y anchura de trabajo (W)). Lo anterior obliga a disponer separaciones centrales con una anchura mínima compatible con el funcionamiento de dichos elementos, hecho que resultará limitativo en actuaciones de Carreteras 2+1 sobre trazados existentes en los cuales existan condicionantes que impidan la ampliación de la sección transversal (Tipo 3).

¹⁰ Orden Circular 35/2014 sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos.



No se debe olvidar, igualmente, el hecho de que la implantación de barreras no adecuadas en la separación central puede llegar a disminuir la visibilidad disponible, obligando a adoptar despejes o sobreeanchos en la plataforma para poder mantener la visibilidad de parada en todos los tramos.

En definitiva, la decisión de disponer barrera de seguridad para la separación de ambos sentidos de circulación en las vías objeto de las presentes recomendaciones deberá ser una decisión meditada y justificada en términos funcionales, económicos y de seguridad viaria, así como de conservación y explotación.

De acuerdo con lo anterior, como norma general, el diseño de las Carreteras 2+1 Tipo 1 debe estar principalmente enfocado a obtener una solución final con una elevada calidad funcional y de seguridad. En estos casos, las limitaciones del entorno no debieran suponer una restricción importante, por lo que para la categoría de diseño Tipo 1 se ha recomendado la disposición de sistemas de contención de vehículos en la separación central.

Por el contrario, las Carreteras 2+1 Tipo 3 son soluciones generalmente adoptadas en proyectos en los cuales se pretende aprovechar la sección de una carretera convencional preexistente, siendo prácticamente imposible disponer anchuras centrales compatibles con el correcto funcionamiento de los elementos de contención. En estos casos, la solución generalmente adoptada para el tratamiento de la separación central será otra (doble línea continua, balizamiento, etc.), disponiéndose barreras únicamente en casos justificados en aquellos puntos donde problemas localizados de accidentalidad así lo requieran.

Entre ambos extremos, en los proyectos en los cuales se adopte el diseño Tipo 2, se deberá realizar un análisis concreto e individualizado de los inconvenientes y ventajas de cada situación en el correspondiente anexo, justificando la decisión adoptada. En todo caso, dicha decisión deberá estar presente desde las fases iniciales de diseño, de manera que en proyecto se adopten todas aquellas medidas necesarias tendentes a mitigar los inconvenientes que la presencia de sistemas de contención puede llegar a generar.

Sólo se podrán emplear en la Red de Carreteras del Estado aquellos sistemas que, cumpliendo con las especificaciones de comportamiento requeridas, dispongan del correspondiente Marcado CE de producto. En los casos en los cuales no sea de aplicación el Marcado CE, se dispondrá del correspondiente certificado de conformidad, emitido por un organismo acreditado a tal fin con la norma que le sea de aplicación.

11.1.2 Criterios de empleo y disposición de sistemas de contención en la separación central

Una vez justificada la necesidad de disponer sistemas de contención en la separación central a la vista de lo establecido en el apartado anterior, se observarán los criterios siguientes a la hora de su proyecto.

A la hora de determinar el tipo, comportamiento y clasificación de las barreras de seguridad a implantar, se tendrán en cuenta los criterios establecidos en la normativa vigente sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.



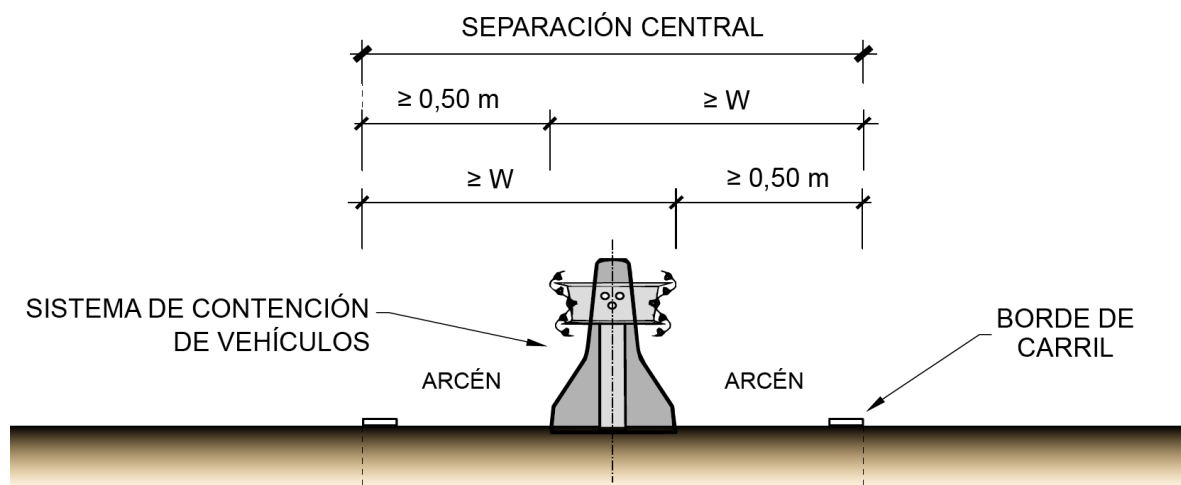
En la elección del tipo de barrera, se tendrán en cuenta las eventuales necesidades del drenaje superficial de la plataforma en la separación central y otras incidencias de vialidad que puedan surgir durante la explotación (vialidad invernal en zonas con intensas nevadas, de modo que se permita retirar de la calzada la nieve con facilidad, etc.).

En lo que se refiere a la selección del nivel de contención a emplear, la presente situación se considerará como de riesgo de accidente grave, asimilándose al correspondiente a la situación generada por la existencia de carreteras o calzadas paralelas con circulación en el sentido opuesto.

En el caso, poco probable, de existencia entre ambos sentidos de algún elemento o situación potencial de riesgo que pudiera dar origen a un accidente muy grave, será tenida en cuenta dicha circunstancia a los efectos de selección del sistema a disponer.

En el caso más común de configuración de Carretera 2+1 con una plataforma única al mismo nivel, la disposición más habitual será la de sistema de contención doble, aptas para el choque por ambos lados (figura 11.1).

FIGURA 11.1
ANCHURA DE TRABAJO (W) DE UN SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS DOBLE
EN LA SEPARACIÓN CENTRAL

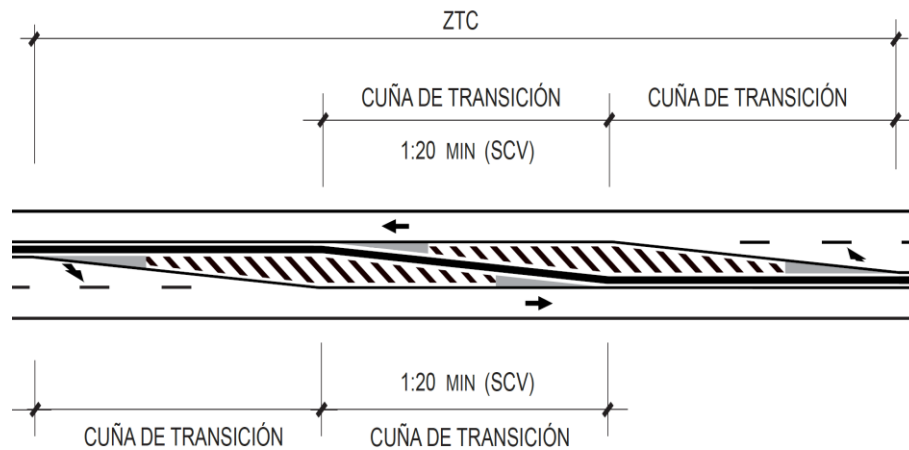


En el diseño de la sección transversal, la anchura de la separación central en la zona intermedia de la plataforma entre carriles interiores deberá resultar compatible con la anchura de trabajo (W) de los sistemas de contención a instalar y con la necesidad de obtener la visibilidad necesaria.

Las barreras se situarán, como norma general, paralelas al eje de la carretera, no obstante, en las transiciones críticas y no críticas los cambios de alineación se harán a razón de no menos de 20 m de longitud por cada metro de desplazamiento transversal (figura 11.2).



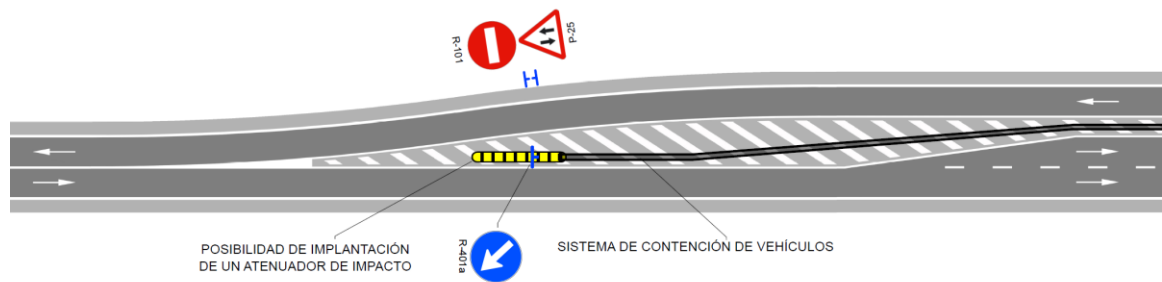
FIGURA 11.2
CAMBIO DE ALINEACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN EN SEPARACIÓN CENTRAL



El inicio de la barrera de seguridad se dispondrá en aquella sección en la cual la separación entre ambos carriles de circulación sea compatible con los parámetros de comportamiento (anchura de trabajo) del sistema seleccionado. En todo caso, en dichos inicios y finales se dispondrán tratamientos específicos de sus extremos que por regla general consistirán en terminales, no obstante, en tramos de elevada siniestralidad se podría justificar la instalación de atenuadores de impacto (figura 11.3).

En el arranque de la barrera se pueden utilizar balizas cilíndricas, pero no se deberán disponer hitos de vértice, dado que la función propia de estos es indicar las dos direcciones de circulación posibles al alcanzar una divergencia o bifurcación, lo cual no es el caso del punto de arranque de la separación central en una sección 2+1. En todo caso, se podrán contemplar elementos de balizamiento específicamente diseñados al efecto.

FIGURA 11.3
ESQUEMA DE INICIO DE SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

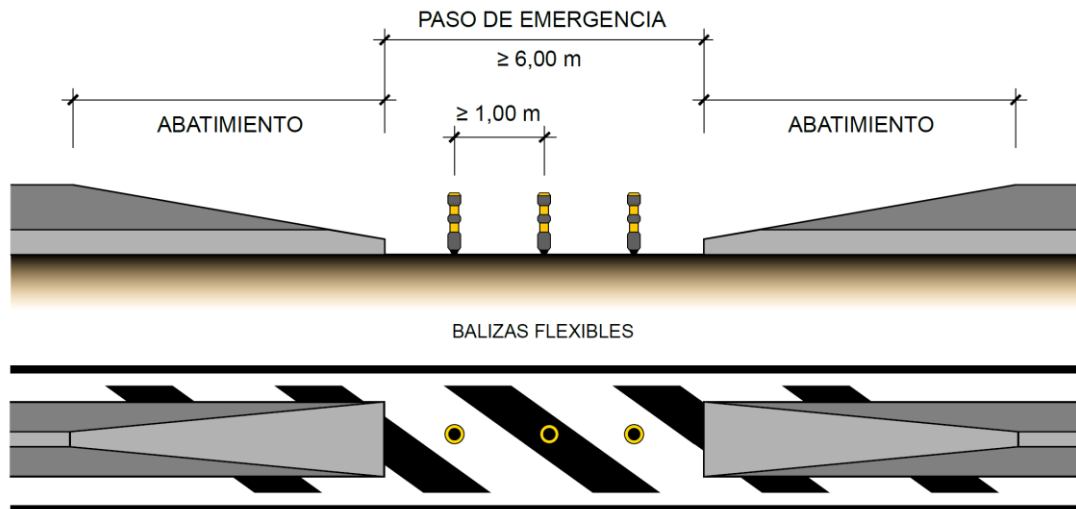


En los casos en los cuales se prevea la instalación de sistemas de contención de vehículos entre sentidos de circulación, se deberá estudiar la necesidad de disponer puntos de paso de una semiplataforma a la contraria para permitir de esta manera desviar el tráfico en caso de actuaciones en la calzada, permitir la accesibilidad por parte de vehículos de emergencia y de conservación en caso de incidencias o accidentes en el tramo, etc.

Esta permeabilidad se podrá obtener de dos maneras distintas en función del uso para el que estén previstos. Así, desde el punto de vista operativo, se pueden distinguir los siguientes tipos de puntos de paso:

- Para uso del tráfico general.** Están diseñados para ser explotados a una velocidad inferior a la operativa de la carretera en ese tramo. Se dispondrán puntos de paso de una semicalzada a la contraria. Se recomienda que dichos pasos tengan una longitud mínima libre de cuarenta metros (≥ 40 m) y que queden protegidos mediante sistemas de contención de vehículos. En general se emplearán barreras que permitan un fácil desplazamiento o desmontaje de las mismas, para poder dar una adecuada funcionalidad. Estos puntos estarán ubicados a intervalos aproximados de dos kilómetros (≈ 2 km), en los extremos de túneles y obras de paso de acuerdo con las condiciones establecidas en el apartado 9.6 de la Norma 3.1-IC, y siempre teniendo en cuenta lo dispuesto en los planes de emergencias específicos que pudieran redactarse. Se situarán preferiblemente en tramos rectos y no deberán situarse en puntos bajos de la rasante.
- Reservados a vehículos de servicio autorizados.** Destinados a la conservación, explotación y vigilancia de la autopista o autovía (vialidad invernal, quitanieves, policía, etc.), o para responder a emergencias (bomberos, ambulancias). No está previsto su uso por el tráfico general, por ello, no interesa que resulten fácilmente perceptibles por éste. Dichos puntos de paso se podrán materializar mediante interrupciones en las barreras de una longitud mínima de seis metros ($\geq 6,00$ m) que deberán contar con sus correspondientes terminales y estar balizados adecuadamente (figura 11.5). Se situarán preferiblemente en tramos rectos y no deberán situarse en puntos bajos de la rasante. Su ubicación se determinará en los planes de emergencias que pudieran redactarse.

FIGURA 11.5
PASOS DE EMERGENCIA EN EL SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS



El resto de criterios relativos a la disposición longitudinal, transversal, altura, etc., serán los contenidos en la normativa técnica vigente.

11.2 SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS EN MÁRGENES EXTERIORES DE LAS CARRETERAS 2+1

Los criterios para la instalación de sistemas de contención de vehículos en los márgenes exteriores de las carreteras 2+1 serán los establecidos con carácter general en la normativa técnica vigente al respecto.



12 CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Las actuaciones a seguir en materia de conservación y explotación en carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 podrán variar según el nivel y distribución del tráfico, la situación geográfica y el emplazamiento, las características de la sección transversal y la tipología de las intersecciones y enlaces en el tramo considerado.

Las Carreteras 2+1 requieren condiciones específicas de explotación, por lo que desde la fase de proyecto se deben considerar expresamente todas las medidas necesarias para facilitar el mantenimiento de las condiciones del servicio público viario y la conservación de toda la infraestructura, diseñando soluciones que sean simultáneamente lo más económicas posibles y de fácil implantación.

La herramienta básica para recoger estas consideraciones será un plan específico que agrupe de forma integral todas las medidas adoptadas y que se encuentre plenamente coordinado con el plan operativo del correspondiente sector de conservación.

12.1 VIALIDAD INVERNAL

12.1.1 Tratamientos preventivos

Los factores a tener en cuenta en los tratamientos preventivos en tramos de Carreteras 2+1 son, principalmente, las características de los vehículos y maquinaria de vialidad invernal que determinan su autonomía y los recorridos a realizar en fase de trabajo. Dadas las limitaciones propias de las Carreteras 2+1 debido a la separación central entre sentidos, deberá tenerse en cuenta que los cambios de sentido se realizarán habitualmente en los nudos. Por lo tanto, resultará importante prever desde la fase de proyecto el emplazamiento de las intersecciones y enlaces considerando también su funcionalidad frente a la vialidad invernal.

Otra posibilidad será apoyarse en el diseño de cambios de sentido específicos conforme a lo reseñado en el capítulo 8 de estas recomendaciones.

Con carácter orientativo, se puede señalar que la velocidad de los vehículos de vialidad invernal cuando están realizando el tratamiento puede oscilar entre los 60 y 80 km/h. Dichos vehículos pueden llegar a cubrir bien 3,50 m de anchura o bien hasta 7,00 m, por lo que en este último caso se podría evitar tener que realizar una doble pasada en los tramos de semicalzada con dos carriles. Como ejemplo, con los medios actuales los vehículos esparcidores llevan un volumen de salmuera con la que pueden alcanzar una autonomía de 150 km de tratamiento aproximadamente (considerando una anchura de tratamiento de 7,00 m en las zonas de dos carriles y 3,50 m en las zonas de un solo carril), lo que equivaldría a 75 km de longitud de carretera. En una longitud de ese orden se deberían encontrar los nudos intermedios y extremos en los que poder realizar el cambio de sentido, por lo que deberá preverse esta circunstancia desde la fase de proyecto del tramo de carretera.

Otro aspecto a considerar será la circulación de los vehículos de vialidad invernal en los tramos de semicalzada de carril único de circulación en el momento en que deban realizar el tratamiento, situación que podría compatibilizarse con el mantenimiento del tráfico dado que habitualmente los camiones pueden alcanzar velocidades de hasta 75 km/h. En todo caso, será importante considerar la presencia de apartaderos en estos tramos, a fin de que en caso de necesidad el vehículo de vialidad invernal pueda apartarse y ser rebasado por el tráfico.



12.1.2 Tratamientos curativos

Con las prescripciones técnicas y el grado de exigencia actual en lo que al mantenimiento de la vialidad invernal se refiere, se encuentran algunos aspectos que pueden condicionar el diseño de una Carretera 2+1, como puede ser el tiempo máximo de pasada por un mismo punto o la velocidad del vehículo en fase de trabajo.

Respecto al primer aspecto, del mismo modo que con los tratamientos preventivos, se prestará especial atención al emplazamiento de los posibles puntos de cambio de sentido, de manera que los circuitos cerrados no sean excesivamente largos. De otro modo, será necesario prever un aumento de los medios necesarios. A título orientativo, una longitud total recomendada para un circuito de tratamiento puede ser de unos 25 km.

En cuanto a la velocidad de tratamiento, la velocidad de los vehículos quitanieves es más reducida que en la situación de tratamientos preventivos (del orden de 45 km/h), si bien es habitual que cuando se produce esta situación ya se hayan establecido en la carretera restricciones a la circulación.

Por otra parte, se deberá estudiar para las fases de alerta la posible distribución de los vehículos de vialidad invernal a lo largo de la carretera. Una posible solución puede ser habilitar en las zonas de estacionamiento de emergencia un espacio adosado, con fácil acceso a la carretera, para el estacionamiento de estos vehículos. Las prescripciones técnicas habituales establecen que se debe pasar por el mismo punto de la carretera en un tiempo máximo de una hora, por lo que se podrá optar por las siguientes estrategias:

- Establecimiento de un circuito cerrado para los vehículos de vialidad invernal.
- Disponibilidad de una mayor dotación de vehículos.

De las dos posibles soluciones apuntadas, se recomienda considerar un circuito cerrado de aproximadamente 25 km de longitud de carretera. Por este motivo se deberá estudiar el emplazamiento de nudos o cambios de sentido a una distancia no superior a 20 km, dado que se debe prever también el tratamiento de los ramales de enlace y vías de giro en intersecciones, con mayor longitud en el caso de los enlaces.

Las maniobras de cambio de sentido de las máquinas quitanieves en carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 no podrán realizarse del mismo modo que en las autovías, donde la presencia de pasos de mediana con anchuras importantes permite realizar la maniobra de giro minimizando los riesgos. Por lo tanto, se utilizarán los nudos o cambios de sentido para este cometido.

Asimismo, en situaciones de alerta meteorológica es importante tener en cuenta el estacionamiento de los vehículos y maquinaria de vialidad invernal, para lo que será importante prever la presencia de apartaderos de emergencia. Ello conlleva el estudio conjunto con los nudos y cambios de sentido para crear zonas restringidas para el estacionamiento de los vehículos de vialidad invernal, previstas para que su incorporación a la carretera sea rápida y sencilla.

Otro aspecto importante a considerar expresamente será el emplazamiento de los silos de sal, considerando que la carga de sal en el silo se hace lateralmente, por lo que se deberá prever un espacio para la colocación de la cuba lateral al silo.



Como conclusión de todo lo anterior, un correcto emplazamiento de los nudos y/o cambios de sentido, y de los apartaderos, es fundamental para lograr la máxima eficacia en las tareas de vialidad invernal.

12.2 ATENCIÓN A INCIDENCIAS

Como se ha expuesto en estas recomendaciones, uno de los objetivos fundamentales de las carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 es evitar el riesgo de colisión frontal, por lo que desaparece el accidente más grave que se puede producir en una carretera convencional.

No obstante, seguirán existiendo varios tipos importantes de accidentes e incidencias a tener en cuenta:

- Alcances.
- Golpes a los sistemas de contención de vehículos existentes.
- Vehículos averiados, sobre todo el caso de camiones y vehículos articulados.
- Atropellos.
- Caída de cargas, etc.

La resolución de estas situaciones puede resultar especialmente complicada, según sus características, en el sentido de circulación con semicalzada de carril único, máxime en el caso de presencia de un sistema de contención de vehículos en la separación central a lo largo de toda su longitud. En estos casos, deberá tenerse en cuenta que además de proporcionar una solución para desviar el tráfico, se debe posibilitar y facilitar la llegada de los medios de auxilio a las personas afectadas directamente, así como los medios para la retirada de vehículos y obstáculos de la carretera.

Por este motivo, la anchura libre mínima de plataforma en la sección transversal será de seis metros ($\geq 6,00$ m), especialmente importante en la semicalzada con carril único de circulación en los tramos en los que se haya implantado un sistema de contención de vehículos en la separación central, con el fin de que, en caso de que un vehículo averiado o accidentado obstaculice la calzada, se pueda facilitar el paso al resto de la circulación.

En este sentido, teniendo en cuenta que la anchura máxima autorizada de un camión o vehículo articulado, como regla general¹¹, es de 2,55 m, se deberá prever una anchura total de la semiplataforma con carril único de circulación (suma de la parte pisable de la separación central, el carril y el arcén exterior), para que en determinadas situaciones de detención de emergencia, como el caso de un vehículo articulado averiado en el arcén, se pueda rebasar por otros vehículos en el espacio libre restante.

Por esta circunstancia se recomienda diseñar arcones exteriores en el sentido de carril único de circulación de un mínimo de metro y medio ($\geq 1,50$ m) (arcén de detención de emergencia), en todos los tipos de diseño considerados, a fin de no afectar al tráfico en sentido opuesto.

Para el caso de accidentes cuya resolución implique el desvío del tráfico, en aquellos casos de diseño Tipo 1 o Tipo 2 con barrera en la separación central se recomienda prever desde la fase de proyecto la colocación de sistemas de barrera de seguridad desmontable en puntos determinados.

¹¹ Reglamento General de Vehículos (Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre).



En Carreteras 2+1, esta barrera de seguridad desmontable se colocaría en las zonas de transición crítica y no crítica, al inicio y final de los carriles adicionales de adelantamiento, pudiendo establecerse un tercer emplazamiento adicional en su punto medio. En el caso de que el accidente se produjera en la semicalzada de carril único de circulación a media distancia entre zonas de transición, el personal de conservación podrá abrir los pasos de barrera de seguridad desmontable de los extremos, y el tráfico se desviaría, en sentido opuesto, por toda la longitud del carril de adelantamiento.

Si el accidente se produjera en alguna de las zonas de transición de tal manera que no fuera posible utilizar la barrera de seguridad desmontable de ese emplazamiento, el desvío de tráfico se realizaría entre punto medio y punto medio del siguiente carril adicional de adelantamiento, o bien hasta la siguiente zona de transición.

12.3 CONSERVACIÓN DE LA CARRETERA

Las funciones y trabajos de conservación en carreteras con carril adicional de adelantamiento y Carreteras 2+1 no diferirán sustancialmente de lo habitual en una carretera convencional de sección 1+1, buscando en todo caso la conservación de la infraestructura proyectada de forma integral. En este apartado se deben considerar dos tipos de trabajos:

- Conservación ordinaria.
- Conservación extraordinaria.

12.3.1 Conservación ordinaria

Se engloban en la conservación ordinaria, por ejemplo, la vigilancia, la limpieza de calzada, la colocación y cambio de señales, etc. Es decir, trabajos que no requieren ocupación total de calzada pero que se realizan utilizando los vehículos de conservación y explotación. Por ello, como ya se ha señalado, en el sentido de circulación con carril único se debe disponer una anchura libre mínima de plataforma de seis metros ($\geq 6,00$ m).

Se necesitará en todo caso un ancho de plataforma que permita compatibilizar el paso del tráfico con los trabajos a realizar, con una anchura de arcén exterior mínima que, junto con el ancho de carril permita, aunque con ciertas restricciones, el paso del tráfico.

La existencia de un sistema de contención de vehículos en la separación central (categorías de diseño Tipo 1 y Tipo 2) incrementará notablemente las incidencias y los trabajos destinados a su mantenimiento, lo que aconseja elegir una anchura suficiente para minimizar los riesgos de estas tareas.

12.3.2 Conservación extraordinaria

Los trabajos de conservación extraordinaria que producen más afecciones y ocupación de calzada son los de asfaltado con mezclas bituminosas en capas de rodadura, lo cual dará lugar al corte del carril y a la necesidad de dar paso alternativo por los carriles adyacentes.

Como en el caso indicado para los accidentes, en las situaciones de carril único y barrera en la separación central, se utilizarán las barreras de seguridad desmontables situadas en las zonas de transición y en puntos elegidos convenientemente conforme a la planificación de estas operaciones.



APÉNDICE 1

EJEMPLOS DE ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN

Los ejemplos que se presentan en este apéndice son un documento de trabajo para facilitar que el proyectista pueda tomar en consideración desde las primeras fases de redacción del proyecto los principios combinados de la señalización vertical y horizontal de aplicación a carriles adicionales de adelantamiento y Carreteras 2+1, así como sus implicaciones en el diseño geométrico de las zonas de transición.

En todo caso el proyecto de señalización deberá realizarse conforme a la regulación específica que en su caso se establezca en la vigente Norma 8.1-IC Señalización Vertical y la Norma 8.2-IC Marcas Viales y sus actualizaciones posteriores.



FIGURA A1.1

SEÑALIZACIÓN DE ZONA DE TRANSICIONES NO CRÍTICAS ACOPLADAS
EN CARRETERAS 2+1 (ZTNC)

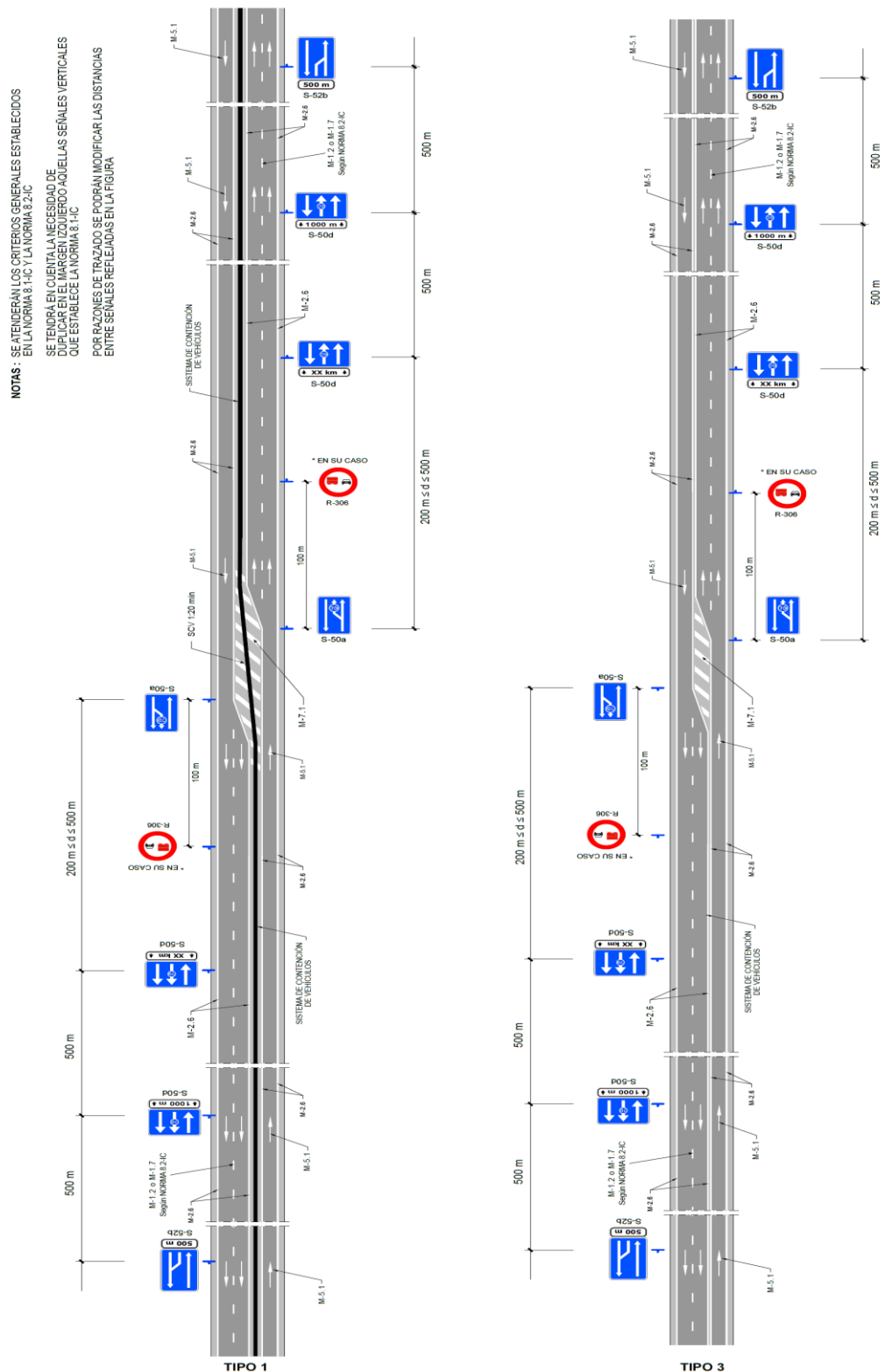
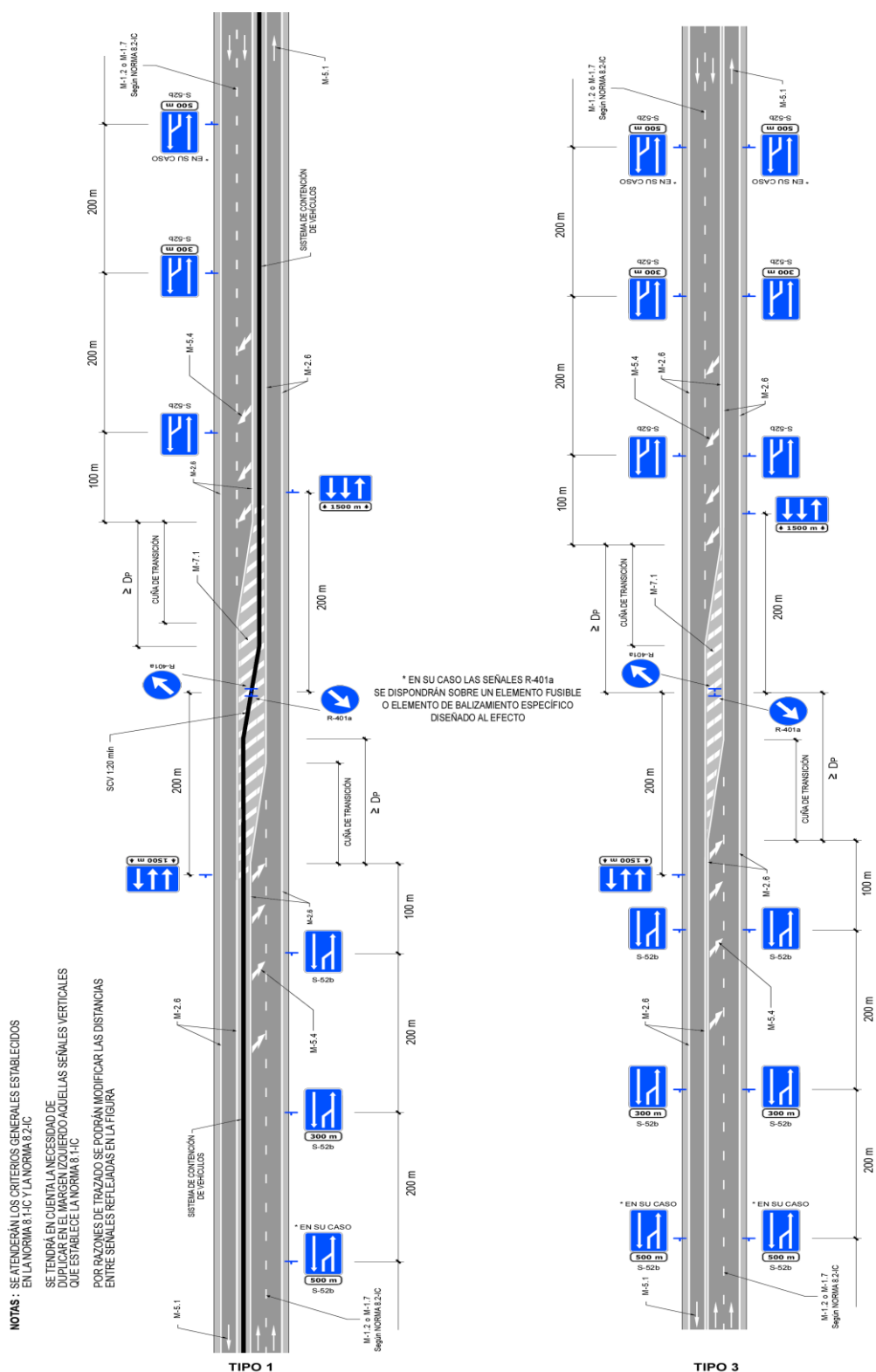




FIGURA A1.2

SEÑALIZACIÓN DE ZONA DE TRANSICIONES CRÍTICAS ACOPLADAS
EN CARRETERAS 2+1 (ZTC)



SEÑALIZACIÓN DE INICIO Y FINAL DE TRAMO DE CARRETERA 2+1 EN ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA (ZTNC)



SEÑALIZACIÓN DE INICIO Y FINAL DE TRAMO DE CARRETERA 2+1 EN ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (ZTC)



SEÑALIZACIÓN DE INICIO Y FINAL DE TRAMO CON CARRIL ADICIONAL DE ADELANTAMIENTO EN ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA (ZTNC)



SEÑALIZACIÓN DE INICIO Y FINAL DE TRAMO CON CARRIL ADICIONAL DE ADELANTAMIENTO EN ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (ZTC)



SEÑALIZACIÓN DE INTERSECCIONES EN "T" CON CARRILES CENTRALES DE ESPERA EN ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA (ZTNC)



FIGURA A1.8

SEÑALIZACIÓN DE INTERSECCIONES EN "T" CON CARRILES CENTRALES DE ESPERA EN ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (ZTC)

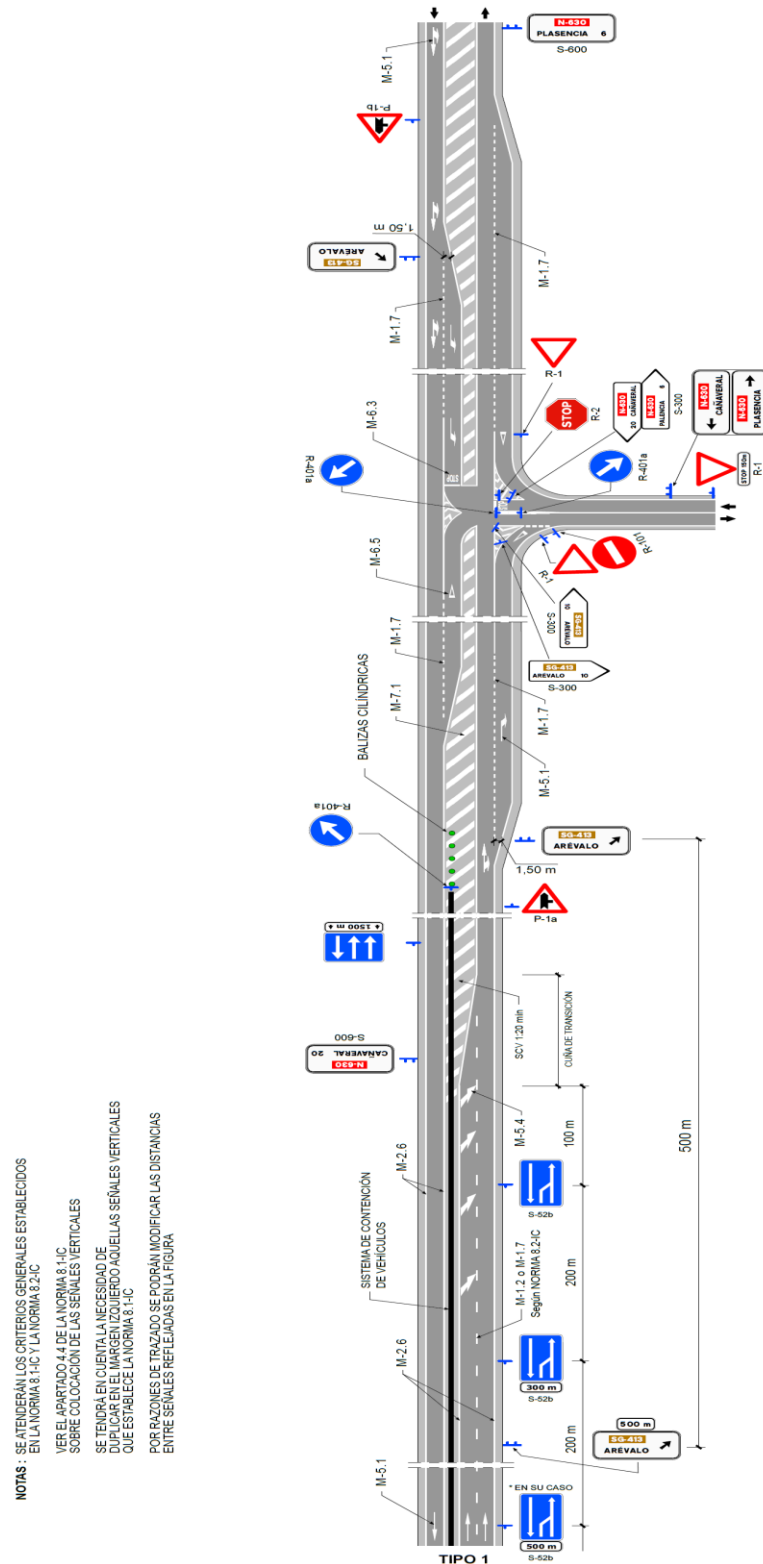




FIGURA A1.9

SEÑALIZACIÓN DE INTERSECCIONES EN "CRUZ" CON CARRILES CENTRALES DE ESPERA
EN ZONA DE TRANSICIÓN NO CRÍTICA (ZTNC)

NOTAS : SE ATENDERÁN LOS CRITERIOS GENERALES ESTABLECIDOS
EN LA NORMA 8.1 Y LA NORMA 8.2.C

VER EL APARTADO 4 DE LA NORMA 8.1.C
SOBRE COLOCACIÓN DE LAS SEÑALES VERTICALES

SE TENDRÁ EN CUENTA LA NECESIDAD DE
DUPLICAR EN EL MARGEN IZQUIERDO AQUELLAS SEÑALES VERTICALES
QUE ESTABLECE LA NORMA 8.1.C

POR RAZONES DE TRAZADO SE PODRÁN MODIFICAR LAS DISTANCIAS
ENTRE SEÑALES REFLEJADAS EN LA FIGURA

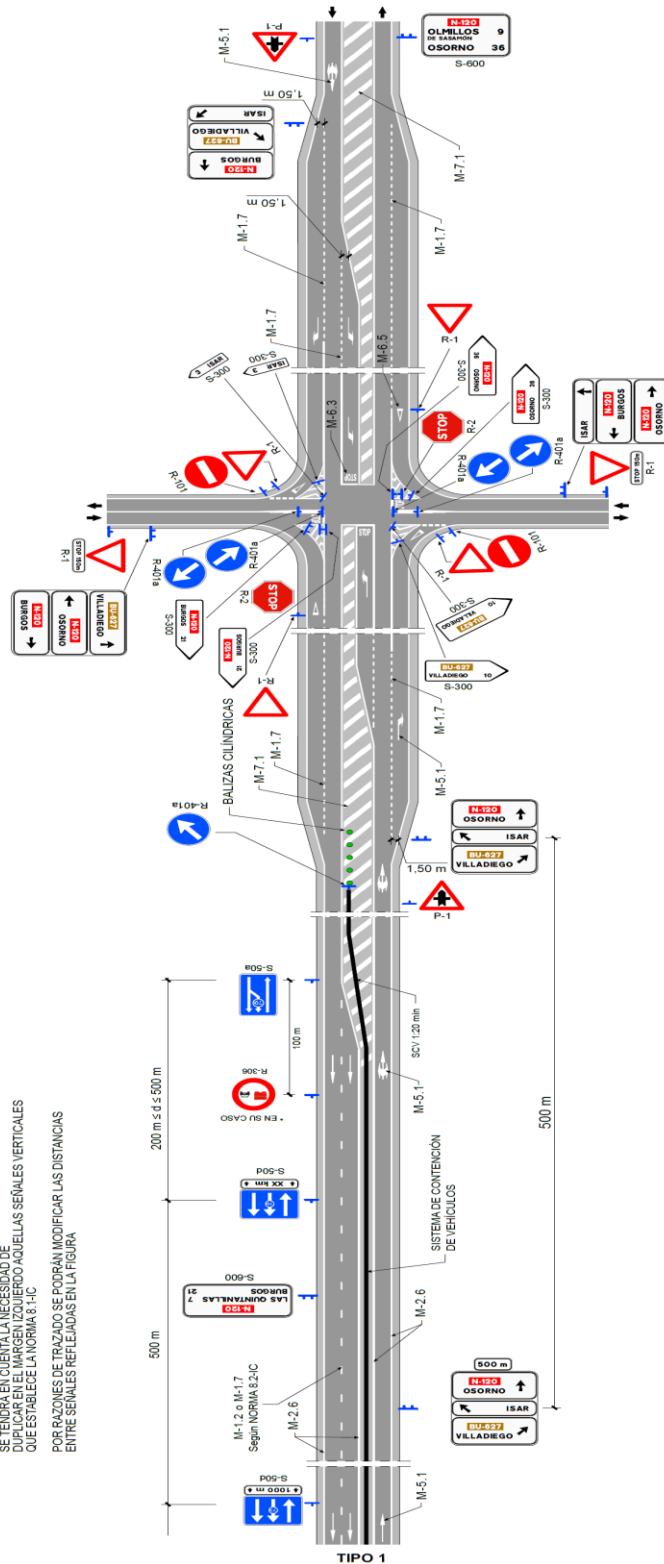
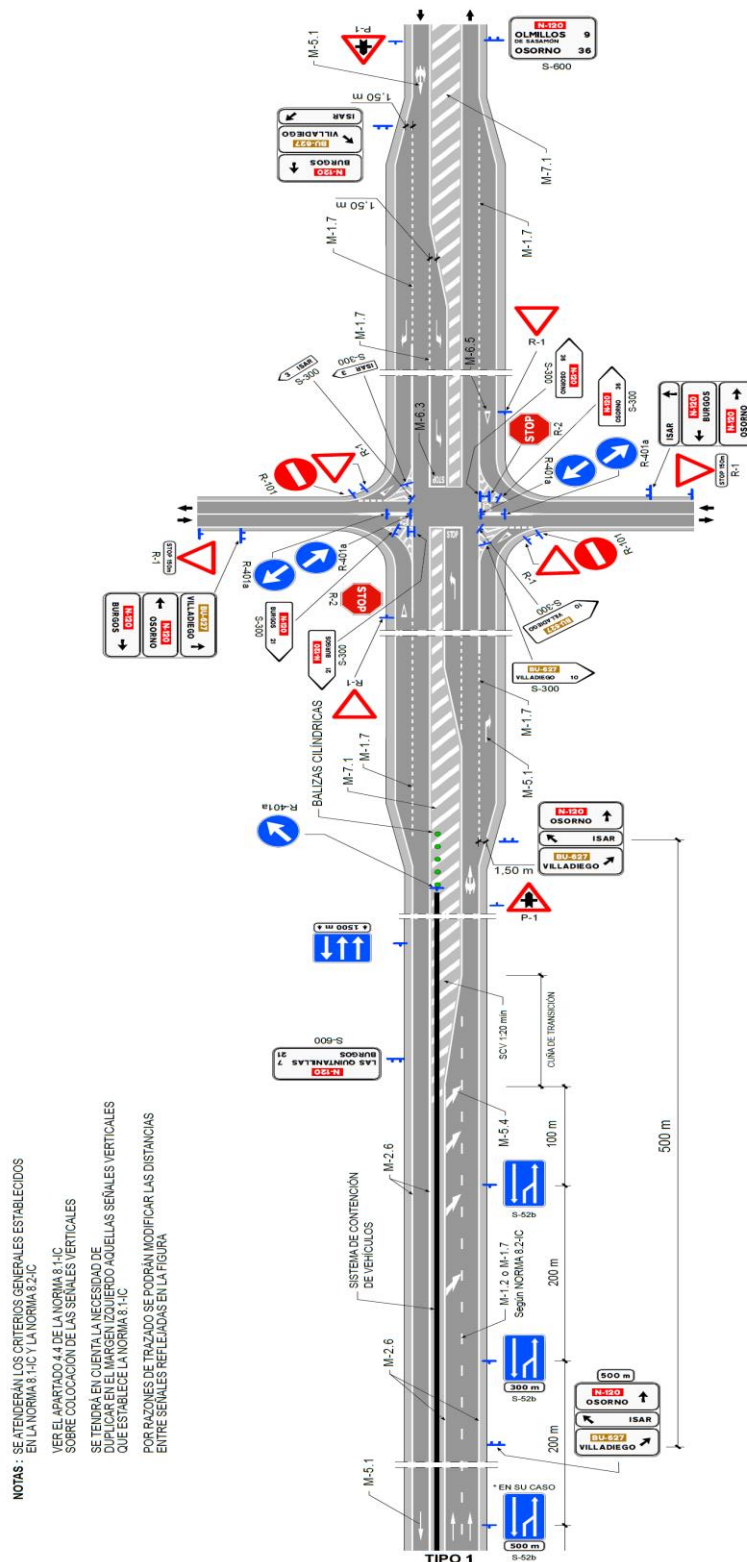




FIGURA A1.10

SEÑALIZACIÓN DE INTERSECCIONES EN "CRUZ" CON CARRILES CENTRALES DE ESPERA
EN ZONA DE TRANSICIÓN CRÍTICA (ZTC)





APÉNDICE 2

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

Las definiciones incluidas en el presente glosario lo son únicamente a efectos de aplicación de estas recomendaciones sobre Carreteras 2+1.



Carril Básico (CB): Carril que mantiene su continuidad a lo largo de un itinerario o parte de él. (Norma 3.1-IC).

Carril de Adelantamiento (CA): Carril adicional que se puede añadir a los carriles básicos en algunos tramos de carreteras convencionales para mejorar el nivel de servicio o para reducir la accidentalidad por falta de oportunidades de realizar una maniobra de adelantamiento (Norma 3.1-IC). Su principal característica es permitir realizar la maniobra de adelantamiento sin invasión del carril de sentido opuesto.

Zona de Transición Crítica (ZTC): Zona situada al final del carril de adelantamiento, donde se establece su pérdida.

Zona de Transición No Crítica (ZTNC): Zona situada al inicio del carril de adelantamiento, donde se establece su ganancia.

Separación Central (SC): En determinados tramos de carreteras convencionales, franja longitudinal situada entre ambos sentidos de circulación, no destinada a la circulación. La implantación de una separación central en una carretera convencional conllevará la prohibición de la maniobra de adelantamiento con invasión del sentido contrario, materializándose al menos mediante dos marcas viales longitudinales continuas. Puede incorporar un sistema de contención de vehículos u otras formas de separación, en cuyo caso en la determinación de su anchura se incluyen los arcones interiores.

Separación de los dos sentidos de circulación: Sistema de tratamiento de la separación central que impide su franqueamiento en condiciones operativas.

Plataforma: Zona de la carretera destinada al uso de los vehículos, formada por la calzada y los arcones. (Norma 3.1-IC).

Calzada: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos en circunstancias ordinarias. (Norma 3.1-IC).

Semicalzada: En tramos de carreteras convencionales con separación central, cada una de las dos partes de la calzada en que esta queda dividida, con distinto sentido de circulación.

Arcén exterior: Arcén situado a la derecha de la calzada según el sentido de circulación.

Arcén interior: En carreteras convencionales con tratamiento de la separación central, arcén situado a la izquierda de cada semicalzada según el sentido de circulación.

Arcén de detención de emergencia: Arcén exterior de la semicalzada de un único carril de circulación, desprovisto de todo obstáculo al objeto de permitir en circunstancias excepcionales una detención de emergencia de los vehículos automóviles.

Apartadero de emergencia: Ensanche de la plataforma de la carretera destinado a permitir la detención de emergencia de los vehículos automóviles.

Sistema de Contención de Vehículos (SCV). Definido conforme a su normativa específica (OC 35/2014).

Cuneta de seguridad: Definida conforme a su normativa específica (OC 35/2014).



Sistema de balizamiento flexible: Sistema de balizamiento que se puede deformar permitiendo el paso de un vehículo sobre el mismo, recuperando posteriormente su posición y características iniciales.

Desviación de carriles: Segmento específico de la carretera en la que los carriles básicos se desvían de su alineación en planta para abrir o cerrar un carril adicional por el centro de la plataforma, generando una variación de la anchura de la calzada en la sección transversal.

Longitud de la desviación (Ls): Longitud en la que se produce una desviación de carril.

Distancia de Parada (Dp): Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse en condiciones de comodidad y seguridad ante un obstáculo inesperado en su trayectoria. Se estimará en función de la velocidad de proyecto (V_p) del tramo conforme a los parámetros definidos en la Norma 3.1-IC.

Velocidad de proyecto de un tramo (V_p): Velocidad para la que se definen las características geométricas del trazado en condiciones de comodidad y seguridad (Norma 3.1-IC).

Carril de Aceleración Diferencial (CAD): carril que permite el adelantamiento a aquellos vehículos con aceleraciones inferiores a su salida de una glorieta.

Cuña de Transición (CT): Ensanche de la calzada de forma triangular, que permite pasar del ancho de un carril a ancho cero o viceversa. Su longitud se establecerá conforme a la Tabla 8.1 de la Norma 3.1-IC en función de la velocidad de proyecto (V_p).

Cuña reducida: Justificadamente, cuña de transición de longitud mitad a la exigida en la Tabla 8.1 de la Norma 3.1-IC en función de la velocidad de proyecto (V_p).

Cuña corta de apertura: Cuña corta de apertura del carril adicional de adelantamiento, materializada con marcas viales sobre el pavimento con una longitud mínima de diez metros (≥ 10 m).



BIBLIOGRAFÍA

1. Harwood, D. and A. St. John. "Passing Lanes and Other Operational Improvements on Two-Lane Highways." Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-85-028, 1985.
2. Harwood, D. and A. St. John. "Operational Effectiveness of Passing Lanes on Two Lane Highways." Federal Highway Administration, Report No. FHWA/RD-86/195, 1986.
3. Harwood, D. and C. Hoban. "Low Cost Methods of Operational Improvements on Two-Lane Highways." Midwest Research Institute. Report No. FHWA/IP-87/2, 1987.
4. May, A. "Traffic Performance and Design of Passing Lanes." Transportation Research Board 1303, (1991): 63-73.
5. Taylor, W. and M. Jain. "Warrants for Passing Lanes." Transportation Research Record 1303, (1991): 83-91.
6. Harwood, D.W., May, A.D., Anderson, I.B., Leiman, L. and Archilla, A.R. "Capacity and Quality of Service of Two-Line Highways", NCHRP 3-55(3), Transportation Research Board. November 1999.
7. Mutabazi, M., E. Russell, and R. Stokes. "Review of the Effectiveness, Location, Design, and Safety of Passing Lanes in Kansas." Transportation Research Record 1658, (1999): 25-33.
8. Transportation Research Board. Highway Capacity Manual. Fourth Edition. TRB, Washington, D.C., 2000. Versiones posteriores HCM2010 y HCM6.
9. Tapio, R. Capacity and Level of Service on Finnish Two-Lane Highways, Finnra Reports 18/2001, Finnish Road Administration, Helsinki, 2001.
10. Herrstedt, L. "2+1 roads-Danish experiences", Danmarks TransporForskinig, 2001.
11. Woolridge, M., C. Messer, B. Heard, S. Rughupathy, A. Parham, M. Brewer, and S. Lee. "Design Criteria for Improved Two-Lane Section (Super 2)." Texas Transportation Institute, Project Report 0-4064, 2002.
12. Van As, C. "The Development of an Analysis Method for the Determination of Level of Service on Two-Lane Undivided Highways in South Africa." Project Summary. South African National Roads Agency, 2003.
13. Application of European 2+1 Roadway Design. NCHRP Research Results Digest Number 275. Transportation research Board, Washington, DC. April 2003.
14. Sandecki, T. Instrucciones de diseño para carriles adicionales en carreteras de dos carriles y doble sentido (II redacción). Universidad Tecnológica de Varsovia, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKIA). Polonia, 2005.
15. Gattis, J., Bhavé and L. Duncan. "Alternating Passing Lane Length." Transportation Research Record 1961, (2006): 16-23.



16. Design manual for roads and bridges. TD 70/08. Volume 6, Section 1, Part 4. Design of wide single 2+1 roads. The Highways Agency. Transport Scotland. Welsh Assembly Government. Department for regional development of Northern Ireland. August 2008.
17. Gazzini, E. "The implementation of a 2+1 road scheme in Ireland: a case for Australia?". Australasian Road Safety Research, Adelaide. November 2008.
18. McGregor, R.V., Hassan, M. and Kenny, B. "Feasibility of 2+1 Roads on Alberta Rural Highway Network", Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Vancouver, British Columbia, 2009.
19. Carlsson, A. "Evaluation of 2+1-roads with cable barrier", Final report, Swedish National Road and Transport Research Institute, VTI rapport 636A, 2009.
20. Al-Kaisy, A. y Freeman Z. Empirical Examination of Passing Lane Operational Benefits on Rural Two-Lane Highways. 6th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service, Stockholm, Sweden. Julio-agosto, 2011.
21. Guide Technique 2x1 voie. Route à chaussées séparées. SETRA. Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements. République Française. Septembre 2011.
22. Freedman, Z. and Al-Kaisy, A. "Investigation of performance and lane utilization within a passing lane on a two lane rural highway", International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2013; 3(3):279-290.
23. German Highway Capacity Manual (HBS). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2014.
24. Kim, Y., Choi, J., Kim, S., Kim S., Na, H. and Jang, Y. "Levels of Service of 2+1 Roads Based on Operational Measures on Effectiveness". Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF), 2015.
25. Tracz, M., Kiec, M. "Designing of 2+1 Road Bypasses of Towns". Department of Highway and Traffic Engineering. Cracow University of Technology. March 2015.
26. D'Agostino, S., Cafiso, S. and Kiec, M. "Investigating the influence on safety and traffic performance of 2+1 road sections in Poland", Conference: 5th International Symposium on Highway Geometric Design, Vancouver, CA. June 2015.
27. Lars Hissingby Trandem "Tradeoffs between a 2+1 Lane Road Design and a Narrow 2+2 Lane Road Design". Norwegian University of Science and Technology. June 2016.
28. Tsui, A, Llorca, C. Washburn, S.S., Bessa, J.E., Hale, D. and García, A. "Modification of the Highway Capacity Manual two-lane highway analysis procedure for Spanish conditions", Journal of Advanced Transportation 2016; 50:1650–1665. October 2016.
29. Bergh, T., Remgård, M., Carlsson A., Olstam J. and Strömgren P. "2+1-roads Recent Swedish Capacity and Level-of-Service Experience. Transportation Research Procedia. International Symposium on Enhancing Highway Performance, ISEHP 2016.
30. Reseña de la Jornada Técnica Carreteras 2+1. Debate de una solución con futuro. Asociación Técnica de Carreteras, Rutas 171, 2017; 59-64. Abril-junio 2017.



31. Díez de Arizaleta, R, y Morezuelas, G. "Estudio de conversión de la carretera N-121-A, Pamplona-Behobia, en Vía 2+1. Criterios de diseño", Asociación Técnica de Carreteras, Rutas 173, 2017; 22-38. Diciembre 2017.
32. Texas Department of Transportation. Roadway Design Manual. Chapter 4 - Non-Freeway Rehabilitation. Section 6 - Super 2 Highways. April 2018.
33. Tsui, A, Llorca, C. Washburn, S.S., Bessa, J.E., Hale, D. and García, A. "Operational Considerations of Passing Zones for Two-lane Highways: Spanish Case Study", Promet–Traffic & Transportation, Vol. 30, 2018, No. 5, 601-612. November 2018.
34. Flores, X. y Gómez, A. "Adaptación de la carretera convencional a secciones 2+1", Carreteras 219, 2018; 45-50.
35. Romana, M., Martín-Gasulla, M. and Tsui, A. "2 + 1 Highways: Overview and Future Directions", Advances in Civil Engineering 2018(4):1-13. September 2018.
36. Improved Analysis of Two-Lane Highway Capacity and Operational Performance, Final Report NCHRP Project 17-65. TRB, 2018.
37. 2 plus 1 Road - Pilot Programme. Transport Infrastructure Ireland (TII), DN-GEO-03086. January 2019.
38. Passing Lanes: Safety and Performance. Austroads Project No. NTM6025, 2019.

Normativa de la Dirección General de Carreteras

39. Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. (B.O.E. de 4 de marzo de 2016).
40. Orden FOM/534/2014, de 20 de marzo, por la que se aprueba la Norma 8.1-IC Señalización Vertical, de la Instrucción de Carreteras (B.O.E. de 5 de abril de 2014), modificada por Orden FOM/185/2017, de 10 de febrero (B.O.E. de 6 de marzo de 2017).
41. Orden de 16 de julio de 1987 por la que se aprueba la Norma 8.2-IC «Marcas Viales», de la Instrucción de Carreteras (B.O.E. de 4 de agosto de 1987), Corrección de Errores (B.O.E. de 29 de septiembre de 1987) y borrador de marzo de 2020.
42. Orden Circular 35/2014. Recomendaciones sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.