serie monografías

Guía de Nudos Viarios

Orden Circular 32/2012

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE FOMENTO
DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

MINISTERIO DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA

SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS

GUÍA DE NUDOS VIARIOS

DICIEMBRE 2012

ORDEN CIRCULAR 32/2012
GUÍA DE NUDOS VIARIOS

Los nudos viarios son puntos críticos en el trazado de una carretera, por lo que su concepción debe ser claramente diferenciada de la correspondiente al tronco en el que se deben insertar, de manera que el conductor de un vehículo que circula por la carretera tenga una completa legibilidad del conjunto así constituido.

Es por ello que, con el fin de disponer de unas directrices comunes a todos los tipos de nudos, se ha considerado conveniente reunir en un único documento un conjunto de orientaciones generales válidas para todos ellos, diferenciando posteriormente las características y aplicaciones de cada tipo en particular definido por sus peculiaridades propias.

La Guía de Nudos Viarios pretende no solo uniformar criterios generales, sino también aportar nuevas ideas en relación con el diseño de los nudos viarios, considerando en especial, por una parte los vehículos pesados que de alguna manera marcan la diferencia en la concepción de los mismos y por otra el comportamiento de los elementos más vulnerables como son los peatones y los ciclistas.

La regulación del proyecto y construcción de los nudos viarios, tiene histórica tradición en la Dirección General de Carreteras. Dicha regulación es, la siguiente:

- Recomendaciones para el proyecto de intersecciones.
- Recomendaciones para el proyecto de enlaces.
- Recomendaciones sobre glorietas.

Con esta normativa que, sigue vigente a pesar de su antigüedad, y que de alguna manera pone de manifiesto la visión de futuro de quienes las redactaron y en definitiva su calidad, se han diseñado todos los nudos existentes en los cientos de proyectos que se han redactado, recogidos en los diferentes planes de carreteras habidos en los últimos decenios.

No obstante, la experiencia adquirida y acumulada en este dilatado periodo de tiempo ha permitido incrementar de forma notable la información sobre determinados aspectos relacionados con los nudos viarios, no solo a nivel nacional sino complementado a nivel internacional con los conocimientos existentes en los países de nuestro entorno social y económico.

Además de la normativa referenciada anteriormente sobre nudos en esta Guía se han tenido en cuenta los contenidos de las principales normas relacionadas con ella en los aspectos de las carreteras de los que trata:

a) Norma 3.1-IC "Trazado".
b) Norma 8.1-IC "Señalización vertical".
c) Norma 8.2-IC "Marcas viales".
d) La Normativa por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios de carreteras.

En la Guía, con base en unos datos de partida, se estudia el funcionamiento de los nudos viarios, sus elementos y su morfología, estableciéndose unos criterios prácticos para la elección del tipo de nudo y el acondicionamiento de nudos existentes, teniendo siempre en cuenta la seguridad de la circulación y las necesarias ayudas a la conducción, sin olvidar en ningún caso su adecuación ambiental.

Una adecuada configuración de los nudos viarios, así como de otros elementos auxiliares de la vía (vías colectoras – distribuidoras, vías de servicio, etc.), permitirá atender al mayor número de itinerarios con un mínimo de elementos, en condiciones de comodidad y seguridad. Es preciso equilibrar las exigencias de una circulación fluida, económica y segura, con el coste de las infraestructuras necesarias.

No siempre resulta fácil determinar la aplicabilidad de un texto concreto a unas circunstancias particulares. Por ello, se debe tener en cuenta que cada nudo viario es diferente, aun cuando su tipología pueda ser similar a la de otro. Todo ello requerirá que el proyectista aborde cada diseño de forma individualizada y no repetitiva.

En esta Guía se transcriben e incluyen textos con distinto grado de fuerza normativa: Normas, que se deben seguir, en todo caso, salvo las excepciones definidas y previstas en ellas mismas; Recomendaciones, que se deben seguir salvo justificación suficiente en contra; Informaciones (sugerencias, comentarios, etc.) que constituyen un código de buena práctica basada en la experiencia y que el criterio ingenieril debe decidir sobre su aplicación.

Esta Guía pretende ofrecer un amplio espectro de ideas para la realización de los proyectos de los nudos viarios, compendiando lo más sustancial de esta materia tanto los de nueva construcción como los que se acondicionen o mejoren, describiendo las posibilidades de resolver los problemas concretos de cada uno.

La Guía de Nudos Viarios, objeto de la presente Orden Circular, ha sido estudiada, discutida, comentada y finalmente redactada por una Comisión constituida al efecto por decisión del Director General de Carreteras, Francisco Javier Criado Ballesteros, formada por las siguientes personas (por orden alfabético de apellidos):

Fernando Angulo Pellegero

Carlos Azparren Calvo

Justo Borrajo Sebastián

Carlos Casaseca Benéitez

José Cordón Perogil

José Luis Fuentes Fernández

José Antonio Hinojosa Cabrera

José Ignacio Ormazábal Barriuso

Fernando Pedrazo Majárrez

Agustín Sánchez Rey

José Yuste Maicas

Ha presidido la Comisión José Antonio Hinojosa Cabrera, siendo Secretario de la misma Fernando Angulo Pellegero.

Ha actuado como ponente, sobre un texto redactado al efecto, el Profesor Sandro Rocci Boccaleri.

Esta Guía no deroga ni sustituye a las Normas y Recomendaciones vigentes.

Se adjunta a la presente Orden Circular como Anexo el texto de la Guía de Nudos Viarios.

Madrid, 14 de diciembre de 2012.

LA SUBDIRECTORA GENERAL
DE ESTUDIOS Y PROYECTOS

Fdo: Fuencisla Sancho Gómez

APROBADA:
EL DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS

Fdo: Jorge Urrecho Corrales

GUÍA DE NUDOS VIARIOS

Índice

ÍNDICE 1

1. GENERALIDADES 9

1.1. PREÁMBULO 9
1.2. RELACIÓN CON LA NORMATIVA DE DISEÑO DE CARRETERAS 9
1.3. LA RED VIARIA COMO SISTEMA 11
1.4. DELIMITACIÓN DE COMPETENCIAS 13
1.5. DEFINICIÓN DE NUDO VIARIO 14
1.6. CLASIFICACIÓN DE LOS NUDOS VIARIOS 15
1.7. CRITERIOS DE DISEÑO 16
1.7.1. Principios 16
1.7.2. Movimientos 18
1.7.3. Nivel de servicio 19
1.7.4. Seguridad 20
1.8. EVOLUCIÓN DE LOS NUDOS VIARIOS 21

2. DATOS DE PARTIDA 23

2.1. FACTORES QUE INFLUYEN 23
2.2. CLASE Y FUNCIÓN DE LAS CARRETERAS 25
2.3. VEHÍCULOS 26
2.3.1. Dimensiones del vehículo patrón 26
2.3.2. Maniobrabilidad 29
2.3.3. Prestaciones 40
2.3.4. Equivalencia 41
2.4. TRÁFICO 41
2.5. SINIESTRALIDAD 42
2.6. RELIEVE DEL TERRENO 43
2.7. ACCESIBILIDAD: USO DEL SUELO 43

3. FUNCIONAMIENTO DE LOS NUDOS 45

3.1. CONDUCTORES 45
3.1.1. Generalidades 45
3.1.2. Uniformidad y consistencia 46
3.2. INTERACCIONES ENTRE VEHÍCULOS 48
3.2.1. Tipos de interacción 48
3.2.2. Puntos de conflicto 49
3.2.3. Isletas 52
3.2.4. Ordenación de la circulación en los cruces 55
3.2.5. Conexiones 59
3.2.6. Tramos de trenzado 76

3.3. VELOCIDAD 80
3.3.1. Introducción 80
3.3.2. Velocidades de diseño 82
3.3.3. Velocidad relativa 84
3.3.4. Velocidad en los movimientos de paso 85
3.3.5. Velocidades en los giros 86
3.4. INTERACCIONES ENTRE NUDOS CONTIGUOS 89
3.4.1. Generalidades 89
3.4.2. Zona de influencia y centro del nudo 91
3.4.3. Conexiones aisladas o combinadas 91
3.4.4. Autopistas 92
3.4.5. Carreteras convencionales 95
3.5. ACOMODACIÓN DE USUARIOS ESPECIALES 98
3.5.1. Vehículos pesados 98
3.5.2. Usuarios vulnerables 100
3.5.3. Transporte colectivo 106

4. ELEMENTOS DE LOS NUDOS 113
4.1. NÚMERO DE PATAS 113
4.2. DISPOSICIÓN DE LAS PATAS 114
4.2.1. En intersecciones 114
4.2.2. En glorietas 117
4.2.3. En enlaces 118
4.3. MOVIMIENTOS DE PASO 118
4.3.1. Trazado 118
4.3.2. Continuidad 119
4.3.3. Equilibrio en las conexiones 121
4.3.4. Cruces a desnivel 125
4.4. GIROS A LA DERECHA 126
4.4.1. Configuración 126
4.4.2. Canalización 128
4.5. GIROS A LA IZQUIERDA 129
4.5.1. Generalidades 129
4.5.2. Configuración 129
4.5.3. Carriles centrales de espera 135
4.6. TRAZADO DEL NUDO 151
4.6.1. Trazado en planta 151
4.6.2. Trazado en alzado 175
4.6.3. Coordinación entre planta y alzado 180
4.6.4. Sección transversal 181
4.6.5. Márgenes de la plataforma 199

4.7. VISIBILIDAD 200
4.7.1. Visibilidad disponible 201
4.7.2. Visibilidad necesaria en intersecciones 203
4.7.3. Visibilidad necesaria en glorietas 207
4.7.4. Visibilidad necesaria en enlaces 211
4.7.5. Visibilidad de la señalización 212
4.8. ISLETAS 212
4.8.1. Número 212
4.8.2. Visibilidad 213
4.8.3. Delimitación 213
4.8.4. Materialización 213
4.8.5. Isletas separadoras 216
4.8.6. Isletas encauzadoras 219
4.8.7. Isletas centrales 219
4.9. CUÑAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD 221
4.10. CARRILESDE CAMBIO DE VELOCIDAD 221
4.10.1. Longitud 221
4.10.2. Anchura 225
4.11. CONEXIONES:SALIDAS Y ENTRADAS 225
4.11.1. Emplazamiento 225
4.11.2. Orden y distancias 226
4.12. BIFURCACIONES Y CONFLUENCIAS 237
4.12.1. Generalidades 237
4.12.2. Bifurcaciones 237
4.12.3. Confluencias 241
4.13. MOVIMIENTOS NO PERMITIDOS 242
4.14. VÍAS DE SERVICIO 243
4.14.1. Definición y función 243
4.14.2. Conexiones de las vías de servicio 244
4.14.3. Accesos a una vía de servicio 248
4.14.4. Vías de servicio de sentido único 251
4.14.5. Vías de servicio de doble sentido 252
4.15. VÍAS COLECTORAS – DISTRIBUIDORAS 253
4.16. SISTEMAS DE CALZADAS CENTRALES Y LATERALES 254
4.16.1. Diseño 254
4.16.2. Ramales de transferencia 254
4.17. TRATAMIENTOS DE LA MEDIANA 256

5. MORFOLOGÍA DE LOS NUDOS 259
5.1. GENERALIDADES 259
5.2. INTERSECCIONES DE TRES PATAS CON PRIORIDAD FIJA..... 259
5.2.1. Intersecciones en T..... 259
5.2.2. Intersecciones en Y 265
5.2.3. Capacidad y nivel de servicio..... 266
5.3. INTERSECCIONES DE CUATRO PATAS CON PRIORIDAD FIJA 266
5.3.1. Intersecciones en cruz 266
5.3.2. Intersecciones en X 273
5.3.3. Parejas de intersecciones en T desalineadas 273
5.3.4. Capacidad y nivel de servicio..... 274
5.4. GLORIETAS 275
5.4.1. Generalidades..... 275
5.4.2. Tipos..... 275
5.4.3. Capacidad y niveles de servicio 278
5.5. INTERSECCIONES Y GLORIETAS REGULADAS POR SEMÁFOROS..... 278
5.5.1. Generalidades..... 278
5.5.2. Capacidad y nivel de servicio..... 279
5.6. ENLACES DE TRES PATAS 280
5.6.1. Generalidades..... 280
5.6.2. Enlaces no direccionales 280
5.6.3. Enlaces direccionales 286
5.7. ENLACES DE CUATRO PATAS..... 288
5.7.1. Generalidades y clasificación..... 288
5.7.2. Enlaces con una sola obra de paso 289
5.7.3. Enlaces con más de una obra de paso 297
5.8. ENLACES DE MÁS DE CUATRO PATAS 319
5.9. EVOLUCIÓN DE LOS NUDOS..... 320

6. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE NUDO..... 321
6.1. METODOLOGÍA..... 321
6.2. CRITERIOS PREVIOS 322
6.2.1. Clase de carretera 322
6.2.2. Ordenación de los cruces 324
6.2.3. Capacidad..... 325
6.2.4. Nivel de servicio..... 326
6.3. MORFOLOGÍAS 331
6.3.1. Intersecciones..... 331
6.3.2. Glorietas 337
6.3.3. Intersecciones y glorietas reguladas por semáforos..... 343
6.3.4. Enlaces..... 344
6.4. ANÁLISIS FUNCIONAL 355

7. ACONDICIONAMIENTO DE NUDOS EXISTENTES 357
7.1. RAZONES 357
7.2. TIPOS DE ACTUACIÓN 358
7.3. NECESIDAD DE ACONDICIONAMIENTO 358

8. SEGURIDAD DE LA CIRCULACIÓN 361
8.1. EXPOSICIÓN AL RIESGO 361
8.1.1. Generalidades 361
8.1.2. Aplicación a los nudos viarios 362
8.2. INFLUENCIA DEL TIPO DE NUDO 363
8.3. ELEMENTOS DEL DISEÑO 364
8.4. INTERSECCIONES REGULADAS POR PRIORIDAD FIJA 365
8.5. INTERSECCIONES REGULADAS POR SEMÁFOROS 367
8.5.1. Atropello de peatones 367
8.5.2. Accidentes en giros a la izquierda 368
8.5.3. Choques frontolaterales 368
8.6. GLORIETAS 369
8.7. ENLACES 372
8.8. ZONAS URBANAS 374
8.9. SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS 375
8.9.1. Introducción 375
8.9.2. Intersecciones y glorietas 376
8.9.3. Enlaces 376

9. AYUDAS A LA CONDUCCIÓN 379
9.1. DEFINICIÓN 379
9.2. PRINCIPIOS BÁSICOS 379
9.2.1. Prioridad 379
9.2.2. Claridad 380
9.2.3. Sencillez 380
9.2.4. Legibilidad 381
9.2.5. Uniformidad 381
9.2.6. Homogeneidad 381
9.2.7. Continuidad 382
9.2.8. Coherencia 383
9.2.9. Seguridad 383
9.3. SEÑALIZACIÓN VERTICAL 384
9.3.1. Generalidades 384
9.3.2. Señales de advertencia de peligro 384
9.3.3. Señales de regulación 385
9.3.4. Señales de orientación 387
9.3.5. Señalización de mensaje variable 414

9.4. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL 418
9.4.1. Generalidades 418
9.4.2. En salidas 418
9.4.3. En bifurcaciones 434
9.4.4. En entradas 438
9.4.5. En tramos de trenzado 439
9.4.6. En confluencias 440
9.4.7. En glorietas 441
9.4.8. Captafaros 442
9.5. SEMÁFOROS 443
9.5.1. Definición 443
9.5.2. Funcionamiento 443
9.5.3. Aplicaciones y criterios de implantación 444
9.5.4. Componentes 445
9.5.5. Regulación 447
9.5.6. Dosificación de entradas 454
9.6. BALIZAMIENTO 455
9.6.1. Definición y aplicaciones 455
9.6.2. Hitos de arista 456
9.6.3. Balizas 458
9.6.4. Hitos de vértice 462
9.6.5. Captafaros 464
9.6.6. Paneles direccionales 464
9.6.7. Jalones para nieve 466
9.6.8. Bandas transversales de alerta 467
9.7. ALUMBRADO EXTERIOR 468
9.7.1. Fuentes de iluminación en una carretera 468
9.7.2. Componentes 469
9.7.3. Criterios de implantación 473

10. ADECUACIÓN AMBIENTAL DE LOS NUDOS 475
10.1 GENERALIDADES 475
10.2 TRATAMIENTO DE LAS EXPLANACIONES 476
10.3 REVEGETACIÓN 477
10.3.1. Consideraciones generales 477
10.3.2. Suelos 477
10.3.3. Siembras y plantaciones 478
10.3.4. Conservación 480
10.3.5. Prevención de incendios forestales 480
10.4 ELEMENTOS ORNAMENTALES 481
10.5 CERRAMIENTOS 482

ANEXO nº 0 Glosario 485

ANEXO nº 1 Cruce a nivel 505

ANEXO nº 2 Giros a la izquierda 507

ANEXO nº 3 Giros a la derecha 511

ANEXO nº 4 Carriles de cambio de velocidad 513

ANEXO nº 5 Zona perturbada antes de una salida 515

ANEXO nº 6 Zona perturbada después de una entrada 519

ANEXO nº 7 Tramo de trenzado 523

ANEXO nº 8 Intersecciones con prioridad de paso 527

ANEXO nº 9 Intersecciones con semáforos 537

1 Generalidades

1.1 Preámbulo

Esta Guía pretende ofrecer unas orientaciones para la realización de los proyectos de los nudos viarios, tanto los de nueva construcción como los que se acondicionen o mejoren, describiendo las posibilidades de resolver los problemas concretos de cada uno y compendiando lo más sustancial de esta materia.

Una adecuada configuración de los nudos viarios, así como de otros elementos auxiliares de la vía (vías colectoras - distribuidoras, vías de servicio, etc.), permitirá atender a un máximo de itinerarios con un mínimo de elementos, en unas buenas condiciones de comodidad y seguridad. Es preciso equilibrar las exigencias de una circulación fluida, económica y segura, con el coste de las infraestructuras necesarias.

No resultaría práctico, y ni siquiera posible, aplicar inmediata e indiscriminadamente los preceptos e indicaciones de esta Guía a los nudos de la red viaria. La mejora del estándar de la red es un objetivo a largo plazo, sometido a limitaciones del espacio disponible y, sobre todo, presupuestarias. Por ello será necesario organizar el proceso estableciendo unas prioridades.

Se incluyen también en esta Guía los **accesos** a las carreteras que, por su función o importancia, tengan las características de una intersección. Estos accesos están definidos[1] como:

a) Las conexiones de las carreteras con las vías de servicio de la propia carretera o con otras vías no estatales.

b) Las entradas y salidas directas de vehículos a núcleos urbanos e industriales, y a fincas y predios colindantes.

De acuerdo con la Orden de 13 de septiembre de 2001 las conexiones con las carreteras estatales de carreteras de titularidad autonómica o provincial se ajustarán en cuanto a sus características técnicas a lo establecido en la Norma 3.1-IC Trazado.

1.2 Relación con la normativa de diseño de carreteras

En esta Guía se han tenido en cuenta los contenidos de las principales normas relacionadas con los aspectos de las carreteras de los que trata:

a) La Norma **3.1-IC** “Trazado”.

b) La Norma **8.1-IC** “Señalización vertical”.

c) La Norma **8.2-IC** “Marcas viales”.

---

[1] En la Orden ministerial de 16 de diciembre de 1997 y modificaciones posteriores.

d) La normativa[1] por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios de carreteras.

La mayoría de estas normas ofrece la posibilidad de que, excepcionalmente y con suficiente y fundada justificación, se admitan cambios de los criterios en ellas desarrollados. Asimismo, en casos especiales no contemplados en ellas, prevén que el diseñador pueda acudir a guías, textos, o estudios específicos.

- El apartado **1.2** de la Norma **3.1-IC** "Trazado", que permite que excepcionalmente se admitan cambios en sus criterios, se refiere básica, aunque no exclusivamente, a vías interurbanas de nuevo trazado, situadas en un entorno en el que la densidad de población es menor y, por consiguiente, también lo son las restricciones del espacio disponible, los condicionantes urbanísticos incluidos en figuras de planeamiento aprobadas y los correspondientes a la demanda del tráfico.

  Al ser grande la separación entre los nudos[2], se cumple el objetivo básico de asegurar la movilidad de largo recorrido en un itinerario.

- No obstante lo anterior, circunstancias especiales (habitualmente de restricción del espacio disponible) impuestas por exigencias ambientales, socioeconómicas o de afección al patrimonio histórico - artístico, determinan en ciertas vías la posibilidad de establecer unas características del trazado acordes con esas circunstancias, manteniendo en todo caso las condiciones debidas de seguridad vial, pero sin incurrir en costes desproporcionados a los incrementos de seguridad obtenidos.

  Al ser más intenso el uso del suelo, pasando de las actividades primarias a las secundarias, terciarias y residenciales, aumenta también el tráfico generado y puede aumentar la presión para incrementar la accesibilidad y, en especial, para intercalar nuevos nudos en la red viaria.

- Se puede justificar la disminución de las características exigidas en la Norma **3.1-IC** "Trazado":

  - En las vías urbanas en las que los especiales factores que se deben tener en cuenta exijan soluciones que no permitan su asimilación a las de las vías interurbanas.
  - En las carreteras de montaña.
  - En las carreteras que discurran por espacios naturales de elevado interés ambiental o acusada fragilidad.

---

[1] Actualmente constituida por la Orden ministerial de 16 de diciembre de 1997, modificada por las siguientes Órdenes ministeriales: O.M. de 13 de septiembre de 2001, **FOM/392/2006** y **FOM/1740/2006**.

[2] Más de 6 km en las carreteras con calzadas separadas, y más de 2 km en las carreteras de calzada única.

- En las mejoras locales en carreteras existentes.

Antes de acordar cualquier disminución en las exigencias de la Norma, debe sopesarse cuidadosamente si sigue prevaleciendo el interés general.

1.3 La red viaria como sistema

La concepción y el diseño de un nudo viario dependen, en gran medida, de unas circunstancias que son específicas de su emplazamiento. La red viaria debe ser considerada como un **sistema**, en el que interactúan distintas subredes con funcionalidades diferentes: son precisamente los nudos donde se pasa de una subred a otra. La construcción de un nuevo nudo viario, o la modificación de uno existente, tiene efectos sobre todo el sistema circundante con independencia de la titularidad del mismo: cada nudo tiene su zona de influencia[1].

El concepto de sistema cobra un especial relieve en los entornos **urbanos** y **periurbanos**:

1. La relación sistémica entre el tronco, la vía colectora - distribuidora y la vía de servicio[2] debe ser especialmente estudiada en estos tipos de entorno.

   La distancia entre enlaces en las carreteras de calzadas separadas de acuerdo con la Norma **3.1-IC** "Trazado" es de 6 km [3]. No obstante la aplicación sistemática de las distancias mínimas entre conexiones consecutivas prescritas por la Norma **3.1-IC** "Trazado" conduce a que la separación mínima entre los centros de dos enlaces consecutivos en una autopista pudiese llegar a ser del orden de 2,5 km. Aunque esta distancia sea muy reducida en un entorno claramente interurbano, si el uso del suelo es más intenso puede resultar en algún caso concreto excesiva. En ese caso, de acuerdo con la Norma **3.1-IC** "Trazado", si se dispone una vía colectora - distribuidora[4], la separación entre enlaces baja hasta unos 1200 m; pero las vías de servicio no pueden conectar directamente con ella, sino sólo con las vías transversales. Las vías de servicio sí pueden cruzar a desnivel las autopistas y sus vías colectoras - distribuidoras, pero sin conectar con éstas.

2. En una autopista, si la demanda del tráfico necesita más de cuatro carriles por sentido hay que disponer dos calzadas separadas para cada sentido de circulación[5]. La segunda calzada no es una vía colectora - distribuidora, sino una calzada lateral que conecta con su calzada central de vez en cuando mediante ramales de transferencia.

---

[1] Cf. apartado **3.4.2**.

[2] A menudo complicada por la presencia de plataformas reservadas p. ej. al transporte colectivo.

[3] Apartado **8.3** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[4] Cf. apartado **4.15**.

[5] Apartado **7.2** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

En el **sistema de calzadas centrales y laterales** así formado, las primeras sirven al tráfico de recorrido más largo; mientras que las calzadas laterales, además de servir a los tráficos de recorrido más corto, conectan con las vías transversales mediante enlaces[1]. Excepcionalmente, en algunos enlaces se pueden conectar directamente también las calzadas centrales con una vía transversal, sobre todo si ésta es importante: de esta manera se reducen los movimientos de trenzado en las calzadas laterales. Las calzadas laterales no son vías de servicio y, por lo tanto, no pueden dar acceso a las propiedades colindantes.

Las vías que tienen nudos pueden pertenecer:

a) A la **red de altas prestaciones**, que comprende las **vías de gran capacidad** actuales y previstas en la planificación del Estado, y los tramos de las redes autonómicas que se atengan a todos los siguientes requisitos:

- Servir a los principales flujos interurbanos de viajeros y mercancías de medio y largo recorrido, teniendo en cuenta los siguientes criterios técnicos de **conectividad**:
  - Conexión de las capitales de provincia y conexión directa de ciudades o áreas metropolitanas importantes.
  - Conexión y continuidad de los principales itinerarios internacionales.
  - Conexión con puertos o aeropuertos.
  - Continuidad de la red en los itinerarios urbanos y metropolitanos, teniendo en cuenta lo siguiente:
    I. Aprovechamiento de las circunvalaciones más exteriores, en el caso de que existan, para dar continuidad a los itinerarios que atraviesen núcleos de población importantes o capitales de provincia.
    II. Inclusión de los tramos de acceso hasta las rondas exteriores, si las hay[2], incluyendo dichas rondas siempre que sean de titularidad del Estado o de las Comunidades Autónomas.
- Tener calzadas separadas y limitación total de accesos.

La red de altas prestaciones permite una elevada **movilidad** y, en general, está formada por autopistas. A este respecto, los conceptos aplicados a las autopistas en esta Guía se considerarán también aplicables a las autovías[1].

---

[1] También pueden conectar mediante intersecciones (no mediante glorietas) con vías transversales que no crucen el sistema de calzadas centrales y laterales: sólo hay giros a la derecha.

[2] Como la **SE-30** ó la **M-40**.

b) A las **carreteras convencionales**. A este respecto:

- Los conceptos aplicados a las carreteras convencionales en la Guía se considerarán también aplicables a las vías rápidas[2] existentes, excepto en lo relativo a la prohibición de ser cruzadas a nivel y a la limitación total de accesos: para estos aspectos se utilizarán los conceptos aplicados a las autopistas.
- No se debe olvidar que, especialmente en entornos periurbanos, hay carreteras convencionales que pertenecen a la red de gran capacidad. Sus calzadas están generalmente separadas, y pueden tener una limitación total de los accesos[3]; pero los nudos comportan en muchos casos cruces a nivel (glorietas, o intersecciones reguladas por semáforos) se suelen denominar carreteras multicarril.

1.4 Delimitación de competencias

Si en un nudo viario sólo concurren tramos de vía que tienen la misma titularidad, no resulta difícil que todos se acoplen a las exigencias del diseño de éste.

Pero a menudo sucede que en un mismo nudo concurren vías de distinta titularidad, con funciones y rangos diferentes. Las características de cada red y los intereses de cada titular pueden dar lugar a conflictos en el caso que la implantación de un nuevo nudo, o la remodelación de uno existente, por parte de uno de los titulares afecte[4] a las vías de otros[5]; e incluso que la presencia o la forma de explotación de estas últimas afecten al nudo.

Para facilitar la resolución de esos conflictos y el logro de una necesaria[6] coordinación entre distintos titulares, es preciso delimitar el ámbito físico de las competencias de cada uno, y establecer un sistema de prioridades en la explotación conjunta; a menudo esto se plasma en un convenio. Esto constituye un problema más que técnico, administrativo e incluso legal sobre el que esta Guía no se puede pronunciar, pues su solución dependerá en gran medida de las circunstancias locales. Sin embargo, se considera interesante formular algunas observaciones de índole técnica:

---

[1] Con las excepciones indicadas en Cf. **4.14.2.2** para las conexiones de una vía de servicio con una autovía.

[2] Que en la actualidad han dejado de tener existencia legal, según el Real Decreto **1428/2003**, de 21 de noviembre (**BOE** del 23 de diciembre).

[3] Canalizados hacia los nudos viarios mediante vías de servicio.

[4] No sólo físicamente, sino también a su explotación, sin necesidad de afección física.

[5] Incluyendo, por ejemplo, la señalización de orientación hacia el nudo, situada a bastante distancia de éste.

[6] De acuerdo con el artículo 103 de la Constitución Española la Administración Pública sirve con objetividad a los intereses generales y actúa, entre otros, de acuerdo con el principio de coordinación.

- En muchos nudos se ha empleado con éxito una fórmula que atribuye las competencias sobre un ramal o vía de giro al titular de la vía de la que sale.
- Debe estudiarse con especial detalle el reparto de competencias en los tramos que, formando parte de un itinerario, cruzan un nudo viario a distinto nivel y el de otros tramos que concurren en dicho nudo[1].
- Debe tenerse en cuenta que pueden existir ciertos gastos de conservación y explotación asociados a los nudos, como el alumbrado, cuya segregación por titularidad puede no ser eficiente.
- Es aconsejable deslindar las zonas de distinta competencia.

1.5 Definición de nudo viario

Según la Norma **3.1-IC** "Trazado", se denomina **nudo viario** a la zona en la que se cruzan dos o más vías. Esta definición se debe ampliar a cualquier tipo de concurrencia espacial de dos o más vías que implique la posibilidad de pasar de unas a otras.

A los efectos de esta Guía, un nudo viario no sólo comprende las zonas de intercambio de tráfico, sino la parte de los tramos viarios que en él concurren que se ve perturbada por su presencia.

De esta forma, una red viaria debe ser considerada como un sistema[2] en el que interactúan distintas subredes con funcionalidades diferentes: en los nudos se conecta una subred con otra, y por ello constituyen una parte esencial del sistema. En ellos, además de poder seguir por la misma, un conductor puede cambiar de vía para seguir el itinerario que desea. Pero entre los nudos viarios y los tramos que en ellos concurren hay diferencias significativas:

a) Los nudos son puntos críticos en cuanto a la **movilidad**. La capacidad de un sistema viario está limitada por la del elemento que la tiene menor. La mayor parte de los elementos de los nudos viarios se recorre a una velocidad inferior a la de los tramos que en ellos concurren, en las zonas no perturbadas por la presencia del nudo. Se producen demoras y, en algunas ordenaciones de la circulación, incluso se llega a que los vehículos se tengan que detener. Al pasar la circulación de continua a discontinua, disminuyen la capacidad y el nivel de servicio.

---

[1] Especialmente cuando dicho cruce se realice con variación, por el usuario, de las circunstancias de circulación, pues en algunos casos, como el de los enlaces tipo diamante con glorietas en pesa, puede entenderse que dichas glorietas y la parte del itinerario comprendido entre las mismas forma parte del enlace.

[2] Los puntos de origen o destino de los desplazamientos (generadores del tráfico o que lo atraen) son también elementos del sistema, y deben ser tenidos en cuenta a la hora de fijar las capacidades de almacenamiento de vehículos y las puntas de salida o entrada a la red.

b) Los nudos son puntos críticos en cuanto a la **accesibilidad**. Ésta está asegurada, en última instancia, a través de ellos[1]; pero la presencia de un nudo viario perturba, en general, la accesibilidad de las propiedades colindantes.

c) Los nudos son puntos críticos en cuanto a la **seguridad** de la circulación. De hecho la siniestralidad que se registra en los nudos y su zona de influencia es significativamente superior a la del resto de la red. Ello se debe a un conjunto de factores:

- Hay muchas más posibilidades de conflictos entre los vehículos y, en las zonas urbanas, entre ellos y los usuarios vulnerables (motociclistas, ciclistas y peatones).
- El error humano es más probable, pues los conductores se tienen que enfrentar a:
  - Presencia, normalmente y especialmente, en nudos importantes de otros vehículos de todo tipo muchos de los cuales están asimismo maniobrando.
  - Varias trayectorias posibles.
  - Variaciones importantes de su velocidad.
  - El seguimiento de un itinerario.
  - La selección de la maniobra a realizar y la ejecución de la misma en unos intervalos reducidos de espacio y de tiempo.

d) Los nudos son puntos críticos en cuanto a su **coste**, debido a que:

- Ocupan una mayor superficie, de la que buena parte no es aprovechada por los vehículos.
- Tienen una mayor superficie pavimentada.
- Necesitan unos costosos dispositivos para la ordenación y la regulación de la circulación no sólo rodada sino también, en muchos casos, peatonal y la ayuda a ella: señalización, balizamiento y, eventualmente, semáforos e iluminación.
- En los enlaces se necesitan obras de paso para materializar el cruce (o cruces) a desnivel.

1.6 Clasificación de los nudos viarios

Una de las características más importantes de un nudo viario es el número de patas que tiene. Se denomina *pata* a cada uno de los tramos viarios diferenciados que en él concurren; a estos

[1] Los accesos a las propiedades colindantes revisten, en general, la forma de una intersección.

efectos una vía con calzadas separadas debe contarse como una única pata[1]. Por su parte las vías de giro de las intersecciones, las calzadas anulares de las glorietas y los ramales de los enlaces no deben contarse como patas. En algunos tipos de nudo como los enlaces se puede considerar la presencia de sub-nudos en los que alguno de dichos elementos constituya a su vez una pata respecto de los demás.

El número mínimo de patas de un nudo viario es de tres[2]; y una pareja de patas puede pertenecer al mismo itinerario, antes y después del nudo.

Según el número de patas que en ellos concurren, el tráfico que tienen que alojar y el entorno[3] en el que están enclavados, los nudos viarios presentan distintas funcionalidades y variadas configuraciones. Básicamente se clasifican en:

a) **Enlaces**, si alguno de los movimientos se realiza en un plano distinto al de los demás, cruzándose dos trayectorias a distinto nivel.

b) **Intersecciones**, si todos los movimientos se realizan aproximadamente en el mismo plano. A su vez, éstas se clasifican en:

1. **Intersecciones controladas por semáforos**, si éstos imponen una separación temporal, generalmente secuencial, entre la ocupación de una misma zona de calzada por más de un movimiento.
2. Si no hay separación temporal, hay dos funcionalidades principales:
   - **Intersecciones controladas por prioridad fija**, si unas trayectorias se cruzan con otras que tienen prioridad sobre ellas. La prioridad puede estar determinada por una regla (prioridad a la derecha), o bien por medio de señales.
   - **Glorietas**, si las patas que en ella confluyen se comunican a través de una (o varias) calzada(s) anular(es), en la(s) que se establece una circulación prioritaria en sentido antihorario alrededor de una(s) isleta(s) central(es).

1.7 Criterios de diseño

1.7.1. Principios

Como paso previo a cualquier análisis, es imprescindible separar la red viaria (y en especial sus nudos) en partes, distinguiendo los elementos que la configuran, para realizar un estudio independiente de cada uno y comprobar las compatibilidades entre ellos.

---

[1] Las patas que no tengan calzadas separadas pueden ser de sentido único o de doble sentido de circulación.

[2] Excepcionalmente, puede haber glorietas con sólo dos patas, en previsión de que en el futuro se construyan más patas, o que sólo se empleen para cambiar de sentido.

[3] Interurbano, periurbano o urbano.

El diseño de un nudo viario presenta muchas analogías con el empleado en los tramos de carretera: trazado en planta, trazado en alzado y sección transversal. En general, es preciso acoplar dichos elementos a:

- La clase de carretera. A estos efectos, conviene distinguir si es **prioritaria**[1] o no.
- Las restricciones del espacio disponible.
- Las características del tráfico.
- Las exigencias del entorno.

Para una clase de carretera y para el nivel de servicio que se desea que proporcione, y conocido su entorno (rústico, periurbano o urbano), la decisión más crítica es la selección de los criterios (cualitativos) y parámetros (cuantitativos) del diseño. Muchos parámetros del proyecto admiten un campo de variación: no resulta aconsejable tomar sistemáticamente los valores mínimos[2], aunque puede haber problemas si hay limitaciones de espacio o muchas patas.

La aplicación de los criterios y parámetros mínimos de diseño a cada uno de los elementos de un nudo viario no garantiza el mismo nivel de seguridad en todas las circunstancias y para todos los comportamientos de los conductores. Al considerar su integración en un conjunto, puede que no se obtenga una respuesta satisfactoria a todas las exigencias[3].

El proyectista debe buscar explícitamente el mejor nivel de seguridad posible dentro de las limitaciones funcionales, físicas, ambientales y económicas de cada proyecto particular, analizando la relación entre el coste y la eficacia con el fin último de maximizar el beneficio social neto. A menudo se requiere un compromiso razonable, teniendo en cuenta requisitos que están en competencia y aun en conflicto, para lograr un aceptable nivel de servicio y una seguridad suficiente para el tráfico rodado y, en su caso, para los usuarios vulnerables (los peatones y los ciclistas).

La ordenación de la circulación, y muy especialmente la señalización, deben ser tenidas en cuenta desde el principio del diseño del nudo, y no meramente añadidas al final: pues tanto el trazado del nudo como la distancia a los contiguos influyen mucho en ellas.

En cualquier caso, la aplicación de los criterios de esta Guía debe dar lugar a un diseño:

- Consistente e integral.
- Coordinado con su entorno viario y ambiental.

---

[1] Los vehículos que circulan por una vía prioritaria no tienen que ceder el paso a otros que pretendan cruzarla o incorporarse a ella.

[2] Un estándar más alto puede resultar inicialmente más caro, pero más rentable a largo plazo: sobre todo si es de esperar un aumento de la demanda del tráfico o de la proporción de vehículos pesados.

[3] Así, por ejemplo, en una salida del tronco de una autopista, un carril de deceleración de una longitud igual a la mínima, seguido de un ramal en lazo cuyo radio sea también mínimo, pueden causar problemas de inseguridad en la explotación, sobre todo a los grandes vehículos pesados.

- Ajustado a la demanda estimada (principio de eficacia).
- Legible para el usuario, y adaptado a sus expectativas (principio de eficiencia).

1.7.2. Movimientos

Los vehículos que acceden por una pata a un nudo viario pueden efectuar, salvo que estén estorbados o incluso prohibidos, varios movimientos distintos:

- Un movimiento de **paso**, con una trayectoria más o menos recta que puede cruzar a otras.
- Un **giro a la derecha** hacia otra vía.
- Un **giro a la izquierda** hacia otra vía.
- En algunos casos, un **cambio de sentido** para volver a la misma pata en sentido opuesto.

El diseño de un nudo consiste, en esencia, en combinar los elementos más adecuados para que estos movimientos se puedan llevar a cabo con seguridad y comodidad. Para ello, es normal que:

- Los movimientos de paso se alojen en prolongaciones de las patas de acceso hacia las de salida. Una notable excepción la constituyen las glorietas, en las que todos los movimientos[1] participan en la circulación por la calzada anular.
- Los giros se alojen en vías de giro (si son cortos) o en ramales (si son largos), los cuales a su vez pueden desembocar directamente en otras vías o proceder directamente de ellas, o hacerlo a través de otros nudos viarios[2].

En una intersección regulada por prioridad fija, se pueden realizar en **una sola fase** los giros a la izquierda desde la vía no prioritaria y, en su caso, los movimientos de cruce hacia su prolongación: lo cual requiere atender simultáneamente a ambos sentidos de circulación por la vía prioritaria. Pero si ésta dispone de una mediana[3] de anchura suficiente para permitir una espera segura del vehículo procedente de la vía no prioritaria, dichas maniobras se pueden hacer en **dos fases**: la primera hasta llegar a la mediana, y la segunda desde ésta hasta terminar el giro o el cruce.

En los enlaces, es frecuente que dos ramales **compartan** una única conexión (entrada o salida) con el tronco, a fin de reducir el número de éstas y las interferencias que provocan. La conexión se puede hacer directamente, o a través de una vía colectora - distribuidora.

---

[1] Salvo los realizados a través de carriles segregados.

[2] Generalmente a nivel: intersecciones o glorietas.

[3] O una isleta separadora en su parte central, que funcione como una falsa mediana en la zona de la intersección.

Los **cambios de sentido** son facilitados por las glorietas; pero en los demás tipos de intersección, y también en los enlaces[1], a menudo no son ni evidentes ni fáciles; y a veces ni siquiera resultan posibles. Se recomienda no prever cambios de sentido en los enlaces entre dos autopistas. La maniobra de cambio de sentido en la propia pata, fuera del nudo, suele ser peligrosa si es de calzada única, e imposible si tiene calzadas separadas. Por lo tanto, se debe prestar atención a las posibilidades de cambiar de sentido en los nudos de un itinerario; y si entre dos sucesivos que permitan dicha maniobra hubiera[2] más de 8 km, se recomienda acondicionar un nudo intermedio para que la permita, o incluso aprovechar para ello la presencia de un camino transversal, disponiendo en éste un nudo con ese fin principal.

1.7.3. Nivel de servicio

El estudio del tráfico de un nudo viario tiene como objeto fundamental la definición de su capacidad y de su nivel de servicio, es decir: de su límite de eficacia y de su nivel de eficiencia operativa desde la perspectiva del usuario, en distintos escenarios (presentes o futuros).

Todavía no se dispone de técnicas para analizar el tráfico de un nudo como una entidad completa; por lo que es necesario estudiar los diversos elementos simples que lo constituyen: tronco, vías de giro, ramales, divergencias, convergencias, cruces, trenzados, glorietas, etc. El estudio de cada elemento, tanto aislado como coordinado, se debe llevar hasta donde las herramientas de análisis lo permitan.

En este análisis de todos los elementos de un nudo viario, interesa detectar los que previsiblemente se agotarán primero con el aumento de la demanda previsible antes del **año horizonte** que, a la vista de la dificultad y del coste de acondicionar los nudos, no se debe tomar inferior a 30 años.

Actualmente las variables utilizadas para definir los niveles de servicio de los elementos de un nudo viario son los siguientes:

- Tramos básicos de vías de alta capacidad: la **densidad**.
- Divergencias y convergencias: la **densidad**.
- Elementos ligados a la circulación discontinua (cruces, glorieta, etc.): la **demora**.
- Trenzados: la **velocidad**.

En los elementos de un nudo viario se pueden distinguir dos **niveles de servicio** en el año horizonte:

---

[1] Se exceptúan los enlaces *en diamante* y los enlaces *en trébol completo*, donde resulta relativamente fácil cambiar de sentido.

[2] O un tiempo de recorrido de más de 5 minutos a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$.

- Un nivel **normal** o aceptable, que corresponde al denominado **C**, y en el que se pueden garantizar a los conductores unas condiciones de circulación relativamente cómodas, como las siguientes:
  - Las detenciones son de muy corta duración (algunos segundos).
  - La velocidad media de avance es del orden de 50 km/h.
  - La probabilidad de un colapso generalizado de la circulación es inferior al 10 %.
- Un nivel **extraordinario**[1] en las horas punta, que corresponde al denominado **D**, en el que la circulación por algunos elementos del nudo se puede volver inestable[2], y la probabilidad de un colapso generalizado es superior al 50 %. Sin embargo, los conductores pueden encontrar aceptables estas condiciones siempre que resulte muy claro:
  - Que son inevitables.
  - Que son localizadas y temporales.
  - Que más adelante las condiciones de circulación mejoran.
- Un nivel **extraordinario de vialidad invernal** consecuencia de condiciones climatológicas adversas, en el que la circulación en todo o en parte de los elementos del nudo se puede volver inestable y con elevada posibilidad de colapso. Sin embargo los conductores pueden comprender estas condiciones dado que resulta muy claro:
  - Que son inevitables.
  - Que son temporales.
  - Que pasado un cierto tiempo las condiciones de circulación mejorarán.

Los criterios para determinar el nivel de servicio se incluyen en el apartado **6.2.4**[3].

1.7.4. Seguridad

Se tiende a considerar erróneamente que la aplicación correcta de una normativa es una condición suficiente para garantizar que la explotación de una infraestructura (en este caso, un nudo viario) va a ser satisfactoria desde el punto de vista de la seguridad de la circulación, es decir: que la normativa ya lleva incorporado automáticamente el logro de la seguridad. Toda normativa moderna debería considerar sus efectos en la seguridad; pero en muchos casos este

---

[1] Aunque las intensidades de servicio que le corresponden a veces sólo sean ligeramente superiores a las del nivel normal.

[2] Aunque permanezca estable la circulación por los tramos viarios, lejos del nudo.

[3] Dichos criterios podrán no ser de aplicación en circunstancias climatológicas adversas de vialidad invernal.

conocimiento no está suficientemente cuantificado para poder basar en unos criterios objetivos una evaluación de la seguridad. Otro factor perturbador es la interacción entre los diversos elementos del diseño: aun cuando cada uno de ellos por separado pueda parecer correcto, puede que el conjunto no resulte satisfactorio; y a menudo esto no se percibe hasta que el nudo está en servicio[1].

Por lo tanto, la seguridad de la circulación ha de constituir una preocupación específica del proyectista, más allá de la simple aplicación de una normativa forzosamente limitada: se debe anticipar a cómo sus diseños van a ser interpretados por la generalidad de los conductores, y cuáles pueden ser las consecuencias de esa interpretación. Que el nivel de seguridad que se proporcione al usuario de la red viaria sea suficiente depende, en gran medida, de que haya una conciencia y una voluntad clara de lograrlo desde la fase de planificación, pasando por la de proyección y construcción, hasta la de conservación y explotación.

Aunque los errores de los conductores expliquen la gran mayoría de los accidentes de la circulación, no se debe creer que los proyectistas tienen poco que hacer en el campo de la seguridad. Un buen proyecto, que incorpore unos conceptos de seguridad, no sólo puede ayudar a los usuarios a evitar esos errores, sino que puede mitigar sus consecuencias en el caso de que se produzcan: por ejemplo disponiendo unas márgenes indulgentes, sin obstáculos ni desniveles. Actualmente parece que la Sociedad está cada vez más sensibilizada y demanda la mejora de los estándares de seguridad en este sentido.

Es preciso dar un vistazo final, de conjunto, a cualquier diseño propuesto, para comprobar que se han respetado los principios importantes para la seguridad: especialmente la sencillez, la compacidad y la falta de ambigüedades. Esta comprobación no sólo se debería hacer en los planos, sino sobre todo desde el punto de vista de los usuarios, simulado mediante unas perspectivas.

En el Capítulo **8** se trata con más detalle este tema de la seguridad en los nudos viarios.

1.8 *Evolución de los nudos viarios*

Los tipos de nudo viario descritos en esta Guía pueden sufrir cambios a lo largo de su vida útil, generalmente por evolución de su entorno[2] y de la demanda que genera[3], especialmente en el caso de carreteras de calzada única que se puedan transformar en otras con calzadas separadas. En estos casos, el nudo se debe acondicionar[4], con un diseño modificado y una nueva

---

[1] Véase, por ejemplo, Hauer, E, 1999. “Safety in Geometric Design Standard”.

[2] Como ocurre si se reordenan los accesos a una carretera.

[3] Por ejemplo, en el apartado **5.6.2.3** se menciona la posibilidad de que un enlace de tres patas pase a tener cuatro.

[4] Cf. Capítulo **7**.

señalización. Se recomienda que la morfología inicial tenga en cuenta o, al menos, no impida ese acondicionamiento, y ello sin incurrir en diseños de difícil comprensión inicial.

Muchos proyectos sólo tienen el objetivo inmediato de corregir las deficiencias observadas en la explotación, o de prolongar la vida útil de una infraestructura viaria. Aun cuando estos objetivos son legítimos y respetables, no conviene perder de vista cómo el desarrollo de la red que afecta al nudo, la evolución de la circulación y los cambios en el comportamiento de los usuarios pueden afectar a la fluidez y a la seguridad. Si se comprende el presente y se diseña para el futuro, anticipándose a los cambios en la funcionalidad de la vía, se puede evitar llevar a cabo unas mejoras que pronto se quedarían obsoletas o inadecuadas.

2 Datos de partida

2.1 Factores que influyen

La eficiencia de una red viaria depende, en gran medida, de la calidad del diseño y de la explotación de sus nudos. Para lograr un adecuado nivel de servicio, es preciso considerar una multitud de factores:

- Factores **funcionales**, **físicos**, **humanos**, **relacionados con el tráfico**, **económicos** y **sociales**, en cualquier caso.
- Si el nudo va a tener una especial incidencia en su entorno, también los factores **ambientales** que incluirían los climatológicos.
- En algunos casos, el nudo puede estar especialmente ligado a la consideración de factores relacionados con la **ordenación del territorio**: planificación urbanística, usos del suelo, accesibilidad, etc.

Un correcto estudio y valoración de los factores anteriores también mejorarán la **seguridad** de la circulación, al reducir al mínimo los puntos de conflicto y favorecer un movimiento ordenado del tráfico a través del nudo.

Los factores funcionales y económicos se relacionan a continuación agrupados en cuatro categorías.

a) Factores funcionales y físicos:

- Número de patas que concurren en el nudo. Su clase y función en la red viaria. Prioridades.
- Continuidad de itinerarios.
- Espacio disponible.
- Relieve del terreno.
- Carriles básicos de las patas y su evolución previsible.
- Implantación de las patas.
- Curvatura de las patas. Su velocidad específica.
- Inclinación de la rasante de las patas.
- Visibilidad disponible en las patas de acceso y en el propio nudo.
- Desagüe de las márgenes.
- Uso y accesibilidad del suelo colindante.

- Presencia de servicios.
- Requerimientos paisajísticos.
- Presencia de otros nudos contiguos.
- Presencia de otras vías de comunicación.
- Política relacionada con la reordenación de los accesos.
- Evolución futura del nudo.

b) Factores humanos:

- Carácter habitual u ocasional de los conductores.
- Hábitos de conducción.
- Consideraciones sistemáticas. Consistencia del diseño.
- Expectativas de los conductores. Sorpresas.
- Tiempos para la percepción y para la reacción.
- Trayectorias naturales.
- Apariencia del nudo desde el punto de vista de los conductores y de los peatones.
- Necesidades de alumbrado exterior.

c) Factores relacionados con el tráfico:

- Dimensiones y prestaciones de los vehículos (especialmente de los pesados).
- Movimientos de peatones y ciclistas.
- Composición del tráfico. Presencia de vehículos especiales o de transporte colectivo.
- Intensidades, densidades, velocidades y tiempos de recorrido de la circulación.
- Localización y duración de las horas punta.
- Capacidad prevista bajo las condiciones predominantes.
- Dispositivos de ordenación y regulación de la circulación. Criterios de señalización y de establecimiento de semáforos.
- Políticas relacionadas con el estacionamiento.
- Evolución previsible de la demanda en el nudo.
- Siniestralidad (en los nudos existentes).

d) Factores económicos y sociales:

- Ahorros en la explotación de los vehículos: consumos, tiempos de recorrido.
- Ahorros en siniestralidad.
- Mejora de la accesibilidad.
- Coste del terreno (expropiaciones, mutaciones, etc.).
- Costes de construcción.
- Coste de la remodelación de los servicios.
- Costes de conservación.
- Costes y beneficios de otras soluciones alternativas.
- Desarrollo por fases[1].

2.2 Clase y función de las carreteras

La clase de las carreteras que concurren en un nudo, y su función dentro de la red viaria, determinan, entre otros, los siguientes aspectos:

- Los itinerarios, de cualquier titularidad, cuya continuidad deba ser preservada.
- Las vías que se deben considerar prioritarias en el nudo viario.
- El tipo de nudo que no se puede emplear.[2]
- El tipo de nudo que conviene emplear.
- Los métodos de ordenación de la circulación[3].
- La zona de influencia[4] de cada nudo.
- La separación mínima entre los nudos.

---

[1] Que incluiría posibles aperturas anticipadas de algunas partes.

[2] Por ejemplo, en el tronco de una autopista sólo se pueden emplear enlaces, y no intersecciones ni glorietas.

[3] Por ejemplo, en las calles de una zona urbana es habitual emplear semáforos, pero no en una carretera interurbana.

[4] Cf. apartado **3.4.2**.

2.3 Vehículos

2.3.1. Dimensiones del vehículo patrón

A los efectos de sus dimensiones, entre los definidos en el Reglamento General de Vehículos[1] se considerarán los vehículos de motor no acondicionados que figuran en la Tabla **2.3-A** (Figs. **2.3-B** a **2.3-H**)[2].

En los nudos viarios se analizarán las condiciones de la explotación, distinguiendo entre:

- Circunstancias **ordinarias**, que permitan la circulación de vehículos sin que éstos tengan que salirse de los carriles normales.
- Circunstancias **extraordinarias**, ocupando total o parcialmente los arcenes, las isletas montables, o los carriles dedicados a otras corrientes de tráfico[3]. El recurso a estas medidas debe estar controlado por los responsables de la circulación.

Salvo que se realice un estudio específico para ello, se recomienda que los vehículos que determinen el diseño geométrico mínimo[4] de los nudos viarios sean los reseñados en las Tablas **2.3-B** y **2.3-C**. En las zonas urbanas y periurbanas hay que valorar además la incidencia de los autobuses, rígidos o articulados.

---

[1] Aprobado por Real Decreto **2822/1998**, de 23 de diciembre. Modificado por las Órdenes ministeriales **PRE/3298/2004**, de 13 de octubre, y **PRE/52/2010**, de 21 de enero.

[2] Las dimensiones del camión ligero representan también a las de las autocaravanas.

[3] Eventualmente cortando para ello la circulación por las trayectorias que entren en conflicto. Estas situaciones son típicas del paso de transportes especiales.

[4] La selección de un vehículo asegura también la circulación de los menores que él.

TABLA **2.3-A**

DIMENSIONES (m) DE LOS VEHÍCULOS

CARACTERÍSTICA		TURISMO	FURGÓN	AUTOBÚS RÍGIDO[1]	AUTOBÚS ARTICULADO	CAMIÓN LIGERO[2]	VEHÍCULO ARTICULADO		TREN DE CARRETERA	
							TRACTORA	SEMIRRE-MOLQUE[3]	CAMIÓN	REMOLQUE[4]
Anchura		1,80	2,05	2,55		2,45 / 2,55[5]	2,44	2,55	2,45	2,55
Longitud	Unidad	4,80	6,35	15,00	18,75	10,55	6,30	13,60	10,50	7,25
	Total						16,50		18,75	
Altura			2,76	4,20	4,20	4,00 / 4,50	2,79	4,50	2,79 / 4,50	4,50
Voladizo delantero		1,00	0,95	2,65	2,75	1,40	1,40		1,40	1,30
Batalla	#1	2,80	4,00	7,45	6,15	6,25	3,90		5,00	
	#2			1,40	7,20		5,65			6,70
	#3							1,30		
	#4							1,30		
Voladizo trasero		1,00	1,40	3,50	2,65	2,90		2,95		2,95
Posición del pivote[6]					2,00 / 5,20		3,20/0,70		1,40 / 5,30	

[1] El de tres ejes, que resulta el más restrictivo.

[2] Se especifica la dimensión de la cabina y de la caja.

[3] El semirremolque dispone de tres ejes, y puede circular con el más adelantado anulado.

[4] Los ejes de los remolques adoptan diversas configuraciones. El seleccionado corresponde a dos ejes centrados en la caja; pero los ejes se pueden situar también en los extremos de la caja. También se puede disponer de tres ejes, y de un pivote de giro.

[5] La primera cifra representa la dimensión de la cabina, la segunda la de la caja.

[6] La primera cifra corresponde a la distancia del pivote al eje que está delante de él, y la segunda al eje que está detrás. Por lo tanto, la suma de las dos cifras es la distancia o batalla entre esos dos ejes, en la que está posicionado el pivote.

TABLA **2.3-B**

MÍNIMO VEHÍCULO PATRÓN PARA NUDOS QUE NO SEAN GLORIETAS

<table>
<tr><th colspan="2">CIRCUNSTANCIAS DE LA EXPLOTACIÓN</th><th>ORDINARIAS</th><th>EXTRAORDINARIAS</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Autopistas</td><td>Enlaces entre autopistas</td><td colspan="2" rowspan="2">Tren de carretera</td></tr>
<tr><td>Enlaces en autopistas que permiten cambiar de sentido en ellas, o que conectan con carreteras convencionales con acceso a núcleos industriales o comerciales</td></tr>
<tr><td>Intersecciones que forman parte de un enlace en una autopista, en otras circunstancias</td><td>Vehículo articulado</td><td>Tren de carretera</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Carreteras convencionales</td><td>Enlaces</td><td colspan="2">Tren de carretera</td></tr>
<tr><td>Intersecciones en carreteras[1] C-100 ó C-80</td><td>Vehículo articulado</td><td>Tren de carretera</td></tr>
<tr><td>Resto de las intersecciones</td><td>Camión ligero[2]</td><td>Vehículo articulado</td></tr>
<tr><td>Accesos</td><td colspan="2">Según la función que vayan a desempeñar las vías que se conectan</td></tr>
</table>

[1] Definidas en la Norma **3.1-IC** “Trazado”.

[2] Si las características del entorno lo aconsejan, también autobuses.

TABLA **2.3-C**

MÍNIMO VEHÍCULO PATRÓN PARA DETERMINAR LA ANCHURA
DE LA CALZADA ANULAR EN GLORIETAS

<table>
<tr><th colspan="3">CIRCUNSTANCIAS DE LA EXPLOTACIÓN</th><th>ORDINARIAS</th><th>EXTRAORDINARIAS[1]</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Calzada anular de un carril
(Situación I)</td><td colspan="2">Proporción no significativa de vehículos pesados</td><td>Furgón</td><td rowspan="3">Vehículo articulado</td></tr>
<tr><td colspan="2">Proporción significativa de vehículos pesados, pero no de autobuses</td><td>Camión ligero</td></tr>
<tr><td colspan="2">Proporción significativa de autobuses</td><td>Autobús rígido</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Calzada anular de dos carriles</td><td colspan="2">Intensidad de vehículos pesados[2] ≤ 200 veh. p./h
(Situación II)</td><td>2 turismos simultáneamente[3]</td><td>El más desfavorable de:
• Vehículo articulado
• Turismo + furgón simultáneamente</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Intensidad de vehículos pesados[2] > 200 veh. p./h</td><td>Presencia no significativa de autobuses.
(Situación III)</td><td>Camión ligero + turismo simultáneamente[3]</td><td rowspan="2">Tren de carretera</td></tr>
<tr><td>Presencia significativa de autobuses.
(Situación IV)</td><td>Autobús rígido + turismo simultéaneamente[3]</td></tr>
</table>

2.3.2. Maniobrabilidad

2.3.2.1. A velocidad de maniobra

En los elementos de los nudos que se recorren a velocidad de maniobra[4], como algunas vías de giro de las intersecciones y algunas glorietas, las alineaciones[5] del trazado en planta se

[1] Empleando un gorjal. Cf. apartado **4.6.4.2.4**.

[2] En el año horizonte y en alguno de los accesos.

[3] Dejando entre ellos un resguardo mínimo de 60 cm.

[4] En general, del orden de 15 km/h e inferiores a 30 km/h.

[5] Rectas, circunferencias y clotoides.

referirán a la trayectoria del centro del eje director del vehículo patrón elegido (Fig. **2.3-A**), y no a los bordes de la calzada ni al punto medio entre ellos.

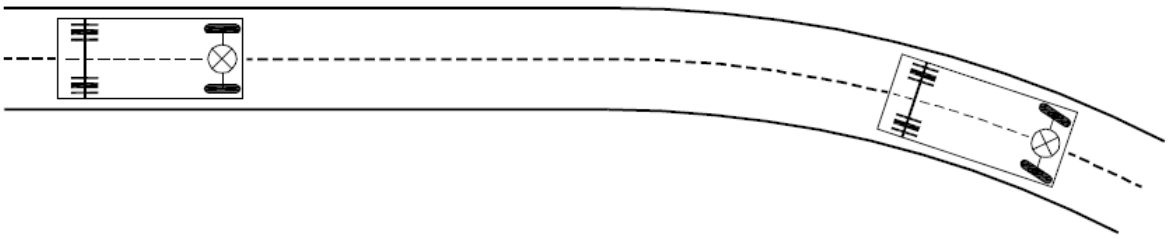


Fig. **2.3-A**

El mínimo radio de giro a velocidad de maniobra de los vehículos de la Tabla **2.3-A** será el reseñado en la Tabla **2.3-D** (Figs.[1] **2.3-B** a **2.3-H**).

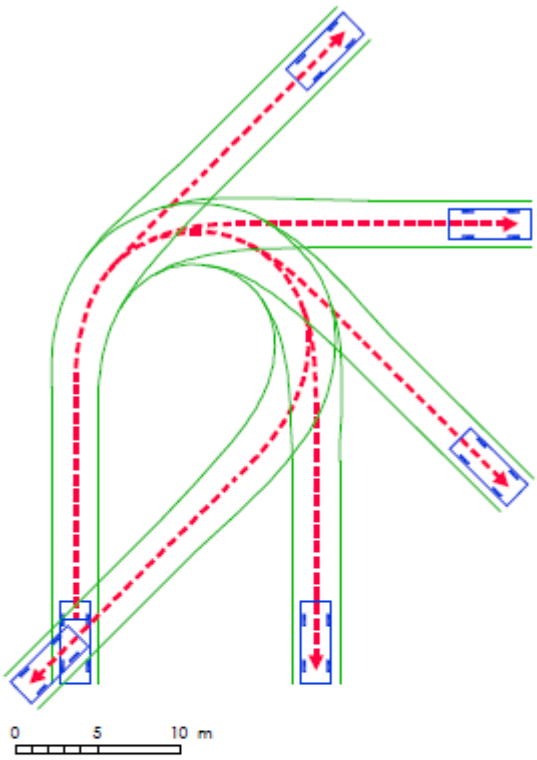
TABLA **2.3-D**

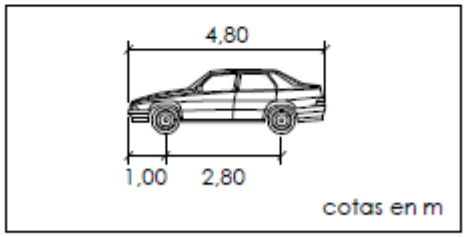
RADIO MÍNIMO DE GIRO (m) DE LOS VEHÍCULOS

VEHÍCULO	**RADIO MÍNIMO** (m) **DE LA TRAYECTORIA**[2] **A VELOCIDAD DE MANIOBRA**
Turismo	6,80
Furgón	7,50
Autobús rígido	10,50
Autobús articulado	11,35
Camión ligero	9,10
Vehículo articulado	10,30
Tren de carretera	10,35

[1] La longitud mínima **L** de las clotoides se ha tomado de manera que se cumplen las prescripciones del apartado **4.6.1.3.4**.

[2] Referida al centro del eje director del vehículo.





TURISMO

Anchura	: 1,80 m
Radio de giro	: 6,80 m

Fig. **2.3-B**

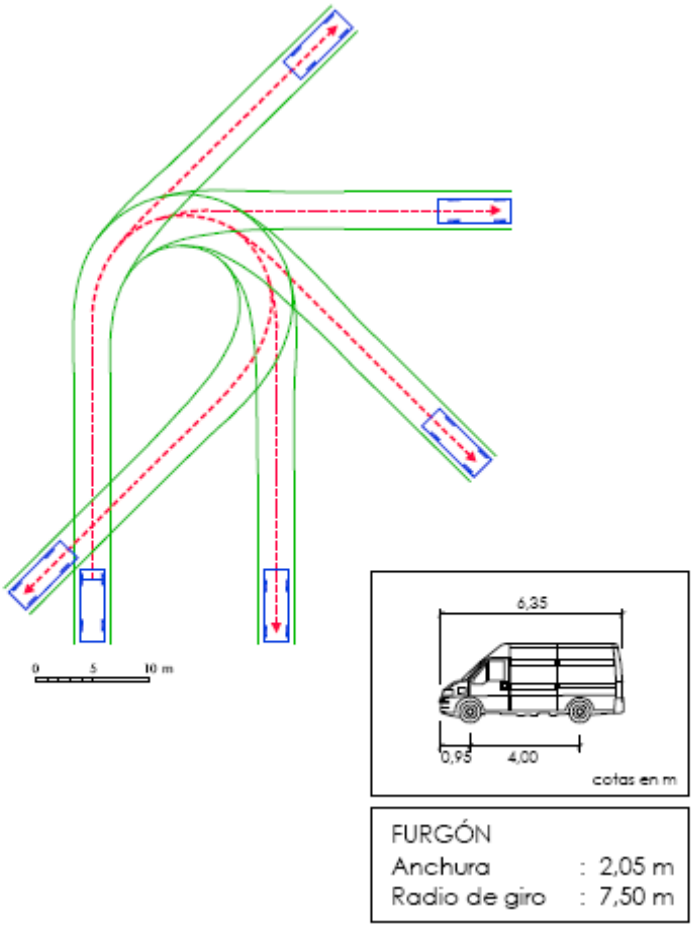

0
5
10 m
6,35
0,95
4,00
cotas en m
FURGÓN
Anchura : 2,05 m
Radio de giro : 7,50 m

Fig. **2.3-C**

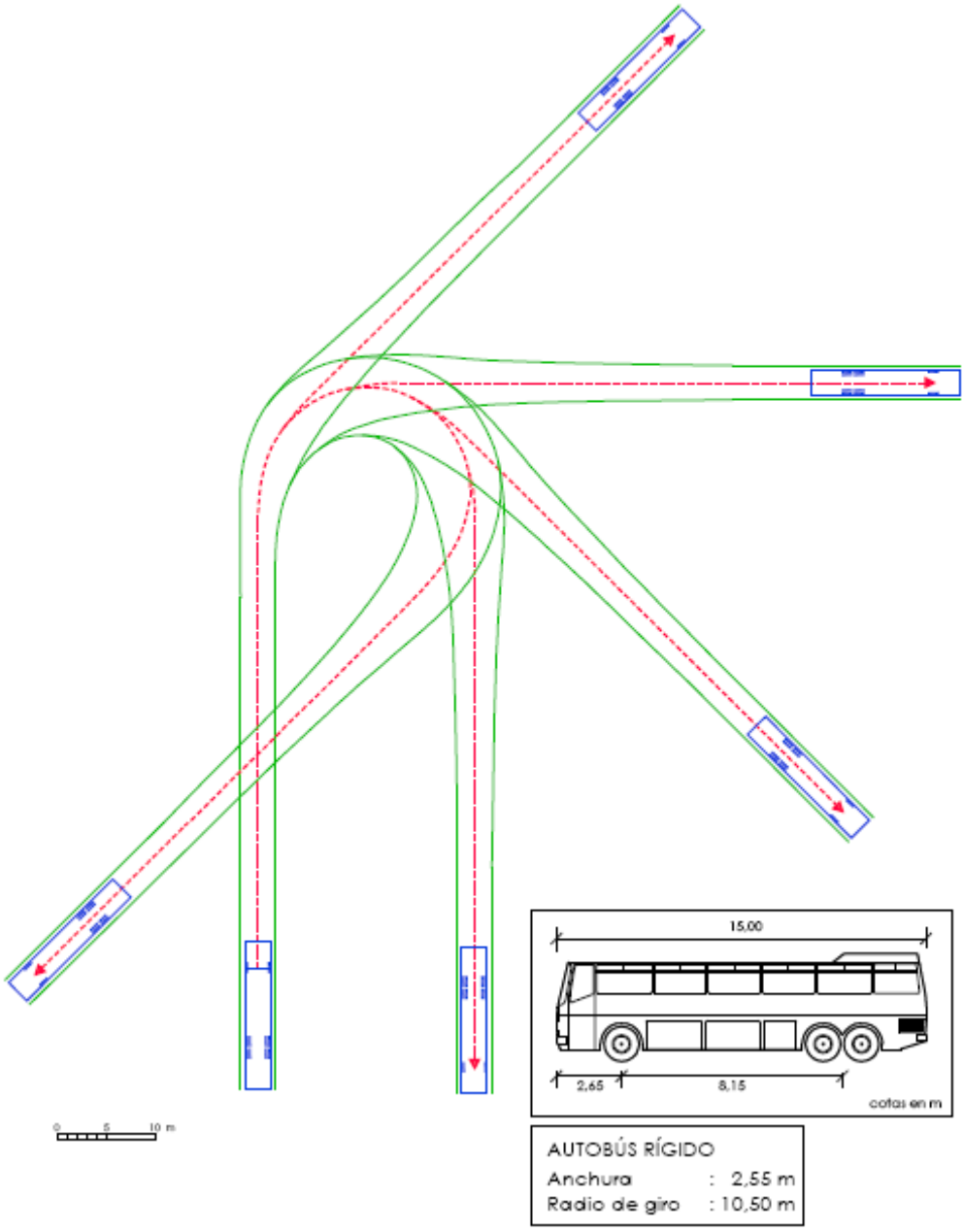

15,00
2,65
8,15
cotas en m
AUTOBÚS RÍGIDO
Anchura : 2,55 m
Radio de giro : 10,50 m

Fig. **2.3-D**

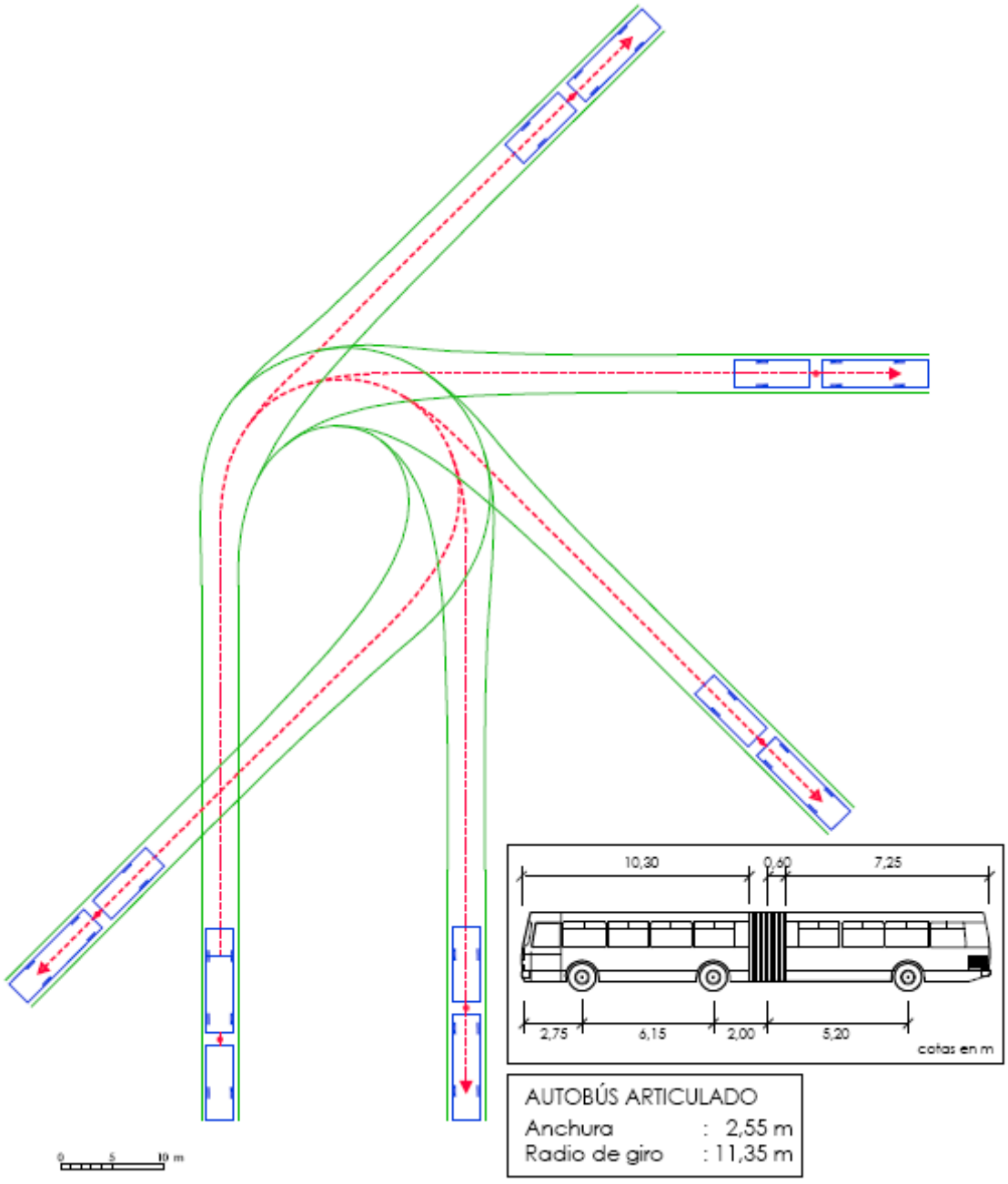

10,30
0,60
7,25
2,75
6,15
2,00
5,20
cotas en m
AUTOBÚS ARTICULADO
Anchura : 2,55 m
Radio de giro : 11,35 m
0
5
10 m

Fig. **2.3-E**

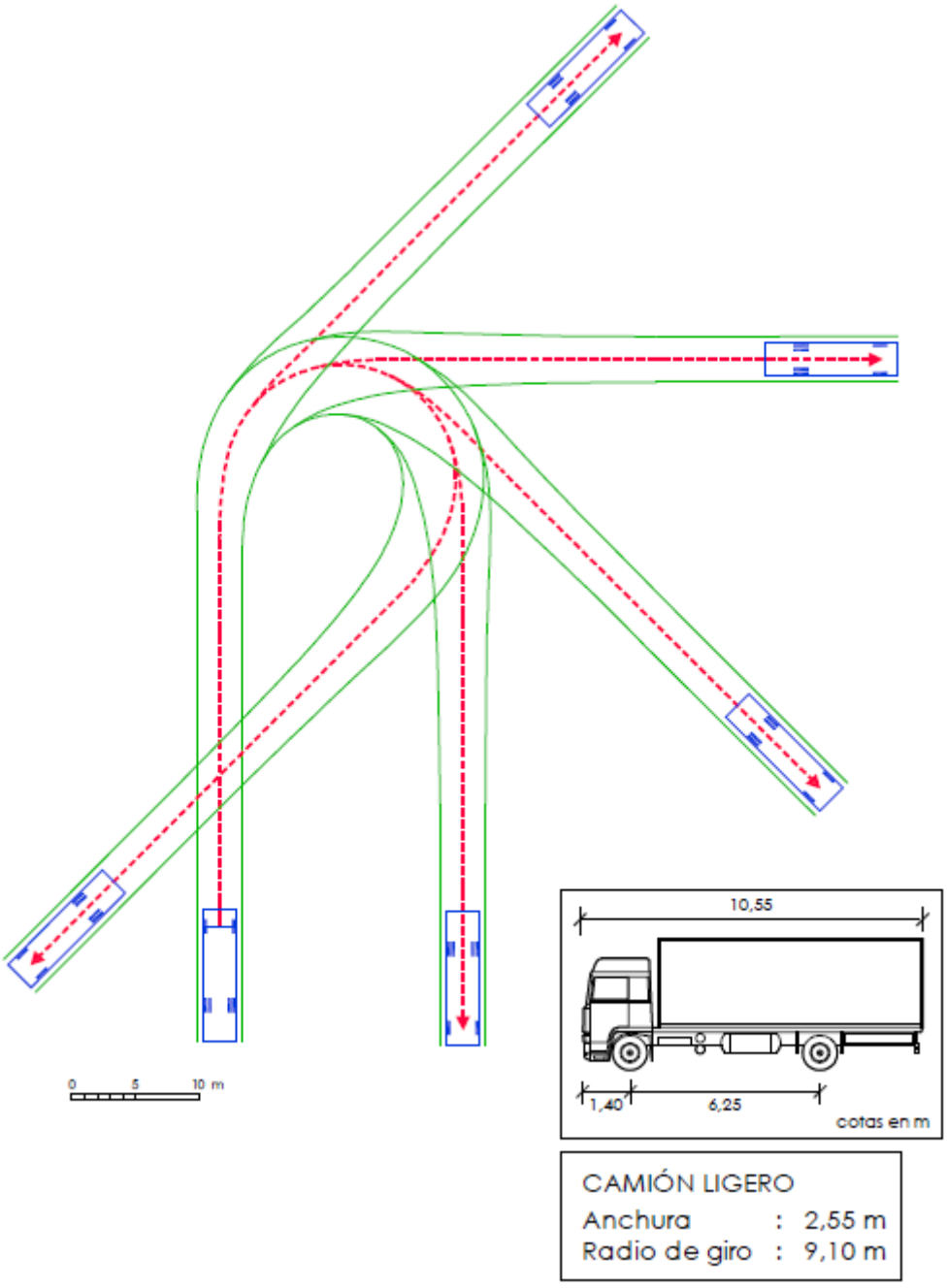

0 5 10 m
10,55
1,40
6,25
cotas en m
CAMIÓN LIGERO
Anchura : 2,55 m
Radio de giro : 9,10 m

Fig. **2.3-F**

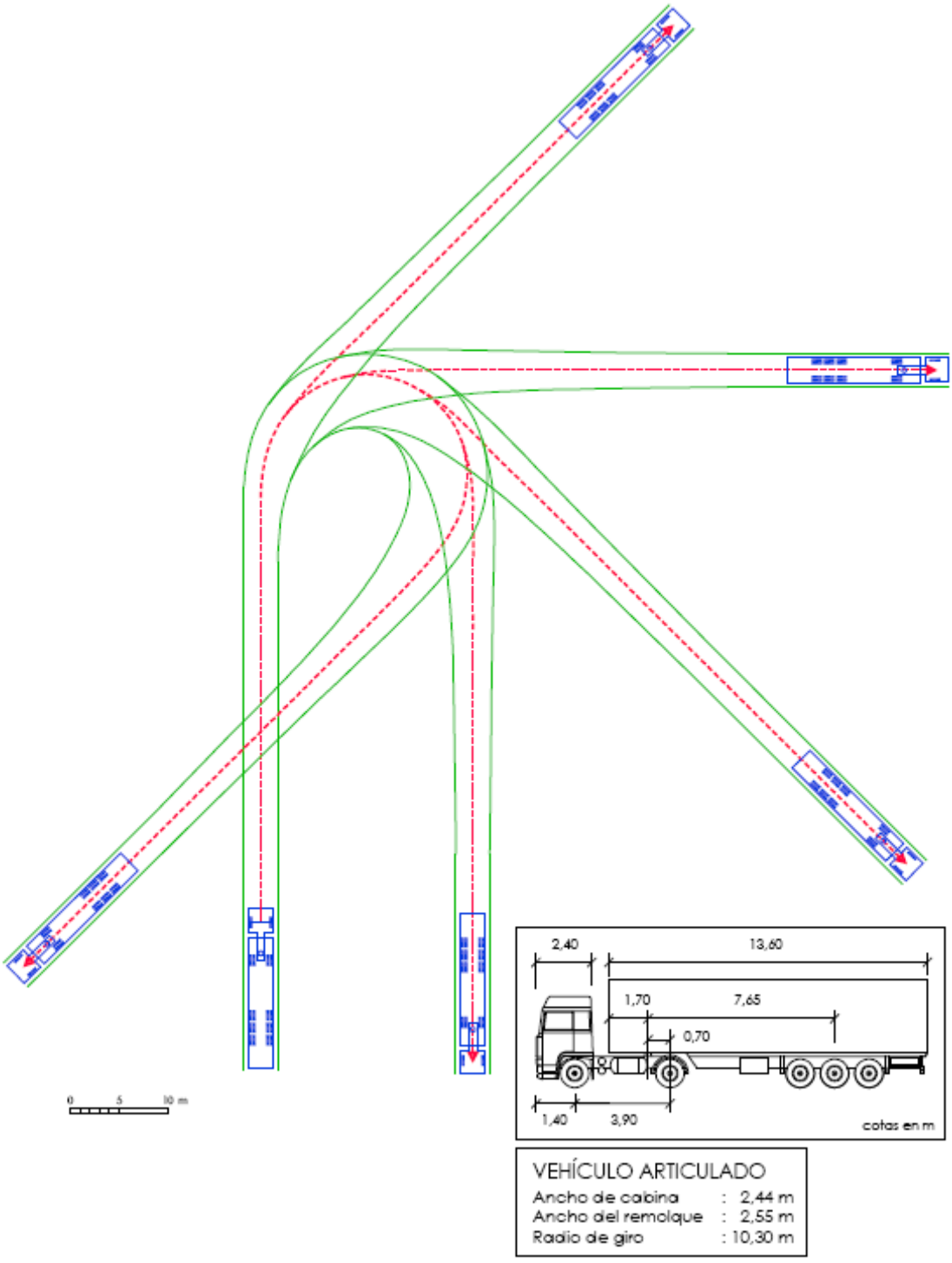

0 5 10 m
2,40
13,60
1,70
7,65
0,70
1,40
3,90
cotas en m
VEHÍCULO ARTICULADO
Ancho de cabina : 2,44 m
Ancho del remolque : 2,55 m
Radio de giro : 10,30 m

Fig. **2.3-G**

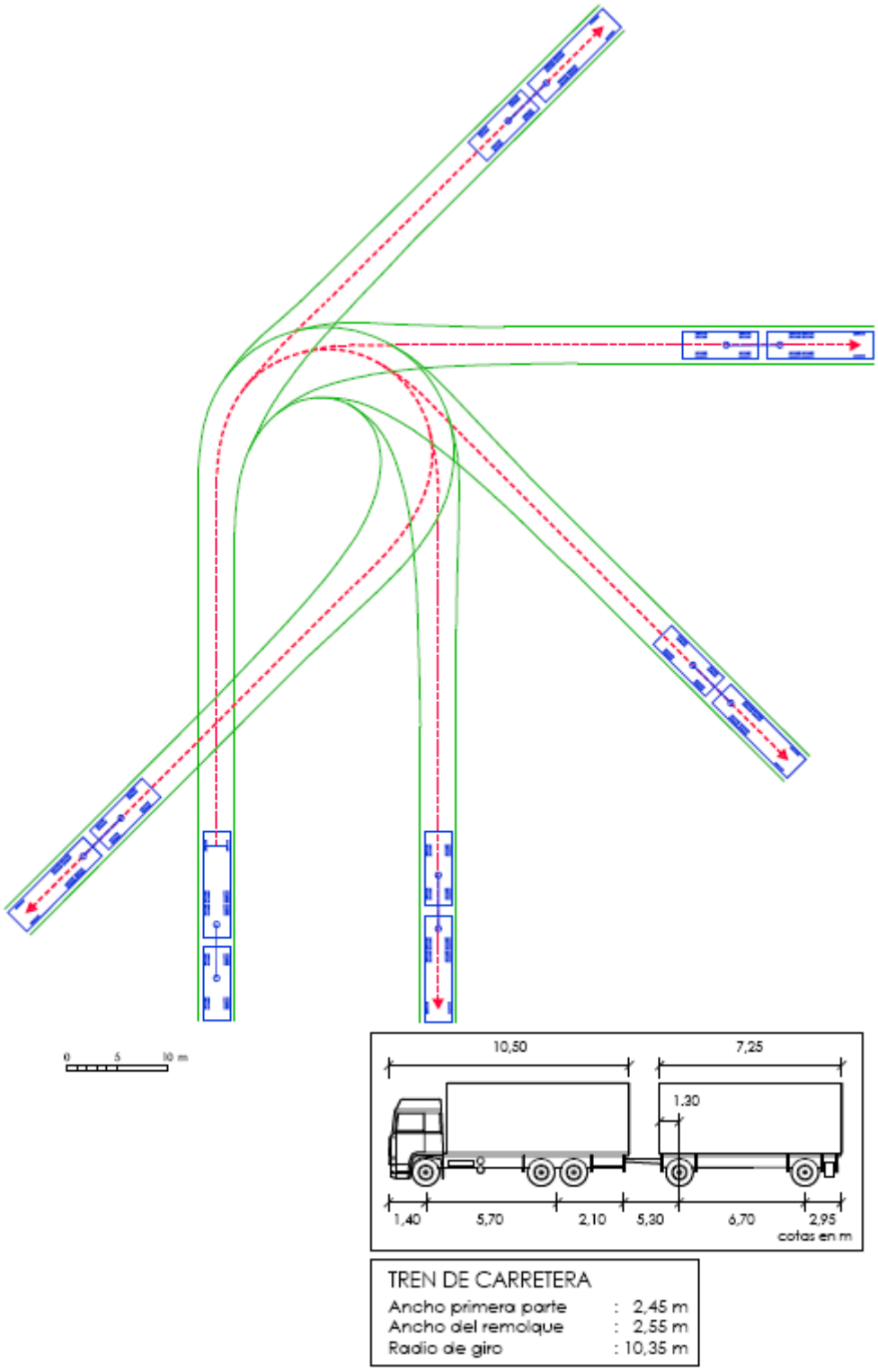

0 5 10 m
10,50
7,25
1,30
1,40
5,70
2,10
5,30
6,70
2,95
cotas en m
TREN DE CARRETERA
Ancho primera parte : 2,45 m
Ancho del remolque : 2,55 m
Radio de giro : 10,35 m

Fig. **2.3-H**

2.3.2.2. A velocidad moderada

En los elementos de los nudos que se recorren a velocidades superiores a la de maniobra[1], como las vías de giro canalizadas de las intersecciones, algunas glorietas, y los ramales de los enlaces, se recomienda que las alineaciones[2] del trazado en planta se refieran a la trayectoria del centro del eje director del vehículo patrón elegido (Fig. **2.3-A**), y no a los bordes de la calzada ni al punto medio entre ellos. Si se adoptara otra referencia, será preciso comprobar que el vehículo patrón elegido es capaz de recorrer la vía de giro, el ramal o la glorieta manteniendo un resguardo suficiente respecto de los bordes de la calzada, y de manera que los parámetros que definen su trayectoria cumplan las recomendaciones que figuran en los apartados **4.6.1.3.3** ó **4.6.1.3.4**.

A esas velocidades el radio de giro es superior al mínimo dado por la Tabla **2.3-D**, e interviene la aceleración centrífuga no compensada por el peralte.

a) Para las condiciones de comodidad en la circulación asociadas al fractil 85 de la distribución de las velocidades, se recomienda que el rozamiento transversal movilizado no exceda del dado por la expresión siguiente (Fig. **2.3-I**):

$$f_{t_{adm}} = \frac{1}{1{,}29 + \frac{V_{85}}{11{,}4}}$$

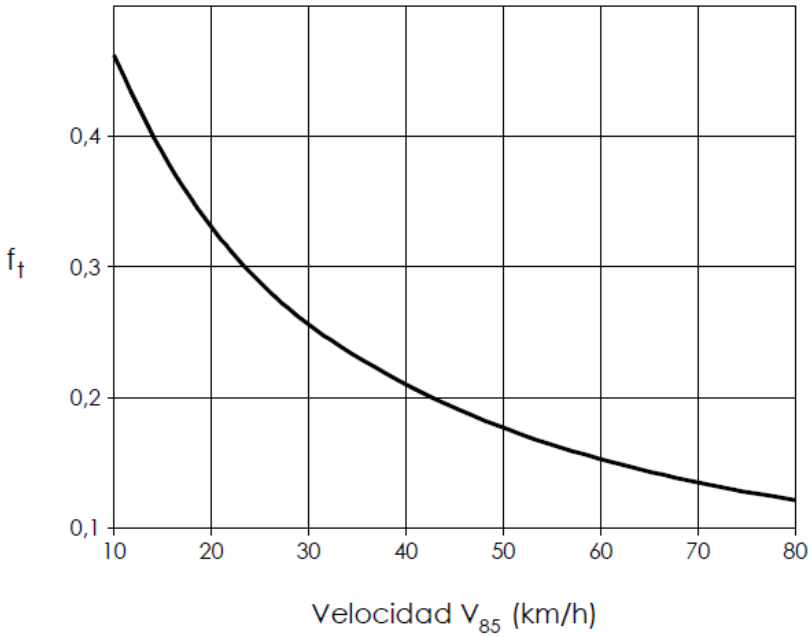


Fig. **2.3-I**

[1] En general, entre 30 y 70 km/h.

[2] Rectas, circunferencias y clotoides.

b) Para las condiciones de seguridad estricta asociadas al fractil 99 de la distribución de las velocidades, se puede admitir lo siguiente:

- Para prevenir el deslizamiento con el pavimento húmedo, se recomienda que el rozamiento transversal movilizado no exceda del dado por la expresión siguiente (Fig. **2.3-J**):

$$f_t = 10^{-\left(0{,}07+\frac{V_{99}}{200}\right)}$$

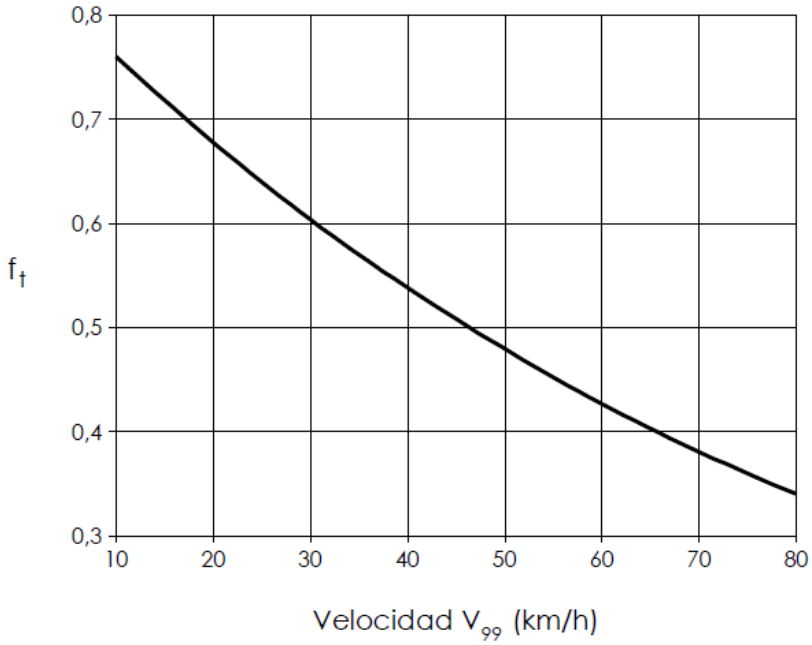


Fig. **2.3-J**

- Donde sea apreciable la proporción de vehículos articulados, para prevenir su *quiebro* se recomienda evitar la movilización de rozamientos transversales superiores a 0,25; sobre todo si coinciden con una zona donde se esté decelerando.

2.3.2.3. A velocidades normales

En los elementos de los nudos y de las patas que en ellos concurren que se recorren a velocidades superiores a 70 km/h, como ocurre en la mayoría de los movimientos de paso y en algunos tipos de ramal, las alineaciones[1] del trazado en planta se podrán referir al centro de la calzada, como es habitual en los tramos viarios. En cualquier caso, será preciso comprobar que el vehículo patrón elegido es capaz de recorrerlos manteniendo un resguardo suficiente respecto

[1] Rectas, circunferencias y clotoides.

de los bordes de la calzada, y de manera que los parámetros que definen su trayectoria en planta cumplan las prescripciones que figuran en la Norma **3.1-IC** "Trazado".

2.3.3. Prestaciones

2.3.3.1. Deceleración

En la Norma **3.1-IC** "Trazado"[1], para dimensionar los carriles de deceleración se ha considerado que el vehículo es capaz de movilizar un rozamiento longitudinal medio igual a 0,20.

Las relaciones entre la distancia recorrida **s** (m) y la velocidad **V** (km/h) alcanzada a partir de una velocidad inicial $\mathbf{V_0}$ (km/h), para diversas inclinaciones **i** (m/m) de la rasante, están dadas por

$$s = \frac{V_0^2 - V^2}{254 \cdot i + 50}$$

Las longitudes de los carriles de deceleración debidas a este criterio están recogidas en el apartado **4.10.1**, donde se reproduce la Tabla **7.6** de la Norma.

2.3.3.2. Aceleración

Para dimensionar los carriles de aceleración, en la Norma **3.1-IC** "Trazado" se han considerado para la maniobra de convergencia las prestaciones máximas de un turismo de 100 CV de potencia, con una velocidad máxima en llano de 180 km/h. Las relaciones entre la distancia recorrida y la velocidad alcanzada, en ese régimen de prestaciones máximas, están dadas por la Fig. **2.3-K** para diversas inclinaciones de la rasante.

Estas relaciones provienen de la expresión

$$\mathbf{s(i)} = -\frac{1\,120 \cdot (1 - 2 \cdot \mathbf{i})}{[1 + 2{,}65 \cdot \mathbf{i}]^3} \cdot \ln\left[1 - \frac{1 + 2{,}65 \cdot \mathbf{i}}{1 - 2 \cdot \mathbf{i}} \cdot \frac{\mathbf{V}}{175}\right] - \frac{6{,}4 \cdot \mathbf{V}}{1 + 2{,}65 \cdot \mathbf{i}} \cdot \left[\frac{1}{1 + 2{,}65 \cdot \mathbf{i}} + \frac{\mathbf{V}}{96}\right]$$

siendo **s(i)** (m) la distancia recorrida a partir del reposo, en una rasante de inclinación constante **i** (m/m), hasta alcanzar una velocidad **V** (km/h). La distancia recorrida al acelerar entre dos velocidades diferentes se obtiene como la diferencia de las **s(i)** correspondientes a cada una de ellas.

Las longitudes de los carriles de aceleración debidas a este criterio están recogidas en el apartado **4.10.1**, donde se reproduce la Tabla **7.5** de la Norma.

---

[1] Apartado **7.4.4** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

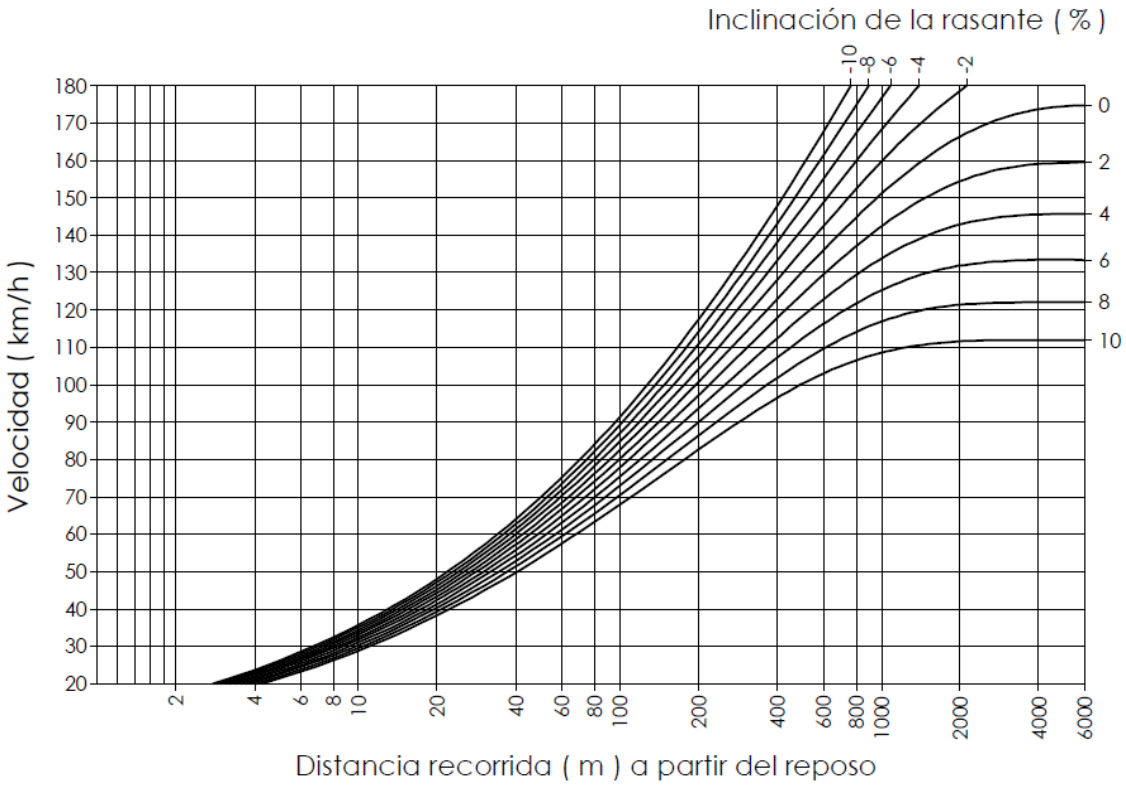


Fig. **2.3-K**

Para la maniobra de cruzar otra vía o incorporarse a ella, en la Norma **3.1-IC** "Trazado" se han considerado[1] unas aceleraciones medias máximas iguales a:

- 5,30 (km/h)/s si se trata de un turismo o de un furgón;
- 2,65 (km/h)/s si es un camión o un autobús; y
- 1,95 (km/h)/s si es un vehículo articulado o un tren de carretera.

2.3.4. Equivalencia

Muchas de las intensidades de la circulación relacionadas con la capacidad o con los niveles de servicio de los elementos de un nudo viario se refieren a **vehículos ligeros equivalentes** por unidad de tiempo. Se podrá admitir que cada vehículo pesado equivale a un cierto número de vehículos ligeros: el cual se justificará, pero no será nunca inferior a 2.

2.4 Tráfico

Desde el momento mismo de la selección[2] del tipo de nudo, resulta imprescindible conocer:

[1] Apartado **3.2.5** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[2] Cf. apartado **6**.

- Las intensidades horarias de la circulación que se van a considerar en todos los movimientos posibles[1], distinguiendo entre los de paso (que no cambian sensiblemente de dirección), y los de giro (que sí lo hacen).
- Sobre todo en las zonas urbanas, la composición del tráfico[2], incluso distinguiendo su variación horaria.
- La velocidad de los vehículos y la posibilidad de su regulación, en particular para mejorar la seguridad en los puntos de conflicto.
- La evolución de estos parámetros hasta el año horizonte.

Sobre todo donde las intensidades sean elevadas, se recomienda:

- Conocer para las intensidades de todos los movimientos su evolución horaria, diaria y mensual, ya que probablemente no coincidirán las horas punta de todos los movimientos, y puede ser necesario considerar el funcionamiento del nudo para distintas situaciones.
- En función de lo anterior, justificar:
  - Si resulta admisible el número de horas anuales durante las cuales se rebasan los niveles de servicio normal y extraordinario definidos en el apartado **1.7.3**.
  - Que la formación de colas en las salidas del tronco no va a perturbar, por su longitud o duración, el funcionamiento de éste.
- Determinar las repercusiones en la seguridad del empleo de ciertos elementos del diseño (por ejemplo, los carriles centrales de espera para girar a la izquierda).

2.5 Siniestralidad

Para mejorar un nudo viario existente en el que se considere que las tasas de siniestralidad o de mortalidad son anormalmente elevadas, conviene estudiar las características de los accidentes que hayan ocurrido en él, para tratar de corregir el diseño de forma que se reduzcan la posibilidad y la gravedad de futuros accidentes[3].

---

[1] Teniendo en cuenta que la capacidad de los tramos viarios que concurren en el nudo puede limitar las intensidades en éste.

[2] Por ejemplo, una elevada proporción de vehículos pesados puede influir en la longitud de los carriles adicionales o de cambio de velocidad.

[3] Se tendrá en cuenta el Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

2.6 Relieve del terreno

Se necesitan unos planos más detallados y a mayor escala que los empleados para el proyecto de los tramos viarios, ya que la forma del terreno tiene gran importancia en:

- La visibilidad desde los distintos accesos al nudo viario.
- La disposición de las eventuales obras de paso.
- La disposición de la señalización vertical para que siempre resulte visible.
- La reposición de los servicios que resulten afectados, aspecto que puede ser especialmente complejo y determinante en el caso de nudos urbanos.

2.7 Accesibilidad: uso del suelo

Un factor importante para la fluidez y la seguridad de la circulación es la previsión del desarrollo y del uso de las zonas servidas por la red viaria.

Antes de diseñar un nudo nuevo, o de acondicionar uno existente, es preciso comprobar:

- Cómo están resueltas las necesidades de accesibilidad en la zona[1].
- Cómo van a ser afectadas por la actuación prevista.
- Si esas necesidades, existentes o futuras, pueden ser resueltas con seguridad y eficiencia por dicha actuación.

En especial, se deben considerar:

- Las instalaciones de servicio, existentes o previstas, en los tramos viarios que concurren en el nudo.
- Los datos sobre las edificaciones, plantaciones, instalaciones, servicios, etc. existentes.
- El uso del suelo previsto en los planes urbanísticos, especialmente para centros comerciales o industriales.

Alguno de estos datos puede variar en el futuro y generar un tráfico muy intenso.

Este conocimiento detallado de los usos del emplazamiento del nudo interesa, sobre todo, en un entorno urbano.

[1] Hay que tener en cuenta que los predios colindantes no pueden tener acceso directo a las vías de giro, a los ramales ni a las vías colectoras - distribuidoras.

El diseño del nudo debe sugerir:

- Los distintos usos de las vías y de su entorno (por ejemplo, los tráficos de peatones, o la presencia cercana de un estacionamiento asociado a una superficie comercial), de manera que los conductores puedan prever los acontecimientos y los movimientos de los demás usuarios, y evitar las colisiones.
- Cuál es el camino más conveniente, especialmente para un usuario vulnerable, y hacia dónde se debe mirar antes de cruzar una vía.

3 Funcionamiento de los nudos

3.1 Conductores

3.1.1. Generalidades

Para conseguir que un nudo viario funcione adecuadamente, hay que tener en cuenta las posibilidades y las limitaciones de sus usuarios: los vehículos[1] y sus conductores y, eventualmente, los usuarios vulnerables (ciclistas y peatones).

La concepción, el diseño, el trazado, la señalización, etc. de un nudo no deben propiciar los errores de sus usuarios, sino proporcionarles informaciones correctas en el instante y en el lugar oportunos.

La mayoría de los errores de los conductores se derivan de una combinación de factores que complican las tareas de conducir: controlar el vehículo, guiarlo y orientarse. En un nudo viario, un conductor tiene que realizar esas tareas en un corto período de tiempo; y recibir y procesar eficientemente las informaciones (generalmente visuales) correspondientes a cada una de ellas.

Es preciso tener en cuenta las capacidades, limitaciones y comportamientos de los usuarios, los cuales componen un conjunto muy variado. El diseño debe orientarse a usuarios no habituales y relativamente inexpertos; asimismo, al aumentar la proporción de personas mayores que siguen conduciendo, hay que tener en cuenta sus peculiaridades:

- Una menor capacidad de procesar rápidamente la información. Esto requiere disponer de mayor visibilidad y, eventualmente, un refuerzo de la señalización que advierta de circunstancias inesperadas.
- Ciertas deficiencias visuales, que exigen el empleo de unas señales grandes y fácilmente comprensibles, sin mensajes múltiples.

Todos los movimientos permitidos en un nudo deben resultar evidentes y fáciles de realizar; mientras que los movimientos prohibidos o no deseados deben resultar impedidos o difíciles de realizar.

En los nudos complejos, con grandes superficies y muchas isletas, vías de giro o ramales, un usuario no prioritario o un peatón no siempre saben muy bien adónde debe ir, ni dónde se deben detener, ni de dónde puede surgir un vehículo prioritario. Además, una concepción compleja suele necesitar una compleja señalización de orientación, que no contribuye a una explota-

[1] Cf. apartado **2.3**.

ción segura. En relación con esto, se recuerda que en los ramales y en las vías de giro sólo se pueden conectar otros ramales o vías de giro[1].

También resultan problemáticos los nudos atípicos, y los que presentan ambigüedades:

- Una excesiva amplitud en una intersección anima a realizar maniobras prohibidas.
- Una excesiva fluidez de la trayectoria no prioritaria[2] no favorece la percepción de la pérdida de la prioridad, ni la de la línea de detención, ni la reducción de la velocidad (o la detención) indispensable para ese movimiento.
- En los nudos situados al principio de una variante, si el tronco sigue una planta curva y la salida está en prolongación de la recta anterior a esa curva, no se percibe con claridad el comportamiento esperado por parte del usuario (trayectoria, prioridad).

En resumen, conviene evitar:

- Los diseños complejos, que requieran complicadas decisiones por parte de los conductores.
- El empleo de muchas isletas.
- La dispersión de la atención entre varios puntos de conflicto a la vez.
- Los diseños incompatibles con las capacidades normales de los conductores.
- La frustración de las expectativas de los conductores.
- Los mensajes ambiguos, tanto en trazado como en señalización.

3.1.2. Uniformidad y consistencia

La mayoría de los conductores tiende a una rutina, y no concentra suficientemente su atención en la conducción. Ante situaciones o entornos similares, buscará instintivamente soluciones basadas en su experiencia anterior.

Mientras que un conductor que efectúa todos los días el mismo recorrido está tan familiarizado con él, que no le afectan unas diferencias sustanciales entre los nudos que se va encontrando, un usuario ocasional de la misma red viaria puede confundirse ante situaciones que pongan de manifiesto una falta de uniformidad y que dificulten la “legibilidad” del itinerario, tales como:

- Una serie de intersecciones con un carril central de espera para girar a la izquierda, entre las que se intercala otra en la que, para la misma maniobra, se ha previsto un ramal semidirecto o "cayado".

---

[1] Cf. apartado **8.2** de la Norma **3.1-IC** “Trazado”.

[2] Como ocurre en las intersecciones en **Y**.

- Una serie de enlaces con una sola salida por la derecha delante de la obra de paso, entre los que se intercala otro con una salida por la derecha detrás de ella; o con dos salidas, una delante y la otra detrás de la obra de paso (Fig. **3.1-A**); o (lo que es peor) una salida por la izquierda.

Fig. **3.1.-A**

Por lo tanto, se recomienda evitar las configuraciones que representen una falta de uniformidad a lo largo de un itinerario.

El trazado de los nudos y el de los tramos que en ellos concurren se hallan tan íntimamente relacionados, que no se pueden abordar independientemente. Es fundamental considerarlos como un sistema dentro de la red viaria, de manera que se logren un adecuado equilibrio de sus características y una calidad uniforme en su explotación, sin defraudar las expectativas de los conductores y acomodándose a su comportamiento. Para ello, es necesario dotar de **consistencia** y legibilidad a los rasgos perceptibles de los nudos, buscando un compromiso entre las necesidades específicas de cada emplazamiento y el funcionamiento de la red como sistema. El concepto de consistencia comprende:

- La ausencia de cambios bruscos entre las características de elementos contiguos.
- La combinación de los elementos de manera que no se defrauden las expectativas de los conductores, evitando indecisiones y errores. Por ejemplo, las curvas cuyo estándar se despegue del conjunto pueden resultar problemáticas.

La consistencia en el diseño de un itinerario[1] mejora la seguridad, pues los conductores no se encuentran algo que no esperan. La mayoría de ellos desea:

[1] Especialmente, la de los nudos viarios.

- Conexiones (entradas y salidas) exclusivamente por la derecha, que resultan habituales y permiten a un conductor concentrarse en las numerosas tareas restantes.
- Una única salida, situada antes de la vía transversal. Especialmente si se cruza a distinto nivel, se subraya la presencia de la salida, lo cual permite a los conductores situar bien su vehículo en la sección transversal, y ajustar su velocidad con antelación suficiente para realizar una maniobra segura.
- Que el tráfico que entre o salga sea menos intenso que el de paso.
- Que el nudo permita todos los movimientos. Entre éstos, el de cambio de sentido suele resultar difícil de proveer en algunos tipos de nudo[1], y es frecuente omitirlo; pero a los conductores que deseen cambiar de sentido no se les debe obligar a efectuar recorridos o a sufrir demoras inaceptables, ni a pagar dos veces un peaje; ni tampoco se les debe incitar a que realicen maniobras ilegales o peligrosas.

Como ejemplos de una falta de consistencia en mismo itinerario se pueden citar:

- Enlaces con y sin vías colectoras - distribuidoras.
- Enlaces de diseño antiguo, con carriles de cambio de velocidad cortos, junto a la de otros más modernos con carriles más largos.
- Conexiones por la izquierda seguidas de cerca por otras por la derecha: habrá vehículos que pretendan cruzar todos los carriles.

3.2 Interacciones entre vehículos

3.2.1. Tipos de interacción

Los conductores eligen su velocidad y su trayectoria según sus deseos, dentro de las normas que rigen la circulación y de las posibilidades que les ofrecen el trazado de la vía y la presencia de los demás vehículos. Esta última se traduce en unas **interacciones** entre ellos si están suficientemente cercanos, que dependen de la densidad y circunstancias de la circulación.

En un tramo de una carretera de calzada única con dos carriles, las interacciones habituales posibles son tres:

- El **paso junto a un vehículo** que circule en sentido opuesto, dejándolo a izquierda.
- El **seguimiento** de un vehículo más lento que circule en el mismo sentido. Se termina circulando a la misma velocidad y a una distancia suficiente.
- El **adelantamiento** de un vehículo más lento que circule en el mismo sentido, pasándole por su izquierda. Para ello se ocupa temporalmente el carril normalmente

[1] Todos los nudos que permitan el cambio de sentido deben ser señalizados informando de la posibilidad de ejecutar dicha maniobra.

reservado a los vehículos que circulan en sentido contrario. Se realizan dos **cambios de carril**[1], y entre ellos hay un tramo de **circulación paralela**.

En un tramo de una carretera de calzada única con más de un carril para el sentido de circulación considerado, respecto del esquema descrito se producen las siguientes variaciones:

- El **adelantamiento** de un vehículo más lento que circule en el mismo sentido ya no requiere la ocupación del carril contrario. Normalmente se realiza por su izquierda[2].
- La **circulación paralela** se desliga de la urgencia asociada a una ocupación temporal del carril contrario. Los conductores más rápidos suelen ir por el carril situado más a la izquierda.
- Los **cambios de carril** están normalmente asociados a la velocidad elegida por el conductor en relación con los demás.

En un tramo de una carretera con calzadas separadas para cada sentido de circulación desaparece la interacción del paso junto a un vehículo opuesto; y en cada una de aquéllas las demás tienen lugar según el esquema descrito para las carreteras de calzada única con más de un carril por sentido.

3.2.2. Puntos de conflicto

3.2.2.1. Definición y número

En los nudos viarios hay unas interacciones específicas, además de las indicadas en el apartado **3.2.1**:

- **Divergencia**: dos trayectorias se separan de una común. Si el cambio de fila se facilita con suficiente antelación (por ejemplo, mediante un carril adicional de deceleración), en su inicio este caso se parece a la circulación paralela.
- **Convergencia**: dos trayectorias se unen en una común. Si la inserción de los vehículos procedentes de una fila en los huecos de la otra se facilita mediante un carril adicional de aceleración, también este caso se parece en su inicio a la circulación paralela.
- **Inserción**: es una forma especial de convergencia en la que un vehículo, a partir del reposo[3], ocupa un hueco en una corriente de tráfico que circula a poca velocidad. La inserción es la base del funcionamiento de las glorietas[4]: en ellas los

[1] Uno al iniciar el adelantamiento y otro al completarlo. Cada cambio de carril requiere de 2 a 3 s.

[2] En España está prohibido adelantar por la derecha.

[3] O de una velocidad muy baja.

[4] Aunque también es utilizada en el funcionamiento de otras intersecciones.

vehículos que pretenden entrar en la calzada anular, que es prioritaria, deben esperar a que haya en ella un hueco suficiente.

- **Cruce**: dos trayectorias aproximadamente perpendiculares ocupan un mismo lugar en planta. Si el cruce se realiza a nivel, se plantea el problema de su ordenación: una de las dos corrientes de tráfico no tiene prioridad sobre la otra, y debe disminuir su velocidad, o incluso detenerse.
- **Circulación superpuesta**: dos trayectorias aproximadamente paralelas comparten un mismo lugar en planta. Este tipo de interacción se da en los tramos de trenzado, y en las calzadas anulares de las glorietas.
- En un **tramo de trenzado** se combinan sucesivamente una convergencia, un tramo de circulación paralela o superpuesta no demasiado largo, y una divergencia. Si sus dimensiones (longitud, número de carriles) son suficientes, se puede mantener en él una velocidad aceptable y continua.

Estas interacciones originan unos conflictos que pueden dar lugar a colisiones entre los vehículos. Todo nudo tiene varios **puntos de conflicto**; y uno de los objetivos del diseño es reducir al mínimo el número y la gravedad de los conflictos que en ellos pueden tener lugar. Un nudo bien diseñado está formado por un conjunto bien organizado de puntos de conflicto.

Las condiciones de la circulación son tanto mejores cuanto menor sea el número de puntos de conflicto, los cuales además pueden terminar en accidentes: una potencialidad tanto mayor, cuanto mayores sean las intensidades de las corrientes de tráfico que interaccionan. También intervienen:

- El número de carriles de cada acceso al nudo.
- En las intersecciones reguladas por semáforos, la regulación de las fases.
- Sobre todo, el número de patas **N** que concurren en el nudo. Si cada pata es de doble sentido de circulación:
  - El número de las convergencias es igual al de las divergencias: $\mathbf{N} \cdot (\mathbf{N} - 2)$
  - El número de los cruces es

$$\frac{\mathbf{N^2} \cdot (\mathbf{N-1}) \cdot (\mathbf{N-2})}{\mathbf{6}}$$

Por ello, los nudos de tres patas tienen menos puntos de conflicto que los de cuatro; y no resultan convenientes los nudos con más de cuatro patas, en los que se necesitan otras soluciones que reduzcan el número de los puntos de conflicto:

- Suprimir algunos movimientos no prioritarios, o que se puedan resolver de otra manera.
- Agrupar algunos movimientos.

- Desnivelar alguno de los cruces.
- Establecer una circulación giratoria (glorietas).

Especialmente en las zonas urbanas, se pueden dar conflictos entre los vehículos a motor y los usuarios vulnerables (ciclistas o peatones).

3.2.2.2. Distancia entre puntos de conflicto

La distancia entre los puntos de conflicto influye en las condiciones de la circulación: cuanto mayor sea aquélla dentro del nudo, mejores serán éstas. Hay que tener en cuenta las velocidades de los vehículos, y las necesidades de acumulación de los que tengan que esperar.

La separación se logra, generalmente, mediante el empleo de isletas y carriles auxiliares.

En las intersecciones reguladas por semáforos, al haber una separación temporal entre ciertos movimientos, sus puntos de conflicto no necesitan estar tan separados en el espacio.

3.2.2.3. Ángulo entre trayectorias

En las **convergencias** y **divergencias**, conviene que la componente de la velocidad de un vehículo perpendicular a la del otro sea la menor posible: si las trayectorias que convergen o divergen no son tangentes en el punto común, el ángulo entre ellas no debe ser superior a 5 gon.

En una maniobra de **cruce a nivel**, se recomienda que las trayectorias de los vehículos se corten lo más perpendicularmente posible, bajo un ángulo comprendido entre 75 y 105 gon (como máximo, entre 65 y 135 gon); en caso contrario, generalmente se modifica la trayectoria no prioritaria. De esta manera:

- Se logran mejores condiciones de visibilidad y de evaluación de la velocidad del otro vehículo.
- Se mejoran las condiciones en las que el conductor del vehículo no prioritario toma su información.
- Se disminuye el tiempo necesario para realizar la maniobra.
- Se limita la anchura que se tiene que cruzar.
- Se refuerza el efecto causado por una isleta tipo *lágrima*[1] en la vía no prioritaria.

En una maniobra de inserción (como la que tiene lugar en el acceso a la calzada anular de una glorieta), se recomienda que el ángulo entre la trayectoria de acceso y la trayectoria a la que se incorpora (la que rodea la calzada anular) esté comprendido[1] entre 20 y 60 gon:

---

[1] Cf. apartado **4.8.5.2.**

- Un ángulo demasiado pequeño dificulta la inserción, pues obliga al conductor que pretende insertarse a mirar hacia atrás para ver si hay un hueco suficiente. También favorece una inserción a una velocidad demasiado alta, y que no se respete la prioridad que tiene el tráfico al que se incorpora.
- Un ángulo demasiado grande favorece que la inserción se transforme en un punto de conflicto análogo a un cruce.

3.2.3. Isletas

3.2.3.1. Generalidades

Las isletas marcan las zonas que no deben ser pisadas por los vehículos; el aspecto de su interior debe contrastar con el del resto de la plataforma. Su forma y dimensiones deben:

- Favorecer las trayectorias predominantes de la circulación.
- Favorecer unas velocidades adecuadas a un funcionamiento seguro del nudo, con especial atención a los conflictos potenciales entre los vehículos y los peatones.
- Reducir todo lo posible las zonas de conflictos potenciales entre los vehículos.

En conjunción con otros elementos de los nudos, tales como el trazado y las ayudas a la conducción, las isletas se utilizan para alguna de las funciones siguientes:

- Separar las corrientes del tráfico en trayectorias de paso, de giro a la derecha y de giro a la izquierda.
- Reducir las zonas cuyo pavimento no resulta útil o donde los cruces resulten esviados.
- Separar y disminuir los puntos de conflicto, de manera que un conductor no tenga que tomar más de una decisión a la vez.
- Reducir los conflictos con los vehículos que vayan a girar a la derecha. Sin embargo, en las zonas urbanas cuando hay congestión:
    - La isleta sirve de poco, pues los vehículos que giran a la derecha suelen tener dificultades para incorporarse la vía transversal.
    - Puede haber problemas con los peatones, por el alargamiento de su cruce.
- Determinar los ángulos de cruce o de convergencia de dos trayectorias.
- Influir en la velocidad de los vehículos, provocando inflexiones en su trayectoria.
- Impedir o dificultar los movimientos indeseados, inseguros o a contramano.

---

[1] El valor óptimo es del orden de 25 gon.

- Crear unas zonas protegidas para almacenar los vehículos que van a girar, permitiendo a sus conductores decelerar y esperar fuera de la trayectoria de los vehículos de paso.
- Restringir un giro a la izquierda para acceso a una propiedad colindante situada en la margen opuesta.
- Habilitar, con las cautelas necesarias, espacio para los vehículos de conservación y explotación.

Además de las anteriores, en el caso particular de estar provistas de bordillos las isletas se utilizan para las funciones siguientes:

- Proporcionar a los peatones, y a quienes suben o bajan de un autobús, un refugio entre las diferentes corrientes del tráfico, sobre todo donde la anchura que se tenga que cruzar de una sola vez exceda de 25 m y haya una proporción apreciable de personas mayores o discapacitadas.
- Alojar y proteger las ayudas a la circulación, como las señales, los semáforos o el alumbrado. El diseño y las dimensiones de las isletas deben ser suficientes para que la separación entre dichas ayudas resulte suficiente, de manera que sean percibidas clara e inequívocamente.

Fuera de poblado, donde las velocidades son mayores y los accidentes tienen unas consecuencias más graves, deben primar las consideraciones relacionadas con la seguridad; mientras que en las zonas urbanas, donde las velocidades son menores, priman las consideraciones relacionadas con la capacidad.

3.2.3.2. Tipos

Un elemento imprescindible en las glorietas es su isleta **central**[1], alrededor de la cual se dispone la calzada anular.

Además del anterior, se distinguen en los nudos viarios otros tipos de isleta:

a) Isletas **encauzadoras**. que separan trayectorias del mismo sentido de circulación, señalando claramente al conductor la que debe seguir; y al canalizarlas, evitan que aparezca una gran área pavimentada en la que pueda sentirse desorientado (Fig. **4.8-D**). Su empleo es opcional si la **IMD** de la vía no prioritaria es inferior a 100 veh.

b) Isletas **separadoras**, que separan trayectorias de sentidos opuestos. En vías de calzada única, equivalen a disponer una mediana en esa zona, aunque la plataforma sea única[1]. Se puede distinguir entre:

[1] Si la isleta está limitada por un bordillo, éste debe ser montable.

- Una **falsa isleta**, materializada solamente por marcas viales.
- Una isleta separadora o **falsa mediana**, materializada por bordillos montables. Proporciona un medio eficaz de controlar los giros a la izquierda, sobre todo en las intersecciones esviadas. Junto a las isletas separadoras se puede disponer un carril central de espera para esos giros[2].
    - En una zona urbana, proporciona un espacio para plantar árboles y arbustos.
    - Se desaconseja esta modalidad en las carreteras interurbanas, a menos que se disponga un alumbrado nocturno para destacar su presencia y configuración.
- Una **lágrima**, que separa los dos giros a la izquierda que se relacionan con la vía no prioritaria de una intersección regulada por prioridad fija[3].
- En los accesos a una glorieta, para separar los tráficos de salida y de entrada y, sobre todo, para lograr una inflexión en la trayectoria de entrada, se distinguen dos tipos de isletas separadoras: **cortas** y **largas** (Fig. **3.2-A**).

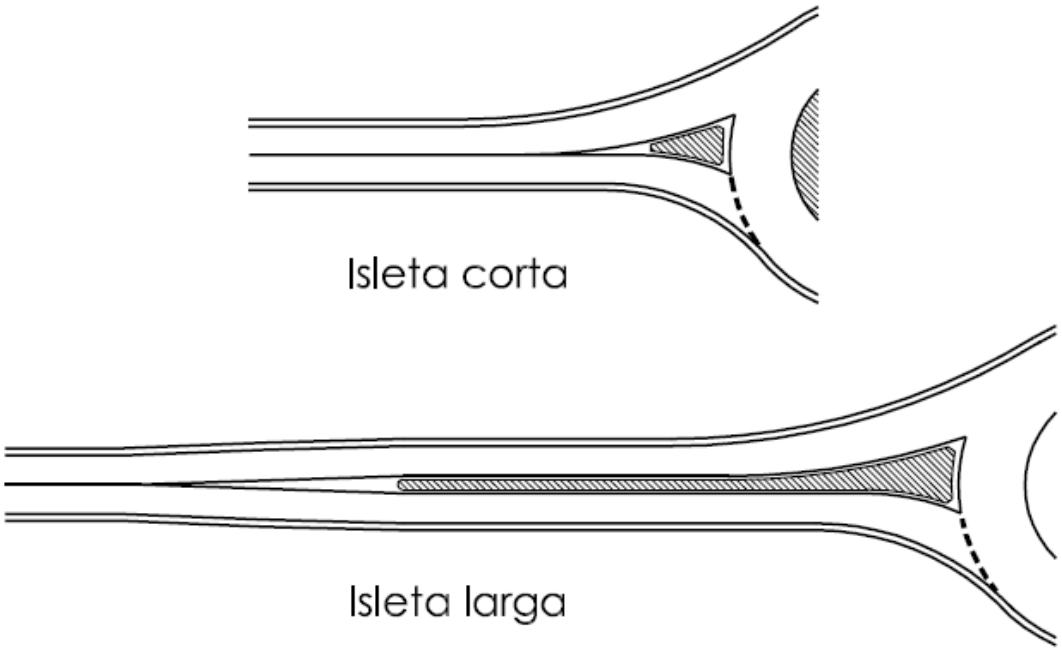


Fig. **3.2-A**

---

[1] Y no se trate de dos plataformas separadas por una mediana, como ocurre en las vías con calzadas separadas.

[2] Cf. apartado **4.5.3.2**.

[3] O con la vía secundaria de una intersección regulada por semáforos.

Donde haya un paso para peatones en una calzada muy ancha, se puede acondicionar la isleta separadora como un **refugio**[1] para que el cruce de la calzada se pueda hacer en dos etapas. De esta manera se facilita también la circulación rodada, pues los vehículos no han de esperar a que los peatones crucen la totalidad de la calzada. Pero para que puedan servir de refugio a los peatones:

- Las isletas separadoras deben tener una anchura mínima de 1,2 m, y recomendable de 2,5 m; y su longitud debe ser igual a la anchura del paso para los peatones, sin bajar de 3,6 m.
- Las isletas encauzadoras deben tener una superficie mínima de 9 m^2, o mayor si hay que alojar rampas para sillas de ruedas.

3.2.4. Ordenación de la circulación en los cruces

3.2.4.1. Prioridad a la derecha

En este tipo de ordenación de la circulación en un cruce no hay ninguna vía prioritaria, sino que rige la regla de prioridad a la derecha: en cualquier cruce los vehículos tienen que ceder el paso a los que acceden a aquél por su derecha, y tienen preferencia sobre los que acceden por su izquierda.

Fuera de poblado este tipo de ordenación sólo se puede adoptar en carreteras secundarias con poco tráfico y buena visibilidad. También se emplea en intersecciones situadas en las calles secundarias de una red urbana (en zonas residenciales o en polígonos industriales), sobre todo si son de sentido único, y se cumplen las siguientes condiciones:

- La **IMD** total no rebasa los 1000 – 1500 veh.
- La visibilidad disponible no es inferior a la distancia de parada de un vehículo que circule por la calle a una velocidad igual al percentil 85 de la distribución de las velocidades.
- El historial de las intersecciones existentes indica menos de 2 accidentes anuales por choque frontolateral.

En ningún caso es admisible que rija la prioridad a la derecha en los accesos a las carreteras y calles desde los predios colindantes.

[1] Cf. apartado **3.5.2.2**.

3.2.4.2. Prioridad fija

El sistema más simple para ordenar la circulación en un cruce es el establecimiento de una prioridad fija a favor de una de las dos trayectorias, por medio de señales[1]:

- En la vía no prioritaria se debe indicar que no se tiene la prioridad mediante una señal **R-1** de "Ceda el paso", ó **R-2** de "*STOP*"[2].
- En la vía prioritaria, se puede señalizar que se tiene prioridad mediante una señal **R-3**, y que se pierde mediante una señal **R-4**.

Generalmente, se establecen unos niveles de prioridad para los distintos movimientos, según el orden siguiente:

1. Movimientos de paso o de giro a la derecha desde la vía prioritaria.
2. Giros a la izquierda desde la vía prioritaria, y giros a la derecha desde las vías no prioritarias.
3. Movimientos de paso desde las vías no prioritarias.
4. Giros a la izquierda desde las vías no prioritarias.

En cualquier punto de conflicto los movimientos con un determinado nivel de prioridad tienen que ceder el paso a los de los niveles anteriores, y tienen preferencia de paso sobre los de los niveles posteriores.

Este tipo de ordenación se adopta generalmente:

- En intersecciones de carreteras interurbanas de calzada única, siempre que la capacidad de los accesos no prioritarios sea suficiente.
- En intersecciones de zonas urbanas en las que la vía no prioritaria tenga un tráfico reducido que no justifique la instalación de un semáforo, especialmente si se trata de una calle de sentido único. Donde las intensidades son elevadas esta ordenación ya no funciona bien, ya que su capacidad es limitada.

Si no hay problemas de visibilidad es preferible hacer que pierda la prioridad la vía menos importante; pero donde haya un problema difícil de visibilidad, puede ser necesario que pierda la prioridad la pata que disponga de una visibilidad menor, aunque sea algo más importante que los demás. En este último caso, todos los elementos necesarios para percibir bien la falta de prioridad (isletas, señales, etc.) se deben trasladar a la pata afectada.

Se recomienda que el cruce de una trayectoria prioritaria se haga de manera que un vehículo que circule por dicha trayectoria a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$ no tenga que reducirla para evitar una coli-

[1] Se puede asimilar a este caso el de los semáforos cuyas fases estén fijas: por ejemplo, siempre en rojo.

[2] Cf. apartado **9.3.3.1**.

sión con el vehículo que cruza. Para ello se aplicarán las fórmulas del Anexo **#1**. Fuera de poblado, para poder cruzar con seguridad una vía prioritaria el tiempo de cruce $\mathbf{t_c}$ considerado no debe bajar de 6 s; se recomiendan 8 s para disponer de un mayor margen, sobre todo para los vehículos de arranque lento como los camiones y las bicicletas. A lo anterior se debe añadir 1 s donde haya un carril central para el giro a la izquierda.

En un entorno urbano, se puede pensar que es mayor el nivel de atención y que son mejores los comportamientos de los usuarios; pero la presencia de peatones (más lentos) debe ser también tenida en cuenta.

3.2.4.3. Prioridad secuencial

En las vías principales y arterias urbanas, la solución normal es la asignación sucesiva de la prioridad a las distintas corrientes del tráfico mediante un semáforo, el cual permite muchas combinaciones de fases y carriles especiales.

Por el contrario, implantar un semáforo no suele ser una buena solución fuera de poblado: resulta poco habitual, y su inesperada presencia suele constituir un peligro. Hay que estudiar todas las alternativas posibles de ordenación del cruce antes de tomar esa decisión, sobre todo donde la velocidad de aproximación ($\mathbf{V_{85}}$) sea superior a 50 km/h, ya que implica que los vehículos que circulen por un itinerario de largo recorrido tengan que detenerse inopinadamente, con el consiguiente peligro de alcances. En cualquier caso, hay que garantizar que desde 75 m antes del primer semáforo la velocidad ($\mathbf{V_{85}}$) a la que un vehículo se pueda aproximar al semáforo no rebase los 50 km/h.

Algunos de los problemas generales de las intersecciones con prioridad fija, y algunas de las soluciones para ellas apuntadas, son también aplicables a las intersecciones reguladas por un semáforo: sencillez, compacidad, fluidez no excesiva, moderación de las velocidades, etc.

3.2.4.4. Glorieta

Otra forma de resolver los conflictos provocados por los cruces a nivel y por los giros a la izquierda es la glorieta, de aplicación típicamente urbana y periurbana, en la que se organiza una circulación a poca velocidad por una (o varias) calzada(s) anular(es), alrededor de una (o varias) isleta(s) central(es) circular(es).

Se establece así una **autorregulación** que exige ciertas condiciones:

a) Los vehículos que pretendan entrar a la calzada anular deben ceder el paso a todos los que ya circulen por ésta y vengan por su izquierda.

b) Los vehículos que entren a la calzada anular, en vez de trenzarse a una velocidad relativamente alta con los que ya circulen por ella, se deben insertar en los huecos entre éstos; lo cual requiere que por la calzada anular se circule a una velocidad re-

lativamente baja. Por consiguiente, el diámetro de la calzada anular no puede ser demasiado grande[1].

c) La velocidad de entrada a la calzada anular (y en menor medida la de salida de ella) se debe controlar imponiendo unas inflexiones adecuadas a la trayectoria de los vehículos, mediante la implantación de las propias patas y la de unas isletas separadoras que, además, separen los tráficos de salida y de entrada.

La falta de alguna de estas condiciones hace que no se puedan considerar como glorietas, aunque de ellas tengan la apariencia e incluso se señalicen como tales[2], algunos tipos frecuentes de nudo viario como los siguientes:

- Las **glorietas a distinto nivel**[3], un tipo de enlace en el que se sitúa una calzada anular en un plano distinto al de la(s) calzada(s) que sirve(n) a los movimientos de paso entre dos patas opuestas, las cuales conforman un itinerario prioritario.
- Las **glorietas** cuyas entradas a la calzada anular están **controladas por semáforos**[4].
- Las **glorietas en hipódromo**, cuya calzada anular tiene una forma alargada que presenta dos lados opuestos rectos[5], sensiblemente paralelos.
- Las **glorietas partidas**, cuya isleta central es atravesada por una calzada[6] que sirve a los movimientos de paso entre dos patas opuestas, las cuales conforman un itinerario prioritario.
- Las **calzadas colectoras - distribuidoras anulares**, prioritarias, de sentido único y de forma anular de gran tamaño, que conectan varias patas, ramales o vías de servicio mediante una sucesión de intersecciones situadas sobre ellas.

Por el contrario, sí funcionan como glorietas las de reducido tamaño (**mini-glorietas**)[7], y las **glorietas dobles**[8]**,** cuya pata de unión es tan corta que cada una influye en el funcionamiento de la otra.

Si la calzada anular tiene un solo carril, una vez insertados, los vehículos circulan por ella por trayectorias superpuestas, hasta que divergen para tomar su salida. Si tiene más de un carril, la circulación por ella no es puramente paralela, sino que se suelen producir cambios de carril en

---

[1] Cf. apartado **8.6**.

[2] Para evitar malentendidos y equivocaciones por los usuarios.

[3] Cf. apartado **5.7.3.1**.

[4] Cf. apartado **5.5.2**.

[5] De longitud significativa.

[6] Generalmente prioritaria.

[7] Cf. apartado **5.4.2.2**.

[8] Cf. apartado **5.4.2.3**.

los que las prioridades no son bien entendidas por los conductores: esto requiere una ordenación especial de la circulación[1].

3.2.4.5. A distinto nivel

No se admite que se crucen a nivel las calzadas del tronco ni las de los ramales:

- En las autopistas.
- En las carreteras convencionales cuya **IMD** sea superior a 5000 veh. (con las excepciones indicadas en el artículo 102.8 del Reglamento General de Carreteras).

En las demás carreteras convencionales, si las intensidades de circulación rebasan la capacidad de otras ordenaciones, también se recomienda recurrir a una separación en el espacio, es decir, a efectuar el cruce a distinto nivel. Las razones para ello son:

- La capacidad de esta solución es muy superior, al eliminar las detenciones y ser continuo el régimen de circulación.
- También la comodidad y la seguridad son mayores, porque los principales movimientos conflictivos[2] se resuelven a distinto nivel, anulando los correspondientes puntos de conflicto; y desaparece la necesidad de estar atento a los vehículos cuyas trayectorias se cruzan. Sin embargo, puede seguir habiendo conflictos, no sólo en las intersecciones que conectan al enlace con el resto de la red, sino también en el propio enlace: salidas, ramales, entradas.
- El mayor inconveniente de un cruce a distinto nivel reside en el coste de la obra de paso y en el de las modificaciones de la rasante necesarias para materializar el desnivel, con el consiguiente aumento de la ocupación.

3.2.5. Conexiones

3.2.5.1. Definiciones

Se denominan **conexiones** a las zonas de transición de los carriles de paso del tronco de una carretera, con:

- El tronco de otra carretera.
- Una vía de giro.
- Un ramal.
- Una vía colectora - distribuidora.

---

[1] Cf. apartado **8.6**.

[2] Los cruces y, a menudo, los giros a la izquierda.

- Una calzada lateral.
- Una vía de servicio.

En las conexiones se distingue entre salidas y entradas: los vehículos que toman una **salida** abandonan el tronco, y se incorporan a él los que proceden de una **entrada**.

Una **bifurcación** es una salida de un tronco a otro tronco, caracterizada por una elevada movilidad, como ocurre en los siguientes casos:

- Una autopista que se escinde en dos, incluido el caso de una autopista que termina en dos ramales de más de un carril, cada uno de los cuales conecta con un sentido de otra vía.
- Una divergencia del tronco hacia un ramal de más de dos carriles.
- Algunas salidas del tronco hacia una vía colectora - distribuidora.

Análogamente, una **confluencia** es una entrada de dos troncos a uno, caracterizada por una elevada movilidad, como ocurre en los siguientes casos:

- Dos autopistas que se unen en una sola, incluido el caso de la unión de dos ramales de más de un carril.
- La convergencia del tronco con un ramal de más de dos carriles.
- Algunas entradas al tronco desde una vía colectora - distribuidora.

El funcionamiento de las conexiones existentes se tiene que valorar en la realidad, realizando aforos, midiendo densidades y velocidades, etc.; mientras que el de las conexiones que estén aún en fase de proyecto se puede estimar recurriendo a métodos como los previstos en los Anexos **#5**, **#6** y **#7** a esta Guía, derivados del Manual de Capacidad 2010.

3.2.5.2. Cuñas de cambio de velocidad

En las intersecciones[1] de una vía interurbana o periurbana en las que la velocidad operativa del tráfico que vaya a girar a la derecha no sea superior a 60 km/h [2], y no esté justificado disponer carriles de cambio de velocidad[3], se recomienda disponer unas **cuñas de cambio de velocidad** para facilitar los movimientos de salida (y en algunos casos, también los de entrada) de los vehículos hacia la vía no prioritaria (o desde ella), y hacer que las divergencias (o las convergencias) se realicen con mayor seguridad apartándolas de la vía prioritaria o acercándolas a ella, según proceda.

---

[1] Y en los accesos a ellas asimilados.

[2] Bien porque la velocidad específica del elemento de la vía al que corresponde la intersección sea inferior a dicho límite, bien porque se considere admisible que los vehículos que vayan a girar deceleren hasta 50 km/h en el propio carril de paso.

[3] Cf. apartado **3.2.5.3**.

En un entorno urbano, resulta mucho menos aconsejable el empleo de estas cuñas, pues:

- Resultan determinantes las intensidades de los distintos movimientos, y las necesidades de almacenamiento que puedan crear.
- Suelen causar problemas a los peatones que pretendan cruzar en las proximidades de la intersección, al aumentar la anchura que tienen que franquear.
- También los ciclistas pueden tener dificultades con los vehículos que giren a la derecha.

El empleo de una **cuña de salida** puede estar justificado donde la intensidad del giro a la derecha rebase el menor de los límites siguientes:

- Un 10 – 20 % de la total que se acerca a la intersección por ese acceso.
- El indicado en la Fig. **3.2-B**.

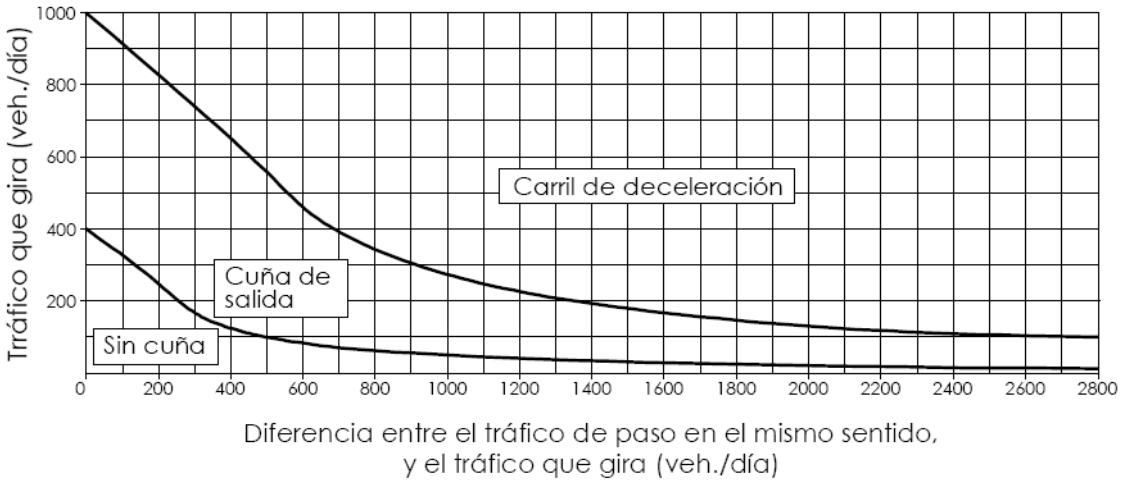


Fig. **3.2-B**[1]

En una intersección *en* ***T*** o en una *en cruz*, ambas canalizadas y con prioridad fija, se puede disponer una **cuña de entrada**[2] a la vía prioritaria si dicha entrada está regulada por una señal **R-2** "*STOP*".

3.2.5.3. Carriles de cambio de velocidad

Para facilitar los movimientos de salida y entrada de los vehículos desde y hacia las vías de giro y los ramales, y hacer que las divergencias y convergencias asociadas a ellos se realicen con mayor seguridad, apartándolas de los carriles de paso, en las conexiones hay que añadir

[1] Para entrar en el gráfico, hay que dividir los tráficos reales por $1{,}05 - 0{,}01 \cdot \mathbf{p}$, siendo **p** la proporción de vehículos pesados.

[2] O de incorporación (Apartado **7.4.4.2** de la Norma **3.1-IC** "Trazado")

unos carriles de cambio de velocidad (con independencia de la eventual presencia de carriles adicionales).

La longitud de un carril de cambio de velocidad debe ser suficiente para que, en condiciones de flujo libre, dentro de él tengan lugar, en condiciones de seguridad y de eficiencia, la maniobra de cambio de carril[1] y la maniobra de cambio de velocidad:

- En una **salida**, entre la velocidad operativa en el tronco inmediatamente antes del principio del carril de deceleración[2], y la velocidad específica del elemento del ramal o de la vía de giro situado al final de dicho carril, a la altura de la *nariz*[3]. La deceleración que requiere el cambio de velocidad debe ser moderada, pero deliberada: si en condiciones de flujo libre la longitud del carril de deceleración fuera excesiva, habrá conductores que acelerarán dentro de él, empezando a decelerar cuando se hallen a una distancia que consideren adecuada de la *nariz*.
- En una **entrada**, entre la velocidad específica del elemento del ramal o de la vía de giro situado al principio del carril de aceleración, a la altura de la *punta*, y la velocidad operativa en el tronco a la altura del final de dicho carril. Esto debería proporcionar un espacio suficiente para que los conductores de los vehículos implicados en la maniobra (tanto los que pretenden entrar como los que circulan por el tronco) pudieran ajustar sus velocidades de manera que los primeros pudieran insertar su vehículo en un hueco entre los segundos antes de llegar al final del carril de aceleración. Sin embargo, las prestaciones de aceleración de los vehículos ligeros son muy distintas de las que proporcionan los pesados: las longitudes de los carriles de aceleración se suelen fijar en función de los primeros, a no ser que la proporción de vehículos pesados sea muy elevada.

Sin embargo, cuando las intensidades no permiten suponer a los vehículos aislados, en condiciones de flujo libre, se perturba el funcionamiento del tronco:

- Antes de una **salida** se produce una acumulación de vehículos. La longitud de los carriles de deceleración se encuentra acotada así entre:
  - Una longitud máxima, de forma que un valor mayor no resulta aprovechado: la elevada intensidad de tráfico que teóricamente permitiría se ve limitada por la capacidad de la zona de influencia o incluso por la del propio tronco[4].

---

[1] Del carril de paso al de deceleración, o del carril de aceleración al de paso, según se trate de una salida o de una entrada.

[2] Esta velocidad operativa puede ser inferior a la que se practique unos centenares de metros antes, pues una parte de la deceleración suele tener lugar cuando el vehículo se halla todavía en el carril de paso.

[3] Esta velocidad puede no ser igual a la específica mínima del ramal, si el diseño ha previsto que se pueda seguir decelerando en el ramal.

[4] Aunque si se busca alcanzar densidades menores en la conexión, sí pueden ser necesarios carriles de deceleración de mayor longitud, que tendrían ya otra funcionalidad.

- Una longitud mínima, puesto que una longitud reducida representa una restricción innecesaria de la capacidad.

- En una **entrada**, tiene lugar la maniobra de inserción en la corriente principal[1]. Con elevadas intensidades de entrada, como las que se producen en las zonas urbanas, para no perturbar el funcionamiento del tronco puede ser necesario llegar a dosificar la entrada[2].

En ciertas configuraciones[3] de conexiones, como la **1-N**, **1-D**, **2-PN** y **2-S** (primera divergencia), los carriles de cambio de velocidad suelen estar bien diferenciados y la velocidad al final de ellos suele ser bastante más baja que la velocidad al inicio; mientras que en otras configuraciones como la **1-B**, **1-P**, **2-BP**, **2-S** (segunda divergencia) y **2-PP**, así como en las bifurcaciones y confluencias[4], los carriles de cambio de velocidad no están diferenciados y las velocidades inicial y final difieren menos.

Según la Norma **3.1-IC** "Trazado", se deben disponer carriles de cambio de velocidad en las conexiones con:

1. Vías con calzadas separadas.
2. Carreteras convencionales de calzada única, cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h.
3. Carreteras convencionales de calzada única, cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 60 km/h, y que tengan una **IMD** > 1500 veh.
4. En otros casos, previa justificación.

La Fig. **3.2-B** puede también servir de orientación a estos efectos, sin dejar de tener en cuenta otros factores específicos como la proximidad a accesos, etc.

Los carriles de aceleración deben ser siempre del tipo paralelo (Fig. **3.2-C**). Pero en los carriles de deceleración se distinguen dos configuraciones, cuyo funcionamiento difiere:

a) La **paralela**, en la que se añade localizadamente un nuevo carril a la calzada, precedido de una cuña lineal de transición de anchura. Los conductores necesitan realizar tres cambios de dirección para alcanzar el ramal o la vía de giro.

b) Donde sea pequeña la deceleración requerida y, por tanto, la longitud del carril de deceleración no sea grande[5], la mayoría de los conductores no realizarán tantos cambios de dirección como en el caso anterior, sino que entrarán más directamen-

---

[1] Selección y aceptación del hueco adecuado.

[2] Cf. apartado **9.5.4**.

[3] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[4] Cf. apartado **4.12**.

[5] La Norma **3.1-IC** "Trazado" fija un máximo de 180 m.

te en el ramal. En este caso, excepcionalmente[1] se puede adoptar una configuración **directa**.

En los carriles de cambio de velocidad se definen dos secciones características (Fig. **3.2-C**):

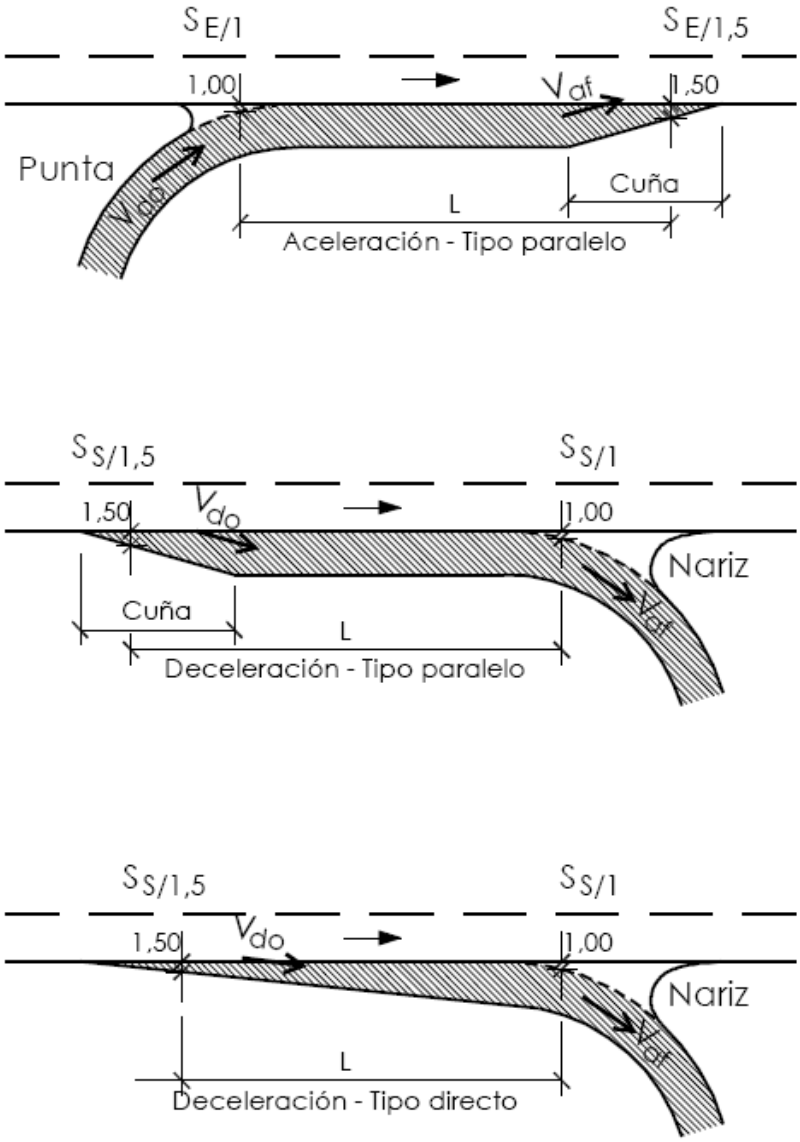


Fig. **3.2-C**

1. Más allá de la sección $s_{E/1}$ en la que el borde de la calzada del tronco dista 1,0 m del borde de la calzada del ramal de entrada, se puede considerar que los vehículos que pretenden entrar empiezan a influir en los de paso (y viceversa), con motivo de su próxima convergencia: es la primera sección en la que puede tener lugar la entrada, y se la denomina *punta*.

[1] En ningún caso si el carril de deceleración está situado en una curva a izquierdas en el tronco.

La *punta* del carril de aceleración, es decir la separación de los bordes exteriores de las calzadas, no entraña una decisión pues los vehículos están en carriles separados; pero debe haber entre ellos una buena visibilidad mutua[1] para permitir la maniobra de convergencia. Antes de la *punta*, se recomienda que los bordes exteriores de los arcenes[2] estén dotados de un bordillo montable que subraye la presencia de aquélla.

2. Análogamente, más allá de la sección $\mathbf{s_{S/1}}$ en la que el borde de la calzada del tronco dista 1,0 m del borde de la calzada del ramal de salida, los vehículos que salen dejan de influirse con los de paso, pues se ha producido ya su divergencia: es la última sección en que la puede tener lugar la salida, y se la denomina *nariz*. En ella la seguridad es menor que en otros emplazamientos.

3. Más allá de la sección $\mathbf{s_{E/1,5}}$ en la que la anchura de la cuña de transición situada después de un carril de aceleración se ha reducido á 1,5 m [3], todo vehículo que pretenda entrar en el tronco necesita haber encontrado un hueco en el carril en el que se inserta: es la última sección en la que puede tener lugar la entrada sin dar lugar a maniobras anormales.

4. Análogamente, más allá de la sección $\mathbf{s_{S/1,5}}$ en la que la anchura de la cuña que precede a un carril de deceleración ha alcanzado 1,5 m, todo vehículo que pretenda salir del tronco libera un hueco en el carril en del que se desprende: es la primera sección en la que puede tener lugar la salida sin dar lugar a maniobras anormales.

3.2.5.4. Configuración de las conexiones

3.2.5.4.1. Lado

Generalmente, las conexiones con el tronco[4] que no sean confluencias ni bifurcaciones se realizarán **por la derecha** de éste, permitiendo a los conductores concentrar su atención en otras tareas.

Puede suceder que en una entrada al tronco compartida por dos ramales que recogen el tráfico de giro, la intensidad de la circulación procedente de ellos sea superior a la intensidad del tráfico de paso por el propio tronco antes de la convergencia. En este caso, se recomienda que:

- La convergencia se trate como una confluencia[5].

---

[1] Cf. apartado 4.7.1.1.

[2] Tanto el del tronco como el del ramal de entrada.

[3] Este valor corresponde a la anchura de un coche mediano.

[4] A estos efectos solamente, en una conexión concreta tendrá la consideración de tronco la vía que soporte una mayor intensidad de circulación.

[5] Cf. apartado **4.12.3**.

- Alternativa y excepcionalmente, transponer el tronco y el ramal, haciendo que el primero entre por la derecha del segundo (Fig. **3.2-D**). En este caso, en la convergencia no sólo el tronco, sino también el ramal deberá tener dos carriles: si necesitara más, se tratará como una confluencia.

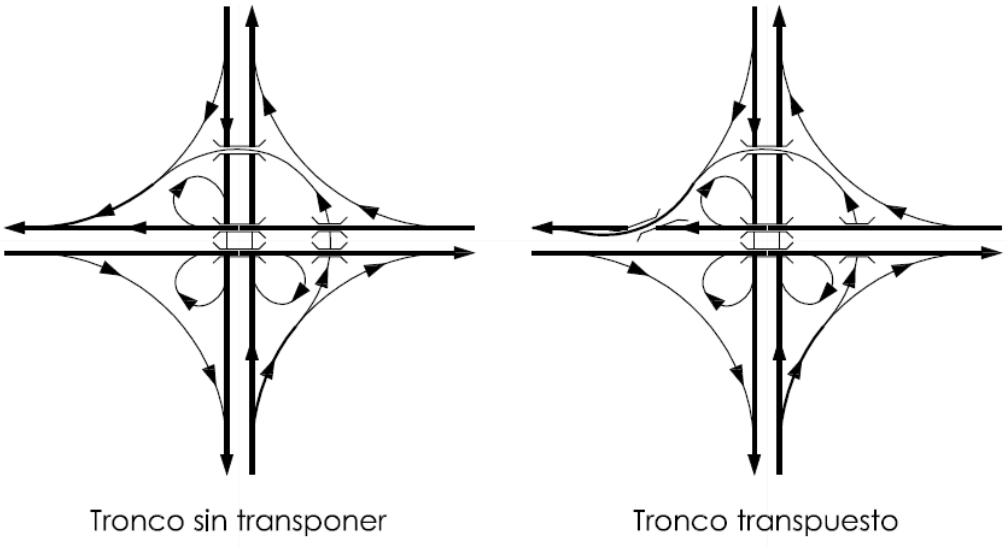


Fig. **3.2-D**

Análogamente, puede suceder que en una salida del tronco compartida por dos ramales que recogen el tráfico de giro, la intensidad de la circulación dirigida hacia ellos sea superior a la intensidad del tráfico de paso por el propio tronco después de la divergencia. En este caso, se recomienda que:

- La divergencia se trate como una bifurcación[1].
- Alternativa y excepcionalmente, transponer el tronco y el ramal, haciendo que el primero salga por la derecha del segundo. En este caso, en la divergencia no sólo el tronco, sino también el ramal deberá tener dos carriles: si necesitara más, se tratará como una bifurcación.

Excepto en el caso de los carriles centrales de espera en las carreteras convencionales[2], las conexiones **por la izquierda** reducen el nivel de servicio y la capacidad en el tronco, pues se producen vacilaciones debidas a:

- Cambios de carril o movimientos de trenzado.
- La presencia de vehículos lentos en el carril izquierdo[3], especialmente antes de una salida[1]: sus conductores no desean fallar la salida o verse impedidos de tomarla.

---

[1] Cf. apartado **4.12.1**.

[2] Cf. apartado **4.5.3**.

[3] Por donde circulan los vehículos rápidos.

- Un tráfico más turbulento en las convergencias. Un conductor situado en el lado de la izquierda del vehículo ve con dificultad a los que se acercan por la derecha, y tiene que depender más de los retrovisores para encontrar un hueco.

Se ha comprobado que las conexiones por la izquierda presentan una seguridad menor que las conexiones por la derecha. La utilización simultánea de conexiones por ambos lados en un mismo itinerario, sobre todo si la velocidad es elevada, no responde a las expectativas de los conductores y les provoca incertidumbre.

En las carreteras con calzadas separadas no se admitirán conexiones que necesiten carriles de cambio de velocidad en el lado izquierdo de la calzada[2]: esos casos deben ser tratados como bifurcaciones o confluencias[3]. Si hubiese más de una calzada por sentido[4] lo anterior sólo se aplicará al lado izquierdo de las centrales; pues en las calzadas laterales el ramal de transferencia[5] se conecta por la izquierda. A no ser que salgan de un carril propio o que entren a él, los ramales de transferencia necesitan carriles de cambio de velocidad. Los conductores de la calzada lateral esperan la presencia de una salida por la izquierda al ramal de transferencia[6]; en cambio, la entrada a la calzada lateral desde el ramal de transferencia se recomienda que se haga a carril propio.

Para que sea admisible una conexión por la izquierda que no sea una bifurcación o una confluencia[7], tiene que haber una razón excepcionalmente importante:

a) En algunos casos se puede recurrir a una configuración simétrica a las del tipo **1-P** (Fig. **3.2-E** apartado **3.2.5.4.3.**) ó **2-PP** (Fig. **3.2-F** apartado **3.2.5.4.4**); pero en estos casos no debe ser relevante el número de vehículos pesados que entren o salgan por la izquierda efectuando trenzados.

b) Si la intensidad de la circulación por el tronco es inferior a la correspondiente al ramal, se pueden transponer el tronco y el ramal, haciendo que el primero conecte por la derecha del segundo[8]. En estos casos, el ramal debe tener al menos dos carriles en la convergencia: si necesitara más, se tratará como una confluencia.

---

[1] Si la salida es por la derecha, los conductores más lentos permanecen en el carril derecho.

[2] Apartado **7.4.4.1** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[3] Cf. apartado **4.12**.

[4] O sea, en un sistema de calzadas centrales y laterales (Cf. apartado **1.3**).

[5] Cf. apartado **4.16.2**.

[6] Además, los conductores lentos pueden quedarse en la calzada lateral, sin tomar el carril de transferencia hacia la central.

[7] E incluso en estos casos, se recomienda que salga o entre por la derecha la vía menos importante, sobre todo en lo relativo al tráfico. Cf. apartado **4.11**.

[8] Realmente, el conductor percibe que es el tronco el que conecta por la derecha del ramal.

En las carreteras de calzada única, en sus salidas por la izquierda hacia un carril central de espera[1] se prestará especial atención a la señalización de orientación, que tiene que ir dispuesta encima de la plataforma; la señalización previa debe ser redundante.

3.2.5.4.2. Número de carriles

Si una conexión necesitara tres o más carriles, será tratada como una bifurcación o una confluencia [2]. Entre ese número y el de carriles del tronco, tanto antes como después de la conexión, se cumplirán los requisitos relativos al número básico de carriles de paso en el tronco[3], y al equilibrio entre unos y otros[4].

3.2.5.4.3. Conexiones de un solo carril

Lo más habitual es que la conexión tenga **un solo carril**. En este caso, se pueden dar varias configuraciones (Fig. **3.2-E**):

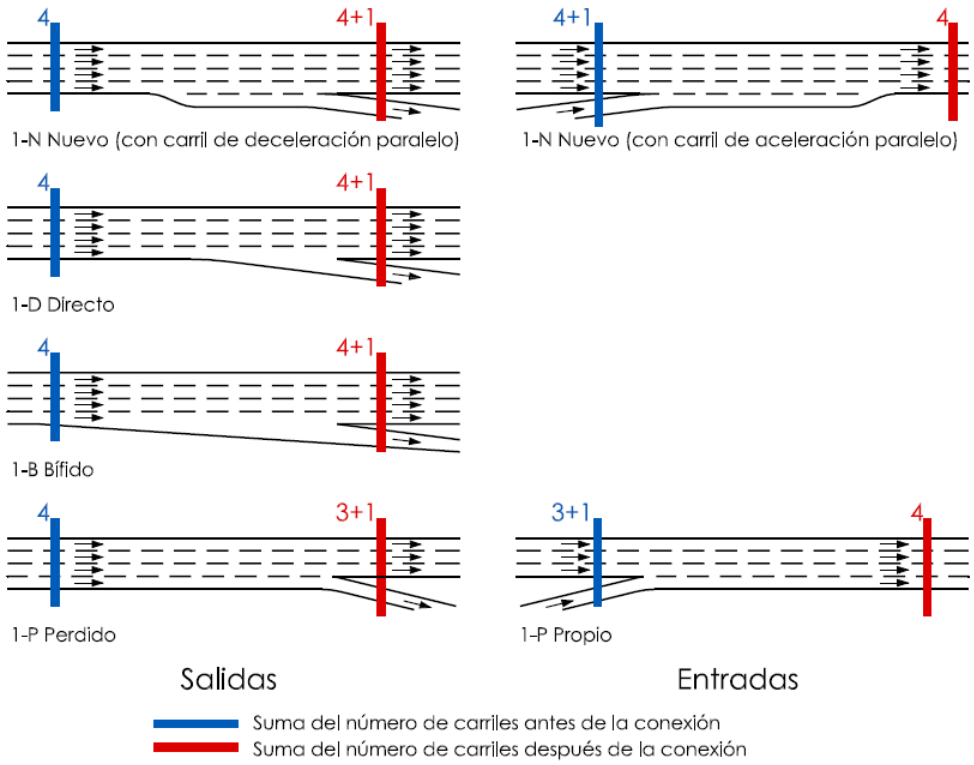


Fig. **3.2-E**[5]

---

[1] Cf. apartado **4.5.3**.

[2] Cf. apartado **4.12**.

[3] Cf. apartado **4.3.2.2**.

[4] Cf. apartado **4.3.3**.

[5] En esta figura, las marcas representadas para separar carriles son meramente indicativas. Las marcas viales correctas se indican en las figuras del apartado **9.4**.

a) Si el número de carriles del tronco después de la conexión es igual al que tenía antes de ella[1], por ser escaso el tráfico relacionado con esta última:

- Lo normal[2] es que el carril de cambio de velocidad sea de tipo paralelo: en un tramo localizado se introduce un carril **nuevo** (**1-N**). Esta configuración se aplica tanto a salidas como a entradas.
- Excepcionalmente y previa expresa justificación, en una salida de un solo carril se puede disponer un carril de deceleración directo, siempre que su longitud[3] resulte menor de 180 m (**1-D**).
- Si el trazado de la salida y de la vía siguiente a ella permite prescindir del carril de deceleración, la velocidad a la altura de la *nariz* debe ser prácticamente la misma que en el tronco. En este caso, se puede disponer un carril bífido (**1-B**), cuya longitud es muy superior a la de un carril de deceleración directo.

b) Si el número de carriles del tronco después de la conexión es inferior en una unidad al que tenía antes de ella, por ser intenso el tráfico relacionado con la conexión, en una salida de un solo carril queda **perdido** el carril derecho del tronco; y en una entrada de un solo carril se entra a un carril **propio** situado a la derecha del tronco (**1-P**).

- No se deben emplear salidas con carril perdido si es elevada la proporción de vehículos lentos en el tronco; pues pueden intentar cambiarse de carril en el último momento, para seguir por el tronco.
- Como en una salida con carril perdido no se evidencia un carril de deceleración[4], la velocidad a la altura de la *nariz* debe seguir siendo suficientemente elevada; y la señalización debe tanto subrayar la presencia inmediata de la salida como prohibir cambios de carril de última hora para proseguir por el tronco.
- Si las intensidades que entran son elevadas se puede producir congestión: en este caso es preferible que el ramal entre a carril propio.

En una salida de un solo carril, una vez bien rebasada la *nariz* el ramal o la vía colectora - distribuidora pueden ganar un carril[5]. Se recomienda que este carril adicional se añada por la izquierda, con una transición muy corta.

Donde un ramal o una vía colectora - distribuidora tenga dos carriles y resulte necesario que la entrada al tronco tenga sólo uno[1], se recomienda que esa pérdida de carril se haya completa-

---

[1] El caso más frecuente.

[2] En el caso de una entrada, es obligatorio.

[3] Cf. apartado **4.10.1**.

[4] Aunque se decelere al final del carril que se pierde.

[5] Cf. apartado **4.6.4.1**.

do, como muy tarde, antes de llegar al cebrado de la *punta*, y de manera que las sucesivas convergencias estén lo más separadas posible. En esa pérdida de carril la prioridad puede corresponder al carril situado más a la derecha, o al situado más a la izquierda:

- En general, es mejor que cedan el paso los conductores que circulen por el carril izquierdo del ramal: sus vehículos suelen ser más rápidos y manejables, y la maniobra es análoga a la que se produce al final de un carril adicional para vehículos rápidos. Además, los conductores de los vehículos pesados que circulan por el carril derecho suelen ser reacios a ceder el paso.
- No obstante, donde la intensidad sea elevada pero sea baja la proporción de vehículos pesados, puede resultar preferible que cedan el paso los conductores que circulen por el carril derecho, pues en él son menores las velocidades, y los conductores están más acostumbrados a que se pierda el carril derecho.
- Conviene adoptar una pauta consistente: un conductor acostumbrado a que la prioridad la tenga el carril izquierdo no suele esperar que la tenga el carril derecho.
- El cierre del carril tiene que tener una longitud no inferior a la recorrida en 3 s a la velocidad específica del elemento del trazado donde se halle.

3.2.5.4.4. Conexiones de dos carriles

Para una mejor explotación, puede estar justificado disponer una conexión de **dos carriles** por alguna razón como las siguientes:

- Que se conecte con un ramal de dos carriles, en el que la intensidad de la circulación, en el año horizonte, sea superior a la consignada en la Tabla **4.6-M**[2].
- Siempre que la intensidad del tráfico lo justifique, en las conexiones de alta velocidad entre autopistas, a fin de aprovechar mejor la capacidad de los ramales[3].
- En las conexiones con una vía colectora - distribuidora en la que el número de carriles básicos[4] sea superior a la unidad.

En las salidas de dos carriles puede haber problemas si en el tronco es elevada la proporción de vehículos lentos que intenten cambiarse de carril en el último momento, para seguir por él.

Se pueden dar varias configuraciones[1] (Fig. **3.2-F**):

---

[1] O, con más generalidad, si el ramal tiene más de un carril y resulta necesario que la entrada al tronco tenga uno menos.

[2] Cf. apartado **4.6.4.1**.

[3] Es probable que una salida de un solo carril compartida por dos ramales (correspondientes a destinos opuestos por la autopista transversal) se congestione y tenga problemas de inseguridad. Lo mismo ocurre con una entrada compartida.

[4] Cf. apartado **4.3.2.2**.

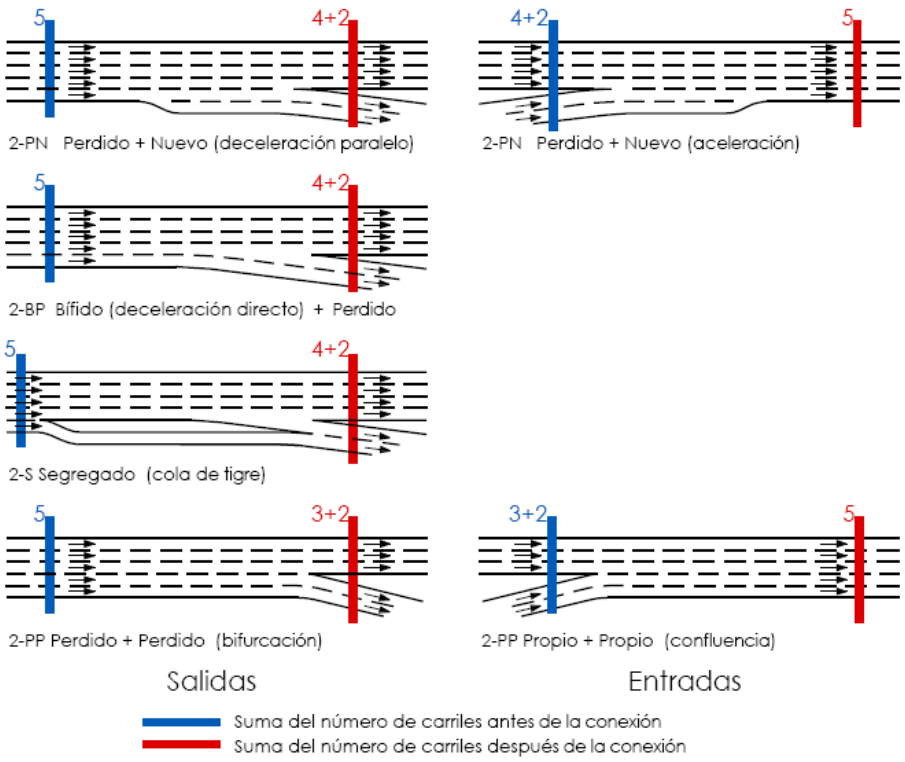


Fig. **3.2-F**[2]

a) Una (**2-PN**) corresponde a que en una salida quede **perdido** el carril derecho del tronco, prolongado en el carril izquierdo del ramal; o a que en una entrada se entre desde el carril izquierdo del ramal a un carril **propio**, que forma el carril derecho del tronco. Este carril perdido o propio puede ser uno adicional introducido anticipadamente, para observar las reglas de continuidad de los carriles básicos y de equilibrio del número de carriles[3]. El carril derecho del ramal conecta con un carril de cambio de velocidad, de tipo paralelo: en un tramo localizado se introduce un carril **nuevo**.

En el caso de una salida, es preciso observar que entre los dos carriles que van a salir puede haber una diferencia de velocidades: el carril nuevo es percibido como de deceleración, mientras que en el que se pierde no se percibe la necesidad de decelerar. Esta inconsistencia es menos perceptible en una entrada, pues los conductores de ambos carriles ya saben que tienen que acelerar.

---

[1] No se ha planteado la que se habría denominado **2-NN**, porque no cumpliría las reglas de equilibrio del número de carriles (Cf. apartado **4.3.3**).

[2] En esta figura, las marcas representadas para separar carriles son meramente indicativas. Las marcas viales correctas se indican en las figuras del apartado **9.4**.

[3] Cf. apartados **4.3.2.2** y **4.3.3**.

b) En otra configuración (**2-BP**, sólo para salidas), el carril izquierdo del ramal procede del segundo carril (contado a partir del borde derecho) del tronco, que se ha bifurcado; mientras que el derecho corresponde a que resulta **perdido** el carril derecho del tronco, el cual puede ser uno adicional introducido anticipadamente para observar las reglas de continuidad de los carriles básicos y de equilibrio del número de carriles.

La bifurcación del segundo carril del tronco se hace de la forma siguiente:

- La parte izquierda se dispone contigua, por la derecha, a los demás carriles del tronco, que prosiguen más allá de la *nariz*.
- La parte derecha se dispone contigua, por la izquierda, al carril derecho del tronco, que se pierde en la salida.

Como en ninguno de los dos carriles que salen se evidencia un carril de deceleración[1], en ambos la velocidad a la altura de la *nariz* debe seguir siendo suficientemente elevada[2]; y la señalización debe tanto subrayar la presencia inmediata de la salida como prohibir cambios de carril de última hora para proseguir por el tronco.

c) Si la proporción de los vehículos que giran es superior al 40 %, y la de vehículos pesados es elevada, y a estos últimos conviene sacarlos del tronco lo antes posible, se recomienda segregar anticipadamente el carril exterior[3]: lo cual permite dos oportunidades de divergencia en una sola salida, más corta que una bifurcación. En esta configuración (**2-S**), también denominada *cola de tigre*[4], el carril segregado está separado del resto del tronco por una isleta encauzadora no materializada, de una longitud mínima del orden de 200 m y de una anchura[5] mínima de 1,20 m, junto a la cual no se dispondrán arcenes. La segunda salida podrá adoptar una configuración del tipo **1-N**, **1-D** ó **1-B** (Fig. **3.2-E**).

Se recomienda:

- Que la segunda divergencia resulte visible desde antes de la primera.
- Que se preste una especial atención a la señalización.

Esta configuración se puede alcanzar remodelando alguna de las anteriores.

d) Una cuarta configuración (**2-PP**) corresponde a que, en una salida, queden **perdidos** (o a que, en una entrada, se ganen como **propios**) los dos carriles que salen

---

[1] Aunque se decelere al final del carril que se pierde.

[2] El diseño del carril que sale debe permitir esa velocidad.

[3] Adoptando generalmente para esta salida una configuración del tipo **1-N**, **1-D** ó **1-P** (Fig. **3.2-E**).

[4] Por el aspecto de la isleta encauzadora y de su cebrado.

[5] Excepto en los extremos. Cf. apartado **9.4.2**.

(o que entran); pero en este caso se está prácticamente ante una bifurcación (o una confluencia)[1].

3.2.5.5. Funcionamiento de una salida

En una **autopista**, si la intensidad $\mathbf{I_T}$ (veh. lig. eq./h) del tráfico por el tronco antes de la zona perturbada por la salida[2] rebasa los límites de la Tabla **3.2-A**, presumiblemente se verá excedida la capacidad del tronco, con lo que se formarán colas antes de la zona perturbada y habrá congestión.

TABLA **3.2-A**

VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL TRONCO (km/h)	**INTENSIDAD EN EL TRONCO EN EL SENTIDO CONSIDERADO** (veh. lig. eq./h)			
	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO			
	2	3	4	> 4
90	4500	6750	9000	2250 / carril
100	4600	6900	9200	2300 / carril
110	4700	7050	9400	2350 / carril
120	4800	7200	9600	2400 / carril
130	4900	7350	9800	2450 / carril

Para estudiar el funcionamiento de la zona perturbada se podrán emplear los métodos descritos en el Anexo **#5**.

Se recomienda que la densidad media en condiciones normales, habida cuenta del factor de hora punta, no rebase 17 veh. lig. eq./km por carril, ni 22 veh. lig. eq./km por carril en condiciones extraordinarias[3].

Más allá de la *nariz* de la salida, si tráfico que sigue por el tronco rebasa los límites de la Tabla **3.2-A**, en función del número de carriles, presumiblemente se verá excedida su capacidad: por lo que habrá congestión.

Para que un vehículo que abandona una **carretera convencional prioritaria** pueda girar a la derecha[1]:

---

[1] Cf. apartado **4.12**.

[2] A más de unos 500 m antes de la *nariz.*

[3] Cf. apartado **1.7.3**.

1. Hay que disponer un carril de deceleración si la vía prioritaria presenta al menos una de estas características:
    - Calzadas separadas, aunque se trate de una carretera convencional.
    - Una velocidad de proyecto no inferior a 80 km/h.
    - Una velocidad de proyecto no inferior a 60 km/h, y una **IMD** superior a 1500 veh.
    - Previa justificación, en otros casos.
2. En los demás casos, hay que disponer una cuña de salida[2].

3.2.5.6. Funcionamiento de una entrada

En una **autopista**, si la intensidad $\mathbf{I_T}$ (veh. lig. eq./h) del tráfico por el tronco antes de la *punta* de una entrada rebasa los límites de la Tabla **3.2-A**, presumiblemente se verá excedida la capacidad del tronco, con lo que habrá congestión. Para estudiar el funcionamiento de la zona perturbada se podrán emplear los métodos descritos en el Anexo **#6**.

Se recomienda que la densidad media en condiciones normales, habida cuenta del factor de hora punta, no rebase 17 veh. lig. eq./km por carril; ni 22 veh. lig. eq./km por carril en circunstancias extraordinarias[3].

Más allá de la zona perturbada por la entrada (a más de unos 500 m de la *punta*), el tráfico total será la suma de $\mathbf{I_E}$ (el que procede de la entrada) e $\mathbf{I_T}$ (el que había en el tronco antes de la entrada). Si la suma de ambos rebasa los límites de la Tabla **3.2-A**, presumiblemente se verá excedida la capacidad del tronco, por lo que se formarán colas antes de la zona perturbada y habrá congestión.

Si un vehículo que se incorpora a una **carretera convencional prioritaria** gira a la derecha:

1. Hay que disponer un carril de aceleración si la vía prioritaria presenta al menos una de estas características[4]:
    - Calzadas separadas, aunque se trate de una carretera convencional.
    - Una velocidad de proyecto no inferior a 80 km/h.
    - Una velocidad de proyecto no inferior a 60 km/h, y una **IMD** superior a 1500 veh.
    - Previa justificación, en otros casos.

---

[1] Cf. apartado **7.4.4.1** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[2] Cf. apartado **4.9**.

[3] Cf. apartado **1.7.3**.

[4] Cf. apartado **7.4.4.1** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

2. En los demás casos, donde no se pueda disponer un carril de aceleración, la entrada en la vía prioritaria puede estar regulada por una señal **R-1** "Ceda el paso" seguido de una cuña de incorporación[1]; y disponer un carril lateral de espera para poder mirar por el retrovisor desde una posición paralela e incorporarse a la vía prioritaria, puede despejar las demás maniobras desde la vía no prioritaria[1].

3. Donde no pueda haber carril de aceleración ni de espera, hay dos posibilidades:

   - El giro a la derecha puede estar regulado por una señal **R-1** "Ceda el paso" si:

     - La circulación por la vía prioritaria es poco intensa (< 300 veh./h).
     - El número de vehículos que pretenden girar no es excesivo (< 60 veh./h).
     - La visibilidad disponible desde la vía no prioritaria no es suficiente para incorporarse a la prioritaria, a no ser que los vehículos que circulen por ésta reduzcan su velocidad hasta que no sea superior a $\mathbf{V_{85}}$ - 20 km/h.
     - En una intersección existente, la seguridad es buena[2].

     El radio del giro debe ser estricto, para obligar a maniobrar a baja velocidad.

   - En caso contrario, el giro debe estar regulado por una señal **R-2** "*STOP*"; y el trazado no debe obligar a un conductor detenido ante esa señal a volverse más de 130 gon para divisar si viene un vehículo por la vía prioritaria a una distancia no superior a la visibilidad necesaria para la incorporación (Fig. **3.2-G**).

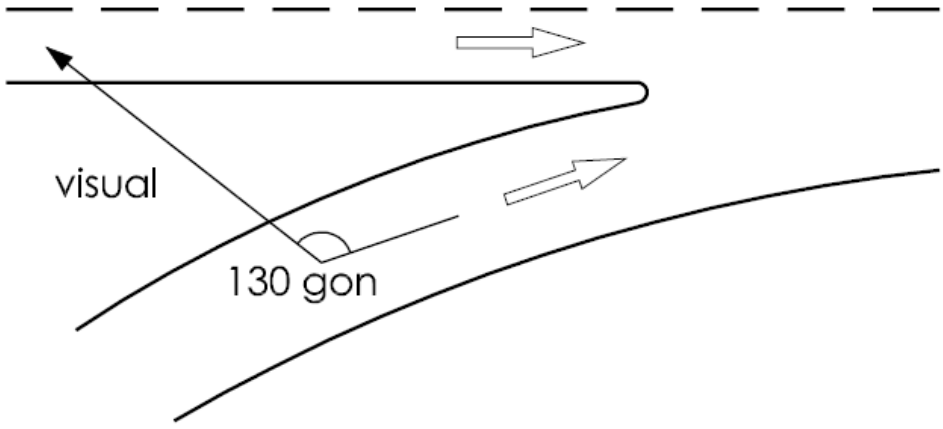


Fig. **3.2-G**

[1] Por ejemplo, para girar a la izquierda desde ella, o para cruzar la vía prioritaria.

[2] Por ejemplo, en algunos países de nuestro entorno se considera que la seguridad es buena si no ocurren más de dos choques frontolaterales anuales en un período de tres años.

3.2.5.7. Nudos a nivel al final de un ramal

La presencia de una intersección o de una glorieta al final de un ramal puede tener un efecto no deseado en su capacidad, y con una demanda muy intensa provocar unas retenciones que retrocedan hacia el tronco del cual sale. Cuanto mayor sea la longitud del ramal, mayor será su capacidad de almacenamiento, y la explotación será más flexible. Según el apartado **7.4.5.1** de la Norma **3.1-IC** "Trazado", la distancia mínima entre la *nariz* y el nudo situado al final del ramal no será inferior a 250 m.

Cuanto mayor sea la separación entre la intersección o glorieta situada al final del ramal, y un acceso u otra intersección[1] contigua, situada en la vía secundaria a continuación de aquélla, mejor será el funcionamiento del ramal. Los movimientos de trenzado en la vía secundaria, provocados por la presencia de un giro a la izquierda en la siguiente intersección o acceso, pueden provocar problemas que repercutan en el ramal. Esto puede llevar a:

- Aumentar la separación hasta unos 150 – 250 m.
- Prohibir esos giros a la izquierda.
- Impedirlos físicamente, incluso, con una barrera a la salida del nudo.

3.2.6. Tramos de trenzado

3.2.6.1. Configuración

Para el análisis del funcionamiento de los tramos de trenzado originados por una entrada seguida de una salida, hay que distinguir en ellos tres tipos de configuración:

1. La más habitual en vías interurbanas es la denominada del tipo **A**, en la que las dos corrientes de tráfico que convergen tienen que efectuar un solo cambio de carril para alcanzar en la divergencia la trayectoria deseada (Fig. **3.2-H**). Puesto que en cualquier caso tienen que cruzar una línea de separación de carriles, los vehículos que se trenzan tienden a concentrarse en los carriles adyacentes a ella; los que no se trenzan se concentran en los carriles exteriores.
2. Ambos flujos de tráfico (el que se trenza y el que no) están así segregados, y la velocidad suele ser apreciable[2]; sin embargo, esta configuración presenta más restricciones a la proporción del tráfico total que se puede trenzar y, por lo tanto, su capacidad es menor que la de las demás.

[1] Un mínimo de 25 m para un acceso menor o una glorieta. Si el nudo en el que termina el ramal es también una glorieta, se constituiría así una glorieta doble.

[2] Aunque dicha velocidad es sensible a la longitud del trenzado, pues los vehículos suelen estar acelerando o decelerando al cruzar la línea de trenzado.

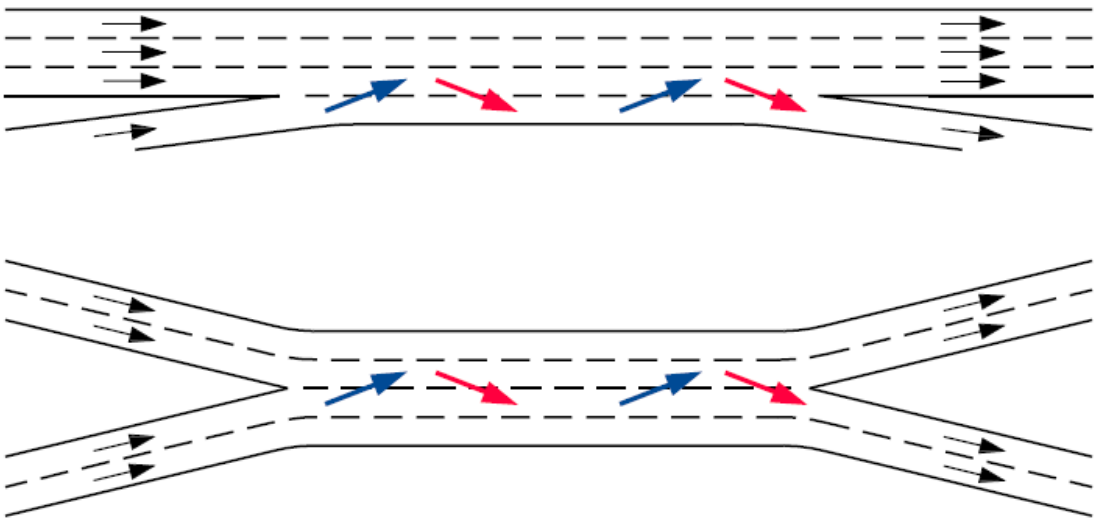


Fig. **3.2-H**

3. En la configuración denominada del tipo **B**, una de las dos corrientes de tráfico que convergen no tiene que efectuar ningún cambio de carril para alcanzar en la divergencia la trayectoria deseada; mientras que la otra tiene que efectuar un solo cambio de carril (Fig. **3.2-I**). Se utiliza para el trenzado uno de los carriles de paso, con lo que es menor la segregación entre los vehículos que se trenzan y los que no se trenzan. Esta configuración, con una salida del tipo **2-BP**, es la más eficaz para manejar las grandes intensidades que se trenzan propias de entornos urbanos y periurbanos; las velocidades son mayores que en las otras dos.

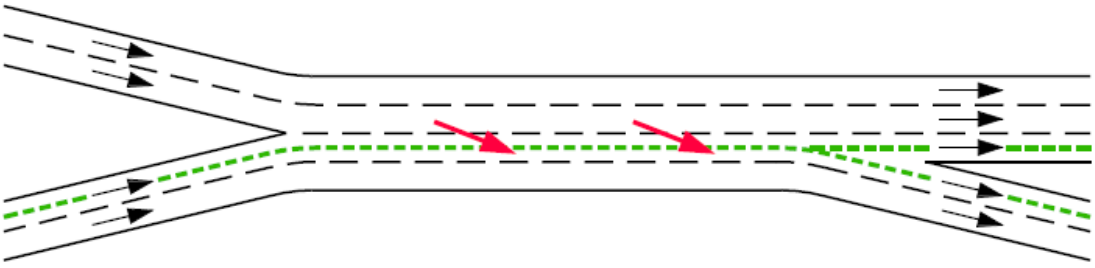


Fig. **3.2-I**

4. En la configuración denominada del tipo **C**, una de las dos corrientes de tráfico que convergen no tiene que efectuar ningún cambio de carril para alcanzar en la divergencia la trayectoria deseada, mientras que la otra tiene que efectuar más de un cambio de carril (Fig. **3.2-J**). También se utiliza para el trenzado uno de los carriles de paso: con lo es menor que la segregación entre los vehículos que se trenzan y los que no. Esta configuración es también propia de entornos urbanos y periurbanos.

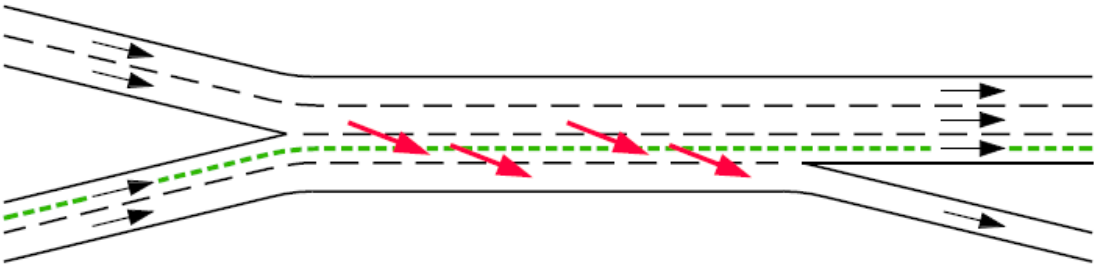


Fig. **3.2-J**

En la Tabla **3.2-B** hay un resumen de la funcionalidad de estas tres configuraciones, y en la Tabla **3.2-C** se indican los límites de utilización del modelo de análisis.

TABLA **3.2-B**

CAMBIOS DE CARRIL PARA EL MOVIMIENTO 2	**CAMBIOS DE CARRIL PARA EL MOVIMIENTO 1**		
	0	1	≥ 2
0	Tipo **B**	Tipo **B**	Tipo **C**
1	Tipo **B**	Tipo **A**	-
≥ 2	Tipo **C**	-	-

TABLA **3.2-C**

CONFIGU-RACIÓN	**NÚMERO DE CARRILES DE LA CALZADA**	**MÁXIMA INTENSIDAD DEL TRENZADO** (veh. lig. eq. / h)	**MÁXIMA PROPORCIÓN** (%) **DEL TRENZADO RESPECTO DEL TOTAL**	**MÁXIMA PROPORCIÓN** (%) **DEL MENOR TRÁFICO DE TRENZADO RESPECTO DEL TRENZADO TOTAL**
A	2	2800	100	-
	3		45	
	4		35	
	5		20	
B	cualquiera	4000	80	
C		3500	50	40

3.2.6.2. Funcionamiento

El trenzado se considera **restringido** si los vehículos que se trenzan no pueden ocupar el número de carriles necesario para realizar el trenzado y, por lo tanto, su velocidad resulta menor. Como no se conoce *a priori* si el tramo funcionará en condiciones restringidas o no, es necesario realizar una comprobación, con arreglo a los métodos del Anexo **#7**.

La densidad media **D** (veh. lig. eq./km por carril) en el tramo, en la hora de proyecto del año horizonte, no debe ser mayor que los límites indicados en la Tabla **3.2-D**.

TABLA **3.2-D**

CIRCUNSTANCIAS	TRONCO	VÍA COLECTORA - DISTRIBUIDORA
Normales (nivel **C**)	17 - 22	20 - 23
Extraordinarias (nivel **D**)	22 - 27	23 - 25

3.2.6.3. Mejora

Los problemas relacionados con el funcionamiento de los tramos de trenzado se pueden resolver:

a) Añadiendo carriles entre ambas conexiones: en particular, prolongando (hasta que se unan) los carriles de cambio de velocidad correspondientes a cada una de ellas. Al disminuir la densidad, aumenta la velocidad.

Estos carriles auxiliares resultan:

- Imprescindibles, si la longitud $\mathbf{L_t}$ del trenzado (o sea, la distancia entre las conexiones) es menor[1] de 500 m.
- Recomendables, si $\mathbf{L_t}$ está comprendido entre 500 y 750 m.
- Generalmente innecesarios, a los efectos del funcionamiento del trenzado, si $\mathbf{L_t}$ es mayor[2] de 750 m.

---

[1] Este valor es el orden de magnitud de la suma de:

- La distancia de aceleración $\mathbf{D_a}$ correspondiente a la entrada.
- Unos 150 m para un cambio de carril.
- La distancia de deceleración $\mathbf{D_c}$ correspondiente a la salida.

[2] A partir de esta longitud, los movimientos de convergencia y divergencia a menudo se segregan, y los cambios de carril tienden a concentrarse cerca de la *punta* y de la *nariz*. La razón por la que el apartado **7.4.5.1** de la Norma **3.1-IC** "Trazado" exige que sea $\mathbf{L_t}$ > 1000 m es la de permitir ubicar sobre el carril de trenzado el segundo cartel de preaviso, a la distancia habitual de 1000 m a la *nariz*.

Incluso si entre una entrada y la siguiente salida se añade un carril adicional de una longitud suficiente[1] para facilitar el cambio de carril, cuando haya mucho tráfico el funcionamiento del tronco puede resultar deficiente, sobre todo si la salida tiene dos carriles. Esto hace, por ejemplo, que no funcionen bien los enlaces en *trébol completo*[2].

b) Aumentando $\mathbf{L_t}$: las velocidades aumentan, y disminuye la frecuencia de los cambios de carril.

Paradójicamente, en las configuraciones del tipo **A** resulta más probable que el funcionamiento resulte restringido al aumentar la longitud del trenzado: pues al aumentar la velocidad de los vehículos que se trenzan, requerirán más separación entre ellos.

En las configuraciones de los tipos **B** y **C** es menor la repercusión del aumento de la longitud en la velocidad de los vehículos que se trenzan:

- En el carril que no requiere cambios, la mezcla de vehículos que se trenzan con otros que no uniformiza las velocidades.
- Las velocidades específicas de las conexiones son mayores[3], y no requieren unos cambios de velocidad tan acusados como en el caso de la configuración del tipo **A**.

c) Suprimiendo algunos de los movimientos, o resolviéndolos de otra manera.

d) Cruzando a desnivel el ramal de entrada de la primera conexión con el de salida de la segunda, lo cual elimina el trenzado (Fig. **3.4-A**).

3.3 Velocidad

3.3.1. Introducción

Desde el punto un punto de vista general, en una infraestructura viaria se puede distinguir dos conceptos de velocidad:

a) La **velocidad operativa**, que es la que se observa que desarrollan los usuarios que recorren los distintos elementos que constituyen la vía, una vez que se encuentra ésta en servicio.

La mayoría de los conductores ajusta su velocidad operativa a las condiciones físicas del entorno[4] y a la densidad de la circulación; y están más dispuestos a

[1] Unos 600 m.

[2] Cf. apartado **5.7.2.3**.

[3] Se trata más bien de bifurcaciones y confluencias.

[4] Incluida la percepción que tienen de la propia carretera.

aceptar una menor velocidad operativa donde perciba unas circunstancias evidentemente adversas, que si no hay una razón aparente para ello. La vigilancia y sanción también pueden tener influencia en su comportamiento.

Para concretar la velocidad operativa hay que matizar claramente las condiciones de su determinación:

- Dado que una misma vía presta servicio en muy diversos regímenes, se suele referir la velocidad operativa a las condiciones más óptimas y claras, que corresponden a unas circunstancias meteorológicas favorables[1] y a un flujo libre de los vehículos[2].

- Por otro lado, hay que especificar qué perfil de usuario se considera representativo del grupo. En este sentido, se suele considerar como patrón el que mantiene una velocidad sólo superada por el 15 % de los vehículos, la cual se asocia a la comodidad de la conducción (y *a fortiori* a su seguridad)[3].

- También es necesario especificar cómo se observa y mide la velocidad. Al pasar por una sección, los vehículos lo hacen a distintas velocidades: hay una distribución temporal de las velocidades operativas. A lo largo de un tramo de carretera, un mismo vehículo mantiene un perfil variable de velocidad (más deprisa en los tramos fáciles, y menos en los complicados): hay una distribución espacial de las velocidades operativas.

  Básicamente se dispone de tres opciones elementales:

  1. Velocidades instantáneas en un tramo concreto de la vía. En los estudios sobre la capacidad y las condiciones generales de la corriente circulatoria[4] se emplean generalmente estos valores **espaciales**.

  2. Velocidades de paso por una sección durante el periodo de observación. Para el diseño de la vía y en los estudios sobre las características de la circulación en puntos concretos (rectas, curvas, acuerdos verticales, nudos viarios, etc.), relacionados con las características del diseño, se emplean generalmente valores **temporales** reducidos, salvo casos especiales, a las velocidades de los vehículos ligeros en situaciones próximas a las condiciones de flujo libre[5].

---

[1] De día y con el pavimento seco.

[2] En ese caso, se corresponde con lo que en Ingeniería de Tráfico se llama **velocidad libre**, con un intervalo mínimo de unos 5 s entre vehículos sucesivos por un mismo carril.

[3] Este planteamiento presupone la existencia de una distribución estadística de la población de velocidades, de la que se extraen muestras.

[4] Nivel de servicio y demás análisis contenidos en el Manual de Capacidad.

[5] Baja intensidad de la circulación, buen tiempo, luz diurna, etc.

3. Tiempos de recorrido de un tramo concreto en el periodo de observación[1].

b) La **velocidad de diseño**, utilizada para proyectar los elementos de la vía. Se trata de un concepto *a priori*, puesto que la vía no se encuentra todavía materializada. Para su elección se atiende a un proceso de toma de decisiones, ligado a criterios y normas establecidos por el titular de la infraestructura, donde resultan primordiales valoraciones de carácter social como la seguridad y la sostenibilidad del propio sistema de transporte viario[2]. No obstante, la velocidad de diseño también constituye el soporte de una predicción de la velocidad que posteriormente adoptarán los usuarios de la vía; por lo que necesariamente debe tener presente el comportamiento de éstos frente a la infraestructura.

Se trata de un proceso retroalimentado, de forma que si se mantiene el control sobre la infraestructura viaria, su velocidad de diseño debería estar muy relacionada con las velocidades operativas reales, y viceversa:

- Cuando la vía se encuentra en fase de proyecto, se puede estimar la velocidad operativa en cada tramo e incluso en cada elemento, mediante técnicas de simulación.
- En la fase de explotación, la observación directa de las velocidades operativas permite juzgar el nivel de consistencia alcanzado por el diseño.

3.3.2. Velocidades de diseño

3.3.2.1. Velocidad específica

El diseño de cada uno de los elementos de un trazado, tanto de un tramo viario como de un nudo, define la **velocidad específica** de cada elemento. En elementos situados en circunstancias análogas se ha observado que esta velocidad coincide aproximadamente con la que es rebasada por un 15 % de los vehículos cuando, encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

En las transiciones entre elementos contiguos cuya velocidad específica difiera en más de 15 km/h en sentido descendente, muy frecuentes en los nudos viarios, se recomienda facilitarlas mediante ordenaciones de la circulación y ayudas a ella.

---

[1] Velocidad de planeamiento. Cf. apartado **3.3.2.3**.

[2] La Administración dispone de dos estrategias generales: una referida a la hipótesis de una conducción responsable por parte de los usuarios (materializada en recomendaciones); y otra más paternalista, la cual puede adoptar una actitud más coercitiva o más indulgente frente a los errores de aquéllos.

3.3.2.2. Velocidad de proyecto

La **velocidad de proyecto** de un tramo viario se define por la Norma **3.1-IC** "Trazado" como el valor mínimo de las velocidades específicas de sus elementos. Este concepto se puede extender a un nudo, definiendo para él una velocidad de proyecto como la mínima específica de sus elementos constitutivos[1] cuando funcionan en régimen de flujo continuo.

La Fig. **3.3-A** esquematiza el sistema preconizado, en el que cada elemento de la vía tiene una velocidad específica, y la velocidad de proyecto es la menor de las específicas de un tramo[2]. No se han considerado las transiciones de velocidad entre elementos contiguos y, además, se ha supuesto que los usuarios mantienen una velocidad uniforme en ellos.

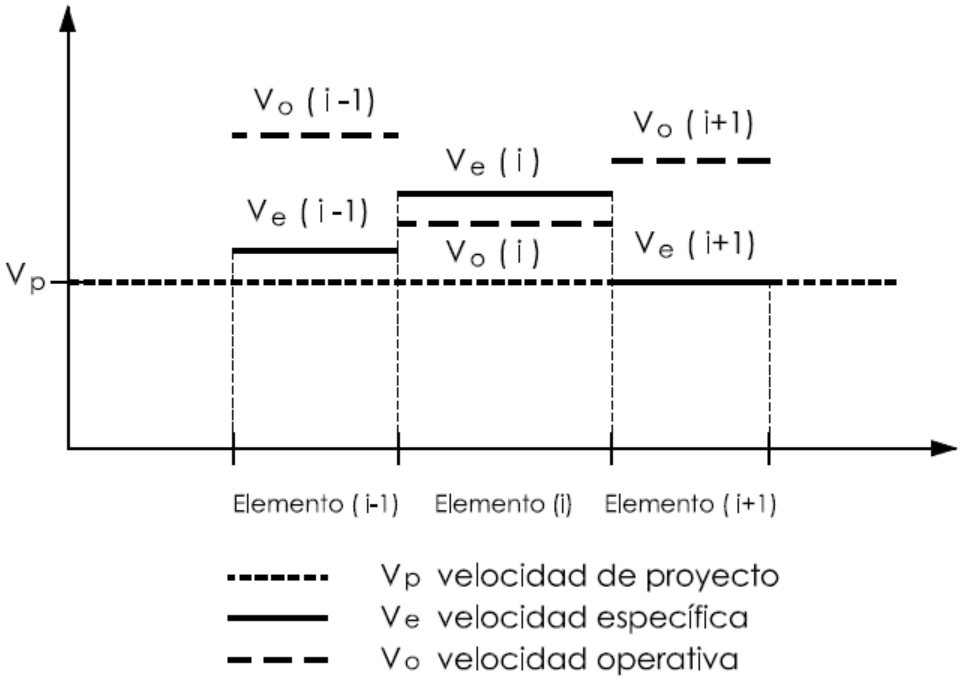


Fig. **3.3-A**

Resulta así que, excepto en el (los) elemento(s) de la vía cuya velocidad específica es la que define la velocidad de proyecto, el diseño de los demás corresponde a una velocidad mayor; y por lo tanto en el subtramo correspondiente la velocidad de proyecto sería también mayor. Esto plantea ciertos problemas a la hora de juzgar la homogeneidad del tramo original.

En la Fig. **3.3-A** se han representado también las velocidades operativas[3].

El concepto de velocidad de proyecto resulta menos representativo en el caso de los nudos viarios.

---

[1] Cf. apartado **4.6.1.3.3**.

[2] El cual debe ser homogéneo.

[3] En algunos casos singulares, la velocidad operativa puede ser inferior a la específica.

3.3.2.3. Velocidad de planeamiento

En un itinerario de longitud apreciable, compuesto por varios tramos, la **velocidad de planeamiento** es la media armónica de las velocidades específicas de los elementos del trazado en planta (Norma **3.1-IC**). Extendiendo este concepto a otros características del trazado (alzado y sección), esta velocidad representaría el cociente entre la longitud del itinerario y el tiempo que tarda en recorrerlo el usuario representativo que define las velocidades específicas.

Es un parámetro muy significativo del planeamiento que, en su momento, habrá sido objeto de un análisis multicriterio para que satisfaga las expectativas de los usuarios en relación con la clase y la función de la carretera.

3.3.3. Velocidad relativa

Dado que la velocidad relativa de los vehículos en conflicto tiene una gran influencia en la gravedad de un accidente, se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- Para evitar las colisiones por alcance en una divergencia, conviene igualar las velocidades de los vehículos cuyas trayectorias se separan: si uno de ellos va a tener que reducir su velocidad o, incluso, detenerse, es necesario disponer un carril de deceleración.
- En una convergencia, se facilita la inserción de unos vehículos en la trayectoria de los otros si son pequeñas las diferencias entre sus velocidades: éste es el fundamento de los carriles de aceleración[1]. Donde sólo se disponga de un carril de espera para un vehículo que entre procedente de una corriente no prioritaria, se recomienda que la longitud de aquél le permita acelerar hasta alcanzar, como mínimo, la velocidad media de la corriente a la que se incorpora: de esta manera sólo tendrán que reducir su velocidad, para no alcanzarle, menos de la mitad de los vehículos de ésta.
- En una intersección regulada por prioridad fija de paso, la velocidad del tráfico prioritario es uno de los principales elementos que determinan la siniestralidad del cruce.

Donde los nudos están bastante separados y las intensidades de la circulación no son muy altas, la velocidad específica del elemento del ramal o vía de giro suele ser bastante inferior a la del tronco, generalmente por su proximidad a otro elemento del ramal o vía de giro cuya velocidad específica es reducida[2]. Esta proximidad puede ser debida a distintas razones, entre las que se cuentan:

---

[1] Cf. Apartado **4.10**.

[2] Una salida a un ramal *en lazo*[2] requiere de forma casi inevitable que al principio del ramal se haya alcanzado ya la reducida velocidad específica del *lazo*.

- No ocupar mucho espacio.
- En una salida, la presencia de una ordenación de la circulación que pueda imponer una detención al vehículo al final del ramal o de la vía de giro: normalmente, una intersección o una glorieta.

En este caso, la conexión se hace a **baja velocidad**[1]; el cambio de velocidad es grande, y toda la deceleración o la aceleración se concentra en el carril de cambio de velocidad; y la configuración[2] más frecuente corresponde a un carril paralelo[3]; aunque si su longitud no rebasa los 180 m, en una salida excepcionalmente se pueden utilizar también carriles directos.

Donde los nudos están más próximos y sean mayores las intensidades de la circulación que utilizan una salida, puede convenir que ésta se realice a **alta velocidad**[4]. Aparecen así en las salidas los carriles *bífidos* o *perdidos*, y en las entradas los *propios*[5]. Como en ninguno de ellos se evidencia un carril de cambio de velocidad[6], en ambos la velocidad a la altura de la *nariz* debe seguir siendo suficientemente elevada[7]; o a la altura de la *punta* ya debe ser suficientemente elevada. Al ser pequeño en ellos el cambio de velocidad, los conductores tendrán que decelerar o acelerar en el propio ramal: una circunstancia que no sólo debe haber sido tenida en cuenta en el diseño, sino que también debe resultar especialmente evidente a los conductores, más por la percepción que tengan del trazado que porque se disponga una señalización específica a tal fin, en cuya observancia no conviene confiar.

3.3.4. Velocidad en los movimientos de paso

En los **enlaces**, el trazado de los movimientos de paso del tronco no debe reducir la velocidad operativa respecto de la que tendrían de no existir el enlace.

En las **intersecciones reguladas por prioridad fija** en principio debería regir el mismo criterio, para lo cual su diseño debe incluir los carriles de cambio de velocidad y los de almacenamiento que resulten necesarios. Sin embargo, para disponer de suficiente visibilidad de cruce o de giro[8] puede resultar necesario moderar la velocidad operativa de los movimientos de paso, sobre todo si son prioritarios o pueden serlo en el futuro. En estos casos, se recomienda evitar los diseños que puedan favorecer una elevada velocidad de los movimientos de paso, como por ejemplo:

---

[1] Menos de 80 km/h.

[2] Cf. apartado **3.2.5**.

[3] Los carriles de aceleración han de ser todos del tipo paralelo.

[4] Mayor o igual que 80 km/h.

[5] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[6] Aunque se decelere al final del carril bífido o del que se pierde, o se acelere al principio del que se gana.

[7] El diseño del carril que sale debe permitir esa velocidad.

[8] Cf. apartado **4.7.2**.

- En un entorno urbano o periurbano, una calzada muy ancha.
- Fuera de poblado, un número excesivo de carriles de paso[1].
- El abuso de los carriles especiales para girar a la derecha, que resultan cómodos pero aportan muy poco a la capacidad, y pueden dar la impresión de una gran amplitud, al tiempo que dificultan el cruce de los usuarios vulnerables.
- En algunos entornos urbanos o periurbanos se han introducido inflexiones en el trazado[2] o estrechamientos en la calzada, variando el aspecto general de la vía y de su entorno.

En las redes secundarias (urbanas o no), la fijación de itinerarios prioritarios claramente identificables puede contribuir a un nivel elevado de velocidad de paso por los nudos viarios. Este efecto se puede disminuir:

- Estudiando las intersecciones una por una, a los efectos de fijar la prioridad.
- Utilizando otros tipos de nudo (glorietas, semáforos, prioridad a la derecha) que eviten la prioridad sistemática de un itinerario.

En la aproximación a **intersecciones reguladas por semáforos** o a **glorietas**, la velocidad operativa se debe disminuir a un máximo de 50 km/h en el primer caso, y de 40 km/h en el segundo.

3.3.5. Velocidades en los giros

3.3.5.1. Vías de giro

En una intersección de una carretera convencional regulada por prioridad fija, si un giro a la derecha desde la vía no prioritaria hacia la prioritaria está regulado por una señal **R-2** "*STOP*", se realiza a velocidad de maniobra[3]. Se puede considerar que la incorporación a la vía prioritaria se realiza a partir del vehículo detenido.

En una intersección regulada por prioridad fija, si un giro a la derecha desde la vía no prioritaria hacia la prioritaria está regulado por medio de una señal **R-1** "Ceda el paso", la velocidad a la

[1] Cf. apartado **4.3.1**.

[2] Fuera de poblado, y con velocidades operativas mayores, las inflexiones en la planta de la vía prioritaria pueden provocar la pérdida del control del vehículo. Si se decide utilizarlas, las desviaciones laterales de la trayectoria deben resultar claramente perceptibles, creando una tensión visual.

[3] Cf. apartado **2.3.2.1**.

que se recorre la vía de giro puede ser moderada[1]. Donde se disponga de espacio suficiente, se puede diseñar para una velocidad normal[2].

En los giros a la izquierda, las consideraciones sobre velocidad son análogas, *mutatis mutandis*, a las realizadas para los giros a la derecha.

3.3.5.2. Ramales

En las autopistas[3] los conductores están acostumbrados a velocidades relativamente elevadas, y los ramales que requieren una disminución de la velocidad[4] pueden causar problemas de fluidez y de seguridad.

a) En un ramal para girar a la derecha que conecte dos autopistas, se recomienda que ningún elemento tenga una velocidad específica inferior en más de 20 km/h a la del tronco del que sale. Asimismo, se recomienda que en las bifurcaciones de una vía de altas prestaciones y en las salidas que tengan más de un carril, la velocidad específica de la primera curva no sea inferior en más de 20 km/h a la específica del tronco del que sale.

b) En los demás casos es muy frecuente que, para no ocupar mucho espacio, haya que limitar la curvatura de algún elemento del ramal, imponiendo unas velocidades específicas menores subrayadas por una señalización que debe resultar creíble. Lo mismo ocurre en zonas urbanas donde sea apreciable la presencia de peatones. Se recomienda entonces analizar la variación de las velocidades operativas a lo largo del ramal, teniendo en cuenta los criterios siguientes:

- Por medio de un carril de deceleración[5] de configuración y longitud adecuadas, se puede pasar de la velocidad específica del tronco a la altura de la sección $\mathbf{s_{s/1,5}}$ a la correspondiente al primer elemento del trazado del ramal. Donde la segunda difiera de la primera en más de 45 km/h, como suele ocurrir en los ramales *en lazo*, las limitaciones impuestas por el trazado de dicho primer elemento deberán ser claramente perceptibles desde el inicio del carril de deceleración. La advertencia mediante una señalización puede no ser suficiente.
- Si el primer elemento del trazado del ramal no fuera el de menor velocidad específica de todo dicho trazado, más allá de él se podrá decelerar cómodamente

[1] Cf. apartado **2.3.2.2**.

[2] Cf. apartado **2.3.2.3**.

[3] Sobre todo en las interurbanas.

[4] Más de 30 km/h.

[5] Cf. apartado **4.10**.

hasta alcanzar el elemento de menor velocidad específica[1]. La deceleración sólo podrá tener lugar en las clotoides de salida y en las alineaciones rectas, y se recomienda que el rozamiento longitudinal medio en ella movilizado no exceda de 0,15.

- Se recomienda que la mínima velocidad operativa en estos tipos de ramal de enlace esté relacionada con la menor velocidad específica de los troncos que conecta, según se indica en la Tabla **3.3-A**[2]. Donde sea elevada la proporción de vehículos pesados, especialmente de los articulados, se desaconseja adoptar valores bajos.

TABLA **3.3-A**

LA MENOR DE LAS VELOCIDADES ESPECÍFICAS DE LOS TRONCOS (km/h)	**MÍNIMA VELOCIDAD OPERATIVA EN EL RAMAL** (km/h)		
	Fractil 50	Fractil 70	Fractil 85
50	20	30	40
60	30	40	50
70	40	50	60
80	40	60	70
90	50	60	80
100	50	70	90
110	60	80	100
120	70	90	110
130	80	100	120

En los giros a la izquierda, las consideraciones sobre velocidad son análogas a las realizadas para los giros a la derecha.

La configuración de un ramal está relacionada con su velocidad de proyecto. En la Tabla **3.3-B** se consignan las velocidades de proyecto más frecuentes correspondientes a diversos tipos de ramal.

---

[1] Que determinaría la velocidad de proyecto del ramal si se le considerase un tramo de carretera y se le aplicara dicho concepto igual que en la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[2] Se exceptúan los ramales *en lazo*, para los que velocidades de proyecto superiores a 40 km/h conducen a ocupaciones excesivas del terreno.

TABLA **3.3-B**

TIPO DE RAMAL	VELOCIDAD DE PROYECTO MÁS FRECUENTE (km/h)[1]
Lazo	40
Directo a derechas	60
Asa interior	60
Semidirecto	60
Círculo	80
Asa exterior	80
Directo a izquierdas	80

c) Por último, en ciertas configuraciones de nudos viarios algún ramal termina en otra vía de manera que puede haber necesidad de detenerse[2]. En estos casos:

- Al final del ramal la velocidad específica de los elementos no suele resultar determinante. Se recomienda analizar la variación de las velocidades operativas a lo largo del ramal, con los mismos criterios que en el caso **b)**.
- En la zona del ramal ocupada por una retención se supondrá que la velocidad será nula; y un vehículo detenido en ella deberá ser visible desde otro que se aproxime por el ramal a la velocidad operativa analizada, de manera que éste se pueda detener con comodidad.

3.4 Interacciones entre nudos contiguos

3.4.1. Generalidades

El funcionamiento de una carretera depende en buena medida de la separación entre sus nudos y, en especial, entre sus conexiones. Se pueden producir problemas si la separación entre dos conexiones sucesivas es escasa, pues se pueden influir entre sí, perturbando su funcionamiento y el del tronco. Excepto en el caso de una salida seguida de una entrada, en las zonas urbanas la seguridad es mayor por encima de una separación[3] de 500 m. En el apartado

[1] En zonas urbanas se pueden reducir en 10 km/h.

[2] Por la presencia de una glorieta o de una intersección en la que el ramal pierda la prioridad o haya un semáforo.

[3] Medida entre *narices*, *puntas*, o cualquier combinación de éstas.

4.11.2 se realiza un análisis más detallado de estas distancias, en el que intervienen las longitudes de los carriles de cambio de velocidad, las distancias necesarias para el trenzado, y las necesidades de la señalización de orientación.

Por otro lado, la ubicación de los nudos de una red viaria suele ser una consecuencia de la ordenación del territorio, ya sea histórica o sea fruto de una planificación deliberada. La explotación fluida y segura de ésta depende, en gran medida, de la separación entre nudos contiguos:

- Cuanto mayor sea la separación entre sus nudos, más se asegura la **movilidad** de largo recorrido en un itinerario.
- En las vías cuya función principal es la **accesibilidad** al territorio, la frecuencia de nudos es una característica habitual.
- Los nudos demasiado próximos pueden dar lugar a una disminución de la **seguridad** vial.

La concepción y el diseño de un nudo viario dependen, en gran medida, de unas circunstancias técnicas (funcionales, físicas, y ambientales) que son específicas de su emplazamiento.

Lo ideal es que un nudo:

- Tenga una sola salida por sentido en cada pata, y que el reparto del tráfico entre los diferentes destinos se realice después de dicha salida. Esto simplifica la tarea del conductor y las decisiones que tiene que tomar, y mejora la eficiencia del nudo; también simplifica la señalización de orientación. Sin embargo, en algunos casos puede resultar necesario disponer dos salidas, como ocurre en algunos enlaces *semidireccionales* o *direccionales*[1] en los que no haya sitio para disponer una vía colectora – distribuidora.
- Tenga una sola entrada por sentido en cada pata, y que la concentración del tráfico procedente de varias entradas se haya efectuado con anterioridad. Sin embargo, en algunos casos puede resultar necesario disponer dos entradas, como ocurre en algunos enlaces *semidireccionales* o *direccionales*[2] en los que no haya sitio para disponer una vía colectora - distribuidora.

No siempre es posible disponer una separación ideal entre los nudos de un itinerario, especialmente en las zonas urbanas y periurbanas.

Donde no se puedan respetar las distancias mínimas, una solución es disponer una vía colectora - distribuidora[2].

---

[1] Cf. apartado **5.6.2.3**, **5.6.3** y **5.7**.

[2] Cf. apartado **4.15**.

3.4.2. Zona de influencia y centro del nudo

Las características del nudo (y la percepción de éstas) influyen en los elementos próximos. Desde el punto de vista de la circulación, se puede admitir que la **zona de influencia** de un nudo viario abarca la parte de los tramos viarios que en él concurren situada a menos de 500 m de la *nariz* de la primera divergencia o de la *punta* de la última convergencia.

Se define como **centro** del nudo, para cada calzada de paso, al punto medio del segmento definido por los extremos exteriores de las zonas de influencia de esa calzada.

3.4.3. Conexiones aisladas o combinadas

Además de que la señalización de preaviso de la segunda[1] no interfiera con la de orientación de la primera, desde el punto de vista del tráfico dos conexiones consecutivas se pueden considerar **aisladas** entre sí en el caso de que haya una zona intermedia en la que el tráfico se puede considerar sólo de paso:

a) En el caso de una entrada al tronco y una salida de él situada[2] a continuación, si la distancia entre la *punta* de la primera y la *nariz* de la segunda es tal que:

- La frecuencia de los cambios de carril es análoga a la que hay en el tronco muy lejos de cualquier conexión.
- Ya no se percibe el efecto de la entrada en el tronco.
- No se nota todavía el efecto en el tráfico del tronco causado por la salida.

b) En el caso de dos salidas sucesivas del tronco, si la distancia entre sus *narices* es tal que, inmediatamente después de rebasar la primera salida, no se nota todavía el efecto causado en el tráfico del tronco por la segunda en el carril derecho.

c) En el caso de dos entradas sucesivas al tronco, si la distancia entre sus *puntas* es tal, que inmediatamente antes de llegar a la segunda entrada ya no se nota el efecto de la primera en el tronco.

d) Si un conductor que circule por el tronco de una carretera se encuentra primero una salida de ella y luego[1] una entrada, en la mayoría de los casos ambas conexiones se consideran aisladas. Por esta razón, esta configuración de las conexiones se considera recomendable.

Aunque dos conexiones consecutivas estén aisladas entre sí, es preciso comprobar su funcionamiento, con arreglo a lo previsto en los apartados **3.2.5.5**, **3.2.5.6** ó **3.2.5**.

Si no se pueden considerar aisladas, las conexiones se considerarán **combinadas**:

---

[1] En el sentido en el que se recorre la carretera.

[2] Sin ninguna conexión intermedia.

a) En el caso de una entrada al tronco y una salida de él situada a continuación, su funcionamiento sufrirá algunas turbulencias en el tramo de trenzado situado entre ellas, y se reducirán tanto la capacidad como el nivel de servicio. A este respecto, son especialmente perturbadoras las conexiones de dos carriles.

b) En el caso de dos salidas sucesivas del tronco, se verán disminuidas las posibilidades que tiene éste de alojar la circulación correspondiente a la primera salida; se producirán algunas turbulencias en el tramo situado antes de ella; y se reducirán tanto la capacidad como el nivel de servicio. A este respecto, son especialmente perturbadoras las salidas de dos carriles.

c) En el caso de dos entradas sucesivas al tronco, se verán disminuidas las posibilidades que tiene éste de alojar la circulación correspondiente a la segunda entrada; se producirán algunas turbulencias en el tramo situado entre ellas; y se reducirán tanto la capacidad como el nivel de servicio. A este respecto, son especialmente perturbadoras las entradas de dos carriles.

d) En el caso de una salida del tronco seguida de una entrada a él, ambas conexiones se considerarán aisladas si la distancia entre la punta y la nariz no es inferior[1] a 250 m. Si el tronco perdiese un carril después de la salida podría suceder que, con tráfico intenso, la presencia de la entrada provocase unas turbulencias[2] que disminuyeran ligeramente la capacidad de la salida.

3.4.4. Autopistas

3.4.4.1. Generalidades

Si entre el cruce (a desnivel) de dos vías transversales con una autopista hay menos de 2 km, generalmente será necesario adoptar una de las medidas siguientes:

- Que alguna de esas vías no tenga enlace con la autopista.
- Que se una el último carril de aceleración de un enlace con el primer carril de deceleración del enlace contiguo, dando lugar a un carril adicional de una longitud mínima de 1000 m entre la *nariz* y la *punta*[3].
- Que se adopte alguna de las soluciones siguientes (representadas en la Fig. **3.4-A**):

---

[1] Apartado **7.4.5** de la Norma **3.1-IC** "Trazado". Este mismo apartado prevé reducir la distancia mínima a 125 m si ambas conexiones pertenecen al mismo enlace, para permitir una señalización de orientación más sencilla.

[2] Por los vehículos que pretenden cambiar de carril anticipadamente para que no les perturben los que van a entrar.

[3] Disposición indicada en la Fig. **7.4.b** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

- Vías colectoras - distribuidoras, y anidamiento de los ramales de salida del tronco por una parte, y de los de entrada por otra.
- Enlaces parciales unidos por vías colectoras - distribuidoras.
- Cruce a desnivel de ramales pertenecientes a los dos enlaces.

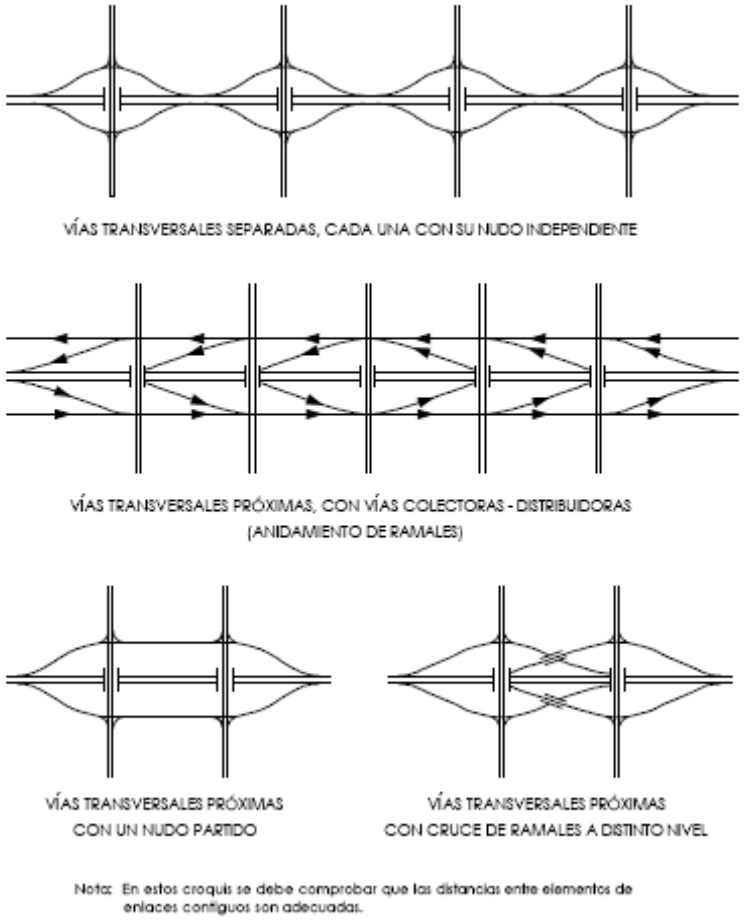


Fig. **3.4-A**

3.4.4.2. Interurbanas

Al pasar una autopista junto a poblaciones o a través de ellas, suele ser preciso disponer enlaces que atiendan al tráfico por ellas generado o absorbido, si tiene suficiente entidad. Para poblaciones pequeñas, basta con disponer un solo enlace; pero las grandes requieren más de uno.

Su emplazamiento depende de las circunstancias específicas de cada población; pero en general, esos enlaces deben conectar con vías:

- Que se consideren un elemento esencial de la red viaria urbana.
- Que tengan una continuidad clara.

- Que permitan su fácil ampliación, si fuera necesaria.

También conviene disponer enlaces en las proximidades de las zonas en las que el uso del suelo sea muy intenso y se genere o absorba mucho tráfico: por ejemplo, los desarrollos comerciales, industriales, educativos, recreativos, etc. La planificación territorial debe haber previsto esta circunstancia, así como la imputación de los costes de la modificación de la red viaria afectada a los beneficiados por dicha modificación.

El artículo 8.3 de la Norma **3.1-IC** "Trazado" fija, salvo expresa justificación en contrario, entre dos enlaces aislados una separación mínima[1] de 6 km para las carreteras con calzadas separadas y para las de calzada única que se vayan a duplicar, y de 2 km para las de calzada única que no se vayan a duplicar.

En las zonas periurbanas, de a menudo incierta delimitación y generalmente compleja solución, puede resultar difícil adoptar los mismos estándares que en las interurbanas; pero esto no significa que, sin más, se puedan adoptar los correspondientes a las zonas urbanas.

3.4.4.3. Urbanas

En las zonas urbanas, las características de la circulación y el comportamiento y las expectativas de los conductores son distintas de las que tienen en las autopistas interurbanas, permitiendo una menor separación entre sus enlaces:

- Las velocidades suelen ser menores.
- Los desplazamientos son más cortos.
- Las intensidades de la circulación son mayores.
- Los conductores están acostumbrados a adoptar una serie de acciones alternativas en rápida sucesión, y prevén la necesidad de hacerlo.

Como una orientación, se puede considerar que la separación mínima[2] entre los enlaces de una autopista urbana puede estar entre 1,5 y 3 km.

- Si la separación es inferior, el funcionamiento del tronco se puede ver perjudicado, perdiendo su capacidad de recoger tráfico de las vías que cruza y de distribuirlo a éstas; además, la siniestralidad del tronco tiende a aumentar. Se puede adoptar alguna de las disposiciones de la Fig. **3.4-A**.
- Si la separación es mayor, normalmente no se dará un servicio adecuado a las necesidades del desarrollo urbano. En este caso, la solución debe considerar el ca-

[1] Medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximas.

[2] Medida entre los puntos que equidistan de los extremos exteriores de las respectivas zonas de influencia (Cf. apartado **3.4.2**).

rácter sistémico[1] de la red, recurriendo a vías colectoras - distribuidoras y a vías de servicio.

Si una autopista urbana conecta con una vía arterial por medio de un ramal, a partir de la *nariz* de la salida debe haber una distancia suficiente a la primera intersección de la vía arterial para que las retenciones formadas por ella no lleguen a la *nariz*, con un mínimo[2] de 250 m. Este límite se podrá reducir justificadamente donde se salga de una vía colectora - distribuidora, o de la calzada lateral de un sistema de calzadas centrales y laterales; pero habrá que tener en cuenta el espacio necesario para la señalización y para su percepción por los conductores.

3.4.5. Carreteras convencionales

3.4.5.1. Interurbanas

En la separación entre nudos viarios, incluidos los correspondientes a la conexión de vías colectoras - distribuidoras, la de vías de servicio y la de accesos[3], se tendrá en cuenta preferentemente su influencia en el nivel de servicio y en las condiciones de seguridad de la circulación. Asimismo, se contemplarán los planes o proyectos de ampliación, mejora, variación y cualquier otra obra en la carretera que puedan afectar a dichos nudos o a su explotación, en un futuro no superior a diez años.

a) En la separación entre **intersecciones** que no sean glorietas se tendrán en cuenta:

- La distancia entre la sección característica final de una cuña de incorporación o, en su caso, de un carril de aceleración, y la sección característica inicial de la siguiente cuña de salida o, en su caso, del siguiente carril de deceleración[4].
- La distancia entre la sección característica inicial de una cuña de salida o, en su caso, de un carril de deceleración, y la sección característica inicial de la siguiente cuña de salida o, en su caso, del siguiente carril de deceleración[4].
- La distancia entre la sección característica final de una cuña de incorporación o, en su caso, de un carril de aceleración, y la sección característica final de la siguiente cuña de incorporación o, en su caso, del siguiente carril de aceleración[4].
- La distancia entre la punta de una isleta separadora y la nariz de la siguiente. Si el tramo viario entre la punta y la nariz sólo tiene un carril, esta distancia debe ser suficiente para que haya al menos una oportunidad de adelantamiento.

---

[1] Cf. apartado **1.3**.

[2] Cf. apartado **7.4.5.1** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[3] Especialmente los correspondientes a las instalaciones de servicios y suministros, y a las actuaciones urbanísticas.

[4] Cf. apartado **4.10**.

Al remodelar una intersección existente de cuatro patas regulada por prioridad fija, especialmente si es *en* ***X*** [1], por el procedimiento de disponer sobre la vía prioritaria dos intersecciones *en T* desalineadas[2], no se tendrán en cuenta los cuatro puntos anteriores, sino lo previsto en el apartado **4.2.1.2**.

b) La separación entre dos **glorietas** consecutivas puede ser tan reducida, que lleguen a constituir una glorieta doble[3].

En cualquier caso, se comprobará que la longitud y el número de los carriles de la pata que une dos glorietas consecutivas son suficientes para que las colas que se formen a la entrada de la segunda no alcancen la salida de la primera durante más de 200 h en el año horizonte.

c) Entre una glorieta y una intersección situada antes de ella, se tendrán en cuenta los tres primeros puntos del apartado **a)** anterior, considerando que la salida de la glorieta equivale a la sección característica inicial de una cuña de salida.

Entre una glorieta y una intersección situada después de ella, se tendrán en cuenta los tres primeros puntos del apartado **a)** anterior, considerando que la entrada a la glorieta equivale a la sección característica final de una cuña de incorporación.

En cualquier caso, se comprobará:

- Que la longitud y el número de los carriles de la pata que une una glorieta y una intersección situada antes de ella, son suficientes para que las colas que se formen a la entrada de la glorieta no alcancen la sección característica final de la cuña de incorporación o, en su caso, del carril de aceleración de la intersección, durante más de 200 h en el año horizonte.
- Que la longitud y el número de los carriles de la pata que une una glorieta y una intersección situada después de ella, son suficientes para que las colas que se formen la sección característica inicial de la cuña de salida o, en su caso, del carril de deceleración de la intersección, no alcancen durante la salida de la glorieta durante más de 200 h en el año horizonte.

d) En cuanto a los **enlaces**, serán de aplicación las consideraciones del apartado **3.4.4**.

Al igual que en el caso de las autopistas, en las zonas periurbanas, de incierta delimitación y generalmente compleja solución, a menudo resulta difícil adoptar los mismos estándares que en las interurbanas; pero esto no significa que, sin más, se puedan adoptar los correspondientes a las zonas urbanas.

---

[1] Cf. apartado **5.3.2**.

[2] Cf. apartado **5.3.3**.

[3] Cf. apartado **5.4.2.3**.

3.4.5.2. Urbanas

En las vías arteriales con calzadas separadas, se recomienda que la separación mínima entre una intersección que permita todos los giros, y otra menor que sólo permita girar a la derecha[1], sea de unos 100 m.

Donde la separación entre las intersecciones no permita una explotación adecuada, se pueden contemplar las siguientes mejoras:

- Disponer la vía arterial en sentido único.
- Dejar los accesos de menor importancia como calles sin salida.
- Impedir los giros a la izquierda en algunas de las intersecciones.

A lo largo de una vía de servicio urbana o de la calzada lateral de una vía arterial urbana, se recomienda que la separación mínima entre intersecciones adyacentes sea del orden de 60 m. En las vías residenciales, esa separación mínima se puede bajar a 40 m si las intersecciones sólo tienen tres patas.

En las intersecciones reguladas por semáforos, la duración de las distintas fases, y los desfases entre dos semáforos sucesivos, se suelen establecer mediante unos sistemas de control del tráfico que tienen en cuenta las variaciones de la demanda y tratan de optimizar en cada momento el funcionamiento del sistema.

En algunas vías arteriales, la separación entre las intersecciones está relacionada con la duración del ciclo de los semáforos y con la velocidad de avance prevista para que un grupo de vehículos no se tenga que detener ante cada uno de ellos, estableciendo una “onda verde” en ambos sentidos.

En este caso, la separación mínima[2] es del orden de 200 m, y puede interferir[3] el avance de la “onda verde”; sólo se puede aplicar:

- En vías arteriales de poca importancia, en las que no sea tan importante optimizar la movilidad.
- Donde el uso del suelo sea muy intenso, o las restricciones de espacio impidan otras soluciones.

---

[1] Es decir, que no comporte un cruce de la mediana.

[2] Esta separación permite disponer dos carriles auxiliares centrales de espera para girar a la izquierda en ambas intersecciones.

[3] Tanto, que puede resultar preferible no regular por semáforos alguna de las intersecciones.

3.5 Acomodación de usuarios especiales

3.5.1. Vehículos pesados

3.5.1.1. Curvas estrictas

En general, a los vehículos pesados (y en especial, a los articulados) las fuertes aceleraciones transversales causadas por la brusca aparición de curvas de pequeño radio, como las que hay en las vías de giro y en algunos ramales, les causan problemas de estabilidad: si la velocidad es excesiva se suele provocar una perturbación que a menudo termina en un vuelco precedido, en el caso de los vehículos articulados, por un quiebro o *tijera*.

Para evitarlo, se recomienda:

- Disponer unos carriles de deceleración cuya longitud sea suficiente para absorber la diferencia entre las velocidades específicas del tronco y de la vía de giro o del ramal.
- Comprobar las condiciones de quiebro[1] y de vuelco.
- No disponer bordillos en el lado exterior de las curvas, que puedan favorecer el vuelco.
- Evitar situar una curva estricta al pie de una pendiente, donde los vehículos llegan con mayor velocidad.
- Cuidar la resistencia al deslizamiento del pavimento.

3.5.1.2. Paso por glorietas

Los vehículos pesados (y sobre todo, los articulados)[2] pueden volcar o perder su carga al pasar por algunas glorietas. Este tipo de accidente no suele causar víctimas mortales, pero sí gastos de limpieza, congestiones y demoras, aparte de los daños materiales sobre los vehículos implicados y, en su caso, sobre la infraestructura o sus dotaciones.

Donde se presentan estos problemas, además de una velocidad inadecuada e incluso de una defectuosa estiba de la carga, puede concurrir alguna de las siguientes circunstancias:

- Una inflexión inadecuada a la entrada de la glorieta, que permite acceder a ella a una elevada velocidad.

---

[1] Un vehículo articulado pierde su configuración estable si el rozamiento transversal movilizado por el eje trasero de su cabeza tractora es superior a 0,25. Esto puede tener lugar a velocidades bastante bajas si el radio es pequeño, como ocurre en los ramales en lazo.

[2] Y también las caravanas remolcadas.

- La presencia de tramos rectos en la calzada anular que conducen a unas curvas estrictas e inesperadas.
- La necesidad de efectuar un giro brusco para tomar una salida.
- Una inclinación superior al 4 % de la línea de máxima pendiente en la calzada anular. Para evitarlo se pueden modificar el peralte de ésta o, incluso, las rasantes de las patas.

3.5.1.3. Plataformas reservadas

Aunque los carriles adicionales para circulación lenta o para circulación rápida constituyen la solución habitual a esta clase de problemas, una proporción muy elevada de vehículos pesados[1] y una alta intensidad del tráfico pueden aconsejar segregar el tráfico pesado del resto, alojándolo en una plataforma separada de la asignada a la circulación general.

En algunos casos en los que se han construido variantes en planta de tramos sinuosos o muy inclinados, se ha obligado a los vehículos pesados a circular por dichos tramos (que se mantienen en servicio). Pero se trata más bien del aprovechamiento de una circunstancia local favorable; y el encaminamiento hacia ellos del tráfico pesado por medio de la señalización no suele resultar bien comprendido.

Una verdadera resolución del problema requiere una duplicación del trazado: uno para los vehículos ligeros, y otro para los pesados[2]. Se deben ajustar cada uno de ellos a las características de los vehículos, por ejemplo:

- Mayores velocidades, y rampas admisibles más inclinadas, para los primeros.
- Menores velocidades, y rampas de inclinación más limitada, para los segundos.

Si la plataforma reservada tiene un trazado independiente, se puede explotar en doble sentido de circulación. Si la plataforma reservada a los vehículos pesados está adosada a la asignada a la circulación general, aunque físicamente separada de ella, se puede dividir en dos semiplataformas de sentido único, una por cada lado; aunque la anchura de cada semiplataforma debe ser suficiente para rebasar a un vehículo momentáneamente detenido. Asimismo se debe prever cómo evacuar un vehículo averiado sin alterar gravemente la circulación por la plataforma.

La plataforma reservada a los vehículos pesados requiere, en general, que todos los cruces de la misma se realicen a distinto nivel.

Otra decisión importante está relacionada con los puntos de embarque a la plataforma reservada, o de desembarque de ella: tanto el inicial y final, como los correspondientes a las vías transversales que se crucen. En algunos casos, un tráfico muy intenso de vehículos pesados

---

[1] Superior, por ejemplo, al 35 %.

[2] Dónde se alojan los autobuses depende de las circunstancias locales.

que giren en un enlace puede obligar a disponer para ellos un ramal adicional también reservado.

3.5.2. Usuarios vulnerables

3.5.2.1. Generalidades

En las zonas urbanas y periurbanas, y aun en algunas carreteras interurbanas[1], se deben tener en cuenta las necesidades de los peatones y ciclistas[2]. Éstos no requieren un permiso para circular, y sus acciones son menos previsibles que las de los conductores.

Los problemas de su interacción con los vehículos motorizados se derivan de dos circunstancias:

- Su menor perceptibilidad por parte de los conductores, sobre todo si se hallan en los ángulos muertos de los retrovisores.
- Las más graves consecuencias de una colisión: si la velocidad relativa en el momento del choque es superior a 50 km/h, las probabilidades de supervivencia son muy escasas.

Es importante reconocer que no todo se puede resolver *a posteriori* mediante el planeamiento viario, sobre todo donde la planificación urbanística no haya previsto adecuadamente su coordinación con aquél. Resulta más difícil alojar con seguridad a estos usuarios vulnerables en la infraestructura viaria si sólo se tienen en cuenta al final, en lugar de tenerlos en cuenta ya desde el inicio del diseño.

La coexistencia total con el tráfico motorizado en una única plataforma requiere que la velocidad de los vehículos sea muy reducida (< 30 km/h); por otro lado, no siempre se logra una segregación total mediante barreras de seguridad o cruces a distinto nivel.

A menudo es necesario disponer de más espacio, y proyectar unos elementos específicos como:

- Aceras para los peatones.
- Carriles reservados para las bicicletas.
- Cruces perpendiculares y marcados de una forma especial.
- Isletas de refugio.
- Señalización específica.
- Semáforos.

---

[1] Que no sean autopistas.

[2] No sólo su número, sino también su origen y destino, por dónde cruzan, y su naturaleza: niños, ancianos, discapacitados, etc.

- Pasos a distinto nivel.
- Discontinuidades protegidas en los pretiles y barreras de seguridad.
- Alumbrado.

3.5.2.2. Peatones

La circulación de peatones en un nudo viario se puede tratar de varias maneras. No conviene simultanear tratamientos distintos en un mismo nudo, pues dificulta la comprensión de su funcionamiento y se presta a confusiones. Para elegir el tipo de tratamiento, se deben tener en cuenta:

- El entorno en el que está situado el nudo: urbano, periurbano o interurbano:
  - Salvo excepciones, fuera de poblado no suele ser necesario tener en cuenta a los peatones.
  - En una zona urbana o periurbana, los peatones están normalmente segregados del tráfico rodado, y circulan por aceras que están separadas de la calzada por bordillos no montables, los cuales marcan un desnivel[1].
- El recorrido peatonal entre los distintos orígenes y destinos, especialmente en los entornos periurbanos:
  - Los peatones tienden a seguir el recorrido más corto posible.
  - Donde haya muchos, se pueden usar vallas para evitar cruces incontrolados: pero éstas no deben impedir la visibilidad a los conductores, ni ser tan largas que obliguen a los peatones a dar rodeos inaceptables.
- La posibilidad de emplear otros pasos cercanos.
- La intensidad del tráfico de peatones.
- La intensidad de la(s) corriente(s) de tráfico rodado y la anchura de la(s) calzada(s) que los peatones tienen que cruzar.
- La presencia de una proporción significativa de niños, ancianos o discapacitados[2], ya sea repartida uniformemente, ya sea concentrada a ciertas horas[3].

---

[1] Excepto en algunas zonas residenciales donde la velocidad está limitada a 30 km/h ó menos, en las que la segregación es menos manifiesta.

[2] Los peatones discapacitados requieren un tratamiento especial:

- Un rebajamiento en el bordillo, que facilite el paso de la acera a la calzada y viceversa sin que una silla de ruedas tenga que franquear ningún escalón superior a 10 mm. Además, la inclinación máxima no conviene que rebase 12H/1V.
- El empleo de un pavimento con una textura que pueda ser reconocida por los invidentes. La frontera con la calzada debe ser marcada por un escalón de 10 mm.

[3] Como ocurre en las proximidades de los centros escolares.

- La situación de las paradas del transporte colectivo. Ésta determina los recorridos de sus usuarios, por lo que conviene coordinarla con la de los pasos para peatones de manera que se reduzca al mínimo el conjunto de recorridos y de medidas de regulación. En un entorno interurbano suele suceder que esos usuarios sean muy escasos, no sólo por ser escasas las circulaciones diarias, sino también por ser bajo el número de viajeros que utilizan la parada en cada una de ellas: por ello no se suele justificar la adopción de una regulación específica.

Los principales tratamientos son:

1. Sin una ordenación específica. Si el tráfico de peatones es poco intenso, como suele ocurrir en un entorno interurbano, esta solución suele ser la preferible.

2. Mediante uno o varios pasos para peatones regulados por una señalización fija (*paso cebra*). Es una solución muy empleada en entornos urbanos, aunque su eficacia disminuye[1] si la anchura del cruce es muy grande (más de 10 m).

   Un *paso cebra*:

   - Aunque de forma muy limitada, advierte a los conductores de la posibilidad de un conflicto con peatones.
   - Modifica el comportamiento de los peatones y les indica el lugar adecuado para cruzar.
   - Puede que no resulte demasiado eficaz para reducir la siniestralidad, si da a los peatones una falsa sensación de seguridad y éstos cruzan sin comprobar que hay un intervalo suficiente entre los vehículos.

   En correspondencia con un *paso cebra*, el bordillo debe disminuir su altura a menos de 1 cm, para permitir el paso de sillas de ruedas.

   La ubicación de un paso cebra debería estar subrayada por una señalización luminosa especial.

   A veces, los *pasos cebra* se combinan con un reductor de velocidad[2].

   Puede resultar interesante disponer:

   - Un estrechamiento localizado de la calzada en correspondencia con el *paso cebra*, aumentando las aceras, y frecuentemente combinado con la presencia de carriles de estacionamiento.
   - Un refugio en una isleta central, de manera que el cruce se pueda realizar en dos fases. Estas isletas deben de estar delimitadas por bordillos no montables, aunque en correspondencia con la trayectoria de las sillas de ruedas, la altura

[1] Más del 60 %.

[2] Cf. apartado **9.7**.

del bordillo se debe reducir[1] a menos de 1 cm. Su anchura no debería ser inferior a 1,8 m, para poder alojar un cochecito de niño o una bicicleta.

- Un pavimento diferenciado, como un adoquinado, o con un color distinto.

Los factores favorables a una reducción de la siniestralidad en los *pasos cebra* son:

- La proximidad del paso a la intersección. La reducción es significativa si la distancia del paso a la prolongación del borde de la vía transversal no supera los 2 m.
- Una gran intensidad de cruce de peatones, que lo hace más perceptible.
- El control del estacionamiento en las proximidades del cruce, que mejora la visibilidad.

3. Mediante pasos para peatones regulados por semáforos. Sus características son análogas a las de los *pasos cebra*.

   Hay opiniones algo encontradas sobre si la instalación de semáforos puede mejorar los problemas de seguridad relacionados con los peatones en un cruce que antes tenía un *paso cebra*:

   - Parece que con semáforos el riesgo es mayor, aunque menor que si no hay ni semáforos ni paso, o si los peatones cruzan lejos de la intersección.
   - Puede que la frecuencia de paso en rojo de los peatones sea elevada, sobre todo si el accionamiento del semáforo corre a cargo de los peatones y éstos tienen que esperar su fase del ciclo.
   - Los semáforos tienen una influencia menor si la velocidad media de los vehículos es inferior a 30 km/h, o donde hay muchos movimientos de giro.

4. Mediante pasos a distinto nivel, superiores o inferiores. Aparte de que es necesario diseñarlos para que puedan ser utilizados por personas con movilidad reducida, a menudo provocan en los peatones una sensación de inseguridad personal que les lleva a rehuirlos.

La **glorieta** es un tipo de nudo poco compatible con un tráfico intenso de peatones[2]:

- En las entradas a la calzada anular, una atención permanente de los conductores a la presencia de peatones les hace perder la agilidad que caracteriza a una glorieta, basada en el aprovechamiento de pequeños intervalos entre vehículos en la calzada anular para insertarse en ésta.

---

[1] Para evitar que los vehículos utilicen el refugio para cambiar de sentido, es frecuente disponer unas balizas que lo impidan, suficientemente separadas para permitir el paso de las sillas de ruedas.

[2] A no ser que la propia glorieta esté regulada por semáforos.

- En las salidas, una gran presencia de peatones puede provocar colas de vehículos que congestionen la calzada anular, impidiendo que antes de entrar se deje salir.

Se recomiendan los itinerarios peatonales segregados de la calzada anular de una glorieta, que crucen los accesos fuera de los abocinamientos: la anchura que el peatón debe cruzar es menor, y la trayectoria de los vehículos resulta más clara.

De ninguna manera se puede permitir el acceso de peatones a la isleta central de una glorieta. Dado que en la calzada anular no se debe estacionar ni permitir la detención de vehículos, se recomienda:

- Disponer un separador lineal[1] en prolongación del arcén derecho, entre el paso para peatones correspondiente a una entrada y el correspondiente a la siguiente salida.
- Que la isleta central esté delimitada por un bordillo infranqueable por los peatones.

Respecto de la marca de detención a la entrada de la calzada anular de una glorieta, se deben situar los *pasos cebra* a una distancia no inferior al espacio ocupado por un vehículo[2]. No obstante lo anterior:

- En glorietas de tamaño reducido situadas en entornos densamente urbanos y con bajas intensidades de vehículos, se podrán situar más cerca de la marca de detención.
- Se situarán a una distancia superior si, en la hora de proyecto, la longitud[3] de las colas que se formen delante del *paso cebra* a la salida de la calzada anular hiciera que ésta se viera invadida. Esta misma condición rige para los pasos para peatones regulados por un semáforo.

Los pasos para peatones regulados por semáforos no suelen dar buen resultado en una glorieta[4]: las entradas de vehículos dejan de ser aleatorias[5], y en las salidas los pasos para peatones se tienen que separar bastante de la calzada anular para no interferir la circulación por ésta: con lo que se alargan los recorridos peatonales. En cualquier caso, se recomienda que los pasos para peatones dispongan de un refugio en la isleta separadora, análogo al descrito para los *pasos cebra*.

En un entorno interurbano, conviene recordar que una glorieta es el único tipo de intersección donde se pueden disponer *pasos cebra*, pues en ella los vehículos deben por fuerza reducir su velocidad hasta unos valores parecidos a los de la circulación urbana. Si los peatones no dis-

---

[1] Preferiblemente ajardinado.

[2] De 4 a 6 m.

[3] Percentil 95.

[4] A no ser que ésta esté también regulada por semáforos.

[5] Dificultando la autorregulación propia de la glorieta.

ponen de una alternativa mejor que la de cruzar a la entrada de la calzada anular, un tráfico muy intenso de vehículos puede provocarles demoras importantes[1] (Fig. **3.5-A**), lo cual requiere aplicar algún tratamiento. Sin embargo, con esas intensidades se producen pequeñas retenciones a la entrada de la glorieta, que facilitan el cruce de los peatones; por ello el tratamiento sólo resulta justificado si el tráfico de peatones supera unos 50 peatones/h, siempre que no se afecte de forma inadmisible a la capacidad del acceso a la calzada anular.

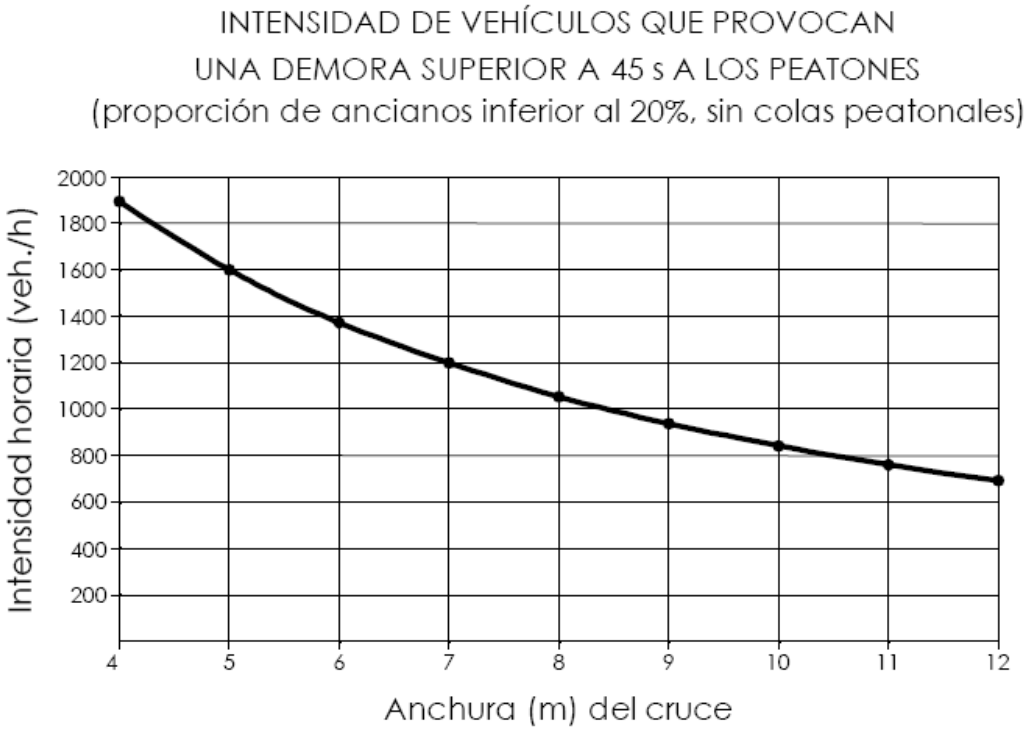


Fig. **3.5-A**

3.5.2.3. Ciclistas

En las intersecciones (e incluso en las glorietas, que se consideran en general muy seguras), los ciclistas[2] son unos usuarios potencialmente vulnerables. Esto se puede deber a que intentan mantener su velocidad, cruzando la glorieta con trayectorias más cortas y de mayor radio; así como a un campo de visión más restringido que el de un coche, que se conduce sin casco.

Para mantener la continuidad del tráfico ciclista se pueden adoptar alguno de los tratamientos siguientes:

1. Compartir el espacio destinado a los vehículos a motor, sin una ordenación especial: lo cual requiere que los ciclos ocupen el centro del carril, como si fueran un vehículo. Este tratamiento sólo es aceptable si la **IMD** no rebasa unos 5000 veh.

[1] No se considera deseable rebasar una demora media de 45 s.

[2] Y aun los motociclistas.

para los vehículos, ni unos 1000 veh. para las bicicletas. Es el único que se puede adoptar en la calzada anular de una glorieta.

2. Compartir el espacio destinado a los peatones, sin una ordenación especial. Este tratamiento sólo es aceptable si el entorno es interurbano y el tráfico de peatones es bajo.

3. Compartir un espacio destinado a los peatones segregado del destinado a los vehículos a motor (*acera bici*).

4. Disponer un carril exclusivo para los ciclos, segregado tanto del espacio destinado a los peatones como del espacio destinado a los vehículos a motor (*carril bici protegido*). Se recomienda este tratamiento siempre que la intersección o la glorieta estén situadas en un itinerario dotado[1] de carriles bici protegidos antes y después de ellas.

En los dos últimos tratamientos, si en las patas de acceso los ciclos circulasen por la calzada[2], la abandonarán antes[3] de llegar a la intersección o la glorieta, mediante un ramal de conexión con la acera.

3.5.3. Transporte colectivo

3.5.3.1. Paradas

Las paradas de los transportes colectivos tienden a situarse cerca de los nudos, porque desde ellos se puede facilitar el trasbordo o el acceso de los viajeros a distintos destinos. En cualquier caso, es preciso conocer la frecuencia de su uso y el tiempo de detención.

La elección del emplazamiento de las paradas, para las que se destina por lo general una zona contigua a la calzada[4], depende de las características del nudo, de la disposición de los pasos para peatones, y de la situación de los destinos finales de los pasajeros. Hay que estudiar las trayectorias de los peatones, reduciendo al mínimo el número de calzadas que tengan que cruzar y la longitud de su recorrido.

No se deben ubicar las paradas del transporte colectivo en correspondencia con carriles de cambio de velocidad, pues los autobuses podrían tener dificultades para reincorporarse al tráfico de paso (carriles de deceleración) o para acceder a la parada (carriles de aceleración). Los conductores de los vehículos de transporte colectivo deben disponer de una visibilidad suficiente para reincorporarse al tráfico.

---

[1] O que se prevea dotar.

[2] Con un carril reservado a los ciclos, o mezcladas con el resto del tráfico rodado.

[3] A más de 10 m de la *nariz* de la isleta separadora.

[4] Para no perturbar el tráfico. Sólo se podrá disponer la parada sobre el propio carril de circulación donde la intensidad de ésta sea muy baja. A este respecto, las entradas de un solo carril resultan, evidentemente, más críticas.

En una **intersección**, la parada del transporte colectivo se puede colocar antes o después de una intersección: la última disposición facilita la reincorporación al tráfico de paso, pero puede bloquear el cruce situado antes de la parada.

En una **glorieta**, en ningún caso se situarán en la calzada anular las paradas de los transportes colectivos, ni habrá ningún carril exclusivo para ellos.

a) Antes de la entrada a la calzada anular, se puede situar una parada a una distancia mínima de 20 m del paso para peatones[1], siempre que éste esté regulado por semáforos (Fig. **3.5-B**).

En entradas de un solo carril, se evitará disponer la parada a la altura de la *nariz* de la isleta separadora[2].

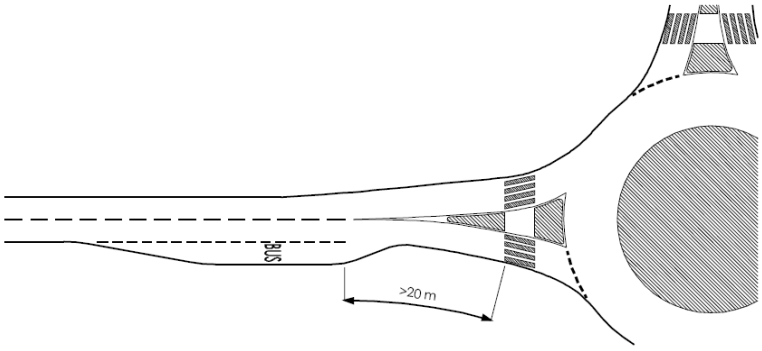


Fig. **3.5-B**

Se recomienda que el carril de la parada se prolongue hasta la entrada a la glorieta (Fig. **3.5-C**).

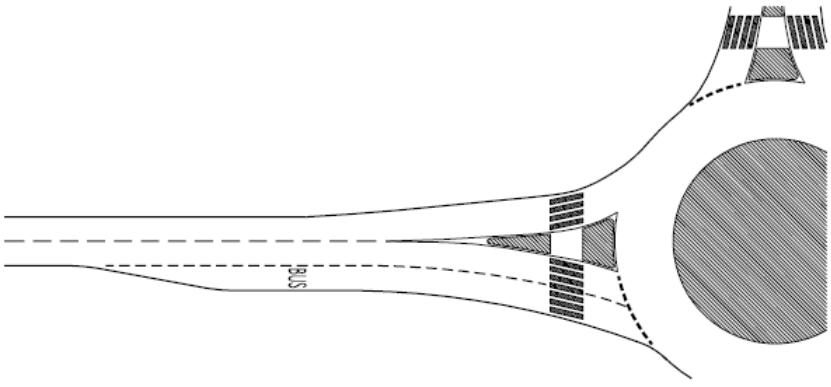


Fig. **3.5-C**

b) En una zona urbana, se puede disponer la parada en un carril segregado[3] (Fig. **3.5-D**), cuyo pavimento conviene que contraste con el del acceso a la glorieta. Este ca-

---

[1] Para evitar que un autobús detenido en la parada impida la visibilidad de los peatones que cruzan.

[2] Para evitar que un vehículo que vaya a adelantar al autobús cuando éste salga se vea empujado hacia la isleta.

[3] Esta configuración impide que el carril segregado sea utilizado por el resto del tráfico.

rril segregado entra a la calzada anular mediante una señal **R-2** de "*STOP*", a diferencia de las demás entradas que están reguladas por una señal **R-1** "Ceda el paso"; esta entrada puede dar origen a problemas si el tráfico es intenso. La isleta entre el carril segregado y el acceso normal a la glorieta debe tener unas dimensiones suficientes para servir de refugio a los peatones.

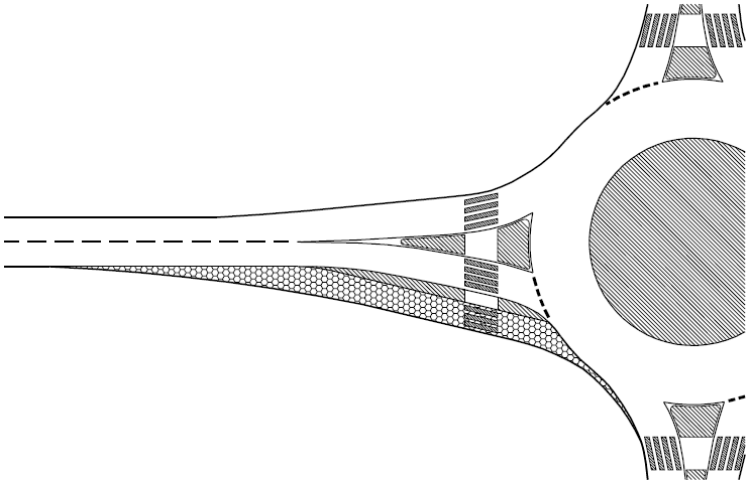


Fig. **3.5-D**

c) Después de la salida de la calzada anular (aunque la velocidad sea mayor), se puede situar una parada más allá del paso para peatones[1] y de manera que no afecte al trazado de la salida. Si no se dispone la parada fuera de la calzada, hay que comprobar que la cola de vehículos retenidos tras un autobús detenido no invadirá la calzada anular en más de un 15 % de las ocasiones.

No es, en principio, aconsejable colocar las paradas de los transportes colectivos en las proximidades de los **enlaces interurbanos**; y en cualquier caso se requiere un detallado estudio de sus trayectorias y de las de los peatones que los utilizan.

- Las paradas deben situarse fuera de los enlaces entre autopistas interurbanas, en una vía de servicio.
- En los enlaces entre una autopista interurbana y una carretera convencional conviene situar las paradas cerca de ésta, pero de forma que la parada quede protegida y se facilite la reincorporación del autobús a la autopista. Si el enlace es *en diamante*[2], la parada puede consistir en un ensanche de la plataforma del propio ramal, o situarse en un carril segregado; generalmente es preferible disponerlo en el ramal de entrada al tronco (Fig. **3.5-E**).

[1] Para no impedir la visibilidad.

[2] Cf. apartado **5.7.2.1**.

En los enlaces *en trébol*[1] o en los *direccionales*[2], la parada resulta más difícil de situar.

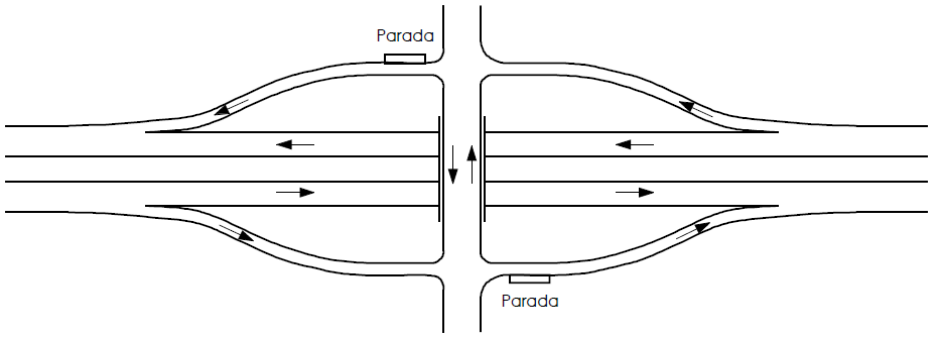


Fig. **3.5-E**

En los **enlaces urbanos o periurbanos**, la actuación de los semáforos puede facilitar una reincorporación segura del autobús a su itinerario. Si hubiera que alojar al transporte colectivo en una autopista urbana, un enlace puede proporcionar un lugar de intercambio entre los autobuses de largo recorrido y otros más locales, o con un estacionamiento disuasorio. Estos intercambiadores se deben colocar lo más cerca posible de una vía transversal que tenga un trazado adecuado y un potencial de tráfico suficiente.

Una posible solución en zonas periurbanas e interurbanas para implantar una parada del transporte colectivo en la intersección de una carretera convencional con otro vial es llevar la parada al vial de inferior categoría (secundario)[3] en un punto no muy alejado y construir allí una glorieta partida en la que se ubicará la parada. De esa manera el autobús sale de la carretera (vial principal), se dirige al vial (secundario) y allí bajan y suben los viajeros, cambia de sentido utilizando la glorieta partida y regresa a la carretera.

3.5.3.2. Plataformas reservadas o restringidas

Lo más frecuente es que los transportes colectivos compartan la plataforma con el resto del tráfico. Sin embargo, donde se desee favorecer la fiabilidad de su tiempo de recorrido cuando la plataforma esté congestionada, se puede disponer una plataforma **reservada** para ellos[4], o una plataforma cuyo uso esté **restringido** en determinadas circunstancias.

Los autobuses urbanos con recorridos relativamente cortos y numerosas paradas suelen disponer de una plataforma que no está físicamente segregada del resto: esta solución es relativamente sencilla, pero su eficacia es muy limitada al no ser respetada su limitación de uso por

[1] Cf. apartados **5.7.2.2**, **5.7.2.3** y **5.7.3.3**.

[2] Cf. apartado **5.6.3** y **5.7**.

[3] Con la necesaria conformidad del Organismo titular del vial de inferior categoría (secundario).

[4] O compartidas exclusivamente con vehículos de alta ocupación.

los demás usuarios[1]. En cambio, los autobuses periurbanos con recorridos relativamente largos y pocas paradas pueden requerir una plataforma físicamente segregada.

Un dato importante es si los tráficos de entrada y salida están equilibrados o no. En el primer caso, habrá una plataforma[2] permanentemente reservada para el transporte colectivo en ambos sentidos, que garantice una adecuada rotación de la flota incluso con el resto de la vía congestionada; en el segundo se puede plantear una vía reversible, adaptada a las necesidades de entrada en la punta matutina, y de salida en la vespertina.

La ubicación definitiva de una plataforma reservada o restringida depende fundamentalmente de la situación de las paradas, y de la mejor adaptación a los puntos más complicados de resolver: pasos por nudos viarios, estructuras, embarques, etc. (Tabla **3.5-A**).

TABLA **3.5-A**

UBICACIÓN		**ADECUADA PARA…**	**ANCHURA DE LA PLATAFORMA**[3] (m)
Plataforma independiente		Corredores con amplio espacio para trazados adicionales. Largo recorrido.	10 - 12
Doble sentido	Por mediana	Entradas y salidas limitadas. Sin paradas en el centro.	9 - 10
	Por terciana	Concentración de población en una margen. Limitación de ampliación del tronco.	
Sentido único	Por terciana	Muchas paradas. Numerosas transferencias con calzadas laterales o vías de servicio.	4 - 6,5
	Por calzada lateral o vía de servicio	Muchas paradas. Pocas conexiones.	

[1] En algunos casos se ha llegado a disponer a contramano la plataforma reservada.

[2] O dos semi-plataformas.

[3] Esta anchura es la máxima, y no incluye el espacio para los sistemas de contención de vehículos, ni otras dotaciones.

La anchura de la plataforma, o la de cada semiplataforma, debe ser suficiente para rebasar a un vehículo momentáneamente detenido. Asimismo se debe prever cómo evacuar un vehículo averiado sin alterar gravemente la circulación por la plataforma.

La plataforma reservada al transporte colectivo requiere, en general, que todos los cruces de la misma se realicen a distinto nivel, aunque en un entorno urbano se puede considerar la posibilidad de que estén regulados por semáforos.

Una cuestión importante para la funcionalidad de una plataforma reservada o restringida al transporte colectivo es que, con independencia de la titularidad del tramo de vía, sean adecuados su comienzo y su final, así como los ramales intermedios de transferencia.

4 Elementos de los nudos

4.1 Número de patas

El número normal de patas de un nudo viario es de tres o cuatro.

En los nudos de más de cuatro patas en los que la ordenación de los cruces se realice por prioridad de paso, incluso si algunos de ellos se realizan a distinto nivel o se regulan por semáforos, se multiplican excesivamente los puntos de conflicto; además, estos nudos resultan confusos. Por ello se deben evitar, modificando el trazado de alguna de las patas de forma que el nudo se transforme en un conjunto de nudos contiguos, cada uno de ellos con tres o cuatro patas (Fig. **4.1-A**).

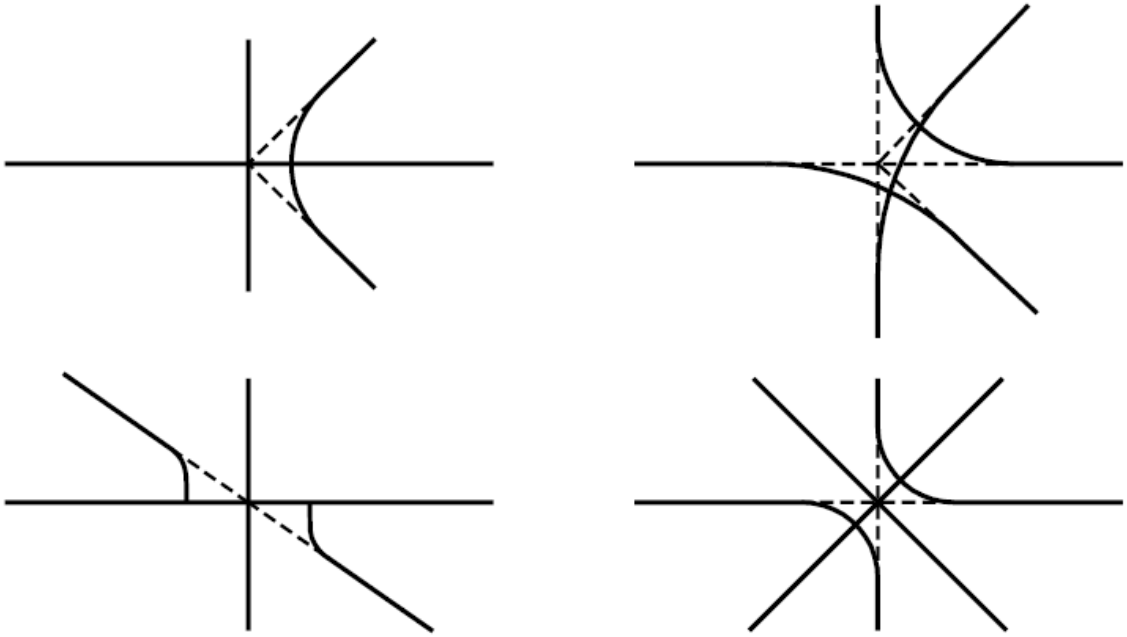


Fig. **4.1-A**

Excepcionalmente, en una glorieta interurbana se puede aumentar el número de patas hasta seis, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- Que dos de las patas sean vías de servicio.
- Que haya suficiente distancia entre cada entrada y la siguiente salida[1].

En una glorieta urbana, especialmente si está regulada por semáforos, el número de patas puede ser mayor.

[1] Cf. apartado **4.2.2**.

Hay que tener cuidado con que una reordenación de los accesos en una carretera no provoque que un nudo (especialmente si se trata de un enlace) aumente el número de sus patas, por ejemplo de tres a cuatro. En este caso, se deberá volver a diseñar y a señalizar el nudo con una nueva morfología, no con el número original de patas, sino con el ampliado.

4.2 Disposición de las patas

4.2.1. En intersecciones

4.2.1.1. Ángulo

En una intersección se recomienda que las patas se crucen con un ángulo lo más próximo posible a uno recto. De esta manera:

- Se mejoran las condiciones en las que los conductores juzgan la distancia y velocidad relativas de los demás vehículos, y deciden si entran en la intersección o no.
- Se reduce el tiempo de cruce de otra trayectoria.

A veces resulta necesario (e incluso ventajoso) disponer el cruce con algo de esviaje: por ejemplo, para favorecer al movimiento de giro más intenso. Sin embargo, conviene que el ángulo de cruce de dos trayectorias esté comprendido entre 80 y 120 gon. En ningún caso el ángulo de cruce debería estar fuera del intervalo 65 - 135 gon. Con ángulos superiores, se trataría de una intersección[1] *en **X***.

Para lograr un ángulo adecuado puede resultar necesario modificar localmente[2] el trazado original de al menos una de las vías, normalmente la no prioritaria o menos importante:

- La solución representada en la Fig. **4.2-A** permite mantener el tráfico por el trazado original mientras se construye el nuevo.
- La solución representada en la Fig. **4.2-B** tiene menos ocupación.
- Si la vía cuyo trazado se mantiene está en curva (Fig. **4.2-C**), se puede trasladar la intersección hacia un tramo recto con mayor visibilidad.

---

1. Cf. apartado **5.3.2**.

2 Cf. apartado **1.4** si ambos viales no son de la misma Administración.

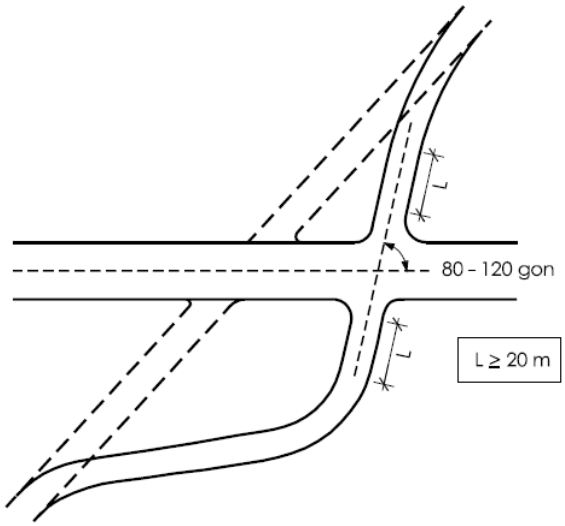


Fig. **4.2-A**

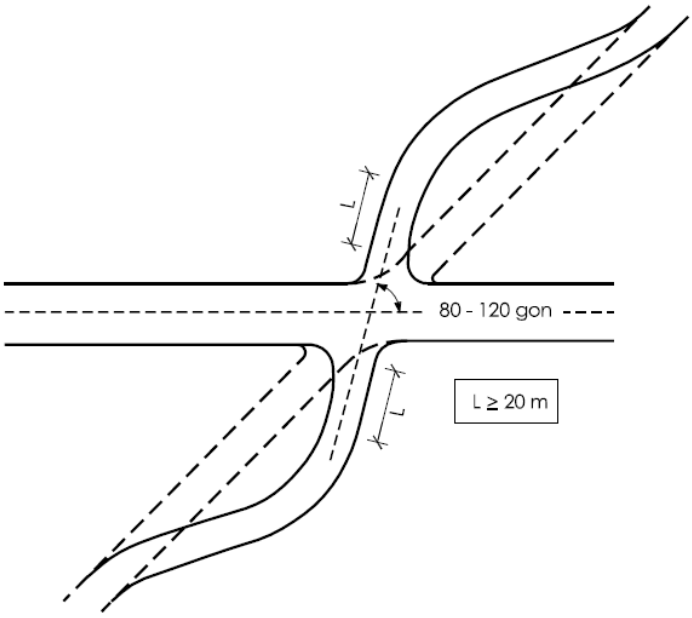


Fig. **4.2-B**

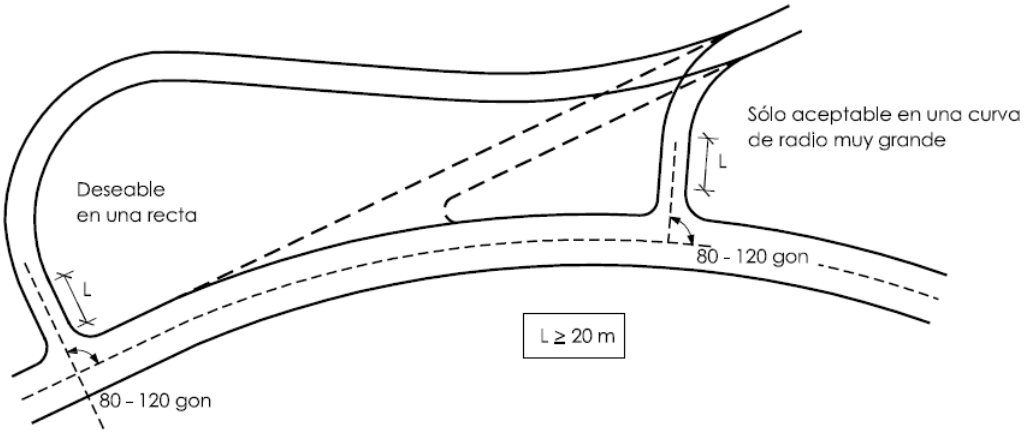


Fig. **4.2-C**

En cualquier caso, conviene dejar en la vía realineada un tramo recto contiguo a la otra, con una longitud mínima de unos 20 m. De esta manera, se mejora la visibilidad disponible. Como conviene que el vehículo que espera cruzar lo haga sobre una rasante poco inclinada, se tiene sitio para acordar las rasantes de ambas carreteras.

El trazado abandonado debe ser integrado en el nuevo diseño de la intersección:

- Si fuera preciso mantenerlo para dar acceso a propiedades colindantes, conviene modificar su alineación original de manera que no se perciba continuidad, y ocultar dicha alineación original mediante unas pantallas[1].
- En caso contrario, su firme deberá ser demolido y las explanaciones acordadas con el terreno colindante, prestando atención al desagüe superficial.

No siempre es conveniente disponer curvas de pequeño radio en la vía cuyo trazado se modifica, para lograr que el ángulo sea más adecuado:

- Los conductores pueden tender a "cortarlas", invadiendo el carril contiguo.
- Las ayudas a la circulación situadas en la intersección pueden quedar tapadas, y requerir la instalación de otras de aviso previo.

4.2.1.2. Cruces desalineados

Una intersección existente de cuatro patas regulada por prioridad fija, especialmente [2] si es *en **X***, se puede remodelar disponiendo sobre la vía prioritaria dos intersecciones *en **T** desalineadas*[3].

4.2.1.3. Zona urbana

En las zonas urbanas a menudo resulta imposible, por falta de espacio, efectuar remodelaciones como las descritas en los apartados **4.2.1.1** y **4.2.1.2**. Si se experimenta o se teme una elevada reducción de la seguridad, puede ser conveniente restringir o eliminar los giros que entrañen más riesgo, o regular la intersección mediante semáforos[4]; se suele requerir también acondicionar las intersecciones adyacentes para acomodar al tráfico desplazado.

---

[1] Mediante un falso desmonte, o unas plantaciones.

[2] Cf. apartado **5.3.2**.

[3] Cf. apartado **5.3.3**.

[4] Hay que tener en cuenta las demoras que esto podría producir en la vía prioritaria.

4.2.2. En glorietas

Se recomienda un espaciamiento uniforme (Fig. **4.2-D**) de las patas a lo largo de la calzada anular[1], de manera que:

- No resulte inferior a 60 gon el ángulo subtendido al centro de la glorieta por dos puntos de intersección de la circunferencia definida por el borde exterior de la calzada anular: uno con la trayectoria más desfavorable de entrada por una pata, y otro con la trayectoria más desfavorable de salida por la pata siguiente (Fig. **4.2-E**).

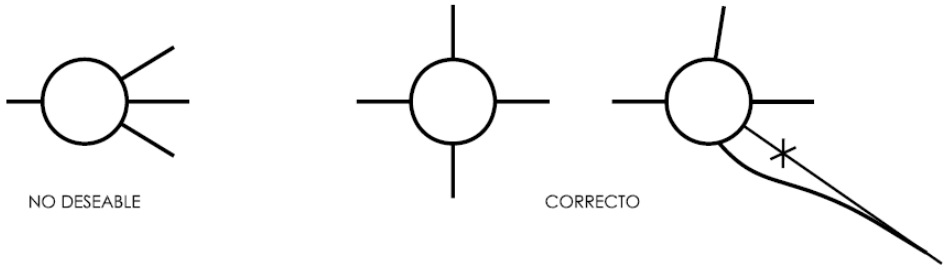


Fig. **4.2-D**

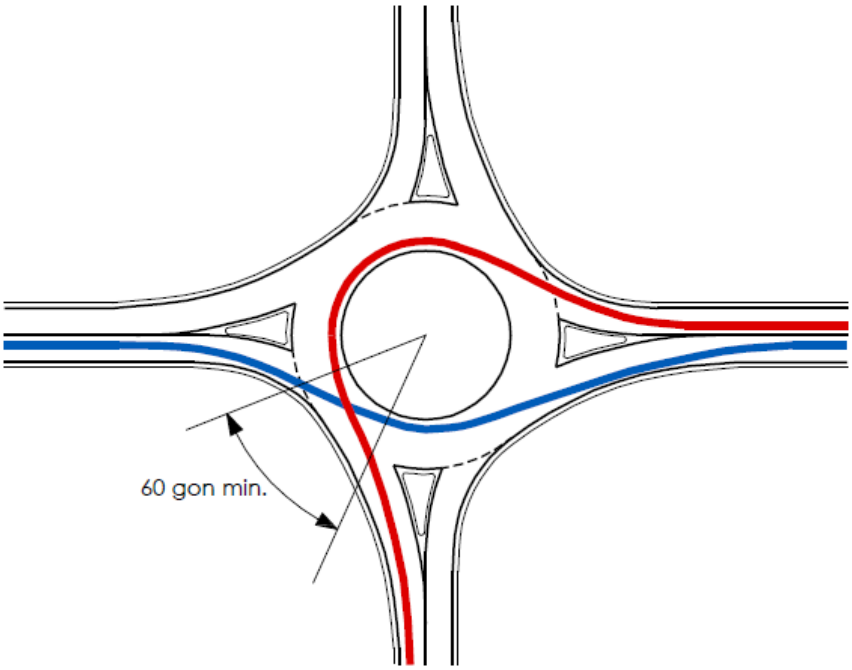


Fig. **4.2-E**

- Se disponga de la visibilidad necesaria[2] tanto en las entradas como en la propia calzada anular.

[1] La probabilidad de un accidente a la entrada de una glorieta disminuye según aumenta el ángulo subtendido, desde su centro, entre una pata y la siguiente (en el sentido del giro).

[2] Cf. apartado **4.7.3**.

- Resulte posible colocar de forma adecuada la señalización de orientación.

En las glorietas existentes se recomiendan los mismos criterios de espaciamiento uniforme preconizados para las glorietas nuevas. Esto puede llevar a remodelar alguno de los accesos.

4.2.3. En enlaces

En los cruces que se resuelven a distinto nivel no hay más limitaciones del ángulo de las vías que se cruzan que las derivadas del esviaje de la obra de paso; hay que tener en cuenta que, cuanto menor sea ese ángulo, mayor será el coste de la obra de paso.

4.3 Movimientos de paso

4.3.1. Trazado

Se recomienda que en un nudo viario (excepto si se trata de una glorieta), los movimientos de paso conserven e, incluso, mejoren las características de su trazado, de manera que se mantenga el nivel de servicio en los tramos viarios afectados a pesar de la perturbación producida por la presencia del nudo.

El trazado de las trayectorias correspondientes a los movimientos de paso debe favorecer su percepción por parte de los conductores, y no plantearles tareas de conducción excesivamente difíciles.

Para acomodar una trayectoria de paso basta con que cruce a las demás con el número de carriles necesario para mantener el nivel de servicio deseado, teniendo en cuenta la ordenación de la circulación utilizada para esos cruces.

En algunas autopistas urbanas o periurbanas, la necesidad de alojar un tráfico muy intenso en un espacio limitado puede aconsejar que se aumente el número de carriles, aun a costa de:

- Reducir los arcenes, empezando por el izquierdo. Puede ser interesante en un tramo corto, para superar un estrechamiento localizado[1]; en tramos muy largos (más de 1,5 km) los resultados ya no parecen tan buenos, y es preciso disponer a intervalos frecuentes unos apartaderos de suficiente longitud. Conviene asimismo comprobar la visibilidad disponible en los nuevos carriles.
- Reducir la anchura de los carriles. La capacidad y la seguridad no disminuyen significativamente si se reduce a 3,25 m en un entorno periurbano; ni a 3,00 m en un entorno urbano. Si hay más de un carril en el sentido considerado, puede ser interesante reducir menos los situados más a la derecha, por donde transitan los vehículos pesados.

[1] Generalmente, el paso bajo una estructura.

- Una combinación de ambas medidas.

Por el contrario, desde el punto de vista de la seguridad en la circulación, en una intersección[1] *en cruz* conviene disminuir la anchura que hay que cruzar, limitando el número de los carriles de paso de la vía prioritaria al mínimo necesario por razones de capacidad[2].

4.3.2. Continuidad

4.3.2.1. Itinerario

Es importante que resulte aparente al conductor la continuidad del itinerario por el que viene transitando, frecuentemente identificado por una numeración o una denominación, tanto en los mapas como en la señalización. Ha de resultar claro que los carriles de paso siguen por él.

Esta condición incluso puede influir en la morfología del nudo. Así por ejemplo, en la Fig. **4.3-A**, la forma del nudo[3] puede resultar adecuada si el itinerario **403** va del Norte al Sur, y el **407** del Este al Oeste; pero no sería adecuada si el itinerario **403** fuera del Norte al Oeste, y el **407** del Este al Sur. En este último caso, sería más adecuada la forma de la Fig. **4.3-B**.

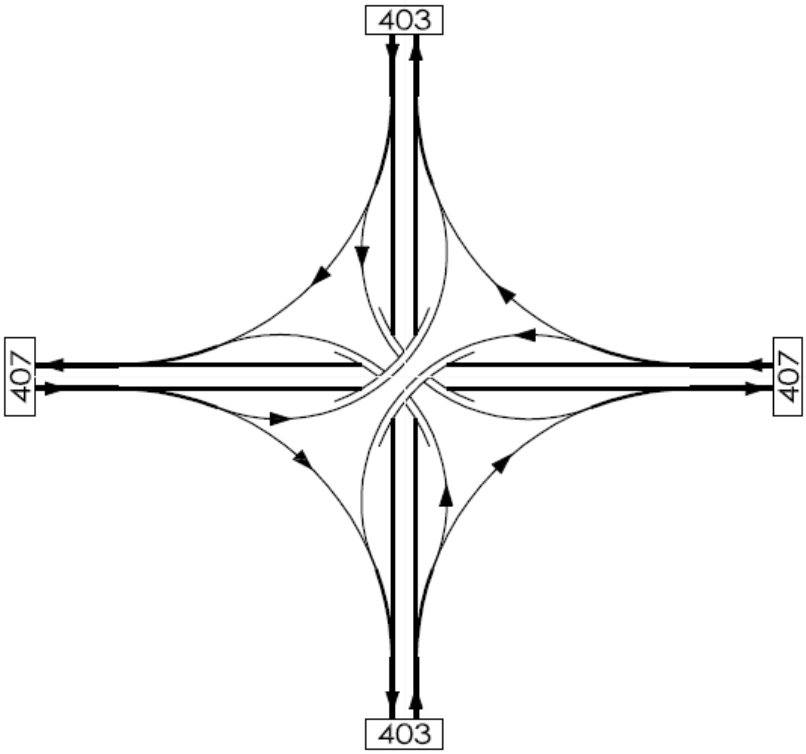


Fig. **4.3-A**

[1] Cf. apartado **5.3.1**.

[2] Incluso a uno por sentido en intersecciones interurbanas.

[3] Una *estrella indonesia.* Cf. apartado **5.7.3.3.5**.

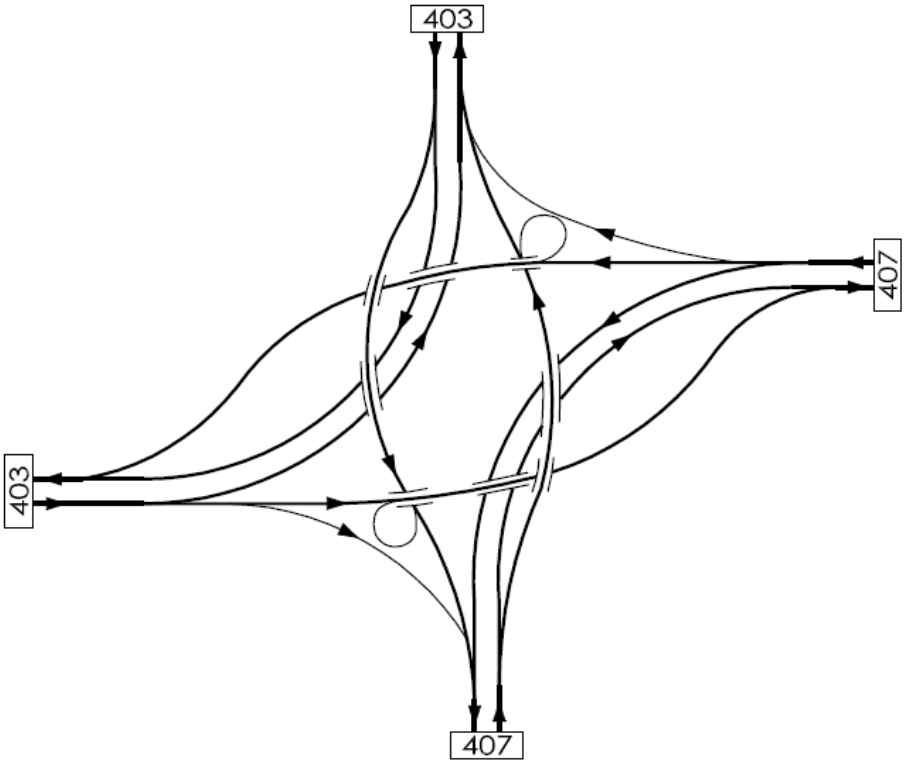


Fig. **4.3-B**

Hay que evitar, en la medida de lo posible, la superposición de dos itinerarios en un mismo tramo viario:

- Si éste es corto (menos de 5 km), se recomienda que ambos itinerarios discurran por calzadas distintas (Fig. **4.3-C**).

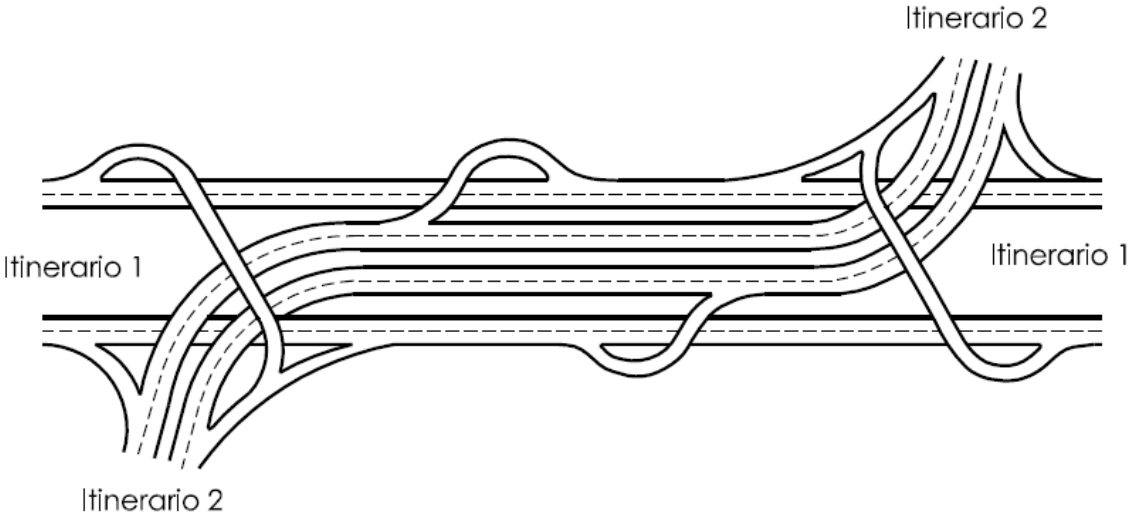


Fig. **4.3-C**

- Si lo anterior no es posible, o su coste es muy elevado, se recomienda adoptar una disposición como la se esquematiza en la Fig. **4.3-D**.

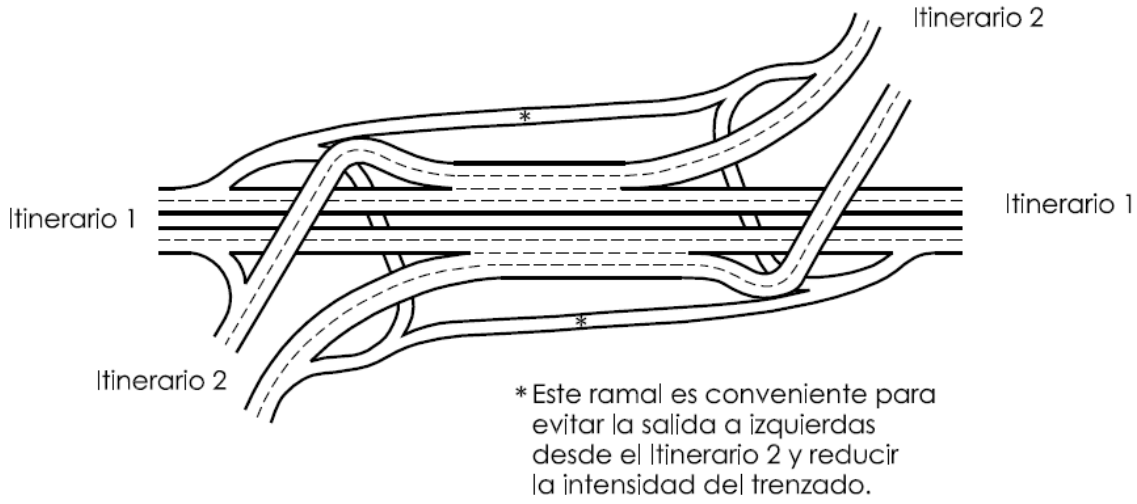


Fig. **4.3-D**

4.3.2.2. Carriles básicos

Todo itinerario tiene un número de carriles que se considera **básico** y que, para la uniformidad de la explotación, debe ser mantenido a todo lo largo de él, de manera que un conductor que circule por un carril básico no tenga que cambiar de carril para efectuar un movimiento de paso, excepto donde se reduzca el número de los carriles básicos al perderse uno de ellos en una salida. Su fijación debe formar parte de la planificación.

Una variación del número de carriles básicos únicamente puede estar justificada donde haya un cambio significativo en la intensidad del tráfico al atravesar el nudo: como puede ocurrir si una salida o una entrada tienen una circulación tan intensa, que esa conexión tiene que tener más de un carril; aun así, la variación no debe exceder de una unidad. Cualquier reducción del número de carriles básicos al atravesar un nudo, aun cuando pueda estar justificada por un estudio de la capacidad y del nivel de servicio en condiciones normales, puede resultar muy insuficiente en circunstancias extraordinarias (incidentes, operaciones de conservación, acontecimientos especiales, etc.).

Los carriles básicos y, en general, los movimientos de paso deben mantener claramente su continuidad a través del nudo, de manera que los conductores no sean llevados inadvertidamente por las marcas viales y la señalización vertical hasta una salida que no deseen tomar. De esta manera se evitarán confusiones y maniobras erráticas.

4.3.3. Equilibrio en las conexiones

Para una explotación eficiente y uniforme del tráfico, con un funcionamiento fluido de las entradas y de las salidas, conviene que haya un equilibrio entre el número de carriles de las patas

que concurren en un nudo viario, y el de las vías de giro o ramales que conectan con ellos: de esta manera se reduce la frecuencia de los cambios de carril y resultan más claras las trayectorias que se deben seguir. No es suficiente acomodar al tráfico previsto con el nivel de servicio deseado: en algunos casos puede ser conveniente aumentar el número de carriles para lograr una explotación más uniforme y segura y tener una cierta reserva frente a las variaciones de la demanda.

Una vez determinado el número de carriles básicos en relación con el nivel de servicio deseado para la demanda del tráfico estimada, y respetada su continuidad, se recomienda aplicar los siguientes criterios (Fig. **4.3-E**):

- El número de carriles (del mismo sentido) más allá de una convergencia debe ser igual a la suma de los números de los carriles (del mismo sentido) que convergen; y como mínimo, uno menos.
- El número de carriles (del mismo sentido) del tronco más allá de una divergencia debe ser igual a la diferencia entre el número de los carriles del mismo tronco antes de divergir, y el número de los carriles de la salida; y preferiblemente, uno más.
- En una salida de un ramal de dos carriles, puede suceder que se pierda un carril del tronco, siempre que se mantenga el número de los carriles básicos de paso[1]. Esta pérdida debe ser percibida a una distancia suficiente[2] para tomar decisiones: un emplazamiento favorable para ello es una rasante uniforme o cóncava, pero no un acuerdo vertical convexo.
- No se debe perder o ganar más de un carril a la vez. Se exceptúan ciertas bifurcaciones o confluencias[3], más allá (o más acá) de las cuales el número de carriles del tronco se puede disminuir (o aumentar) en dos unidades.

[1] Configuración **2-PN**. Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[2] Un mínimo de unos 9 s a la velocidad específica del tronco inmediatamente antes de la salida.

[3] Cf. apartado **4.12**.

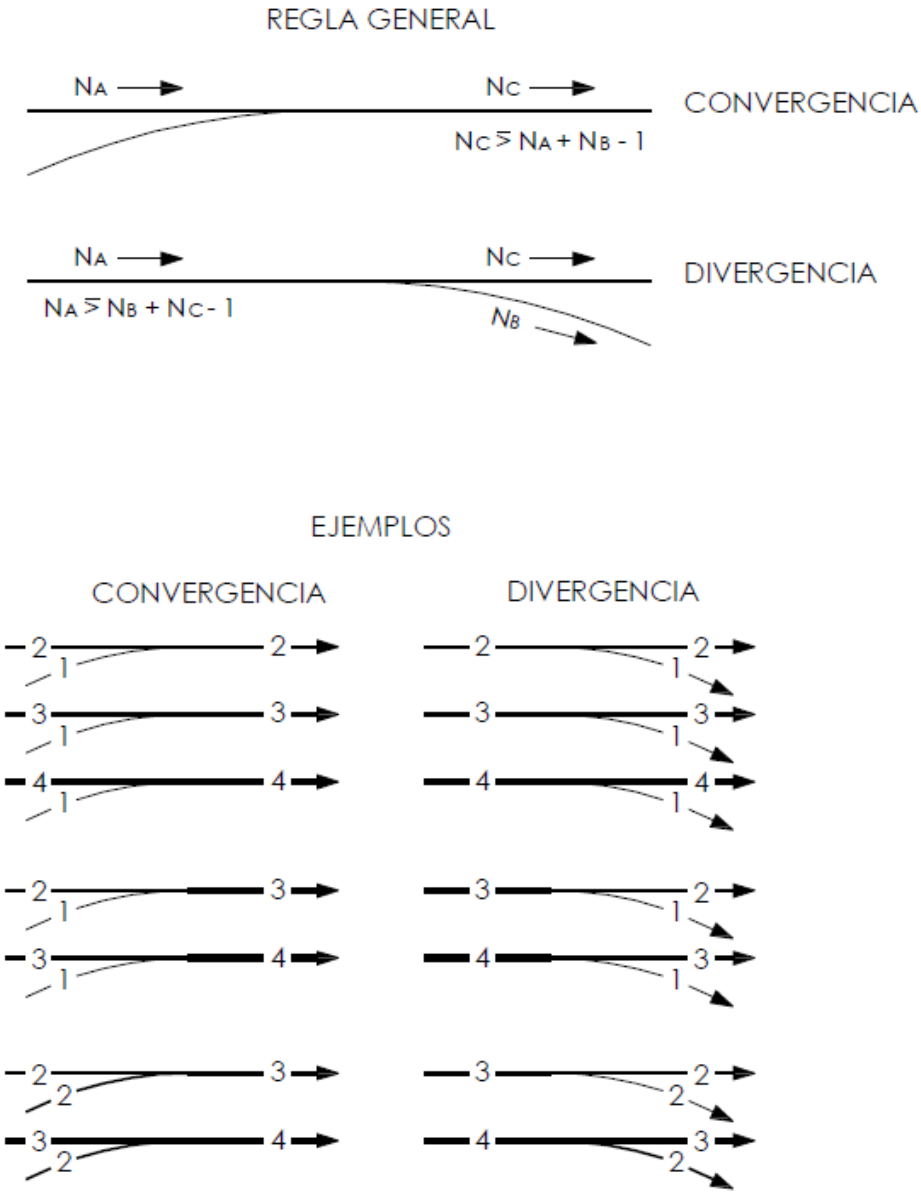


Fig. **4.3-E**

Los conductores esperan que las salidas y las entradas tengan lugar por la derecha, y que la intensidad que sale o entra sea menor que la que pasa. Se exceptúan ciertas bifurcaciones y confluencias, y los ramales de transferencia entre calzadas centrales y laterales del mismo sentido.

Para atender simultáneamente a los criterios relativos a la continuidad de los carriles de paso[1] y al equilibrio del número de carriles en las conexiones (sobre todo si éstas tienen más de un carril) puede ser necesario disponer un **carril adicional** en el tronco (Fig. **4.3-F**), con objeto de utilizar plenamente la capacidad de la entrada o salida y poder también disponer una adecuada señalización previa.

[1] Cf. apartado **4.3.2.2**.

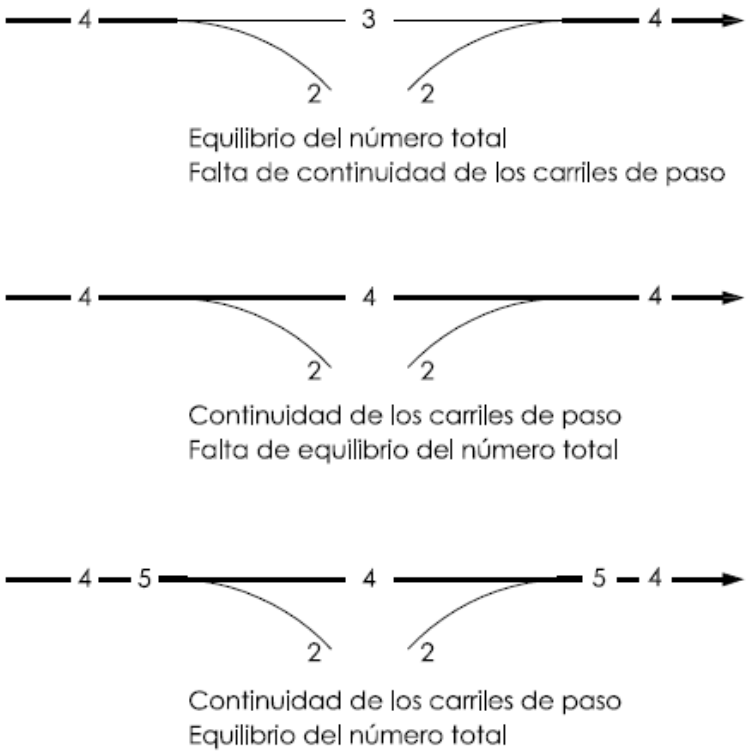


Fig. **4.3-F**

Se debe tener en cuenta la intensidad de los vehículos pesados, a fin de evitar que tengan que cambiar de carril si el carril de la derecha se pierde en una salida. A estos efectos, se recomienda que este carril se añada por la izquierda, análogamente a lo prescrito por la Norma **3.1-IC** "Trazado" para los carriles adicionales en rampa; pero esto afecta a la mediana, por lo que en ciertos casos conviene más ensanchar la plataforma por la derecha.

La longitud mínima de este carril adicional, antes de la *nariz* de la salida, o más allá de la *punta* de la entrada, será de 500 m en una vía interurbana[1], y de 250 m en una vía urbana o periurbana[2]. Estas distancias se medirán a partir de:

- La sección característica[3] $\mathbf{s_{S/1,5}}$ ó $\mathbf{s_{E/1,5}}$ del carril de cambio de velocidad, en las configuraciones del tipo[4] **2-PN**.
- La sección donde la ordenada a la tangente en el origen alcanza 1,5 m, en las configuraciones del tipo[5] **2-S**.

[1] Recomendable: 750 m.

[2] Recomendable: 500 m.

[3] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[5] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

- La sección característica[1] $s_{S/1}$ ó $s_{E/1}$ de la *nariz* o de la *punta*, en las demás configuraciones.

En el caso de una entrada, puede estar justificado disponer una longitud aun mayor en las siguientes circunstancias*:*

- Una elevada intensidad de la circulación por la entrada.
- Una elevada proporción de los vehículos pesados por el tronco.
- Una rasante en rampa.
- Una insuficiente visibilidad del final del carril adicional.

4.3.4. Cruces a desnivel

El emplazamiento de las obras de paso en un enlace puede estar influido por diversas consideraciones:

- Es preferible que pasen sobre las demás las patas que necesiten unas obras de paso de menor coste, por su luz, su anchura o su esviaje.
- En un terreno llano puede resultar difícil desaguar el punto bajo de un desmonte; y suelen ser necesarios unos largos accesos en terraplén para alcanzar el gálibo en el cruce. En este último caso, conviene que pasen por encima las patas de menor sección, para disminuir el volumen de las explanaciones y la anchura de las obras de paso.
- En un terreno que no sea llano conviene adaptarse a su relieve, para evitar grandes explanaciones y problemas de desagüe.
- Para una mejor percepción de las salidas y entradas[2] desde el tronco, es preferible que sea éste el que pase bajo las obras de paso:
  - Una salida en rampa tiene una mayor seguridad.
  - Si el tronco discurre bajo la obra de paso, más allá de la salida el ramal se suele hallar en rampa, ayudando a decelerar[3]; mientras que antes de la entrada el ramal está en pendiente, ayudando a acelerar: lo cual mejora el funcionamiento de los vehículos pesados, al tiempo que disminuye el ruido emitido por ellos.
  - Las eventuales intersecciones y glorietas con una carretera convencional que forman parte del enlace se ven mejor si el tronco pasa por debajo de aquélla,

[1] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[2] Sobre todo si están situadas antes de la obra de paso, como es deseable.

[3] Esto es especialmente importante si el ramal es del tipo lazo.

pues no hay obstrucciones (como las pilas o los estribos de la obra de paso) que dificulten la visibilidad[1].

- Si el tronco está en desmonte, el entorno se ve menos afectado por el ruido del tráfico y por la intrusión visual.

La distancia entre los apoyos (pilas y estribos) de una obra de paso y la plataforma que pasa bajo ella debe ser la mayor posible, a no ser que el coste resulte desproporcionado: de esta manera se creará una zona de seguridad[2] que debe incluir la cuneta o el dispositivo de desagüe longitudinal. Los pasos superiores que tienen un apoyo en la mediana permiten alejar más los estribos. Como por el lado exterior de las curvas la zona de seguridad debería tener una anchura mayor, si se reduce la berma por el lado interior los apoyos de ese lado se pueden alejar más de la plataforma, sin aumentar la luz de la obra de paso.

Las obras de paso en las vías interurbanas deben tener una anchura que se atenga a lo prescrito en la Norma **3.1-IC** "Trazado"[3].

Las obras de paso con tableros separados deben estar dotadas de sistemas de contención de los vehículos diseñados de manera que eviten que un vehículo fuera de control penetre en la zona comprendida entre ambos tableros.

4.4 Giros a la derecha

4.4.1. Configuración

La forma normal de resolver un giro a la derecha es mediante una vía de giro o un ramal **directo** (Fig. **4.4-A**), que sale y entra por la derecha, ocupa sólo un cuadrante, y no cruza ninguna trayectoria de paso.

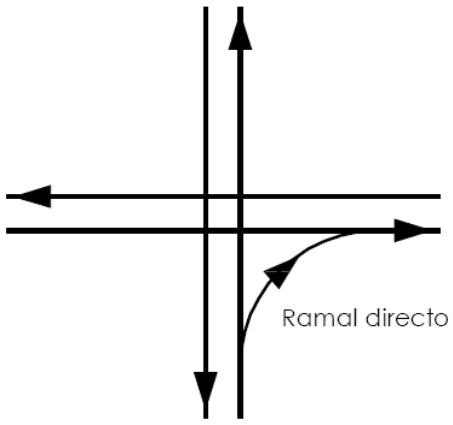


Fig. **4.4-A**

[1] Aunque en la carretera convencional, los pretiles de la obra de paso sí pueden dificultarla.

[2] Cf. apartado **4.6.5**.

[3] Cf. apartado **7.4.2** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

Un ramal directo no suele tener inflexiones; pero, si dentro del mismo cuadrante, hay un ramal en lazo y no se desea ocupar mucho espacio, se puede ceñir a éste con dos curvas en **S** seguidas (Fig. **4.4-B**).

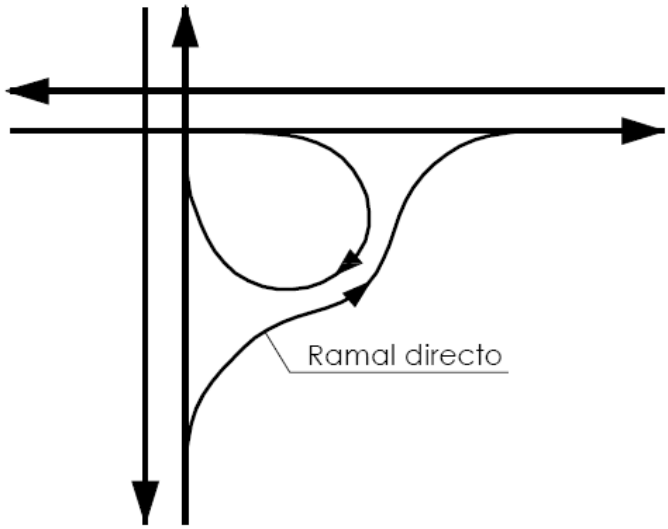


Fig. **4.4-B**

En ciertos tipos de enlace denominados *tréboles parciales de dos cuadrantes* (Fig. **4.4-C**)[1], se emplean para girar a la derecha unos ramales como los **semidirectos**[2] que se usan para girar a la izquierda.

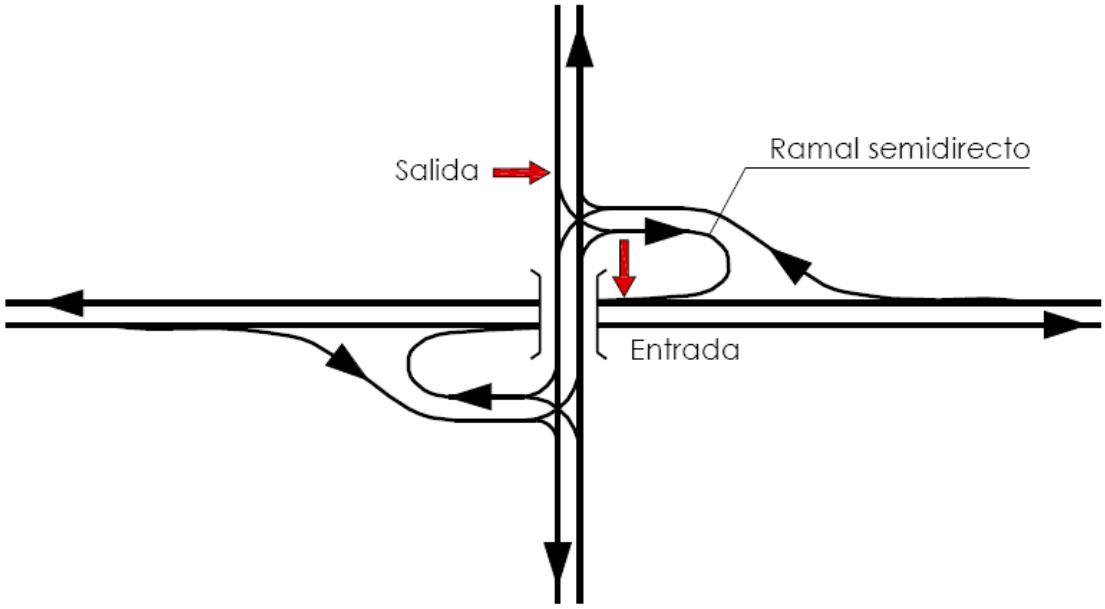


Fig. **4.4-C**

[1] Cf. apartado **5.7.2.2.2**.

[2] Cf. apartado **4.5.2.2.1**.

4.4.2. Canalización

En una intersección de una carretera convencional regulada por prioridad fija, si un giro a la derecha desde la vía no prioritaria hacia la prioritaria está regulado por una señal **R-2** "*STOP*", la vía de giro directa no se despega del cruce de las vías de paso (Fig. **4.4-D**).

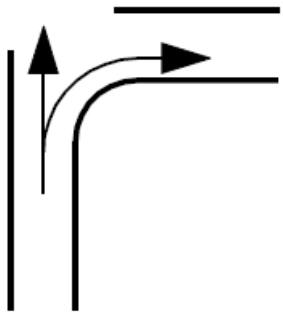


Fig. **4.4-D**

En una intersección regulada por prioridad fija, si un giro a la derecha desde la vía no prioritaria hacia la prioritaria está regulado por medio de una señal **R-1** "Ceda el paso", hay que utilizar unos radios algo mayores que los mínimos y ampliar, por tanto, la superficie encerrada en el cuadrante, canalizando las trayectorias mediante una isleta encauzadora[1] (Fig. **4.4-E**).

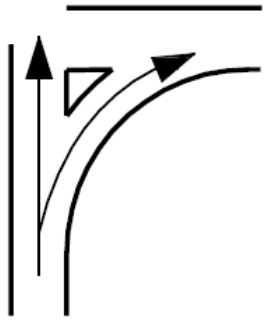


Fig. **4.4-E**

La canalización del giro a la derecha resulta desfavorable para:

- Los peatones que pretendan cruzar junto a la intersección, a no ser que la isleta encauzadora se acondicione para servirles de refugio.
- Los ciclistas, por el trenzado entre los que sigan una trayectoria de paso y los vehículos a motor que giren a la derecha.

[1] Cf. apartado **4.8.6**.

4.5 Giros a la izquierda

4.5.1. Generalidades

Igual que en los giros a la derecha, los vehículos abandonan una corriente de tráfico (salida en un punto de divergencia) y se incorporan a otra (entrada en un punto de convergencia); pero a diferencia de aquéllos, tienen que cruzar otras trayectorias, en especial la de la corriente de paso que circula en sentido opuesto. La forma de resolver este cruce caracteriza al nudo: la distinción principal se basa en el lado de las salidas y entradas. La elección del tipo de vía de giro o ramal que se utilice depende de varios factores y, muy especialmente:

- De la intensidad del tráfico que gira.
- De su proporción relativa con el tráfico que pasa y con el opuesto que es cruzado.

4.5.2. Configuración

4.5.2.1. Con conexiones sólo por la derecha

4.5.2.1.1. Lazos

Un ramal *en lazo* (Fig. **4.5-A**):

- No tiene inflexiones.
- No cruza ninguna otra trayectoria.
- Tiene un desarrollo angular del orden de 300 gon.
- Tiene una velocidad específica baja.
- Tiene una capacidad limitada (1000 a 1500 veh. lig. eq./h).

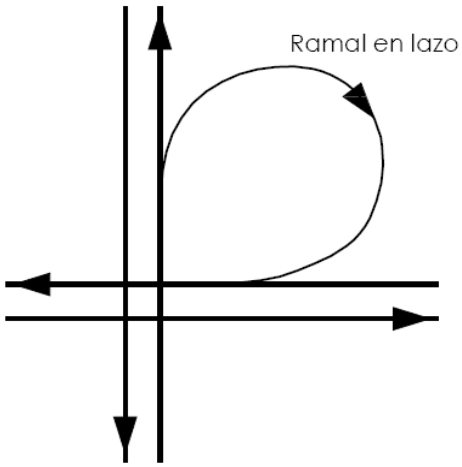


Fig. **4.5-A**

El desarrollo del lazo debe ser suficiente para implantar la señalización relacionada con las circunstancias de su extremo final, habida cuenta de la velocidad a la que se recorre.

Los ramales *en lazo* se emplean en muchos enlaces, y resultan satisfactorios para muchas maniobras; pero al salir de una vía por la cual se circula a una velocidad elevada, si no se disponen unos carriles de deceleración adecuados[1], los conductores se pueden ver sorprendidos por las elevadas deceleraciones normalmente necesarias para abordar un lazo. Consiguientemente, la seguridad suele ser menor en los lazos que en los demás tipos de ramal.

4.5.2.1.2. Asas

Las *asas* tienen dos inflexiones, o sea, dos curvas en **S** seguidas; y las hay de dos tipos:

1. Las ***asas interiores*** (Fig. **4.5-B**), que se utilizan en algunos enlaces de cuatro patas como el *molino*[2]:

   - Dejan a su izquierda el cruce de las dos vías de paso.
   - Sólo ocupan dos cuadrantes.
   - Sólo cruzan dos corrientes de tráfico, pues una de sus conexiones al tronco no interfiere con dicho cruce, aunque está contigua a él; pero para ello la curva común a las dos **S** ha de tener un radio relativamente pequeño (< 120 m).
   - Su capacidad es algo superior a la del *lazo*.

   Hay dos tipos, según que sea la salida o la entrada la que esté contigua a la obra de paso de cruce de las dos vías principales.

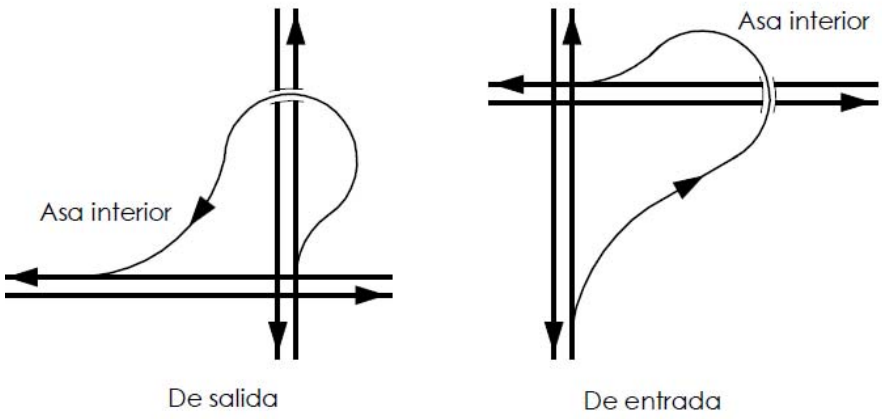


Fig. **4.5-B**

2. Las **asas exteriores** (Fig. **4.5-C**), que se utilizan en algunos enlaces de cuatro patas como la *estrella*[1]:

---

[1] Cf. apartado **4.10**.

[2] Cf. apartados **5.7.3.3.3.2** y **5.7.3.3.5**.

- Dejan a su derecha el cruce de las vías de paso (disposición *indonesia*[2]).
- Ocupan tres cuadrantes (aunque poco), y el enlace resulta bastante compacto.
- Cruzan (bastante oblicuamente) cuatro corrientes de tráfico.
- La curva común a las dos **S** es de radio grande (> 250 m).
- Su capacidad es de 1500 a 2200 veh. lig. eq./h.

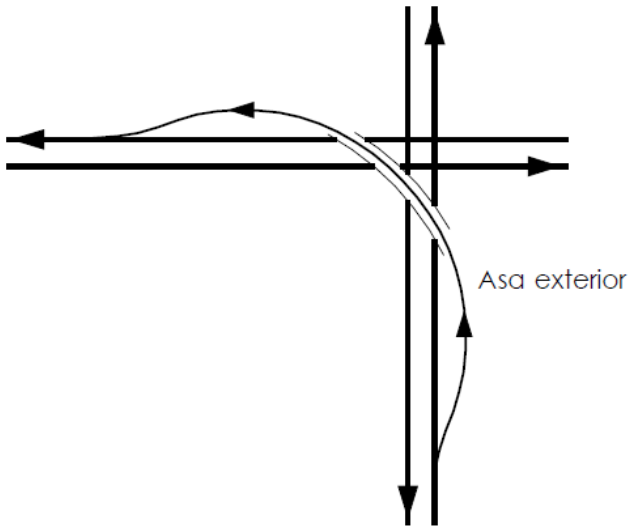


Fig. **4.5-C**

4.5.2.1.3. Círculos

Los ramales *en círculo* (Fig. **4.5-D**) se emplean en algunos enlaces de cuatro patas como la *turbina*[3]:

- Rodean (con un desarrollo bastante largo) el punto de cruce de las vías de paso, dejándolo a su izquierda.

---

[1] Cf. apartado **5.7.3.3.4**.

[2] Disposición de las trayectorias de dos giros a la izquierda opuestos en la que ambos se pueden realizar simultáneamente sin interferirse, pues las trayectorias no se cruzan y cada vehículo pasa por la derecha del otro.

[3] Cf. apartados **5.7.3.3.3.1** y **5.7.3.3.5**.

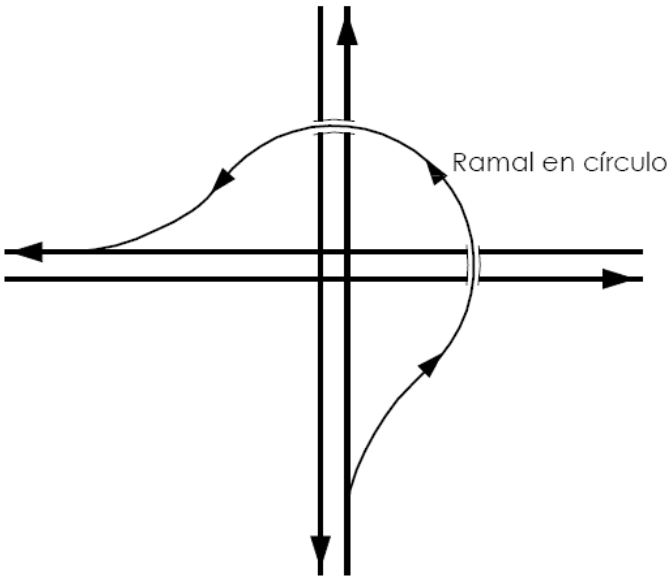


Fig. **4.5-D**

- Tienen dos inflexiones, y los radios de las curvas son bastante grandes (> 200 m).
- Ocupan (bastante) tres cuadrantes.
- Cruzan cuatro corrientes de tráfico.
- Su capacidad es de 1500 a 2000 veh. lig. eq./h.

4.5.2.2. Con alguna conexión por la izquierda

4.5.2.2.1. Semidirectos

En las vías de giro o ramales semidirectos (Fig. **4.5-E**), que se emplean en algunas intersecciones y en algunos tipos de enlace de tres patas como el enlace *en trompa*[1], o de cuatro patas como el *diamante*[2] o los *semidireccionales*[3]:

- La salida se realiza por el lado contrario al de la entrada, lo cual da lugar a dos tipos según que sea por la derecha la salida o la entrada. Esto puede estar justificado si la intensidad del tráfico del ramal es superior a la del movimiento de paso del que diverge o con el que converge.
- Se ocupa un cuadrante.
- Hay una inflexión (curva en **S**).

---

[1] Cf. apartado **5.6.2.2**.

[2] Cf. apartado **5.7.2.1**.

[3] Cf. apartado **5.6.2.3**.

- Se cruza una corriente de tráfico, lo cual puede requerir una separación de las corrientes opuestas de tráfico o un ensanche de la mediana[1], para evitar que el cruce o la obra de paso resulten muy oblicuos.

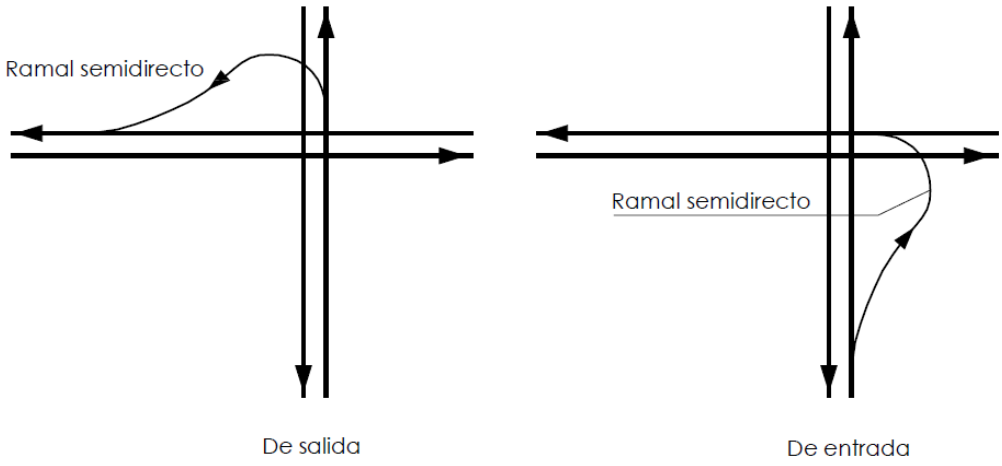


Fig. **4.5-E**

4.5.2.2.2. Directos

Las vías de giro o ramales directos (Fig. **4.5-F**), que se emplean en muchas intersecciones y en algunos tipos de enlace (*direccionales*[2]):

- Tanto la salida como la entrada se hacen por la izquierda. Esto puede estar justificado si la intensidad del tráfico correspondiente es superior a la del movimiento de paso del que diverge o con el que converge. En autopistas la salida se debe plantear como una bifurcación, y la entrada como una confluencia[3].

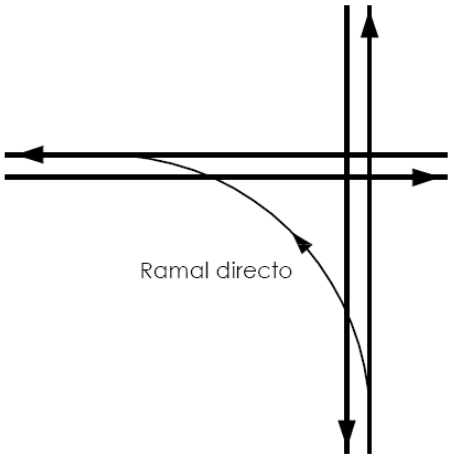


Fig. **4.5-F**

[1] Cf. apartado **4.17**.
[2] Cf. apartado **5.6.3**.
[3] Cf. apartado **4.12**.

- No tienen inflexiones.
- Cruzan dos corrientes de tráfico, lo cual puede requerir una separación de las corrientes opuestas de tráfico o un ensanche de la mediana[1], para evitar que los cruces o las obras de paso resulten muy oblicuos.
- Ocupan sólo un cuadrante.

4.5.2.3. En intersecciones reguladas por semáforos

Análogamente al caso de los giros a la derecha, los giros directos a la izquierda se pueden realizar desde el carril izquierdo del acceso, compartido con el movimiento de paso, o desde unos carriles reservados para el giro, a menudo con una fase especial para éste.

Además, hay que tener en cuenta las condiciones en las que se realizan, distinguiendo entre:

- Los giros que se realizan mientras la fase está verde para el tráfico de paso transversal.
- Giros **permitidos**: se realizan mientras se mueve el tráfico que circula en sentido opuesto y que tiene preferencia de paso, aprovechando los huecos entre los vehículos. Esta disposición es mejor que la anterior. Este tipo de giro se puede hacer desde un carril reservado o desde un carril compartido con el movimiento de paso, lo cual puede producir retenciones en dicho carril.
- Giros **protegidos**: se realizan desde un carril reservado al giro, en una fase especial que detiene a los demás vehículos que podrían entrar en conflicto con los que giran. Esta disposición es todavía mejor que la anterior, pero el ciclo resulta más largo y se presta a faltas de observancia. Además, hay que tener cuidado si, por falta de capacidad, se pasa a funcionar como un giro permitido.
- Giros **sin oposición**: son los que se realizan sin una fase especial del semáforo, pero que no tienen que ceder el paso al tráfico en sentido opuesto, como puede ocurrir:
  - En las intersecciones en **T**.
  - En vías de sentido único.
  - Si se emplean fases independientes del semáforo para cada acceso a la intersección.

[1] Cf. apartado **4.17**.

4.5.3. Carriles centrales de espera

4.5.3.1. Funcionalidad

En una intersección regulada por prioridad fija[1] o por semáforos, si la intensidad de un giro directo a la izquierda desde la vía prioritaria es suficiente no sólo para reducir la capacidad, sino también para constituir un riesgo, es una buena solución reservarle un carril adicional, situado en el centro de la calzada entre los dos sentidos de circulación, y destinado a que los vehículos que vayan a girar deceleren y esperen, de manera que el giro se haga en dos fases y se reduzcan las interferencias con los vehículos de paso de los cuales divergen.

La reducción de la capacidad para el sentido correspondiente al carril central de espera se deriva de que los vehículos que van a girar a la izquierda, para completar el giro tienen que esperar a que haya un intervalo suficiente entre dos vehículos consecutivos de la corriente de tráfico opuesta. A este respecto, se recomienda no disponer un carril central de espera más que donde la intensidad del giro lo justifique. La Fig. **4.5-G** puede servir de orientación a estos efectos, sin dejar de tener en cuenta otros factores específicos como la proximidad a accesos, etc.

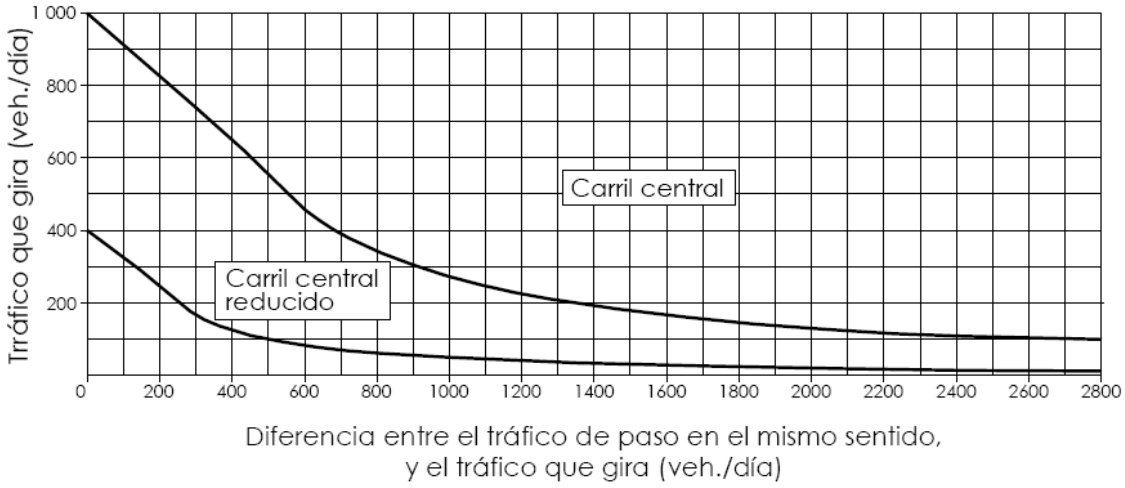


Fig. **4.5-G**[2]

Dado que para alojar al carril central de espera hay que separar en la vía prioritaria los carriles opuestos de paso[3], esa separación permite también que los vehículos que giran a la izquierda desde la vía no prioritaria dispongan también de un carril central de espera en la vía prioritaria.

---

[1] En cualquier caso, hay que tener en cuenta que si la **IMD** de la vía prioritaria rebasa los 5000 veh., no se deben permitir en ella giros a la izquierda que se realicen a nivel con las excepciones indicadas en el artículo 102.8 del Reglamento General de Carreteras.

[2] Para entrar en el gráfico, hay que dividir los tráficos reales por $1{,}05 - 0{,}01 \cdot \mathbf{p}$, siendo **p** la proporción de vehículos pesados.

[3] Cf. apartado **4.5.3.5**.

Para completar su giro e incorporarse a ésta a una velocidad compatible con la de los vehículos de paso, se necesita un carril de aceleración para la segunda (la de incorporación): lo cual da lugar a que la perturbación de la vía prioritaria causada por la intersección resulte muy larga. Únicamente si la circulación por la vía prioritaria es poco intensa[1] y la visibilidad disponible desde la vía no prioritaria es amplia[2], se puede prescindir del carril de aceleración y sustituirlo por un carril de espera mucho más corto: el vehículo procedente del giro esperará a que no venga ninguno de paso, y acelerará sobre la vía prioritaria.

En las intersecciones reguladas por semáforos no sólo se puede disponer un carril adicional central para los vehículos que vayan a girar directamente a la izquierda, sino también (o en vez de ello) una fase especial del ciclo del semáforo.

La falsa isleta o falsa mediana formada por la separación de calzadas que induce la presencia de un carril central de espera perturba los accesos al tramo de vía afectado por él, impidiendo el cruce de la falsa isleta o falsa mediana y los giros a la izquierda relacionados con los accesos.

4.5.3.2. Configuraciones

Para que quepa un carril central para el giro directo a la izquierda se necesita que los carriles opuestos de paso estén suficientemente separados:

a) En las vías urbanas con calzadas separadas por una mediana de suficiente anchura, el carril central de espera se puede alojar directamente en ella, la cual puede llegar a ser estricta en correspondencia con él. En caso contrario, es preciso ensanchar localizadamente la mediana, de manera que la separación de las calzadas sea suficiente para alojar el carril central.

b) En las carreteras con calzada única es preciso desviar[3] uno de los carriles opuestos de paso, o ambos, para lograr una separación suficiente para alojar el carril central de espera. Hay dos modalidades:

1. Una **falsa isleta**, materializada solamente por marcas viales, puede tener ventajas si la longitud del carril central no resulta suficiente en las horas punta para alojar a todos los vehículos que pretendan girar directamente a la izquierda: la zona cebrada se puede utilizar como reserva de almacenamiento, reduciendo el problema de que los vehículos que quieran girar invadan los carriles de paso.

---

[1] **IMD** < 1000 veh.

[2] Mayor que la distancia recorrida en 9 s por un vehículo que circule por la vía prioritaria a la velocidad específica [$\mathbf{V_{85}}$] de ésta.

[3] Esa desviación se debe obtener de manera que las inflexiones que produzca a la trayectoria de los vehículos de paso no representen una sorpresa ni mucho menos un peligro para el conductor de un vehículo que circule por la vía prioritaria a la velocidad específica [$\mathbf{V_{85}}$] de ésta.

En las intersecciones *en **T*** de carreteras con dos carriles, donde no esté justificado disponer un carril central de espera de características normales, pero la intensidad de los giros directos a la izquierda sea suficiente para afectar al tráfico de paso, se puede disponer uno de características **reducidas**. La parte de anchura completa abarca desde 30 m antes del eje de la vía no prioritaria, hasta 15 m después. El carril central se dispondrá sobre el emplazamiento original del carril de paso, desplazando a éste hacia la derecha. La longitud del desplazamiento del carril de paso debe respetar los límites impuestos a los ángulos de quiebro[1].

2. Una isleta separadora o **falsa mediana** que proteja al carril central, materializada por bordillos montables, con su *nariz* provista de balizas. Se desaconseja esta modalidad en las carreteras interurbanas, a menos que se disponga un alumbrado nocturno para destacar su presencia y configuración.

En cualquier caso, debe quedar perfectamente clara la trayectoria que deben seguir los vehículos:

a) Donde la planta sea curva, es más fácil insertar la isleta separadora que forma la *falsa isleta* o la *falsa mediana*. Se puede optar por:

- Plantear ambos bordes, en su parte central, como circunferencias concéntricas.
- Lograr la variación de un borde respecto del otro, con distintos radios en las circunferencias de ambos.

b) En una intersección situada en una alineación recta, como ocurre en la mayoría de los casos, para insertar el carril central de espera es preciso recurrir a otras configuraciones:

1. La mejor es que la *falsa isleta* o la *falsa mediana* se dispongan a la izquierda del eje central original de la calzada (Fig. **4.5-H**). Para que se dé esta condición en ambos sentidos, tienen que estar desalineados los ejes centrales en ambos extremos de la intersección: una situación poco frecuente, a no ser que la alineación recta sea corta y se puedan aprovechar las curvas adyacentes para lograr el retranqueo necesario. Con esta configuración, los vehículos de paso que circulan en el mismo sentido que los que van a girar a la izquierda no experimentan ninguna desviación al aproximarse a la *nariz* de la isleta separadora; los del sentido contrario sí, y es necesario balizar esa desviación, especialmente por el exterior de las alineaciones curvas.

[1] Cf. apartado **4.5.3.5**.

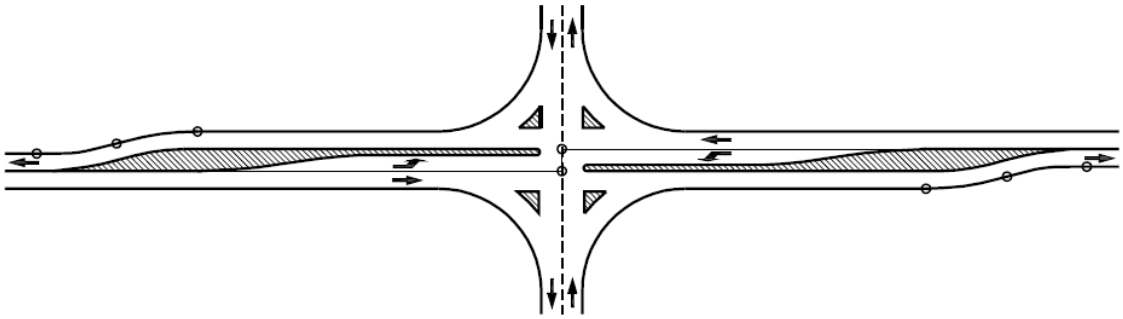


Fig. **4.5-H**[1]

Para reducir la longitud de la isleta separadora, el retorno del carril contrario de paso a la alineación normal debe empezar donde el carril central pierde su anchura constante.

2. Otra configuración aceptable es disponer la desviación de los carriles de paso simétricamente a ambos lados del eje central original de la calzada (Fig. **4.5-I**).

   Para que la *nariz* de la isleta separadora quede a la izquierda de dicho eje, el regreso del carril opuesto de paso a la alineación normal se hará a partir de la nariz; la desviación impuesta al tráfico opuesto de paso debe quedar bien balizada, para evitar su interferencia con los que esperan girar a la izquierda.

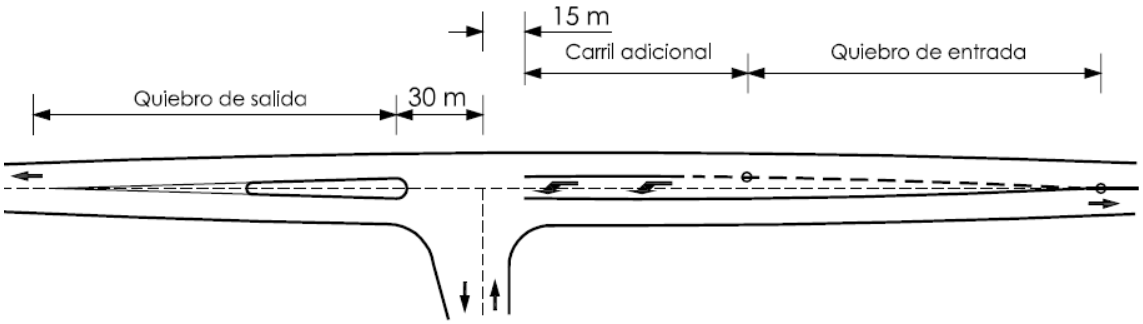


Fig. **4.5-I**

La isleta separadora resulta mucho más larga que en la configuración **1**, lo cual puede favorecer unas altas velocidades en la vía prioritaria, y afectar negativamente a los conductores que vayan a girar a la izquierda desde la vía no prioritaria. Por lo tanto, no se debería usar esta configuración si el número de estos últimos es superior al de los que vayan a girar a la izquierda desde la vía prioritaria.

3. Una configuración mixta combina la desviación simétrica de la configuración **2** con el principio de retorno del carril de paso contrario descrito para la configu-

[1] Sólo se representa lo pertinente al giro a la izquierda desde la vía prioritaria. Cf. la Tabla **4.5-A**. Tampoco se representa la señalización.

ración **1**. La *nariz* de la isleta separadora deberá quedar centrada en el eje original de la calzada.

4. A la derecha del eje, desviando el carril de paso con unos quiebros lineales con arreglo a la Tabla **4.5-A**[1]. Es la misma disposición de los carriles centrales reducidos (Fig. **4.5-J**); pero también es preferible en los de características normales, pues no produce desviaciones en la trayectoria del tráfico opuesto de paso.

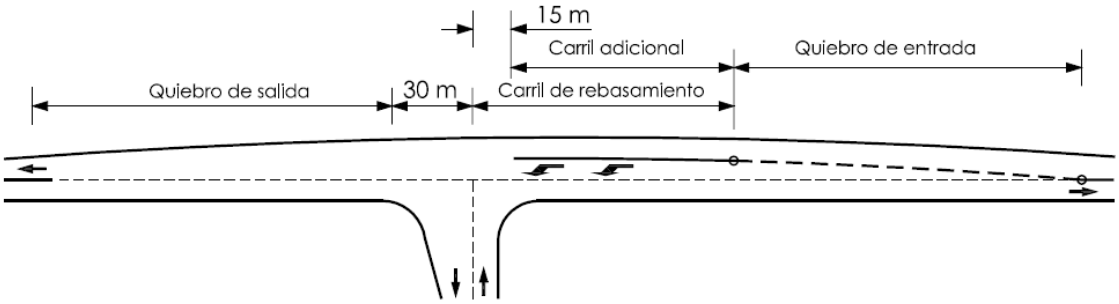


Fig. **4.5-J**

La *nariz* de una *falsa mediana* tiene que tener un retranqueo adicional del orden de 1,5 m respecto del borde del carril de paso, mediante un acuerdo parabólico cuya longitud sea 15 veces el retranqueo; su inicio se redondeará con un radio de 0,50 m (Fig. **4.5- K**).

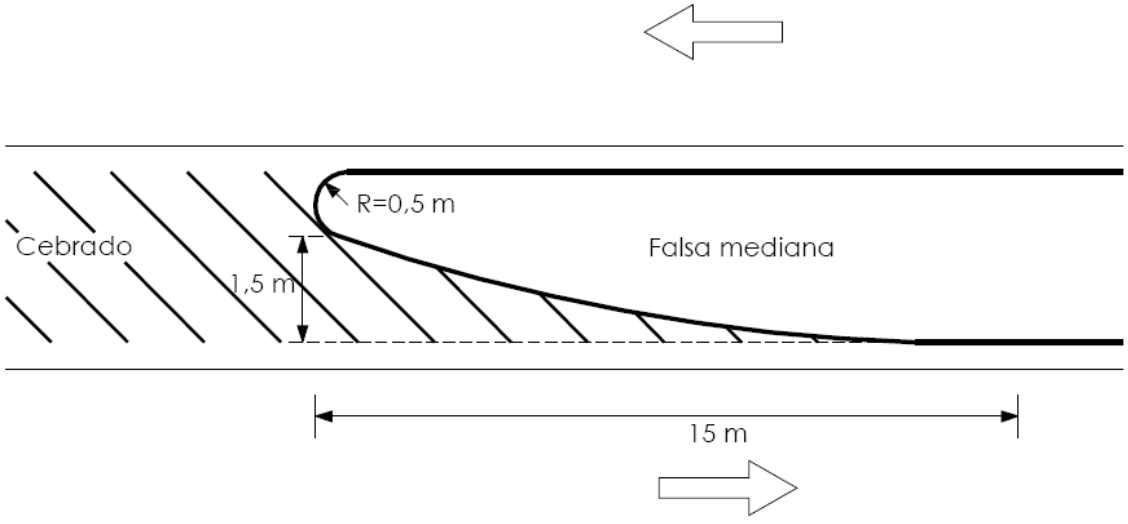


Fig. **4.5-K**

Se puede mejorar la perceptibilidad de una *falsa mediana* disponiendo sobre la calzada la señalización vertical de orientación.

[1] Cf. apartado **4.5.3.5**.

4.5.3.3. Segregación

La mayoría de los carriles centrales para el giro directo a la izquierda son **adyacentes** a los de paso del mismo sentido. Sin embargo, en una intersección urbana regulada por semáforos en la que, por previsión de futuras ampliaciones u otro motivo, la distancia entre calzadas[1] sea suficiente, los carriles centrales alojados en ella o protegidos por una falsa mediana se podrán disponer **segregados**: o sea, separados de los de paso del mismo sentido por una isleta encauzadora con una anchura mínima de 3,5 m en su extremo más cercano a la vía transversal, y de 2,0 m en la *nariz* (Fig. **4-5-L**).

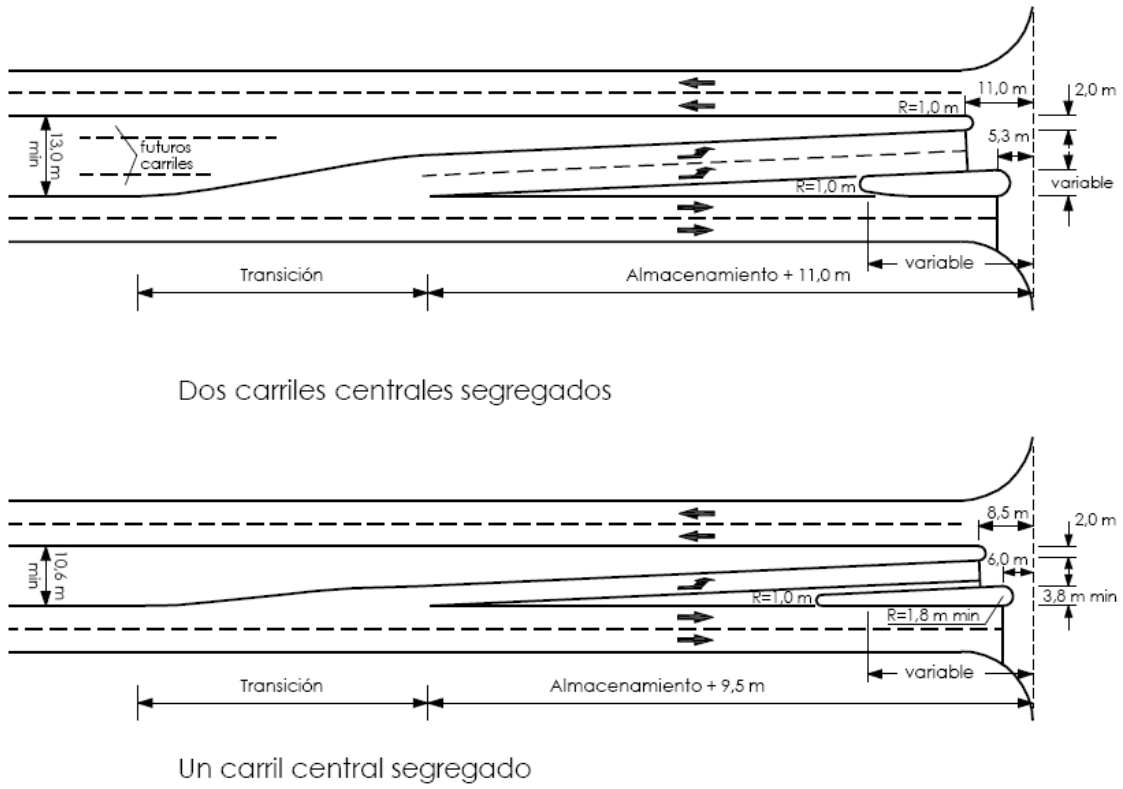


Fig. **4.5-L**

La disposición segregada tiene las siguientes ventajas:

- Quedan más claramente definidas las trayectorias de giro en su divergencia con las de paso.
- Aumenta la seguridad de la maniobra, porque:
  - Los conductores que giran a la izquierda disponen de mayor visibilidad.
  - La isleta encauzadora impide pasar del carril de giro al de paso, y viceversa.
  - Si hay otro giro a la izquierda opuesto, ambos quedan desalineados.

[1] Donde haya una distancia mínima de 10 m se podrá disponer segregado un carril central único; si es de 13 m, uno doble.

- Al estar el giro regulado por un semáforo, la capacidad se ve mejorada porque hay que recorrer una distancia menor e invertir menos tiempo en la maniobra.

Para que esté justificado segregar un carril central, la proporción de los vehículos pesados que giran a la izquierda en él debe rebasar el 10 %; y la relación entre la intensidad del giro a la izquierda y la del tráfico contrario de paso debe ser superior a la dada por la Fig. **4.5-M** en función de la razón entre la duración de la fase verde para el giro a la izquierda, y la del ciclo.

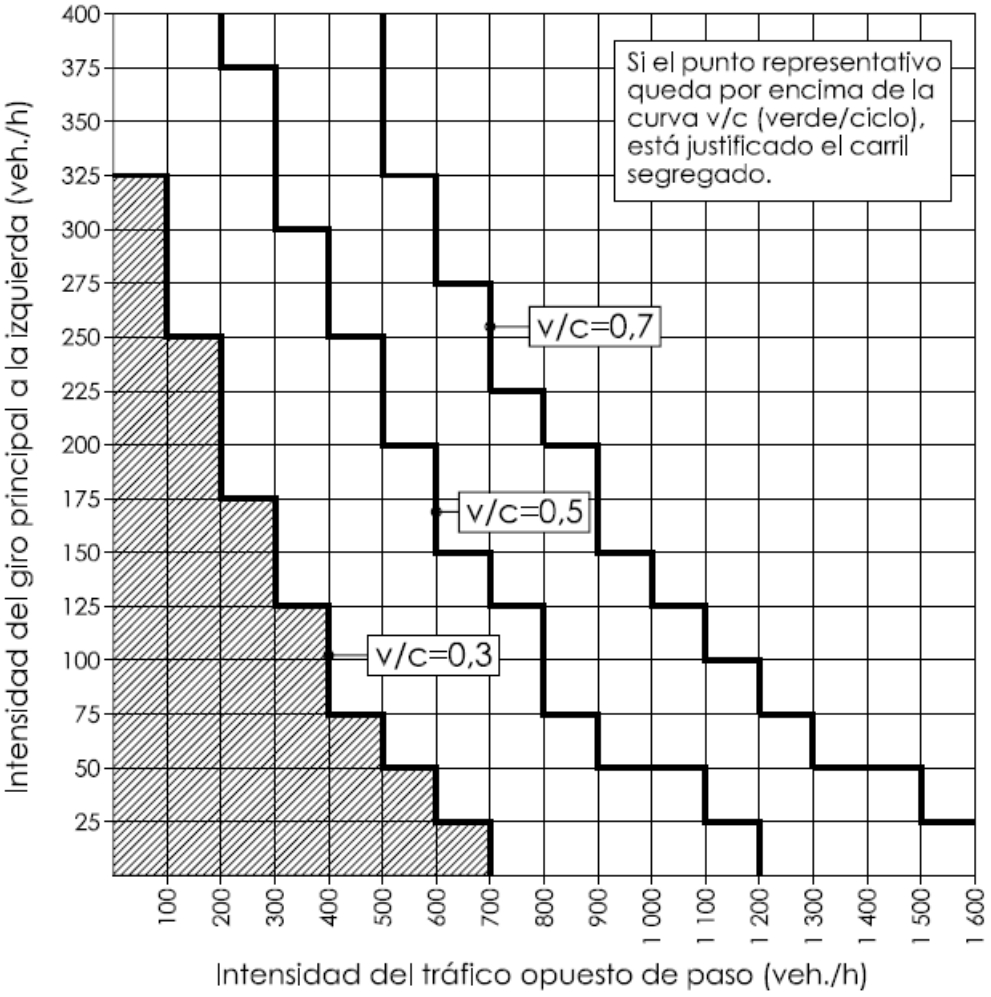


Fig. **4.5-M**

En una carretera convencional con calzadas separadas, se puede disponer un carril central segregado en una primera fase, y luego suprimirlo como tal al aumentar el número de carriles del tronco a costa de la mediana. También suele haber sitio para disponerlo:

- Donde el giro opuesto a la izquierda tenga dos carriles.
- Si luego la intersección va a ser transformada en un enlace y el giro a la izquierda se resuelve a desnivel.

4.5.3.4. Número y disposición

4.5.3.4.1. Un carril

La mayoría de los carriles adicionales centrales para el giro directo a la izquierda son únicos.

Si en una intersección *en cruz* en una carretera de calzada única hay para cada sentido un carril central para el giro directo a la izquierda desde ella, se pueden adoptar tres configuraciones:

1. Uno en prolongación del otro (Fig. **4.5-N**). Esta es la configuración más adecuada donde el cruce esté ordenado por prioridad fija; y en ella ambos giros a la izquierda suelen adoptar una circulación *indonesia*[1], permitiendo que se realicen ambos giros simultáneamente sin interferirse. Sin embargo, donde giren vehículos muy grandes, la visibilidad de los vehículos que acceden a la intersección se puede ver disminuida. En todo caso, si fuera elevada la probabilidad de un estorbo mutuo, cabe preguntarse si no sería más adecuado otro tipo de nudo, por ejemplo una glorieta.

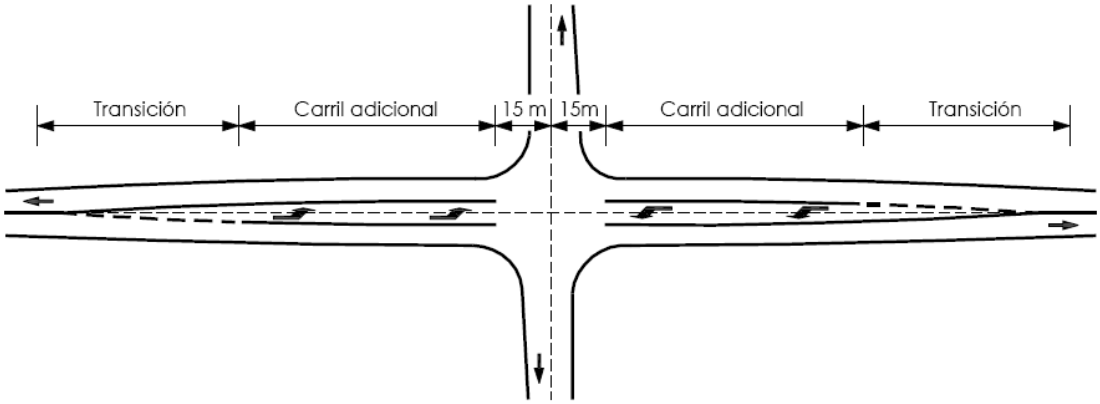


Fig. **4.5-N**

2. Cada uno a la derecha del opuesto (Fig. **4.5-O**). Esto suele causar problemas a los conductores de los vehículos que vayan a girar a la izquierda, por insuficiente visibilidad de los vehículos opuestos. Sin embargo, esta configuración puede resultar conveniente si la intersección está situada al final de una pendiente fuerte, pues proporciona una salida fácil al carril de paso, sin interferencias por parte de los vehículos que estén esperando para efectuar el giro opuesto a la izquierda.
3. Una combinación de ambas.

[1] El otro vehículo pasa por estribor.

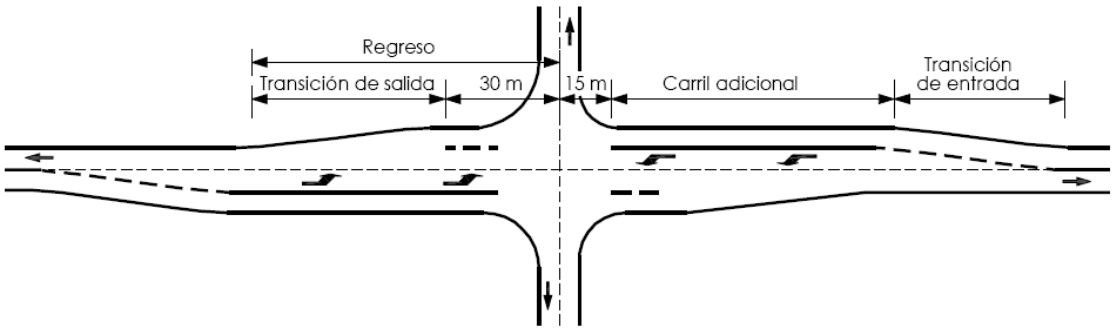


Fig. **4.5-O**

Si dos intersecciones próximas están provistas de carriles centrales de espera para el giro a la izquierda (Fig. **4.5-P**), y la alineación que las une es recta, éstos pueden llegar a adoptar una disposición adosada.

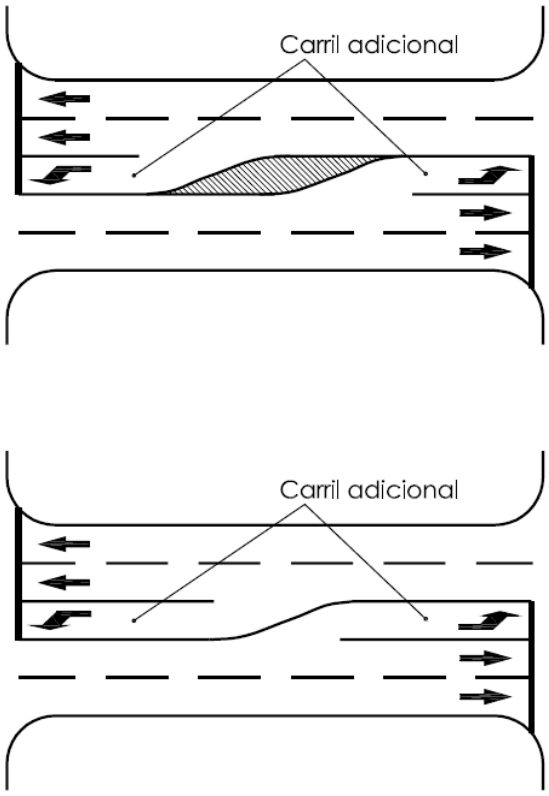


Fig. **4.5-P**

4.5.3.4.2. Dos carriles

En las intersecciones urbanas reguladas por semáforos en las que la intensidad de un giro a la izquierda sea mayor de 300 veh./h, emplear dos carriles para él puede aumentar la capacidad de ese movimiento en un 75 – 80 % y reducir la necesidad de aumentar el tiempo de fase verde. La configuración de estos carriles dobles de espera puede ser:

a) Ambos carriles totalmente protegidos y reservados para el giro: es la disposición más sencilla desde el punto de vista de la señalización horizontal y vertical (Fig. **4.5-Q**). Para establecer la protección se necesita que, antes de introducir la falsa mediana, la distancia entre los carriles opuestos de paso no sea inferior a unos 13 m.

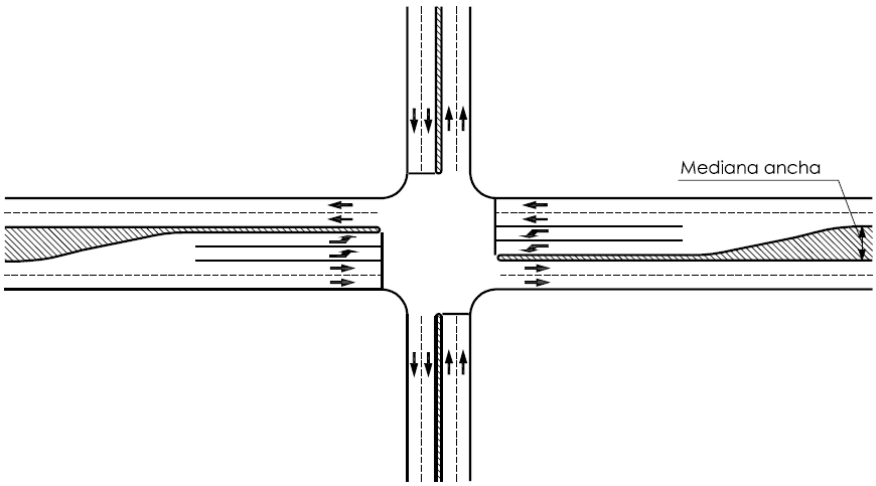


Fig. **4.5-Q**

b) Un carril reservado para el giro y protegido; la prolongación de uno de los carriles de paso se reserva también al giro (Fig. **4.5-R**). Esta solución sólo se puede emplear si la intensidad del giro es superior a la del movimiento de paso, y hay restricciones de espacio. Hay que disponer una señalización muy eficaz si se quiere evitar que un vehículo de paso quede atrapado inadvertidamente en la prolongación del carril de paso reservada al giro.

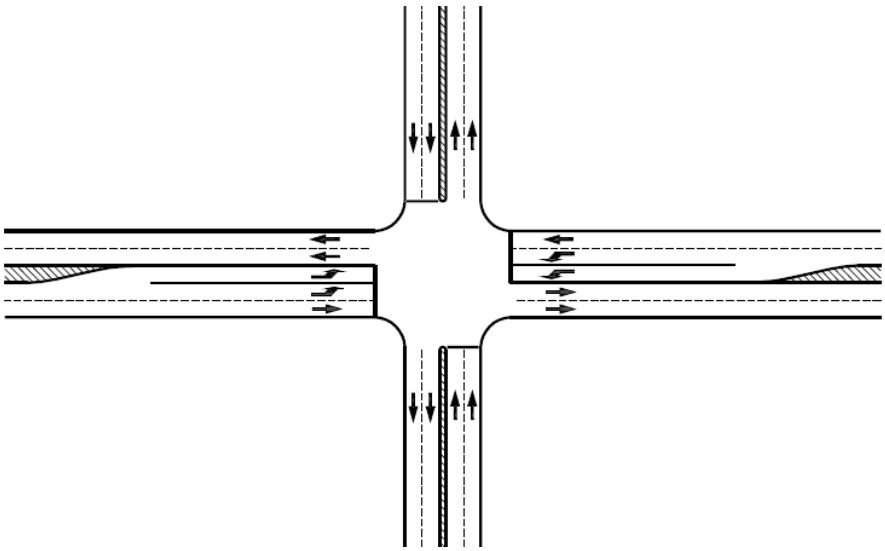


Fig. **4.5-R**

c) Un carril reservado para el giro y protegido, y otro compartido con el paso (Fig. **4.5-S**): esta protección parcial es típica de una ordenación provisional de la circulación,

que luego evolucionará al tipo **a)** o a un enlace. Donde haya restricciones de espacio, permite acoplar un exceso de capacidad en los carriles de paso a una demanda variable de giro. La señalización vertical y horizontal del carril compartido debe identificar claramente los movimientos permitidos. Conviene disponer las fases del semáforo de manera que el giro a la izquierda se pueda hacer a la vez que el movimiento de paso, mientras el de paso opuesto está en rojo: de esta manera se evita congestionar el carril compartido y se reducen los alcances en él.

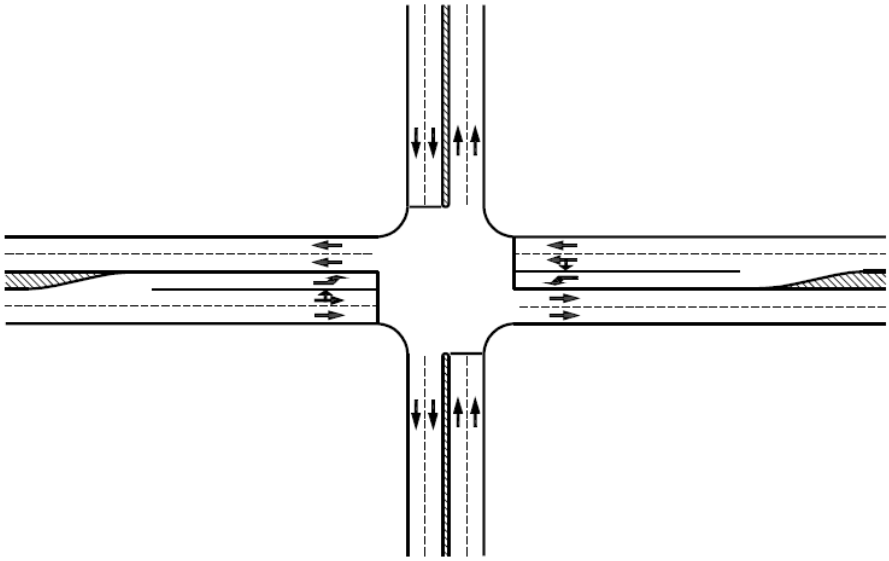


Fig. **4.5-S**

4.5.3.4.3. Tres carriles

En vías urbanas con calzadas separadas, las intersecciones reguladas por semáforos cuyas intensidades de los giros a la izquierda sean muy elevadas (más de 600 veh./h), si hay restricciones de espacio o económicas que impiden que se construya un enlace, los dobles carriles adicionales centrales para girar directamente a la izquierda pueden evolucionar a triples (Fig. **4.5-T**).

De esta manera:

- Se reducen la congestión y las demoras.
- Se reduce la longitud necesaria para almacenar a los vehículos que van a girar a la izquierda y, por lo tanto, los conflictos antes de la intersección.
- Se puede reducir la duración de la fase verde, asignando a otros movimientos el tiempo ahorrado.

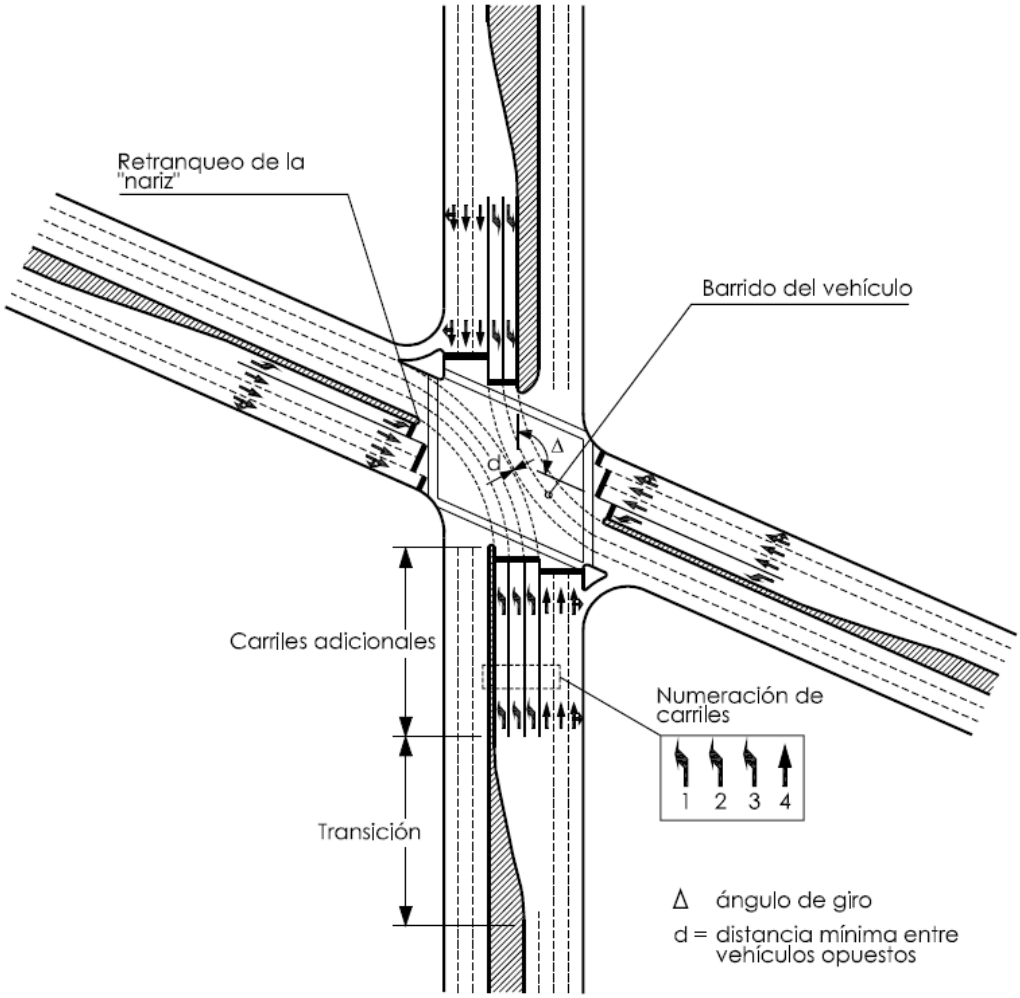


Fig. **4.5-T**

Sin embargo, hay otras consideraciones que pueden hacer que resulte inadecuado un carril triple para el giro directo a la izquierda:

- Un elevado potencial de conflictos con peatones.
- Unas condiciones de la pata a la que se llega después de girar a la izquierda, que no favorezcan[1] una distribución uniforme de los vehículos entre los tres carriles.
- Delimitación confusa de los tres carriles en la zona del giro.
- Falta de espacio para alojar al vehículo patrón simultáneamente en los tres carriles de giro, con un resguardo mínimo de 0,6 m entre ellos, y de 3,0 m a los vehículos opuestos (en disposición *indonesia*).
- Hay otras opciones más económicas.

[1] Por ejemplo, por la presencia de trenzados.

4.5.3.5. Desviación de los carriles de paso

La desviación de los carriles de paso de su trayectoria normal, que crea una separación para alojar un carril central de espera, se efectuará de una manera muy gradual, evitando un riesgo a los vehículos de paso de ambos sentidos de circulación, sobre todo de noche cuando pueden no percibirla.

En principio, se debe aplicar la Norma **3.1-IC** "Trazado" a cada uno de los carriles de paso; sin embargo, al ser muy pequeños los ángulos de giro asociados a la implantación de un carril central de espera, pueden presentarse inconsistencias y problemas. En esos casos, se puede admitir que los extremos de la separación se atengan a un quiebro lineal definido por un ángulo α, cuyo valor mínimo está dado por la Tabla **4.5-A**, con sus extremos suavizados por unas curvas[1] (Fig. **4.5-U**), cuyo radio mínimo **R** está también dado por esa Tabla.

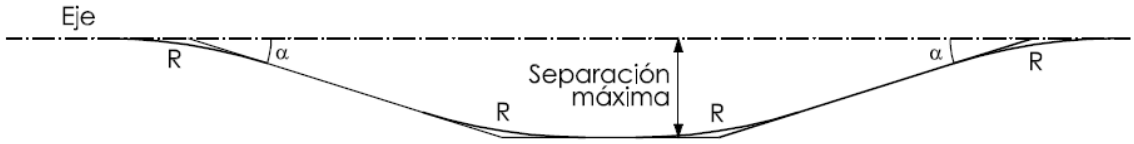


Fig. **4.5-U**

TABLA **4.5-A**

EXTREMOS DE LA SEPARACIÓN

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	**COTANGENTES[2] DEL ÁNGULO α**	**RADIOS MÍNIMOS R** (m) **DE LAS CURVAS QUE SUAVIZAN EL QUIEBRO**
50	8 – 30	500
60	15 – 36	750
70	15 – 42	1000
80	15 – 48	1200
90	27 – 54	1500
100	30 – 60	2000
110	33 – 66	2500
120	36 – 72	3000

[1] Provistas, en su caso, de clotoides.

[2] El valor menor corresponde a las zonas urbanas con falta de espacio; el mayor, a intersecciones fuera de poblado sin problemas de espacio. No conviene emplear los valores mínimos donde la visibilidad sea estricta.

Donde haya una *falsa isleta*[1], una separación mínima de 4,7 m puede alojar un carril central de 3,5 m y una falsa isleta de 1,2 m entre éste y el carril reservado al tráfico de sentido opuesto.

Donde haya una f*alsa mediana*[2], la distancia entre los bordes de los carriles de paso debe ser suficiente para alojar:

- El carril central (o los carriles, si hay más de uno). Éstos pueden, incluso, tener una anchura inferior a la estándar sin que aumente la inseguridad.
- El elemento separador que materialice la *falsa mediana* (suele ser un bordillo montable).
- Unos resguardos mínimos de 0,50 m entre dicho separador y los bordes de los carriles contiguos a él.

Fuera de poblado, las conductas peligrosas disminuyen y la seguridad mejora al aumentar la distancia entre los carriles de paso; los conductores de los vehículos que giran a la izquierda desde una vía no prioritaria pueden hacerlo en dos fases, deteniéndose en un carril central de espera alojado entre los carriles de paso. En las zonas urbanas y periurbanas sucede lo contrario, tanto si la intersección está regulada por semáforos como si no, porque aumenta la anchura que tienen que cruzar los vehículos; por ello se recomienda reducir al mínimo[2] el aumento de la anchura de la vía prioritaria debido a la presencia del carril central de espera.

4.5.3.6. Longitud

La espera para girar directamente a la izquierda está precedida de una maniobra de deceleración. La distancia necesaria para ella se basa en las mismas reglas que para los carriles de cambio de velocidad[3], a excepción de la longitud mínima de 100 m fijada para éstos. Donde el espacio resulte insuficiente para esa distancia:

- La deceleración puede tener que ser más brusca, o empezar cuando el vehículo que pretenda girar directamente a la izquierda se halle todavía en el carril de paso.
- Los vehículos que pretendan girar directamente a la izquierda pueden invadir los carriles de paso, y los vehículos de paso retenidos impedir el acceso al carril central de espera.

En las zonas urbanas y periurbanas, el espacio disponible es más utilizado para la espera durante las horas punta (el tráfico es más lento y necesita menos distancia para decelerar); y más para decelerar, en las horas valle (hay menos vehículos esperando para girar). No siempre es posible disponer una distancia adecuada, por la presencia de accesos u otras intersecciones

---

[1] Cf. apartado **4.5.3.2**.

[2] A unos 5 m.

[3] Cf. apartado **4.10**.

próximas: en estos casos, donde no esté materializada la falsa mediana se puede utilizar para decelerar la zona correspondiente al quiebro de los carriles de paso.

La transición a la anchura total del carril central se realiza mediante un quiebro lineal, cuyo ángulo mínimo β está dado por la Tabla **4.5-B**, y cuyos extremos deben estar suavizados, donde haya una falsa mediana, por unas curvas cuyo radio mínimo **R** está también dado por esa Tabla (Fig. **4.5-V**).

TABLA **4.5-B**

TRANSICIÓN AL CARRIL CENTRAL DE ESPERA

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	**COTANGENTES[1] DEL ÁNGULO β**		**RADIOS MÍNIMOS R** (m) **DE LAS CURVAS QUE SUAVIZAN EL QUIEBRO**
	SIN CURVAS	**CON CURVAS**	
50	10	11 – 17	90 - 150
60	10 – 12	14 - 17	150
70	10 –18	17 - 20	150 - 220
80[2]	13 - 20	17 - 23	150 - 300

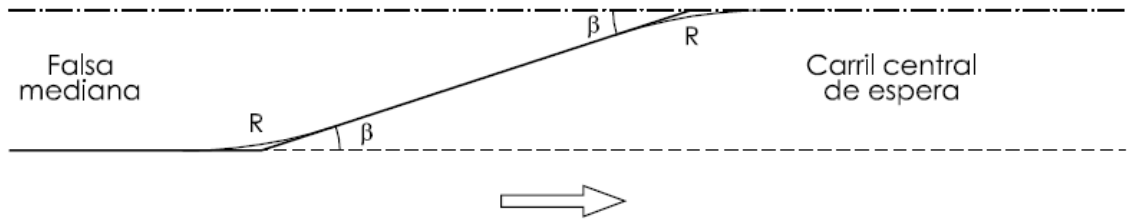


Fig. **4.5-V**

Si la transición está situada en una curva a derechas, hay que emplear unos quiebros más bruscos para que sean más perceptibles por los conductores, evitando que el tráfico de paso invada el carril central de espera. Aunque si el quiebro no está previsto de curvas no resulta imprescindible reducir su longitud si está por el interior de la curva (la falta de curvas marca claramente la transición), en los demás casos hay que reducir la longitud de transición y adop-

[1] El valor menor corresponde a las zonas urbanas con falta de espacio; el mayor, a intersecciones fuera de poblado sin problemas de espacio. No conviene emplear los valores mínimos donde la visibilidad sea estricta.

[2] Para velocidades específicas superiores a 80 km/h se pueden utilizar los valores de la Tabla correspondientes a esta última velocidad, incrementando la longitud para disponer de más distancia de deceleración.

tar unas curvas asimétricas, según muestra la Tabla **4.5-C** para una velocidad específica de 60 km/h (Fig. **4.5-W**)[1].

TABLA **4.5-C**

TRANSICIÓN AL CARRIL CENTRAL EN UNA CURVA

(Velocidad específica 60 km/h)

RADIO (m) **DE LA CURVA**		**100**	**250**	**350**	**600**	**≥ 800**
Longitud mínima (m) del quiebro		20	25	30	35	50
CURVA A DERECHAS	Radio $\mathbf{R_1}$ (m) de salida	30	55	80	105	150
	Radio $\mathbf{R_2}$ (m) de llegada	25	35	50	70	150
CURVA A IZQUIERDAS	Radio $\mathbf{R_1}$ (m) de salida	25	35	50	70	150
	Radio $\mathbf{R_2}$ (m) de llegada	30	55	80	105	150

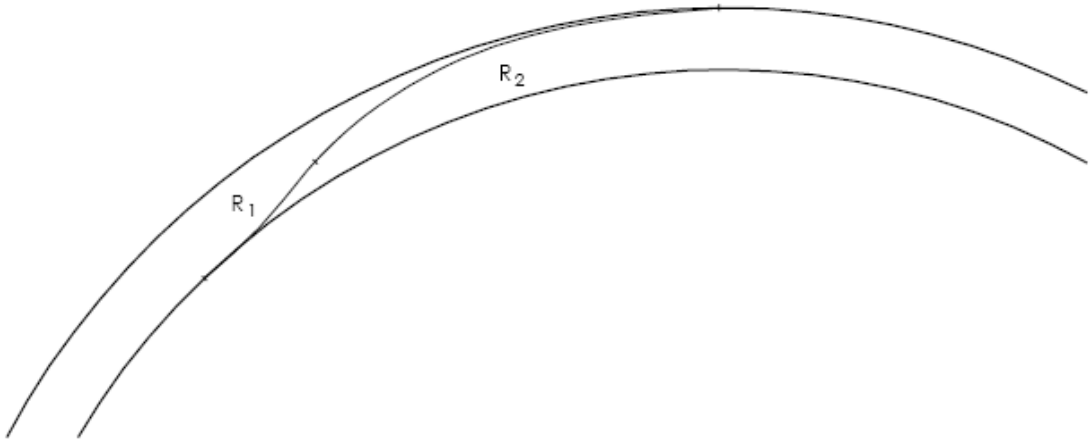


Fig. **4.5-W**

En las intersecciones reguladas por prioridad fija, la zona de espera debe tener una longitud mínima **L** (m):

- 15 m.

[1] Para otras velocidades específicas hay que proceder de manera análoga, por comparación con la Tabla **4.5-C**.

- Suficiente para alojar[1] el número medio de vehículos que se puedan acumular en un período de dos minutos. Si no se dispone de datos, se puede estimar a partir de la intensidad $\mathbf{I_g}$ (veh./h) del giro a la izquierda, por las fórmulas:

Recomendable $$\mathbf{L = \frac{I_g}{5} + 30}$$

Mínima $$\mathbf{L = \frac{I_g}{5{,}1} - 3}$$

En las intersecciones reguladas por semáforos, la longitud de la zona de espera depende de la duración del ciclo, de la disposición de las fases, y de la intensidad del giro. Si la velocidad específica ($\mathbf{V_{85}}$) del acceso no es superior a 60 km/h, se recomienda que la zona de espera pueda alojar 1,5 veces el número medio de los vehículos que esperan girar en un ciclo no congestionado; y el doble, si $\mathbf{V_{85}}$ es superior a 60 km/h.

4.6 Trazado del nudo

4.6.1. Trazado en planta

4.6.1.1. Trayectorias

En la mayoría de los elementos de las intersecciones y enlaces (vías de giro o ramales) y en las glorietas, las alineaciones del trazado en planta se refieren[2] a la trayectoria del centro del eje director del vehículo patrón elegido.

A partir de las alineaciones definidas para cada trayectoria se pueden obtener los bordes de la calzada aplicando un programa informático adecuado:

- Definiendo el espacio barrido por el vehículo.
- Estableciendo un resguardo suficiente: se recomienda que tanto su esquina delantera exterior como su rueda o su esquina trasera interior no pasen a menos de 50 cm de dichos bordes[3].

En las glorietas, para el carril más desfavorable de cada entrada se determinarán las tres trayectorias del vehículo patrón[4] que correspondan a (Fig. **4.6-A**):

- El giro a la derecha para tomar la primera salida.

---

[1] Hay que contar con una longitud de 7,5 m por vehículo. **L** debe ser múltiplo de 7,5 m por exceso.

[2] Cf. apartado **2.3.2.1**.

[3] Mínimo absoluto 30 cm.

[4] Cf. apartado **2.3.2.1**.

- El movimiento aproximadamente recto que corresponde, en su caso, a tomar la salida que prolonga la pata de entrada.
- El giro a la izquierda para tomar la última salida antes de la entrada en cuestión.

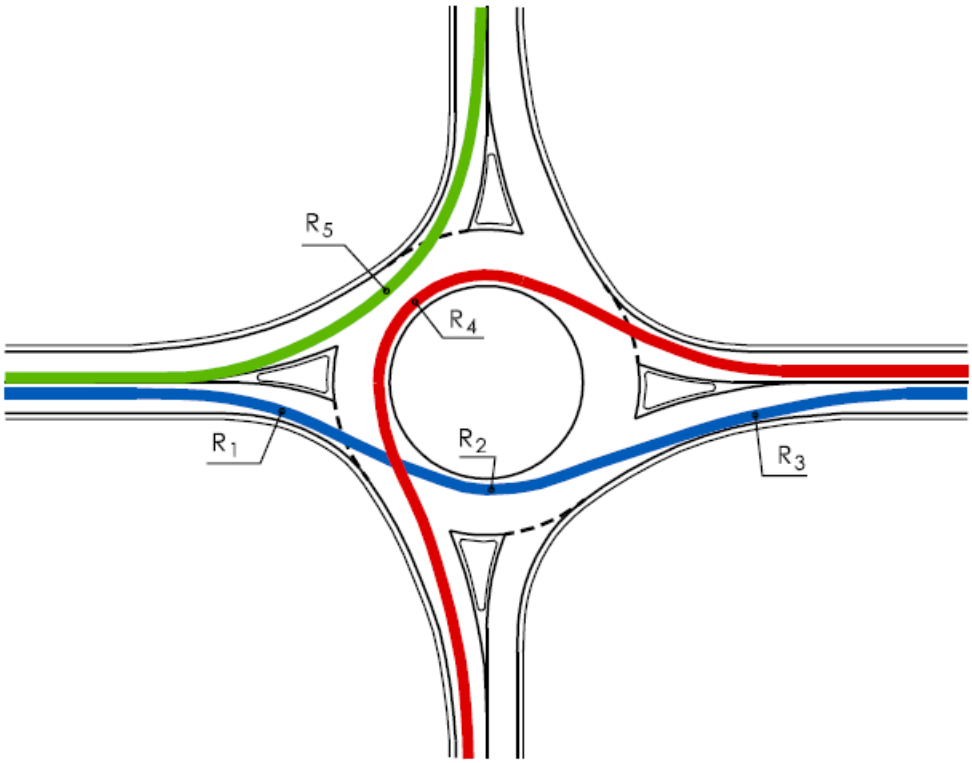


Fig. **4.6-A**

Dichas trayectorias se determinarán de manera que su tiempo de recorrido sea el menor posible, ateniéndose a los condicionantes siguientes (Fig. **4.6-B**), y siempre que el espacio barrido respete los resguardos establecidos:

- Donde haya arcenes (o gorjales) de más de 0,5 m de anchura, la trayectoria se podrá aproximar hasta a 1,0 m del borde de la calzada.
- Donde haya aceras, o arcenes o gorjales de anchura no superior a 0,5 m, la trayectoria se podrá aproximar hasta a 1,5 m de la acera, o del borde del arcén o gorjal.
- En patas de calzada única con doble sentido de circulación, la trayectoria se podrá aproximar hasta a 1,0 m de la marca vial de separación de sentidos.
- En patas con más de un carril para el sentido de circulación considerado, la trayectoria se podrá aproximar hasta a 1,0 m del borde del carril que convenga.
- En las calzadas anulares de dos carriles[1], las trayectorias correspondientes al carril exterior se podrán acercar hasta a 0,5 m del borde izquierdo de éste.

[1] Cf. apartado **4.6.4.2.2**.

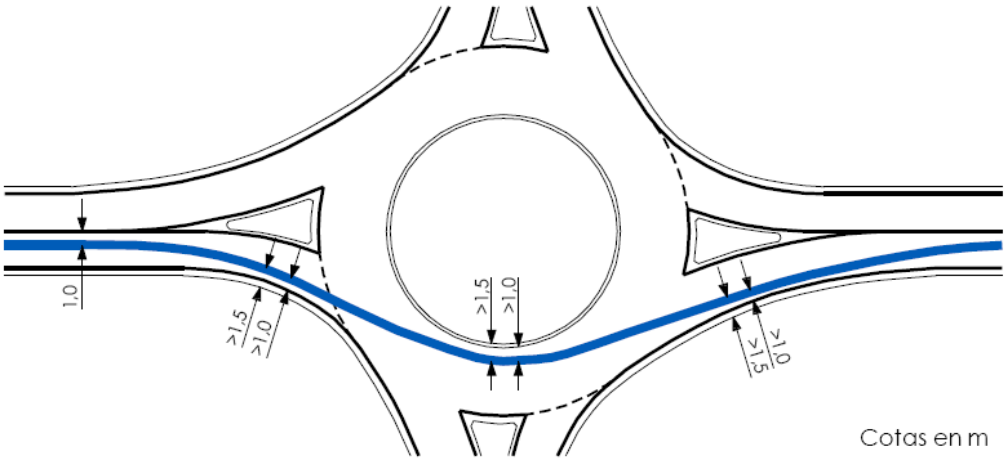


Fig. **4.6-B**

4.6.1.2. Movimientos de paso

El emplazamiento ideal para una intersección es una alineación recta; en una curva se pueden presentar los siguientes inconvenientes:

- La visibilidad disponible suele ser menor[1].
- Hay un mayor potencial de conflictos para los vehículos que pretendan cruzar a nivel la vía prioritaria.
- Puede haber complicaciones con el peralte de la curva.

Por consiguiente, se recomienda no disponer intersecciones en curvas cuyo radio sea inferior a los dados por la Tabla **4.6-A**.

TABLA **4.6-A**

RADIOS MÍNIMOS (m) PARA EMPLAZAR UNA INTERSECCIÓN EN CURVA

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h)	40	50	60	70	80	90	100
RADIO MÍNIMO (m)	250	375	550	750	1000	1220	1500

[1] A pesar de que la visibilidad necesaria para detenerse en unas condiciones de seguridad estricta debiera ser mayor, pues una parte de la resistencia al deslizamiento se consume en resistir la fuerza centrífuga no compensada por el peralte, y queda menos rozamiento disponible para frenar.

También se recomienda que las glorietas y los enlaces se sitúen en una alineación recta: se evitan problemas de visibilidad y de orientación[1].

A menudo es posible sustituir una curva por una glorieta: se mantienen las alineaciones rectas extremas, y el cambio de acimut tiene lugar en la propia glorieta.

Sobre todo al acondicionar intersecciones existentes, en las que los condicionantes de la plataforma pueden resultar muy exigentes, se tiene que hacer con cuidado la transición desde el bombeo o el peralte en la pata de acceso hasta el peralte al pasar por la intersección. Para ello puede ser útil recurrir a la técnica de planos acotados.

4.6.1.3. Vías de giro y ramales

4.6.1.3.1. Generalidades

En los cruces a nivel de dos trayectorias, se recomienda que la diferencia de sus acimuts[2] esté comprendida entre 80 y 120 gon; y que no sea menor de 65 gon, ni mayor de 135 gon.

Se evitarán en cualquier caso las irregularidades en la ley de variación de la curvatura con el recorrido, como las que representan las curvas sucesivas y del mismo sentido pero de distinto radio, separadas por cortos tramos rectos.

En trayectorias que no tengan inflexiones de la curvatura, como las de los ramales *en lazo* o de los ramales directos que no estén ceñidos a un lazo, se recomienda que la planta conste de una sola circunferencia, provista de clotoides de transición que pueden ser simétricas o no.

En trayectorias que presenten inflexiones de la curvatura se recomienda que la planta conste de una sucesión de curvas en **S**, cada una de ellas provista de clotoides de transición, que pueden ser simétricas o no. Donde se disponga de espacio se recomienda disponer entre las clotoides consecutivas un tramo recto de longitud suficiente[3]. Donde no lo sea, se recomienda reducir a un punto el tramo recto, aumentando las longitudes de las clotoides hasta que éstas coincidan por su punto de curvatura nula. En este último caso:

- Si el radio de la segunda curva[4] fuera inferior al de la primera, se recomienda que no sea inferior a los 2/3 de éste.
- Si el radio de la segunda curva[1] fuera inferior al de la primera, se recomienda que no sea inferior a los 2/3 de éste.

---

[1] Por ejemplo: donde el tronco vaya a describir una curva a izquierdas, el ramal de salida se suele disponer en prolongación de la alineación recta precedente, por lo que se puede confundir con una prolongación de la misma; y donde vaya a describir una curva a derechas, la presencia de la salida puede quedar disimulada. Por ello, se recomienda que la *nariz* de la salida esté todavía en la alineación recta, de manera que se destaque la presencia de un eventual carril de deceleración adosado al tronco.

[2] Definidos según el sentido de recorrido de la trayectoria correspondiente.

[3] Tiempo de recorrido mínimo de 5 s a la mayor velocidad específica de las curvas contiguas.

[4] En el sentido del recorrido.

- Para que la velocidad de giro del volante sea la misma, el parámetro de las dos clotoides debe ser el mismo.

Asimismo:

- Se recomienda no disponer una curva en planta de radio estricto al final de una pendiente muy inclinada.
- En las zonas urbanas, el empleo de vías de giro canalizadas aumenta la distancia que los peatones deben atravesar para cruzar la intersección. Por lo tanto, si es elevado el número de peatones su cruce se debe facilitar con una isleta encauzadora; de lo contrario, se recomienda atenerse a los radios mínimos de maniobra del vehículo patrón elegido.

4.6.1.3.2. Peralte

En los extremos de una vía de giro o de un ramal, la pendiente transversal debe ser tal que su calzada sea una prolongación (en su mismo plano) de la adyacente, de la que se separa o a la que se acerca. Se recomienda que esta condición prevalezca sobre cualquier otra:

- Donde la margen o la isleta que materialice la separación o el acercamiento esté provista de arcenes, mientras no se separen los bordes exteriores de éstos.
- En caso contrario, mientras no se materialice la isleta.

En los carriles existentes de cambio de velocidad[2] a veces no es posible mantener un peralte acorde con su curvatura y con la velocidad a la que se prevé que sean recorridos.

Sólo excepcionalmente se pueden mantener, en calzadas existentes, quiebros o limatesas en la sección transversal de la calzada, aunque cumpliendo las siguientes condiciones:

- No puede haber ningún quiebro donde sea inferior a 1,0 m la distancia entre el borde de la vía de giro o del ramal y el borde de la calzada contigua, de la que separa o a la que se acerca.
- El quiebro debe aparecer gradualmente, y en ningún caso alcanzar un valor superior al 2 %, de manera que la diferencia de inclinación no cause que un vehículo que atraviese la limatesa se vea sometido a un brusco balanceo.
- No son admisibles desniveles en la parte común de la plataforma.

En relación con el peralte de una alineación circular en una vía de giro o en un ramal se pueden formular las siguientes consideraciones:

---

[1] En el sentido del recorrido.

[2] O en los carriles laterales de espera.

- El perfil longitudinal debe mantener una continuidad con los tramos adyacentes. Por lo tanto, en una vía de giro sin canalizar se recomienda no exceder del 2 %, ni del 5 % si está canalizada; pues no suele haber un desarrollo suficiente para alcanzar un peralte mayor.
- En un ramal cuya longitud le exima de las consideraciones anteriores de continuidad, el peralte se puede atener a la Tabla **4.6-B**.

TABLA **4.6-B**

RADIO (m)	**PERALTE** (%)
< 30	2
30 a 75	$\frac{\mathbf{R} - 12}{9}$
> 75[1]	7

En la curva de transición de una vía de giro o de un ramal, en la zona exenta del condicionante impuesto por la contigüidad de la calzada adyacente, el peralte variará en general linealmente con el recorrido, hasta alcanzar su valor máximo en correspondencia con la circunferencia. La variación del peralte $\Delta\mathbf{p}$ no será superior a los límites siguientes:

- Por cada 10 m de recorrido:

$$\Delta p\,(\%) \leq 4{,}18 - \frac{V_{85}}{22{,}73}$$

- Por cada 40 m de recorrido:

$$\Delta p\,(\%) \leq 13{,}0 - \frac{V_{85}}{10{,}0}$$

En cualquier caso, la línea de máxima pendiente de cualquier punto de la plataforma tendrá una inclinación cuyo valor absoluto esté comprendido entre el 0,5 y el 10 %.

[1] Por encima de 350 m, el peralte se atendrá al apartado **4.3.2** de la Norma 3.1-IC (Grupo **2**).

4.6.1.3.3. Condiciones dinámicas

A velocidades mayores que las permitidas por la trayectoria mínima de giro, como las que se practican en las vías de giro canalizadas o en los ramales, interviene la aceleración centrífuga no compensada por el peralte.

Salvo justificación en contrario, se podrá considerar que la velocidad específica[1] que corresponde a un radio está dada por la Tabla **4.6-C**; o por la **4.6-D** si la proporción de vehículos articulados es significativa y hay que limitar a 0,25 el rozamiento transversal movilizado a la velocidad $\mathbf{V_{99}}$. De no admitirse esto, se comprobarán los rozamientos transversales movilizados a los fractiles 85 y 99 de la distribución de velocidades, los cuales no podrán ser superiores a los preconizados en el apartado **2.3.2.2**.

Salvo justificación en contrario, se puede admitir que el fractil 99 de la distribución de las velocidades[2] tiene un margen sobre el fractil 85 no inferior al dado por la expresión siguiente (Fig. **4.6-C**):

$$\mathbf{V_{99} - V_{85} = \frac{7}{9} \cdot V_{85} \cdot \left(1 - \frac{V_{85}}{180}\right)}$$

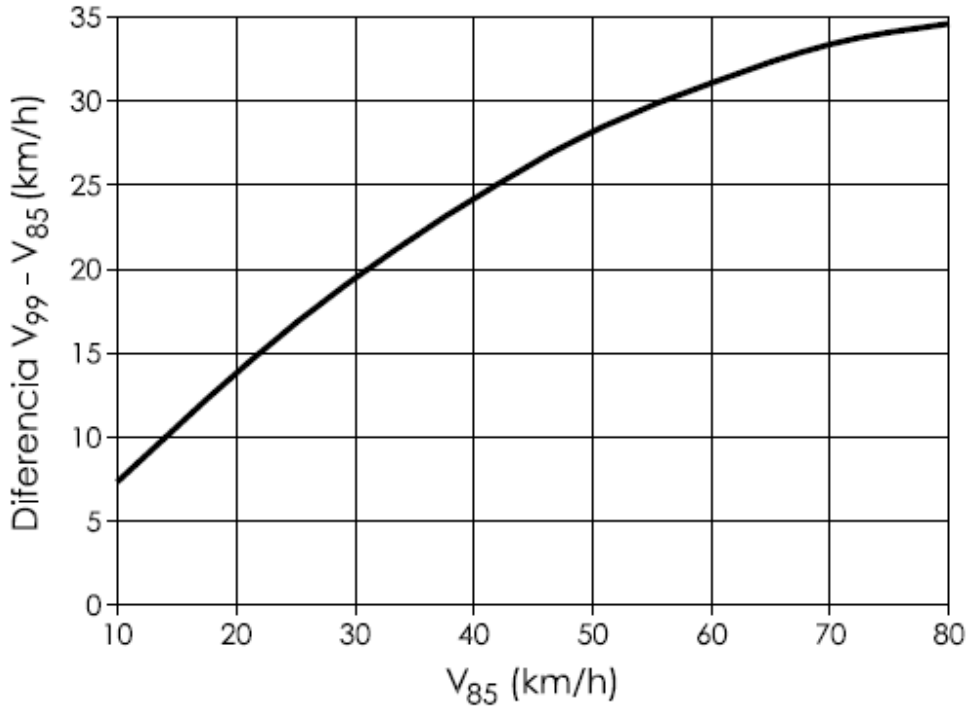


Fig. **4.6-C**

[1] La cual define también la velocidad recomendada por una eventual señalización.

[2] Para el que hay que comprobar unas condiciones de seguridad estricta.

TABLA **4.6-C**

VELOCIDADES ESPECÍFICAS EN FUNCIÓN DEL RADIO
SIN PROPORCIÓN SIGNIFICATIVA DE VEHÍCULOS ARTICULADOS

RADIO (m)	**PERALTE** (%)	**VELOCIDAD** (km/h)	
		ESPECÍFICA V_{85}	**V_{99}**
8	2	15	26
16	2	20	34
25	2	25	42
38	2,8	30	49
53	4,4	35	57
69	6,3	40	64
90	7	45	71
115	7	50	78
145	7	55	85
178	7	60	91
214	7	65	97
255	7	70	103
299	7	75	109
347	7	80	115

TABLA **4.6-D**

VELOCIDADES ESPECÍFICAS EN FUNCIÓN DEL RADIO
CON PROPORCIÓN SIGNIFICATIVA DE VEHÍCULOS ARTICULADOS

RADIO (m)	**PERALTE** (%)	**VELOCIDAD** (km/h)	
		ESPECÍFICA V_{85}	**V_{99}**
19	2	15	26
32	2,2	20	34
47	3,9	25	42
63	5,7	30	49
80	7	35	57
101	7	40	64
125	7	45	71
150	7	50	78
177	7	55	85
204	7	60	91
233	7	65	97
262	7	70	103
299	7	75	109
347	7	80	115

4.6.1.3.4. Curvas de transición

Sea cual fuere la velocidad a la que se recorra una trayectoria, se dispondrán curvas de transición entre las curvas circulares y las alineaciones contiguas (rectas o circunferencias).

Se recomienda que la forma de las curvas de transición sea la clotoide. A este respecto hay que tener muy en cuenta que, si una clotoide se recorre decelerando y la razón entre las velocidades entre su principio y su final es superior a 1,41, hacia la mitad de su longitud se puede producir un pico en la aceleración centrífuga, no esperado por los conductores. En este caso, a no ser que se utilice una curva de transición más adecuada a esta situación que una clotoide, se recomienda que el parámetro **A** (m) de la clotoide no sea inferior al dado por la expresión siguiente:

$$\mathbf{A_{mín}} = 2 \cdot \mathbf{V} - 80$$

En la expresión anterior, **V** es la velocidad (km/h) al principio de la clotoide.

Salvo en las curvas inmediatas a las conexiones de los ramales con el tronco, donde se aplicarán las condiciones correspondientes a éste, la longitud **L** (m) de una clotoide para un radio **R** (m) cumplirá las condiciones siguientes:

a) Longitud mínima:

- Si

$$\mathbf{R\ (m)} < \frac{\mathbf{12}}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{\mathbf{200}}\right)^2}$$

el desarrollo angular de la curva de acuerdo será la mitad del ángulo de giro Ω (gon) de la curva total. Esto equivale a que sea

$$\mathbf{L\ (m)} = \frac{\pi \cdot \Omega}{\mathbf{200}} \cdot \mathbf{R}$$

- Si

$$\frac{\mathbf{12}}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{\mathbf{500}}\right)^2} \geq \mathbf{R\ (m)} \geq \frac{\mathbf{12}}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{\mathbf{200}}\right)^2}$$

el retranqueo[1] de la circunferencia no será inferior a 0,50 m. Esto equivale, aproximadamente, a que sea

$$\mathbf{L} \geq \mathbf{2} \cdot \sqrt{\mathbf{3} \cdot \mathbf{R}}$$

[1] No se debe confundir el retranqueo con el resguardo ni con el sobreancho. Cf. Anexo "Definiciones".

- Si

$$\frac{18}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{500}\right)^2} \geq R\,(m) \geq \frac{12}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{500}\right)^2}$$

el desarrollo angular de la curva de acuerdo no será inferior a la quinta parte del ángulo de giro Ω (gon) de la curva total. Esto equivale a que sea

$$L\,(m) \geq \frac{\pi \cdot \Omega}{500} \cdot R$$

- Si

$$R\,(m) > \frac{18}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{500}\right)^2}$$

el retranqueo de la circunferencia no será inferior a 0,75 m. Esto equivale, aproximadamente, a que sea

$$L_{mín}\,(m) = 3 \cdot \sqrt{2 \cdot R}$$

b) Longitud máxima:

- Si

$$R\,(m) < \frac{12}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{200}\right)^2}$$

el desarrollo angular de la curva de acuerdo será a la mitad del ángulo de giro Ω (gon) de la curva total. Esto equivale a que sea

$$L\,(m) = \frac{\pi \cdot \Omega}{200} \cdot R$$

- Si

$$R\,(m) \geq \frac{12}{\left(\frac{\pi \cdot \Omega}{200}\right)^2}$$

la longitud de la clotoide no será superior en más de un 50 % a su longitud mínima, determinada según se ha expuesto:

$$L \geq 1{,}5 \cdot L_{mín}$$

En los ramales, la parte circular de la curva tendrá una longitud tal, que su tiempo de recorrido no sea inferior a 1,5 s a su velocidad específica.

Las dos curvas de transición correspondientes a una misma circunferencia pueden no ser simétricas; pero se recomienda que sus longitudes no difieran en más de la mitad de la menor.

En las curvas en **S** cuya alineación recta intermedia se haya reducido a un punto, se recomienda que el parámetro de ambas clotoides sea el mismo, o sea: que las longitudes de las clotoides tangentes por su punto de curvatura nula estén en razón inversa de sus respectivos radios. De esta manera el volante se girará a la misma velocidad angular en ambas clotoides.

4.6.1.4. Conexiones

4.6.1.4.1. Salidas

En una salida, el ramal se debe apartar de la alineación del tronco, dando origen a la *nariz*: esto generalmente requiere que se introduzca una curva en la trayectoria. Los trazados posibles son los siguientes:

a) Si una salida termina en una curva que se tiene que recorrer a **velocidad de maniobra**[1], la variación de la velocidad operativa a lo largo de la maniobra de salida es normalmente grande; y la configuración[2] más frecuente corresponde a un **carril paralelo de deceleración**. En este caso, conviene que toda la deceleración se lleve a cabo en dicho carril; además, la primera curva del ramal suele ser la más restrictiva, la de menor velocidad específica. Si el carril de deceleración está bien dimensionado, el trazado del ramal no sufre por ello condicionantes especiales.

b) Si la variación de la velocidad operativa es más reducida[3], no superior a 30 km/h, de manera que la longitud del carril de deceleración no rebasa los 180 m, excepcionalmente se puede utilizar también un **carril directo de deceleración**. Aunque también puede partir de una alineación paralela al eje del tronco, para destacar mejor su presencia se recomienda que la alineación inicial del carril directo forme un ángulo comprendido[4] entre 1,8184 y 3,1805 gon con el eje del tronco. Igual que en el caso **a)**, toda la deceleración se debe llevar a cabo en el carril de deceleración; además, la primera curva del ramal suele ser la más restrictiva, la de menor velocidad específica. Si el carril de deceleración está bien dimensionado, el trazado del ramal tampoco sufre por ello condicionantes especiales.

---

[1] Cf. apartado **2.3.2.1**.

[2] Cf. apartado **4.10**.

[3] Normalmente porque la velocidad específica a partir de la cual se decelera no es grande, o porque la velocidad de proyecto del ramal es elevada.

[4] El primero es el mínimo ángulo para que el inicio del carril directo sea perceptible; su cotangente es 35. Por encima del segundo ángulo el despegue del carril directo es demasiado brusco; su cotangente es 20.

c) Donde la salida se realice a una velocidad análoga[1] a la velocidad operativa en el tronco, como ocurre en las que tienen carriles bífidos o perdidos[2], al no evidenciarse un carril de deceleración[3] el cambio de velocidad en él será pequeño y los conductores tendrán que decelerar en el propio ramal. La introducción de la primera curva, que da origen a la *nariz*, evita que algunos conductores sigan sin variar su velocidad al no percibir aceleración centrífuga alguna[4].

Estas circunstancias no sólo se tendrán en cuenta en el diseño, estudiando la trayectoria de los vehículos para garantizar que sus características geométricas permiten dicha velocidad; sino que deberán también resultar especialmente evidentes a los conductores, más por la percepción que tengan del trazado que porque se disponga una señalización específica a tal fin, en cuya observancia no conviene confiar.

Tanto si el carril es **bífido** como si es **perdido**, en su origen la trayectoria que define su trazado será paralela al tronco y estará situada en el centro del carril[5].

- Si el tronco fuera recto, del origen arrancará una primera circunferencia de 2000 m de radio y 60 m de desarrollo, en cuyo extremo la variación del acimut habrá sido de 1,9099 gon, y la ordenada a la tangente por el origen igual a 0,900 m.

  A continuación, se conectará una segunda circunferencia cuya gama de radios y desarrollos está dada por la Tabla **4.6-G** (Fig. **4.6-D**). La situación de la *nariz* y del final de la segunda circunferencia está dada en las Tablas **4.6-H** y **4.6-I**.

En algunos casos existe la posibilidad de efectuar el diseño del ramal de salida[6] de forma que no sea necesaria la instalación de un sistema de contención de vehículos en el interior de dicho ramal (o pueda reducirse su longitud) con objeto de facilitar a los vehículos la posibilidad de detenerse en caso de salida de calzada. Esto suele conllevar un mayor movimiento de tierras, y consiguiente ocupación, pero también una disminución de la instalación de sistemas de contención de vehículos y consecuentes reposiciones.

---

[1] Cf. apartado **2.3.2.3**. Por ejemplo, una diferencia no superior a 15 km/h.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[3] Aunque se decelere al final del carril que se pierde.

[4] Con lo que podría resultar excesiva la deceleración necesaria para acoplarse a la siguiente curva del ramal, si la velocidad específica de ésta fuera estricta.

[5] Es decir, a 1,75 m de su borde izquierdo si el carril tiene una anchura de 3,50 m.

[6] Por ejemplo en los ramales de salida de un enlace tipo diamante en su lado izquierdo.

TABLA **4.6-G**

CLASE DE CARRETERA	**VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL TRONCO** (km/h)	**RADIO MÍNIMO** (m) **DE LA SEGUNDA CIRCUNFERENCIA R_2**	**LONGITUD MÍNIMA** (m) **DE LA SEGUNDA CIRCUNFERENCIA**[1] **L_2**
Convencional	60	2000	125
	80	3000	145
	100	3000	150
	110	4000	165
Autopista	80	5000	200
	100	10000	235
	≥ 120	15000	255

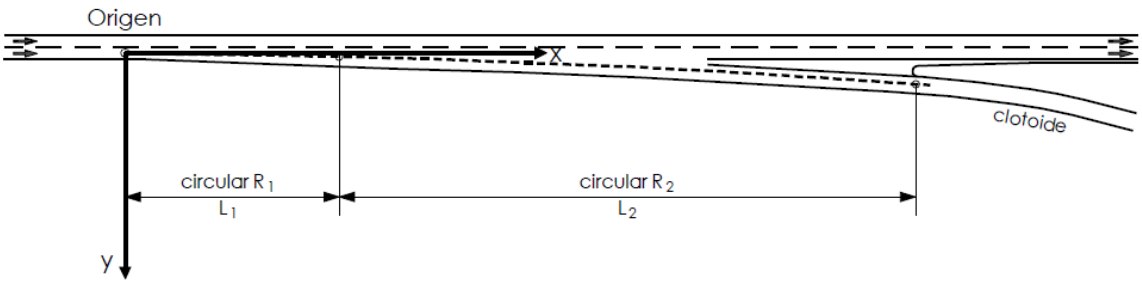


Fig. **4.6-D**

- Si en el origen del carril bífido o perdido el tronco fuera curvo, la trayectoria que defina el trazado del carril que sale se irá separando de una paralela[2] al eje que defina el trazado del tronco, con la misma ordenada a ella **y** que le correspondería a cada distancia al origen en el caso de que el tronco fuera recto, según se ha descrito en el párrafo anterior. Hasta alcanzar la máxima distancia al origen reseñada en las Tablas **4.6-H** y **4.6-I**, la forma de la trayectoria no será exactamente una cir-

[1] Si la salida es de dos carriles, los desarrollos se deben aumentar un 20 %.

[2] Que pase por su origen.

cunferencia; y las variaciones del acimut serán diferentes de las correspondientes al caso del tronco recto.

TABLA **4.6-H**

SITUACIÓN DE LA *NARIZ* Y DEL FINAL DE LA SEGUNDA CIRCUNFERENCIA

(CON UN SOLO CARRIL Y PARA EL RADIO MÍNIMO)

CLASE DE CARRETERA	**VELOCIDAD ESPECÍFICA** (km/h) **DEL TRONCO**	**NARIZ**[1]				**FINAL DE LA SEGUNDA CIRCUNFERENCIA**			
		DISTANCIA AL ORIGEN[2] (m)	**x** (m) [2]	**y** (m) [2]	**VARIACIÓN DEL ACIMUT** (gon)	**DISTANCIA AL ORIGEN**[2] (m)	**x** (m) [2]	**y** (m) [2]	**VARIACIÓN DEL ACIMUT** (gon)
Convencional	60	126,440	126,366	3,995	4,0247	185	184,736	8,550	5,8887
	80	133,358	133,282	3.997	3,4666	205	204,764	8,749	4,9869
	100	133,358	133,282	3,997	3,4666	210	209,748	9,145	5,0930
	≥ 110	137,952	137,880	3,997	3,1505	225	224,768	9,249	4,5359
Autopista	80	141,266	141,197	3,998	2,9446	260	259,728	10,895	4,4563
	100	149,844	149,781	3,998	2,4818	295	294,781	10,708	3,4059
	≥ 120	153,574	153,514	3,998	2,3070	315	314,799	10,715	2,9921

[1] Sección donde se separan los bordes de calzada, para un ramal de 4,00 m de anchura cuyo borde izquierdo esté a 2,25 m de la trayectoria (según la Fig. **4.6-Ñ**). Con los radios que se manejan, no se ha considerado que los bordes deducidos de la trayectoria del centro del eje director impliquen sobreancho alguno.

[2] El origen de coordenadas (referido a la trayectoria del centro del eje director del vehículo) se halla donde se empiezan a separar las trayectorias, en la tangente de entrada de la primera circunferencia, con el eje de abscisas orientado según el acimut en ella.

TABLA **4.6-I**

SITUACIÓN DE LA *NARIZ* Y DEL FINAL DE LA SEGUNDA CIRCUNFERENCIA

(CON DOS CARRILES Y PARA EL RADIO MÍNIMO)

CLASE DE CARRETERA	**VELOCIDAD ESPECÍFICA** (km/h) **DEL TRONCO**	**NARIZ**[1]				**FINAL DE LA SEGUNDA CIRCUNFERENCIA**			
		DISTANCIA AL ORIGEN[2] (m)	**x** (m) [2]	**y** (m) [2]	**VARIACIÓN DEL ACIMUT** (gon)	**DISTANCIA AL ORIGEN**[2] (m)	**x** (m) [2]	**y** (m) [2]	**VARIACIÓN DEL ACIMUT** (gon)
Convencional	60	126,440	126,366	3,995	4,0247	210	206,614	11,015	6,6845
	80	133,358	133,282	3.997	3,4666	235	234,660	11,247	5,6235
	100	133,358	133,282	3,997	3,4666	240	239,640	11,692	5,7296
	≥ 110	137,952	137,880	3,997	3,1505	260	259,668	11,893	5,0930
Autopista	80	141,266	141,197	3,998	2,9446	300	299,618	13,852	4,9656
	100	149,844	149,781	3,998	2,4818	340	339,711	13,216	3,6924
	≥ 120	153,574	153,514	3,998	2,3070	365	364,740	13,147	3,2043

[1] Sección donde se separan los bordes de calzada, para un ramal de 4,00 m de anchura cuyo borde izquierdo esté a 2,25 m de la trayectoria (según la Fig. **4.6-Ñ**). Con los radios que se manejan, no se ha considerado que los bordes deducidos de la trayectoria del centro del eje director impliquen sobreancho alguno.

[2] El origen de coordenadas (referido a la trayectoria del centro del eje director del vehículo) se halla donde se empiezan a separar las trayectorias, en la tangente de entrada de la primera circunferencia, con el eje de abscisas orientado según el acimut en ella.

4.6.1.4.2. Entradas

En una entrada provista de un carril de aceleración, para alojar la *punta* se necesita haber introducido una curva al final del ramal. Los trazados posibles son los siguientes:

a) Si la entrada se hace a **velocidad de maniobra**[1], la variación de la velocidad operativa normalmente es grande. Toda la aceleración se debe llevar a cabo en el carril de aceleración; que además, la última curva del ramal suele ser la más restrictiva, la de menor velocidad específica. Si el carril de aceleración está bien dimensionado[2], el trazado del ramal no sufre por ello condicionantes especiales.

b) Donde la entrada se realice a una velocidad análoga[3] a la velocidad operativa en el tronco, como ocurre en las que se hacen a un carril propio[4], al no evidenciarse un carril de aceleración[5] el cambio de velocidad suele ser pequeño, y los conductores tendrán que acelerar en el propio ramal. Esta circunstancia no sólo se tendrá en cuenta en el diseño, estudiando la trayectoria de los vehículos para garantizar que sus características geométricas permiten dicha velocidad; sino que también deberá resultar especialmente evidente a los conductores.

En el final del ramal, la trayectoria que define su trazado será paralela al eje del tronco y estará situada en el centro del carril[6].

Si el tronco fuera recto, la última curva será una circunferencia cuya gama de radios y desarrollos está dada por la Tabla **4.6-J**. La situación del principio de esta última circunferencia y de la *punta* está dada por la Tabla **4.6-K**.

TABLA **4.6-J**

PARÁMETROS DE LA ÚLTIMA CIRCUNFERENCIA

VELOCIDAD (km/h) **AL FINAL DE LA ACELERACIÓN**	**RADIO MÍNIMO** (m)	**DESARROLLO MÍNIMO** (m)
80	2000	150
100	3000	185
120	4000	215
130	5000	240

[1] Cf. apartado **2.3.2.1**.

[2] Cf. apartado **4.10**.

[3] Cf. apartado **2.3.2.3**. Por ejemplo, una diferencia no superior a unos 15 km/h.

[4] Cf. apartado **4.12**.

[5] Aunque se acelere al principio del carril que se gana.

[6] Es decir, a 1,75 m de su borde izquierdo si el carril tiene una anchura de 3,50 m.

TABLA **4.6-K**

SITUACIÓN DEL PRINCIPIO DE LA ÚLTIMA CIRCUNFERENCIA, Y DE LA *PUNTA*
(PARA EL RADIO Y DESARROLLO MÍNIMOS)

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h) **DEL TRONCO**	**PRINCIPIO DE LA CIRCUNFERENCIA**				***PUNTA***[1]			
	DISTANCIA AL FINAL[2] (m)	**x** (m)[2]	**y** (m)[2]	**VARIACIÓN DEL ACIMUT** (gon)	**DISTANCIA AL FINAL**[2] (m)	**x** (m)[2]	**y** (m)[2]	**VARIACIÓN DEL ACIMUT** (gon)
80	150	149,859	5,622	4,7746	77,421	77,402	1,498	2,4644
100	185	184,883	5,702	3,9258	94,837	94,821	1,499	2,0125
120	215	214,897	5,777	3,4218	108,785	108,771	1,499	1,7314
130	240	239,908	5,759	3,0558	122,450	122,438	1,499	1,5591

[1] Para un carril de 4,00 m de anchura, cuyo borde izquierdo esté a 2,25 m de la trayectoria (según la Fig. **4.6-Ñ**), y una *punta* de 1,00 m de anchura. Con los radios que se manejan, no se ha considerado que los bordes deducidos de la trayectoria del centro del eje director impliquen sobreancho alguno.

[2] El final del sistema de coordenadas (referido a la trayectoria del centro del eje director del vehículo) se halla en la tangente de salida de la circunferencia, con el eje de abscisas orientado según el opuesto al acimut en ella.

- Si en el final del ramal el tronco fuera curvo, la trayectoria que defina el trazado del carril que sale se irá acercando a una paralela[1] al eje que defina el trazado del tronco, con la misma ordenada a ella **y** que le correspondería a cada distancia al final en el caso de que el tronco fuera recto. A partir de que se alcance la máxima distancia al final reseñada en la Tabla **4.6-J**, la forma de la trayectoria no será exactamente una circunferencia; y las variaciones del acimut serán diferentes de las correspondientes al caso del tronco recto.

4.6.1.4.3. Bifurcaciones

La divergencia se realiza a una velocidad análoga[2] a la velocidad operativa en el tronco, al no evidenciarse carriles de deceleración. Esta circunstancia no sólo se tendrá en cuenta en el diseño, estudiando la trayectoria de los vehículos para garantizar que sus características geométricas permiten dicha velocidad; sino que también deberá resultar especialmente evidente a los conductores, más por la percepción que tengan del trazado que porque se disponga una señalización específica a tal fin, en cuya observancia no conviene confiar.

La divergencia de las trayectorias en un carril bífido se realizará mediante circunferencias cuyo radio mínimo será del orden de 7000 m.

4.6.1.4.4. Confluencias

La convergencia se realiza a una velocidad análoga[3] a la velocidad operativa en el tronco, al no evidenciarse carriles de aceleración. Esta circunstancia no sólo se tendrá en cuenta en el diseño, estudiando la trayectoria de los vehículos para garantizar que sus características geométricas permiten dicha velocidad; sino que también deberá resultar especialmente evidente a los conductores.

La convergencia de las trayectorias se realizará mediante circunferencias cuyo radio mínimo será del orden de 3500 m.

4.6.1.5. Glorietas

4.6.1.6. Velocidad en los accesos

Toda medida que tienda a moderar la velocidad operativa de acceso a una glorieta o, al menos, a no aumentarla es, en principio, favorable. Sin embargo, disponer las patas de acceso con forma de curva *en **S*** aleja la glorieta del campo de visión descansada, por lo que puede que se perciba demasiado tarde.

---

[1] Que pase por dicho origen.

[2] Cf. apartado **2.3.2.3**. Por ejemplo, una diferencia no superior a unos 15 km/h.

[3] Cf. apartado **2.3.2.3**. Por ejemplo, una diferencia no superior a unos 15 km/h.

Ciertas ayudas a la conducción (los excesos de señalización o de balizamiento y, especialmente, los reductores de velocidad[1]) no se justifican en una glorieta, que es un tipo de nudo muy seguro; abusar de ellas les hace perder su credibilidad y su eficacia.

4.6.1.6.1. Inflexión a la entrada

La inflexión en la trayectoria de los vehículos que entran a una glorieta es un factor de seguridad, pues modera la velocidad en la calzada anular. Esa inflexión se impone por la presencia de la isleta central y, generalmente, también por la de una isleta separadora en el acceso. Para que sea eficaz, el ángulo de giro de la curva a derechas de entrada a la calzada anular debe estar comprendido entre 20 y 60 gon, con un óptimo de unos 25 gon:

- Los ángulos demasiado pequeños (Fig. **4.6-E**) obligan a los conductores a mirar por encima de su hombro para ver si hay un hueco en la calzada anular; y favorecen la entrada en ella a una velocidad elevada.

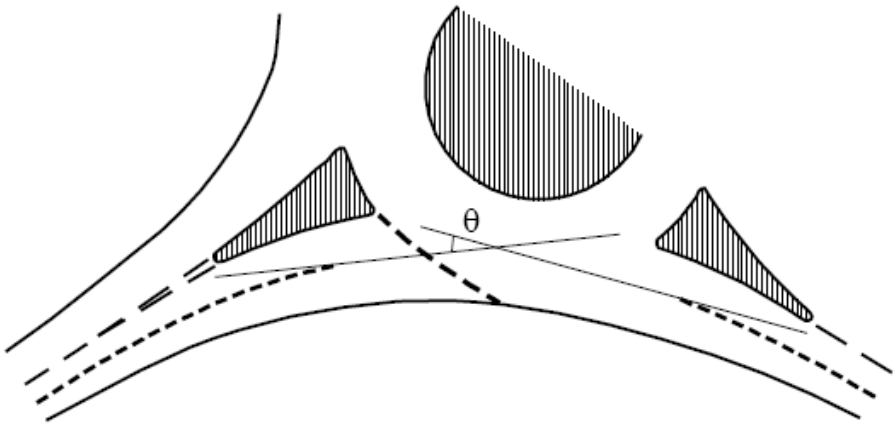


Fig. **4.6-E**

- Los ángulos demasiado grandes (Fig. **4.6-F**) favorecen que los conflictos se planteen más en forma de un trenzado que de una inserción.

[1] Cf. apartado **9.7**.

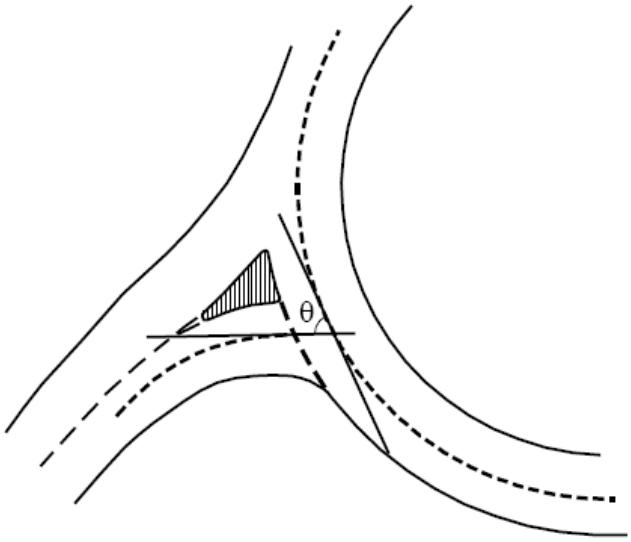


Fig. **4.6-F**

Un buen sistema para lograr una inflexión correcta, al tiempo que se reduce el tamaño de la glorieta, es desalinear los accesos hacia la izquierda del centro de la isleta central (Fig. **4.6-G**). Sin embargo, no es aconsejable girar la alineación bruscamente a la derecha antes de la entrada a la glorieta.

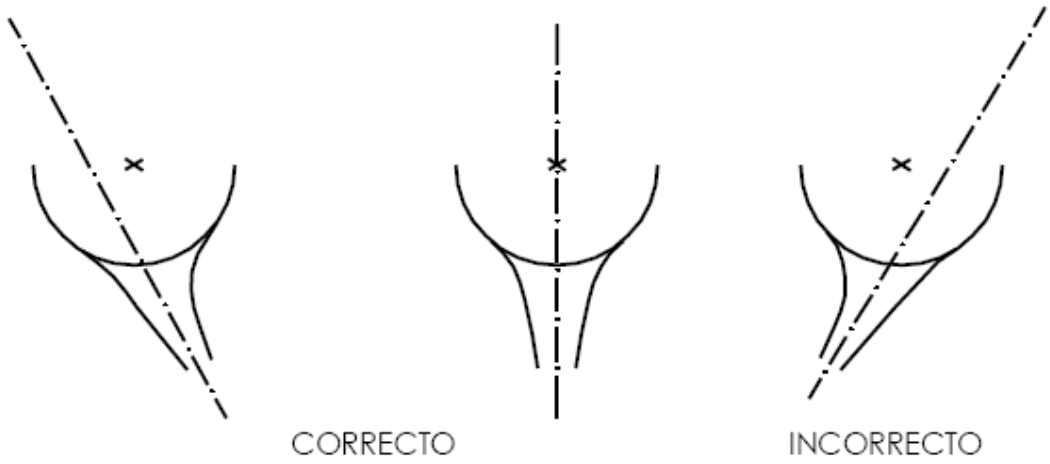


Fig. **4.6-G**

En las miniglorietas[1], cuya isleta central es franqueable, la inflexión se puede lograr haciendo que la parte exterior de esa isleta esté separada de la calzada anular propiamente dicha por unos bordillos montables, un gorjal adoquinado, o unas marcas viales concéntricas.

[1] Cf. apartado **5.4.2.2**.

4.6.1.6.2. Pendiente transversal

En las entradas a la calzada anular, y en las salidas de ella, las curvas son hacia la derecha; y un cierto peralte[1] puede ayudar a los conductores a seguir una trayectoria adecuada:

- En una **entrada**, el peralte no debe exceder del 5 %. En la marca de detención, se puede reducir al mínimo necesario para el desagüe superficial.
- En una **salida**, el peralte ayuda a acelerar con seguridad; sin embargo, al igual que en las entradas, la inclinación transversal en las inmediaciones de la calzada anular sólo tiene que ser la necesaria para asegurar un buen desagüe superficial. Si la curva a derechas de la salida está seguida de una curva a izquierdas, no se debe introducir el peralte de ésta demasiado pronto; y para evitar que los vehículos invadan el carril contrario, hay que limitar su valor.

La obtención de los peraltes a derechas de las curvas de entrada a la calzada anular de una glorieta, y de salida de ella, se ve facilitada si la calzada anular tiene una inclinación transversal tal, que la escorrentía desagüe hacia su borde exterior[2].

Se considerarán extraordinarias las circunstancias, en especial las relacionadas con la inclinación original de la rasante de los tramos en los que se inserta la glorieta, que no permitan mantener en la calzada anular una inclinación transversal constante del 2 % hacia su borde exterior[3] sin que el valor absoluto de la inclinación longitudinal de ningún punto de los bordes de la calzada anular rebase[4] el 3 %. Si esto último ocurriera, se estudiará el efecto de las siguientes medidas:

- Modificar las rasantes de los accesos.
- Si la intensidad de vehículos articulados es baja, subir el límite al 5 %.
- Desaguar la calzada anular hacia su borde interior.
- Considerar el empleo de otro tipo de nudo.

Se recomienda que en ningún punto de un borde de la calzada anular donde la inclinación transversal desagüe hacia él, el valor absoluto de la inclinación longitudinal de dicho borde sea

---

[1] Acorde con la curvatura de la trayectoria y con la velocidad de los vehículos.

[2] Conviene recordar que, debido a las bajas velocidades en ella practicadas, los efectos dinámicos en la calzada anular de una glorieta son poco importantes, y la inclinación transversal no interviene tanto en contrarrestarlos como en las demás curvas.

[3] Un valor que se puede reducir hasta un 1,5 ó un 1 %, en las glorietas insertadas en tramos cuya rasante tenga una marcada inclinación original, pues se pueden originar unas variaciones de la inclinación transversal excesivas para los vehículos pesados. Rebasar el 2 % resulta, en cambio, desaconsejable.

[4] Este último límite se podrá aumentar al 4 % si la proporción de vehículos articulados no es significativa.

inferior al 0,5 %. Esta condición no se aplicará en los puntos altos del perfil longitudinal, ni en los bajos[1], ni donde más allá del borde de la calzada no haya arcén.

En cualquier punto de la calzada anular, la línea de máxima pendiente debe tener una inclinación mínima del 0,5 %.

Se recomienda que los recorridos de evacuación de la escorrentía superficial no resulten superiores a 30 m.

4.6.1.6.3. Consideraciones dinámicas

Una vez dimensionada la isleta central, y situada respecto de las patas que concurren en la glorieta, hay que comprobar que resultan adecuadas las velocidades desarrolladas en la calzada anular, en las entradas a ella y en las salidas de ella. A tal fin, para cada entrada se calcularán los cinco radios representados en la Fig. **4.6-H**:

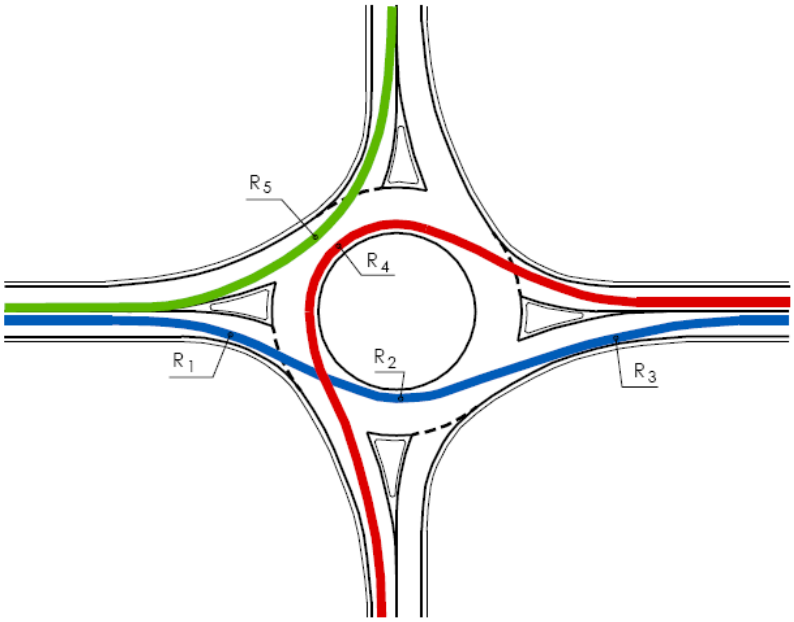


Fig. **4.6-H**

- Para evitar pérdidas del control del vehículo, se recomienda que sea $\mathbf{R_1 < R_2 < R_3}$ [2]. Esto es relativamente fácil si la calzada anular tiene un solo carril; pero con dos carriles concéntricos puede resultar difícil evitar los cruces de trayectorias.
- Para entrar a la calzada anular resulta razonable un radio $\mathbf{R_1}$ ó $\mathbf{R_5}$ comprendido entre[3] 6 m y[4] 100 m, con un óptimo de 20 m.

---

[1] Donde deberá haber un sumidero.

[2] Si fuera necesario que $\mathbf{R_1 > R_2}$, se deben cumplir las condiciones de la Tabla **4.6-M**.

[3] 10 m si hay vehículos pesados.

[4] Por encima de este límite, la inflexión a la entrada resulta insuficiente.

- Para que el trazado de las salidas de la calzada anular facilite la maniobra, conviene que el radio $\mathbf{R_3}$ no sea inferior a 40 m; este límite se puede reducir hasta 20 m donde haya un paso para peatones.

De los radios calculados se deducirán las velocidades específicas, teniendo en cuenta la pendiente transversal[1] y los rozamientos movilizados admisibles[2] de la Fig. **2.3-I**.

Las velocidades específicas correspondientes a los radios $\mathbf{R_2}$ y $\mathbf{R_5}$ no serán superiores a 50 km/h. En cuanto a las correspondientes a los demás radios, se recomienda que se cumpla lo indicado en la Tabla **4.6-L**.

TABLA **4.6-L**

RADIO	TIPO DE ENTORNO		CONDICIÓN
$\mathbf{R_3}$	Urbano		$\mathbf{V_3}$ < 45 km/h o, alternativamente, $\mathbf{V_2}$ < 30 km/h
$\mathbf{R_1}$ y $\mathbf{R_2}$	Urbano	1 carril	$\mathbf{V_1} < \mathbf{V_2}$ + 20 km/h
		2 carriles	$\mathbf{V_1} < \mathbf{V_2}$ + 20 km/h y $\mathbf{V_1} > \mathbf{V_2}$ - 10 km/h
	Interurbano	1 carril	$\mathbf{V_1} < \mathbf{V_2}$ + 15 km/h
		2 carriles	$\mathbf{V_1} < \mathbf{V_2}$ + 15 km/h y $\mathbf{V_1} > \mathbf{V_2}$ - 10 km/h
$\mathbf{R_3}$ y $\mathbf{R_2}$	Urbano		$\mathbf{V_3} > \mathbf{V_2}$ - 5 km/h
	Interurbano[3]		$\mathbf{V_3} > \mathbf{V_2}$
$\mathbf{R_1}$ y $\mathbf{R_4}$	Cualquiera		$\mathbf{V_1} < \mathbf{V_4}$ + 30 km/h
$\mathbf{R_5}$ y $\mathbf{R_4}$	Cualquiera		$\mathbf{V_5} < \mathbf{V_4}$ + 20 km/h
$\mathbf{R_2}$ y $\mathbf{R_4}$	Cualquiera		$\mathbf{R_2} < 1{,}6 \cdot \mathbf{R_4}$ $\mathbf{V_2} < \mathbf{V_4}$ + 20 km/h

[1] Cf. apartado **4.6.1.5.3**.

[2] Cf. apartado **2.3.2.2**.

[3] Si en una glorieta no urbana se disponen pasos para peatones, se aplicarán las condiciones para $\mathbf{V_3}$ correspondientes a una glorieta urbana.

4.6.2. Trazado en alzado

4.6.2.1. Patas

No se situará un nudo donde la inclinación de la rasante de cualquiera de las patas que en él concurren rebase un 6 %. En las intersecciones con poco tráfico y baja velocidad, como las situadas en las zonas urbanas residenciales, se podrá llegar hasta el 6 %; aunque se recomienda que en la zona de la intersección se limite al 4 %.

No se recomienda situar un nudo donde la inclinación de la rasante de cualquiera de las patas que en él concurren rebase un 3 :

- Por comodidad de los ocupantes de los vehículos que, eventualmente, se tengan que detener por perder la prioridad.
- Para no perturbar una eventual disminución de la velocidad; aunque teóricamente se puede calcular el efecto de la rasante, los conductores no suelen juzgar bien sus efectos si la inclinación rebasa un 3 %.

Tampoco se recomienda situar un nudo en un acuerdo vertical convexo, y mucho menos detrás de él.

Las rasantes de las patas que concurren en una intersección deben tener una inclinación lo más reducida posible[1]. Además, de esta manera se dispone de mayor visibilidad.

En las cercanías de una intersección y dentro de ella, se recomienda que no haya grandes variaciones de la inclinación a lo largo de cada una de las rasantes que se cruzan:

- Para una velocidad específica no inferior a 70 km/h, se recomienda que no rebase el 2 % la diferencia entre las inclinaciones extremas de un acuerdo vertical en la propia carretera.
- Para una velocidad específica de 50 km/h, esa diferencia puede llegar hasta un 4 %, a costa de una cierta incomodidad pero sin comprometer la seguridad, siempre que se disponga de una visibilidad suficiente.
- Para una velocidad de 30 km/h esa diferencia puede alcanzar un 6 %.

Se recomienda que los acuerdos verticales no empiecen a menos de 20 m de la zona común de la calzada; esta distancia se puede reducir[2] a 10 y aun a 5 m en las intersecciones con poco tráfico.

Normalmente se mantiene la rasante de la vía prioritaria, y se ajusta la de la no prioritaria para acoplarse a la plataforma de aquélla, cuidando de no reducir la visibilidad (Fig. **4.6-I**).

---

[1] Siempre que no se produzcan problemas de desagüe superficial.

[2] El doble de la longitud de un coche, e incluso una vez esa longitud.

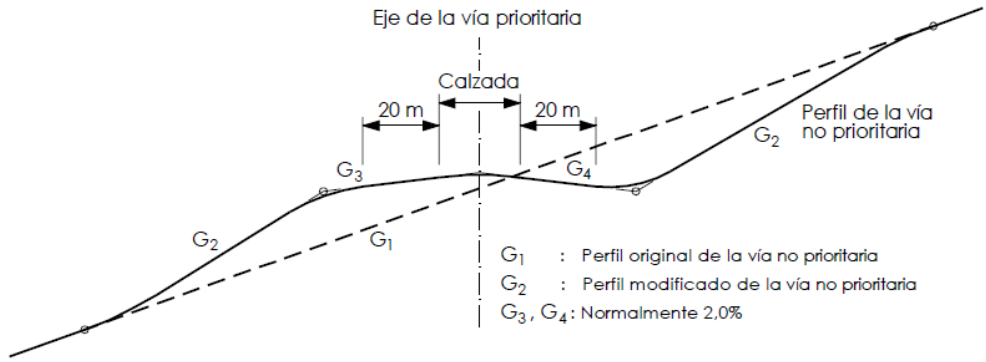


Fig. **4.6-I**

En algunos casos puede resultar interesante variar la pendiente transversal[1] de la vía prioritaria, hasta un valor comprendido entre[2] el 0,5 y[3] el 3 %, para favorecer la rasante de la vía no prioritaria (Fig. **4.6-J**).

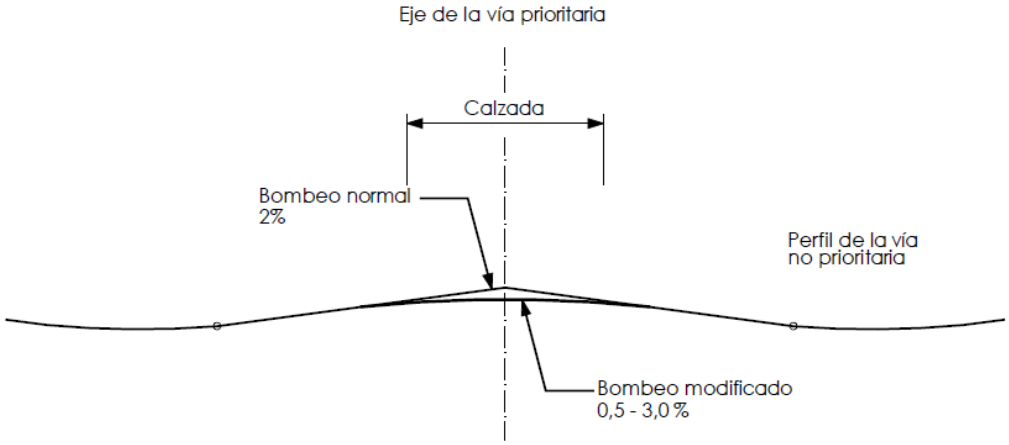


Fig. **4.6-J**

Si la intersección pudiera estar regulada por semáforos en el futuro, la rasante de la vía no prioritaria debe tener en cuenta que entonces los vehículos que encuentren verde la fase pasarán sin detenerse, a una velocidad relativamente elevada. En este caso, puede convenir suprimir el bombeo de la vía prioritaria y sustituirlo por una inclinación transversal a una sola agua (Fig. **4.6-K**).

[1] Normalmente del 2 %.

[2] Por debajo de este valor, puede haber problemas de desagüe superficial: la inclinación de la línea de máxima pendiente no debe ser inferior al 1 %.

[3] Por encima de este valor, se puede afectar a la comodidad de la circulación.

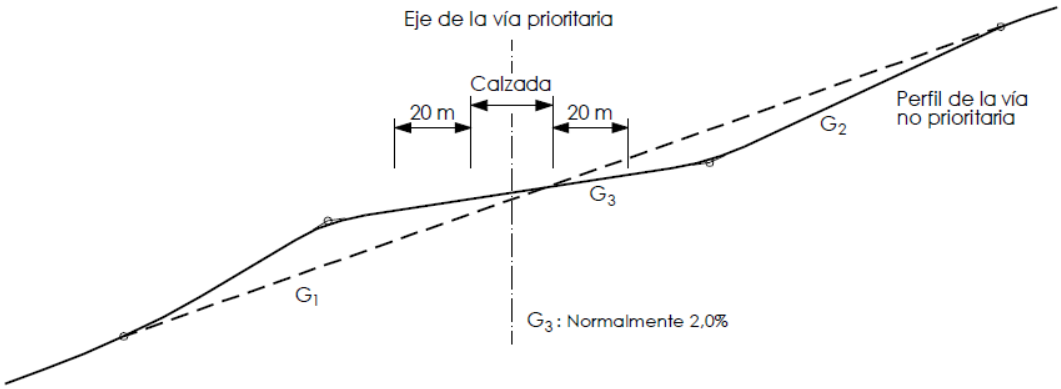


Fig. **4.6-K**

Si la inclinación transversal de las patas que forman la vía prioritaria en una intersección ubicada en una curva va en el mismo sentido que la inclinación de la rasante de la vía que la cruza, el acoplamiento de ambas no suele presentar dificultades, sobre todo si se hace algún retoque en el peralte (Fig. **4.6-L**).

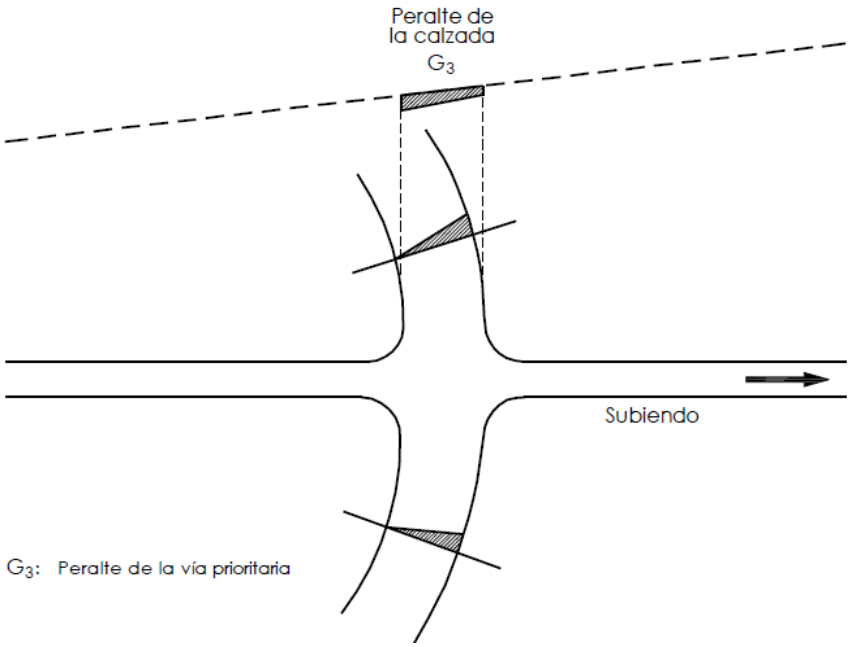


Fig. **4.6-L**

Sin embargo, si la inclinación transversal de la vía prioritaria es opuesta a la rasante de la vía no prioritaria, ésta se verá perturbada hasta una mayor distancia de la intersección (Fig. **4.6-M**).

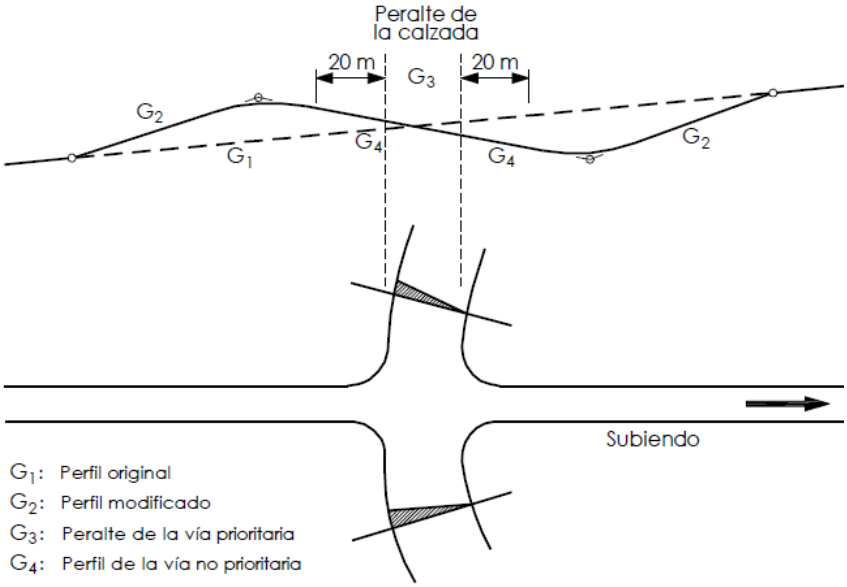


Fig. **4.6-M**

En el cruce de dos vías de igual rango, suele ser necesario disminuir la pendiente transversal de ambas vías, sin bajar de un 0,5 %[1], e introducir unos acuerdos verticales en sus rasantes, para que la zona común se acople a ambas plataformas. Resulta deseable que haya un punto alto en el medio de la zona común, aunque no siempre resulta posible.

También se recomienda:

- Comprobar el perfil longitudinal del borde de la calzada, determinando la situación exacta de los puntos bajos para facilitar su desagüe.
- Suavizar ese perfil de manera que las variaciones de la inclinación transversal de ambas vías no resulten demasiado bruscas.

En las obras de paso sobre una vía se recomienda que, en el centro de la plataforma, la inclinación de la vía transversal percibida desde la vía inferior:

- En recta, sea horizontal.
- En curva, sea paralela al peralte de ésta.

Donde esto no se pueda cumplir, se procurará ocultar la diferencia de inclinaciones, y que los estribos resulten de la misma altura.

[1] Por debajo de este valor, puede haber problemas en el drenaje superficial: la inclinación de la línea de máxima pendiente no debe ser inferior al 1 %.

4.6.2.2. Vías de giro y ramales

El trazado en alzado de las vías de giro y de los ramales está muy determinado por lo que ocurre en sus extremos, ya que ha de coincidir (en cota y en inclinación) con unas rasantes deducidas de las contiguas[1]; y ello al menos hasta la sección que corresponde a la separación de los bordes exteriores de sus arcenes comunes. Lo mismo ocurre en los cruces, pues la parte de la calzada compartida por ambas trayectorias no puede presentar escalones ni quiebros bruscos para ninguna de ellas.

En los ramales, se recomienda aumentar todo lo que se pueda la longitud de los acuerdos verticales convexos, a fin de disponer de una mayor visibilidad. Para ello:

- La rasante puede estar formada sólo por acuerdos verticales, sin rasantes uniformes intermedias.
- La longitud de los acuerdos verticales cóncavos se puede reducir hasta la correspondiente a un tiempo de recorrido de unos 2,5 s, sin preocuparse por las condiciones relacionadas con la zona iluminada por los faros[2]: el obstáculo que interesa percibir (las luces traseras de otro vehículo) está iluminado.
- La inclinación máxima de la rasante no resulta relevante[3], siempre que la longitud de la zona muy inclinada sea pequeña.

4.6.2.3. Conexiones

Se recomienda no situar una conexión (salida o entrada) donde haya un acuerdo vertical en el tronco que limite la visibilidad sobre el ramal (en el caso de una salida) o sobre el tronco (en el caso de una entrada). Si además la salida implica la pérdida de un carril en el tronco, conviene que esté situada en una rasante llana o ascendente[4].

Se recomienda evitar los ramales de salida que, mediante un acuerdo convexo inicial cuya visibilidad disponible sea insuficiente, desaparezcan de la vista de un conductor que vaya a tomarlos.

Donde la circulación de vehículos pesados sea intensa, al diseñar una entrada se debe tener en cuenta el efecto desfavorable que una rampa puede tener en su capacidad de aceleración.

---

[1] Generalmente, por translación transversal habida cuenta de la inclinación transversal de la plataforma.

[2] Que, en una planta muy curva, al menos teóricamente carecen de eficacia.

[3] Sin que la línea de máxima pendiente rebase un 10 % en zonas con nieve o hielo, ni un 12 % en las demás.

[4] En general las salidas en rampa tienen una seguridad mayor.

La rasante del tronco y la de un ramal de entrada a él deben ser aproximadamente iguales bastante antes de llegar a la *punta*, de manera que los conductores de los vehículos que convergen dispongan de una visibilidad mutua suficiente.

4.6.2.4. Glorietas

Se recomienda:

- No situar una glorieta donde la inclinación de la rasante de cualquiera de las patas que en ella concurren rebase un 2 %, porque resulta más difícil a los conductores reducir su velocidad en una pendiente.
- Evitar situar las glorietas en los acuerdos convexos, porque resulta más difícil a los conductores apreciar la presencia de la glorieta al subir una rampa[1].

La rasante de la calzada anular de una glorieta se definirá por su borde exterior. Al tratarse de una curva cerrada en planta, normalmente el perfil longitudinal tendrá un aspecto sinusoidal, compuesto por rasantes uniformes y acuerdos verticales. Teniendo en cuenta la inclinación transversal de la calzada anular, se podrá estudiar también la rasante de su borde interior.

Los sumideros que evacuen la escorrentía superficial se deben ubicar cuidadosamente junto a los bordes de las isletas.

4.6.3. Coordinación entre planta y alzado

La combinación del trazado en planta con el trazado en alzado en las proximidades de un nudo viario, y dentro de él, debe corresponder a unas trayectorias (materializadas luego por los carriles de circulación) que sean:

- Claramente visibles por los conductores.
- Fácilmente comprensibles para alcanzar cualquier destino deseado.
- Exentas de la aparición repentina de conflictos, incluso potenciales.
- Coherentes con el tramo viario que se acaba de recorrer.

Se recomienda que ni la planta ni el alzado de las patas que en el nudo concurren tengan características estrictas en él: si el radio en planta estuviera cerca del mínimo correspondiente a la velocidad específica de la pata, se recomienda que el alzado sea mucho más amplio.

Se recomienda asimismo efectuar simulaciones del recorrido de un vehículo por las diferentes trayectorias que integran un nudo, apreciando sobre perspectivas la coordinación entre los elementos del trazado y, en su caso, la señalización.

---

[1] Se puede minorar el efecto implantando en la glorieta elementos que tengan una cierta altura como montículos de tierra o arbustos.

4.6.4. Sección transversal

4.6.4.1. Vías de giro y ramales

4.6.4.1.1. De un carril

La plataforma de una vía de giro, o la de un ramal de un carril, constará, en general, de una calzada de 4,00 m de anchura mínima, provisto de un sobreancho en las curvas de manera que, al recorrer la trayectoria que defina el trazado en planta, tanto la esquina delantera exterior como la esquina trasera interior del vehículo patrón no pasen a menos de 50 cm de los bordes de dicha calzada con un mínimo absoluto de 30 cm.

En los extremos de la vía de giro o del ramal, donde salga del tronco o llegue a él (generalmente en una alineación recta), la trayectoria se dispondrá a 1,75 m del borde exterior del tronco o, en su caso, del carril de cambio de velocidad. De la trayectoria se deducirán los bordes del área barrida por el vehículo patrón, y aplicando a ésta el resguardo elegido, se definirán los bordes la vía de giro o del ramal. Donde la distancia entre ellos resulte menor de 4,00 m y la calzada de la vía de giro o del ramal se haya separado ya de la del tronco, el borde interior se dispondrá paralelo al exterior y a esa distancia (Fig. **4.6-N**).

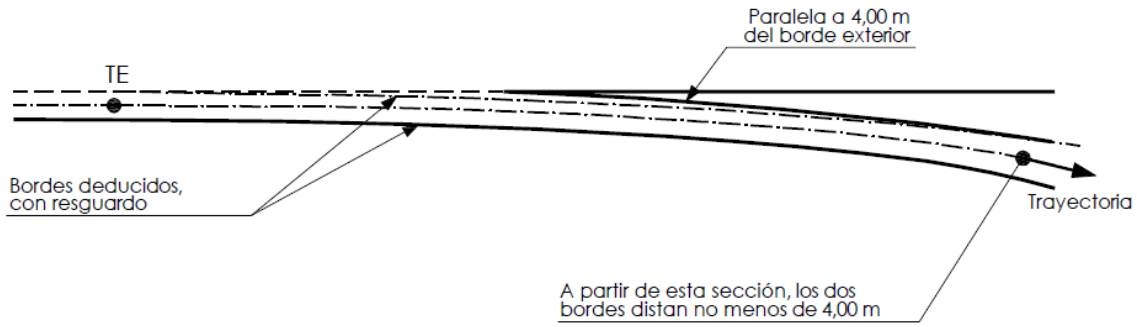


Fig. **4.6-N**

Si el vehículo patrón es articulado y el radio es pequeño, el sobreancho resulta grande y la calzada puede ser percibida erróneamente como si tuviera dos carriles en vez de uno solo: en este caso, para evitar este efecto debería ser reconsiderado el trazado en planta.

Excepto en las vías de giro en las que las isletas contiguas sean franqueables por los vehículos, la anchura de la plataforma debe ser tal, que un vehículo patrón pueda rebasar a otro igual detenido junto a su borde derecho[1], dejando un resguardo entre ambos no inferior a 30 cm. Para ello hay que respetar las condiciones siguientes:

[1] En el sentido de la circulación, y ocupando el arcén.

- En las vías de giro canalizadas, donde no haya arcenes (en su caso, a ambos lados) debe quedar un resguardo mínimo de 50 cm hasta los bordillos que materialicen las isletas o las aceras.
- En el borde derecho de las vías de giro directas para girar a la derecha que estén canalizadas, se recomienda que la anchura del arcén derecho no baje de 1,5 m.
- El arcén izquierdo de un ramal debe tener 1,00 m de anchura.
- El arcén derecho de un ramal debe tener una anchura no inferior a la del arcén de la vía de la que sale con un valor mínimo de 1,50 m. Si el arcén de la vía a la que llega el ramal tuviera una anchura menor, se estudiará la correspondiente transición.

4.6.4.1.2. De dos carriles

Puede estar justificado disponer una calzada con dos carriles en un ramal explotado en sentido único de circulación, por alguna de las situaciones siguientes:

1. Que la intensidad de la circulación por el ramal, en el año horizonte, sea superior a la capacidad consignada en la Tabla **4.6-M**.

TABLA **4.6-M**

VELOCIDAD DE PROYECTO DEL RAMAL (km/h)	**CAPACIDAD DE UN RAMAL DE UN SOLO CARRIL** (veh. lig. eq. / h)
< 30	1800
31 – 50	1900
51 – 65	2000
66 – 80	2100
> 80	2200

2. Que el ramal sea muy largo[1] y no se considere suficiente que un vehículo patrón pueda rebasar a otro igual detenido junto a su borde derecho[1], dejando un resguardo entre ambos no inferior a 30 cm.

[1] No parece admisible circular detrás de un vehículo lento en distancias superiores a 500 m.

Si ésta fuera la única razón:

- La salida del tronco se podrá hacer en un solo carril, añadiendo el segundo por la izquierda a suficiente distancia de la *nariz*.
- No se cerrará este segundo carril, si el ramal termina en una intersección o en una glorieta.
- Si el ramal entra a un tronco, y no se dispone la entrada con dos carriles:
  - El carril que se cierre ha de ser siempre el izquierdo.
  - El cierre del carril tiene que tener una longitud no inferior a la recorrida en 3 s a la velocidad específica del elemento del trazado donde se halle.

3. Que se desee aumentar la capacidad de almacenamiento de los vehículos en la entrada a una intersección o a una glorieta situada al final del ramal.
4. Que la inclinación de la rasante del ramal supere el 7 % en rampa en una distancia significativa. Para el final del ramal, se seguirán los mismos criterios que en el caso 2.

En la práctica, la capacidad de un ramal de dos carriles explotado en sentido único de circulación está dada por la Tabla **4.6-N**.

TABLA **4.6-N**

VELOCIDAD DE PROYECTO DEL RAMAL (km/h)	**CAPACIDAD DE UN RAMAL DE DOS CARRILES** (veh. lig. eq. / h)
< 30	3200
31 – 50	3500
51 – 65	3800
66 – 80	4100
> 80	4400

Si fuera superior la intensidad de la circulación en la hora de proyecto del año horizonte, la divergencia se debe plantear como una bifurcación, y la convergencia como una confluencia[2].

[1] En el sentido de la circulación, y ocupando el arcén.

[2] Cf. apartado **4.12**.

Sólo se recurrirá a ramales de calzada única de doble sentido de circulación en casos excepcionales: se recomienda sustituirlos por dos ramales adyacentes de sentido único, separados por una barrera de seguridad de hormigón[1].

La plataforma de los ramales explotados en doble sentido de circulación constará, en general, de:

- Una calzada de dos carriles, de 4,00 m de anchura cada uno en recta, provistos de un sobreancho en curva de manera que tanto la esquina delantera exterior como la esquina trasera interior del vehículo patrón no estén a menos de 50 cm de los bordes de dicha calzada con un mínimo absoluto de 30 cm.

  En los extremos del ramal, donde salga del tronco o llegue a él (generalmente en una alineación recta), la trayectoria se dispondrá a 1,75 m del borde exterior del tronco o, en su caso, del carril de cambio de velocidad. De la trayectoria se deducirán los bordes del área barrida por el vehículo patrón, y aplicando a ésta el resguardo elegido, se definirán los bordes del ramal. Donde la distancia entre ellos resulte menor de 4,00 m y la calzada del ramal se haya separado ya de la del tronco, el borde interior se dispondrá paralelo al exterior y a esa distancia (Fig. **4.6-N**).

- Una separación de 1,00 m entre los bordes de los carriles de sentido opuesto de circulación, materializada sólo con marcas viales de borde de calzada y un cebrado entre ellas.

- Dos arcenes exteriores de una anchura no inferior a 1,5 m cada uno[2].

La sección transversal de un ramal con dos carriles explotado en sentido único de circulación será igual a la que tendría si estuviera explotado en doble sentido, excepto a lo relativo a la separación entre ambos sentidos de circulación.

4.6.4.2. Glorietas

4.6.4.2.1. Emplazamiento

No se deben disponer glorietas en vías con calzadas separadas de más de dos carriles cada una, salvo en zonas urbanas en las que se regule el funcionamiento de la glorieta mediante semáforos.

Si se disponen glorietas en carreteras interurbanas, se debe asegurar que su presencia y su configuración serán advertidas por los conductores con una antelación suficiente.

---

[1] Provistos de arcenes contiguos a dicha barrera, con una anchura mínima de 1,00 m.

[2] En las conexiones del ramal con las vías de las que sale y a las que llega, debe alcanzar la misma anchura que el arcén de éstas; si esta última anchura fuera inferior a 1,5 m, el arcén derecho se atendrá a ella en vez de a dicho límite.

4.6.4.2.2. Calzada anular

4.6.4.2.2.1. Configuración

Siempre que la circulación por ella no esté regulada por un semáforo, la calzada anular de una glorieta simple, y cada una de las calzadas anulares de una glorieta doble, puede adoptar una de las configuraciones siguientes:

a) **Un carril**. La circulación normalmente es superpuesta[1]. Si la intensidad de los vehículos pesados no supera los 200 veh./h, el carril tiene una anchura que no favorece que los vehículos se adelanten entre sí; y para inscribirse en la calzada anular sin rebasar su borde exterior, los vehículos pesados tienen que pisar el gorjal colocado junto al borde interior[2]. Las salidas suelen tener un solo carril; mientras que en las entradas se puede añadir otro, facilitando la inserción simultánea de dos vehículos ligeros. Es el tipo más común (Fig. **4.6-Ñ**); la capacidad de la calzada anular alcanza hasta unos 1200 veh. lig. eq./h; y su seguridad es muy buena. Si la intensidad de los vehículos pesados supera los 200 veh./h, resultan más adecuadas las configuraciones **b)** y **c)** descritas a continuación.

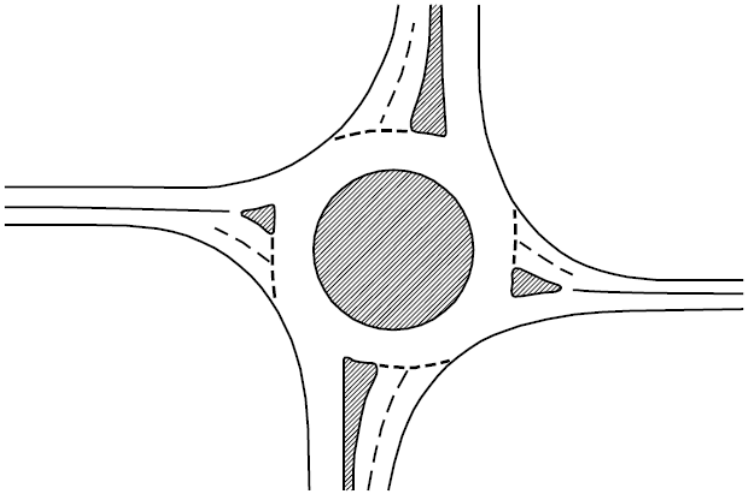


Fig. **4.6-Ñ**

b) **Dos carriles concéntricos**. Aunque para los vehículos articulados la circulación es superpuesta, pues el gran espacio que barren les hace ocupar los dos carriles, para los demás vehículos la circulación es paralela; y para evitar que sus conductores cambien de carril con unas maniobras cuya prioridad suele resultar confusa:

---

[1] Cf. apartado **3.2.2.1**.

[2] La textura de la superficie del gorjal, sin resultar peligrosa, no invita a los conductores de los vehículos ligeros a pisarlo.

1. La señalización vertical debe indicar por cuál de los carriles de una entrada se debe entrar[1], según la salida que se vaya a tomar.

2. Las marcas viales de separación de carriles en la calzada anular deben encauzar las maniobras de salida (Fig. **4.6-O**).

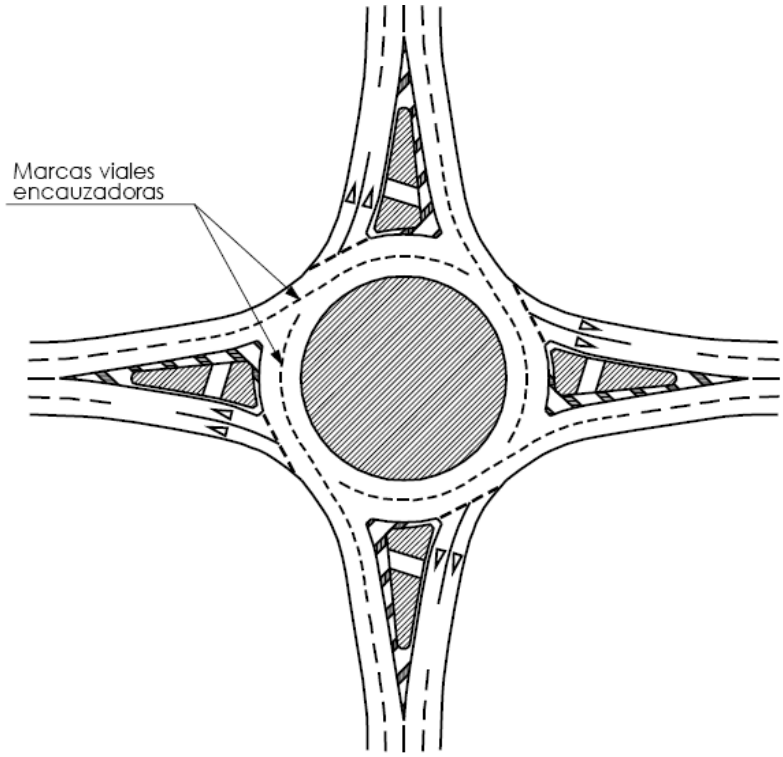


Fig. **4.6-O**[2]

3. Se recomienda que todas las entradas y todas las salidas tengan también dos carriles. En caso contrario, habrá que:

   - Alterar la configuración de las marcas viales: por ejemplo, si una salida sólo tuviera un carril, puede ser conveniente que la calzada anular tenga un solo carril antes de llegar a ella (Fig. **4.6-P**).
   - Adoptar la configuración **c)** (*turboglorieta*).

   No se aconseja esta solución si hay presencia de ciclos en la calzada anular.

[1] Y, consiguientemente, por cuál de los dos carriles de la calzada anular hay que circular para no tener que cambiar de carril.

[2] Sólo es un esquema de funcionamiento; no refleja la señalización.

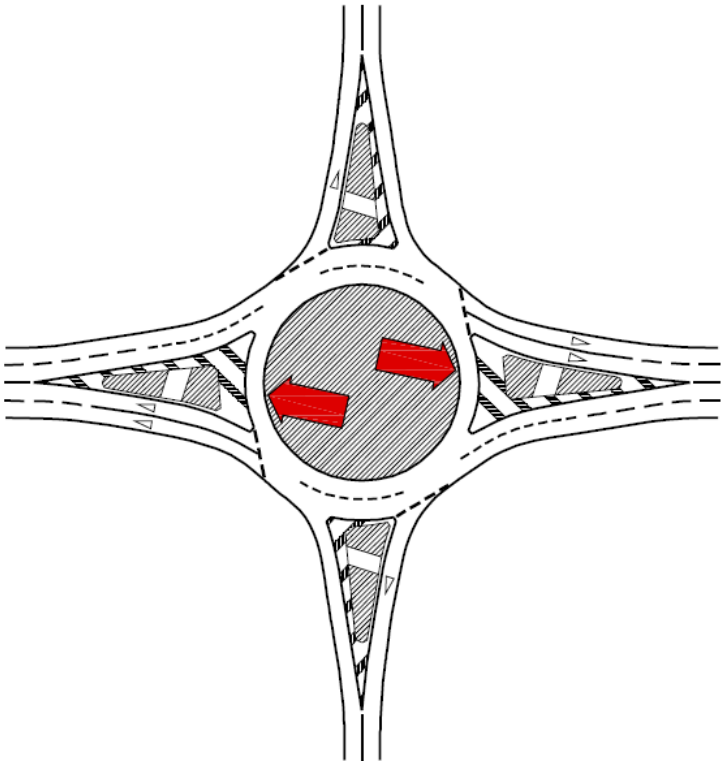


Fig. **4.6-P**

c) Dos carriles en *turboglorieta*. Es análoga a la configuración **b)** anterior, pero en ésta (Fig. **4.6-Q**):

- El carril interior de la calzada anular se añade por la izquierda después de alguna de las entradas; pero después de una salida pasa a constituir el carril exterior. Esto requiere que el borde de la isleta central esté formado por una sucesión de arcos de circunferencia no concéntricos, cuyos centros están situados sobre un eje que pasa por el centro de la isleta.

- Los dos carriles de la calzada anular deben estar separados al menos por dos hileras de captafaros; si no resultaran suficientes para ordenar la circulación, se podrá estudiar la implantación de un bordillo montable[1] de 7 cm de altura (Fig. **4.6-R**), flanqueado por captafaros y precedido por una pequeña isleta encauzadora también montable (Fig. **4.6-S**) y de la misma altura. Tanto el bordillo como la isleta deben estar, en cualquier caso, pintados de manera que resulten especialmente perceptibles.

[1] Como se hace, por ejemplo, en los Países Bajos.

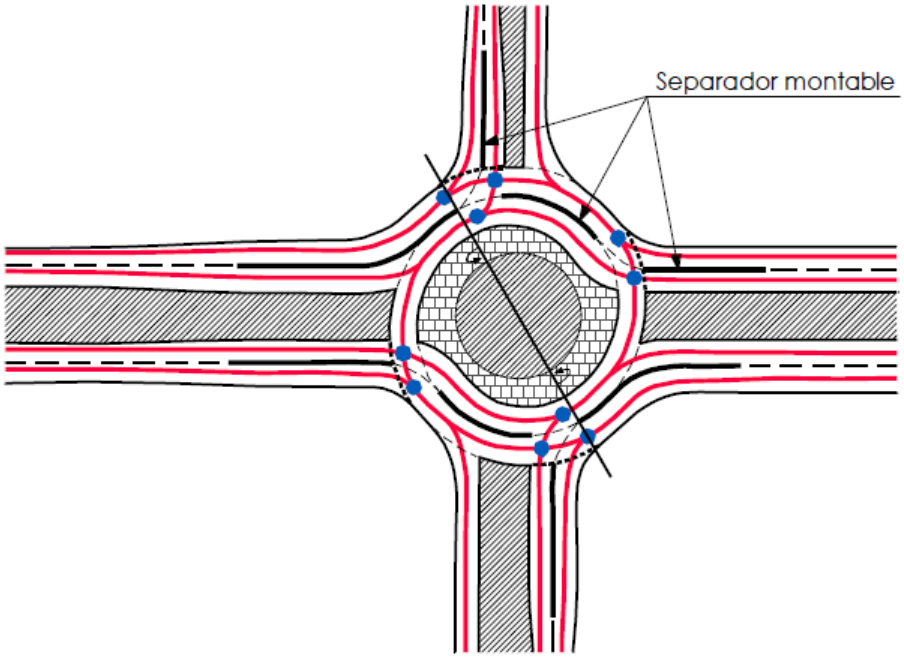


Fig. **4.6-Q**

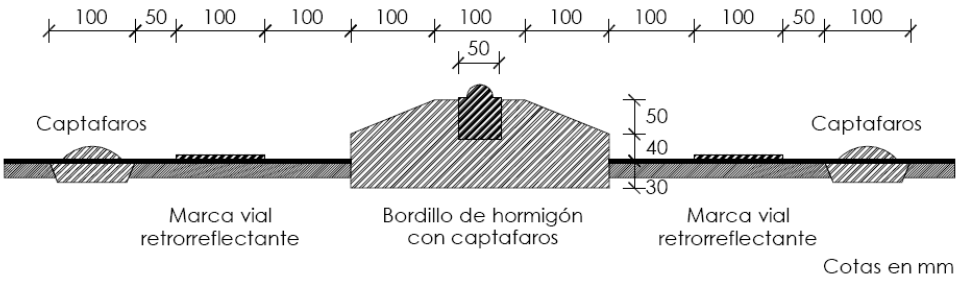


Fig. **4.6-R**

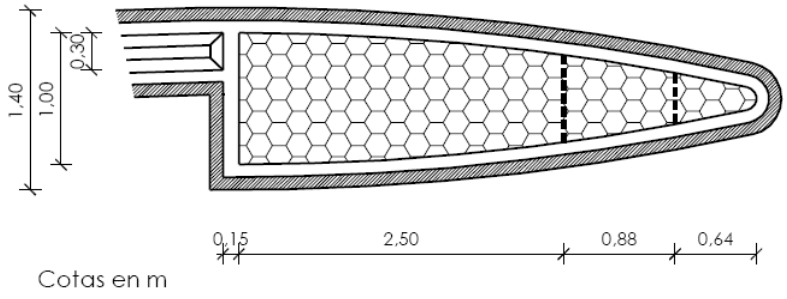


Fig. **4.6-S**

- No se aconseja disponer una turboglorieta si hay presencia abundante de ciclos en la calzada anular.
- Sólo se podrán disponer más de dos carriles en la calzada anular si la glorieta está regulada por semáforos.

4.6.4.2.2.2. Diámetro exterior

Para fijar el diámetro exterior de la calzada anular de una glorieta se tendrán en cuenta:

- El espacio disponible entre construcciones y obstáculos no removibles.
- El entorno: urbano, periurbano, interurbano.
- El número de patas, la separación entre ellas[1], y su ángulo de implantación.

El diámetro exterior de la calzada anular de una glorieta debe permitir que, con la anchura fijada y para la hipótesis de circulación supuesta[2], el tamaño y disposición de la isleta central permita que se cumplan las limitaciones[3] relativas a la trayectoria de los vehículos.

El diámetro exterior de una calzada anular de **un carril** no regulada por semáforos:

- No será inferior[4] a 28 m, excepto donde se justifique que de lo contrario, los costes resultarán desproporcionados.
- Se recomienda que esté comprendido:
  - En glorietas urbanas, entre 30 y 40 m.
  - En glorietas periurbanas o interurbanas, entre 35 y 45 m.

El diámetro exterior de una calzada anular de **dos carriles concéntricos** no regulada por semáforos:

- No será inferior a 35 m, excepto donde se justifique que de lo contrario, los costes resultarán desproporcionados.
- Se recomienda que esté comprendido:
  - En glorietas urbanas, entre 45 y 55 m.
  - En glorietas periurbanas o interurbanas, entre 55 y 60 m.

---

[1] Cf. apartado **4.2.2**.

[2] Cf. la Tabla **2.3-C** del apartado **2.3.1**.

[3] Cf. apartado **4.6.1.5**.

[4] Este límite se podrá rebajar a 26 m comprobando las posibilidades de paso del vehículo patrón por su trayectoria. No se aplicará esta rebaja en la hipótesis **IV** de funcionamiento del apartado **2.3.1**.

Los diámetros exteriores de una calzada anular de **dos carriles en turboglorieta** no regulada por semáforos:

- No serán inferiores a 35 m, excepto donde se justifique que de lo contrario, los costes resultarán desproporcionados.
- Se recomienda que estén comprendidos:
  - En glorietas urbanas, entre 40 y 50 m.
  - En glorietas periurbanas o interurbanas, entre 45 y 55 m.

4.6.4.2.2.3. Anchura

Para fijar la anchura de la calzada anular de una glorieta se tendrán en cuenta:

- La eventual presencia de un gorjal.
- La hipótesis de paso de vehículos[1] que se haya justificado.

En una calzada anular de **un solo carril** se aplicará la hipótesis de paso **I**, y la anchura conjunta de la calzada anular y del gorjal[2], se obtendrá de la Tabla **4.6-Ñ**.

TABLA **4.6-Ñ**

ANCHURA CONJUNTA (m) DE UNA CALZADA ANULAR
DE UN CARRIL Y, EN SU CASO, DE SU GORJAL

DIÁMETRO EXTERIOR (m) **DE LA CALZADA ANULAR**	**ANCHURA** (m)
28	8,0
32	7,2
36	6,7
40	6,3
44	6,0
48	5,8
52	5,6
56	5,4
60	5,3

[1] Cf. la Tabla **2.3-C** del apartado **2.3.1**.

[2] Si conviene disponerlo.

En una calzada anular de **dos carriles,** concéntricos o en turboglorieta, se aplicarán las hipótesis de paso[1] **II**, **III** ó **IV**, y la anchura conjunta de la calzada anular y del gorjal[1] se obtendrá de la Tabla **4.6-O**.

TABLA **4.6-O**

ANCHURA CONJUNTA (m) DE UNA CALZADA ANULAR
DE DOS CARRILES Y, EN SU CASO, DE SU GORJAL

DIÁMETRO EXTERIOR (m) **DE LA CALZADA ANULAR**	**HIPÓTESIS DE PASO**[2]		
	II	**III**	**IV**
28	8,0	9,6	12,6
32	7,7	9,1	11,1
36	7,5	8,7	10,4
40	7,4	8,5	9,9
44	7,3	8,3	9,5
48	7,2	8,1	9,2
52	7,1	8,0	9,0
56	7,0	7,9	8,8
60	7,0	7,8	8,6

La anchura de la calzada anular, la cual será constante en todo su desarrollo, será igual a la mayor que resulte de la aplicación de los criterios siguientes:

- La anchura máxima de la calzada de cualquiera de las entradas, medida a la altura de la intersección de su borde izquierdo con el borde exterior de la calzada anular.
- Si hay gorjal, la que resulte de restar de las anchuras conjuntas dadas por las Tablas **4.6-Ñ** ó **4.6-O**, según el caso, la anchura del gorjal dada por la Tabla **4.6-P**.

[1] Si, en el caso de la hipótesis **II**, conviene disponerlo. En las hipótesis **III** ó **IV** no se dispone.

[2] Cf. la Tabla **2.3-C** del apartado **2.3.1**.

TABLA **4.6-P**

ANCHURA (m) DEL GORJAL

DIÁMETRO EXTERIOR (m) **DE LA CALZADA ANULAR**	**HIPÓTESIS DE PASO**[1]			
	Ia	**Ib**	**Ic**	**II**
28	3,8	2,4	1,1	0,7
32	3,1	1,9	0,8	0,6
36	2,7	1,5	0,6	0,5
40	2,4	1,3	0,5	0,5
44	2,2	1,2	0,5	0,5
48	2,0	1,0	-	0,5
52	1,8	0,9	-	0,5
56	1,7	0,9	-	0,5
60	1,6	0,8	-	-

- Si no hay gorjal, la anchura dada por las Tablas **4.6-Ñ** ó **4.6-O**, según el caso.

4.6.4.2.3. Arcenes

En las glorietas interurbanas, junto a las calzadas anulares se dispondrán arcenes interiores de 0,50 m de anchura constante, excepto donde haya un gorjal. Se recomienda que los arcenes exteriores tengan una anchura constante de 0,50 m; en ningún caso la tendrán superior a 1,50 m.

En las glorietas urbanas y periurbanas, la anchura de los arcenes de las calzadas anulares será constante e igual a la mínima imprescindible para pintar la marca vial de borde de calzada y, en su caso, alojar una rígola provista de un bordillo montable. No se dispondrán arcenes interiores donde haya un gorjal.

En cualquier caso, los arcenes tendrán la misma inclinación transversal que la calzada adyacente.

4.6.4.2.4. Gorjales

En las hipótesis de paso[1] **I** y **II** se dispondrán gorjales, siempre que:

- Las trayectorias respeten las condiciones de la Tabla **4.6-L**.

[1] Cf. la Tabla **2.3-C** del apartado **2.3.1**.

- No se dificulte la conservación invernal.
- Su anchura no resulte inferior a 0,50 m.

Si no se dispusiera un gorjal en la hipótesis de paso **I**, con diámetros exteriores superiores a 34 m puede que la anchura de la calzada anular resulte excesiva. En este caso, aunque se disponga de una suficiente inflexión en la trayectoria de los vehículos puede resultar aconsejable disponer un gorjal en las hipótesis de paso[1] **Ia** ó **Ib**.

En la hipótesis de paso[2] **II** se recomienda no disponer gorjales si es significativa la proporción de vehículos pesados en la hora de proyecto del año horizonte.

En las hipótesis de paso[3] **III** y **IV** no se dispondrán gorjales, aunque en el interior de la isleta central se podrá disponer una corona circular pavimentada[4] que proteja el ajardinamiento de la isleta contra el paso ocasional de las ruedas interiores de los vehículos articulados.

Las anchuras de gorjal serán las mostradas en la Tabla **4.6-P**[5].

Los gorjales tendrán una inclinación entre el 3 y el 4 % hacia el exterior de la glorieta, marcando un desnivel de 2 cm por encima del nivel de la calzada anular (Fig. **4.6-T**).

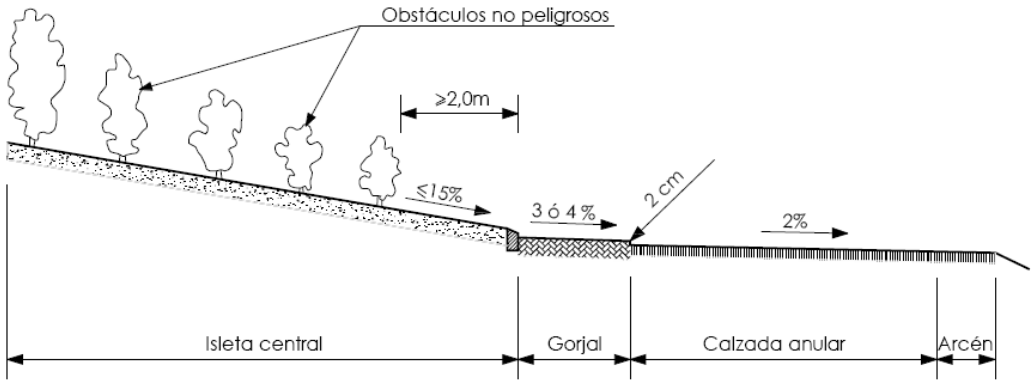


Fig. **4.6-T**

4.6.4.2.5. Entradas

La anchura total de su entrada determina la capacidad del acceso a una glorieta; pero si la entrada es demasiado ancha, se favorecen las pérdidas del control. Una anchura moderada va a favor de la seguridad:

---

[1] Cf. la Tabla **2.3-C** del apartado **2.3.1**.

[2] Cf. la Tabla **2.3-C** del apartado **2.3.1**.

[3] Cf. la Tabla **2.3-C** del apartado **2.3.1**.

[4] Limitada o no por un bordillo montable. El desnivel máximo entre la plataforma anular y la corona será de 10 cm.

[5] Cf. apartado **4.6.4.2.2.3**.

- Se limita la velocidad de los vehículos al entrar a la calzada anular, al disminuir las posibilidades de utilizar más de un carril para entrar a la calzada anular.
- La anchura que eventualmente tengan que cruzar los peatones será menor.

Normalmente, las entradas a la calzada anular de una glorieta tienen el mismo número de carriles que la pata de acceso. No obstante:

- En una carretera interurbana con calzadas separadas con más de dos carriles en el acceso a la glorieta, para destacar la presencia de ésta puede resultar conveniente[1] cerrar el carril de la izquierda antes de la entrada[2].
- Si la presencia de la glorieta es muy aparente, y se logra reducir la velocidad de entrada mediante una inflexión adecuada de la trayectoria de los vehículos, disponer[3] unos carriles adicionales en la entrada:
  - Facilita la inserción simultánea de varios vehículos en la calzada anular.
  - Facilita la inserción de los vehículos largos.
  - Proporciona una mayor flexibilidad ante un futuro aumento de la intensidad de la circulación, aunque la actual sea baja.
  - Permite el adelantamiento de un vehículo averiado.

Se recomienda:

- No añadir carriles por la izquierda de los normales.
- No añadir más de un carril en las patas de acceso a la glorieta que tengan un solo carril.
- Que el número total de carriles en la entrada no exceda de tres[4], a no ser que se justifique por razones de capacidad, o donde las limitaciones del espacio disponible obliguen a integrar en la entrada a la glorieta un carril que proceda de un acceso cercano.

La longitud

mínima de esos carriles adicionales será de 5 m en una zona urbana, y de 25 m fuera de poblado. Se recomienda que la longitud del abocinamiento necesario para insertarlos no rebase 100 m.

---

[1] Mientras no se compruebe la existencia de una saturación.

[2] Al menos en las glorietas nuevas; en las existentes no suele ser necesario si no hay un historial de accidentes.

[3] En general, mediante un abocinamiento.

[4] En glorietas reguladas por semáforos, si el acceso tuviera cuatro carriles, se mantendrán en la entrada.

Si no se disponen carriles adicionales en la entrada a la calzada anular, la anchura de cada carril a la altura de la marca de detención es normalmente igual a la que tiene ese mismo carril en la pata de acceso. Pero si dispone algún carril adicional[1], la anchura total del acceso a la altura de la marca de detención no podrá ser inferior a la anchura de la calzada en la pata de acceso[2]; y se dividirá por igual entre todos los carriles, de manera que ninguno de ellos tenga menos de 2,50 m. Si hubiera muchos vehículos pesados se recomienda que los carriles sean más anchos: son preferibles 3 carriles de 3,33 m a 4 carriles de 2,50 m.

En las glorietas interurbanas, los arcenes a la entrada de una glorieta tendrán una anchura:

- Mínima de 50 cm en correspondencia con las isletas separadoras.
- Máxima de 1,50 m en los demás casos.

Si la pata de acceso tuviera un arcén de mayor anchura, se efectuará una transición en el mismo tramo en el que se efectúe la transición de anchura de la calzada.

En las glorietas urbanas no se dispondrán arcenes de una anchura superior a la necesaria para pintar la marca vial de borde de calzada y, en su caso, alojar una rígola.

Al estar las entradas a una glorieta generalmente provistas de bordillos, los arcenes se deben terminar antes del abocinamiento. El procedimiento más sencillo consiste en empezar los bordillos fuera del arcén y luego acercarlos progresivamente a la calzada, con una transición corta y suave (Fig. **4.6.-U**).

[1] Los carriles adicionales se podrán diferenciar a partir de donde su anchura no sea inferior a 2,0 m.

[2] Se procurará que la anchura del acceso a una glorieta no disminuya al acercarse a la calzada anular.

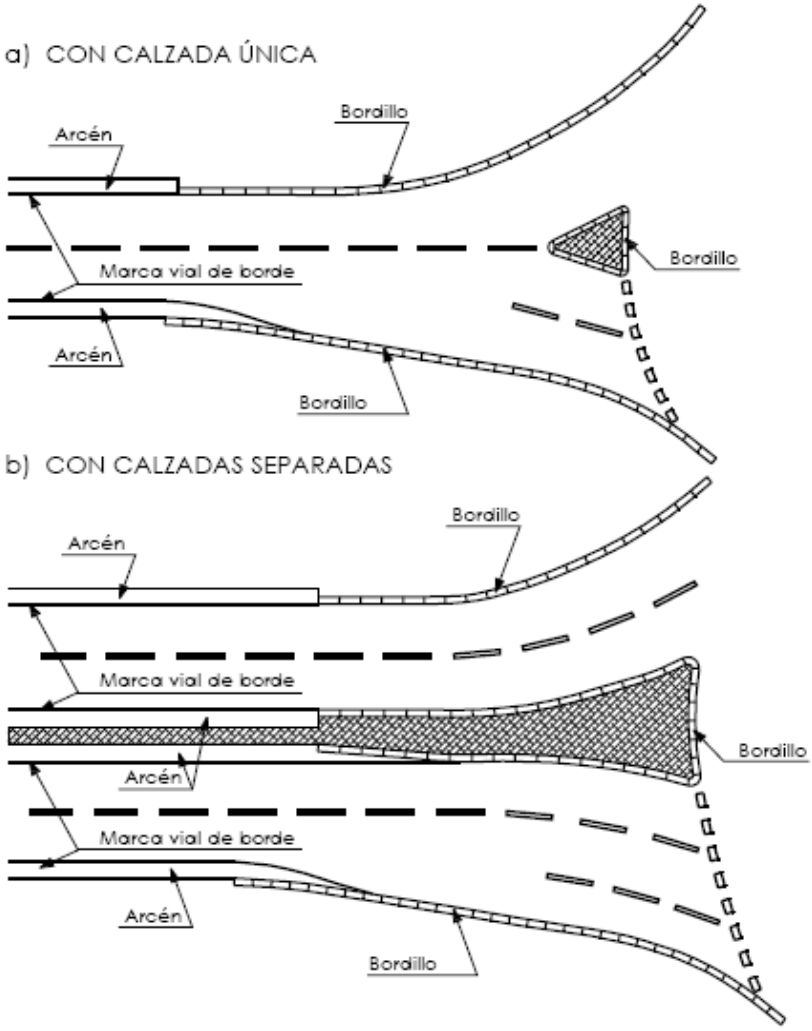


Fig. **4.6-U**

4.6.4.2.6. Salidas

La salida debe tener, al menos, el mismo número de carriles que tiene, para ese sentido, la pata en la que desemboca. Si se dispusiera un carril adicional:

- Se añadirá por la derecha.
- Se cerrará por una cuña lineal de una longitud entre 15 y 20 veces su anchura.
- Si estuviera en rampa, se prolongará para reducir la perturbación causada por los vehículos lentos.

Las salidas de un solo carril deben tener una calzada de una anchura mínima de 6 m junto a la isleta separadora, para permitir rebasar a un vehículo averiado o detenido[1] (Fig. **4.6-V**).

[1] Como vehículos de conservación o explotación o vehículos de la autoridad en materia de circulación.

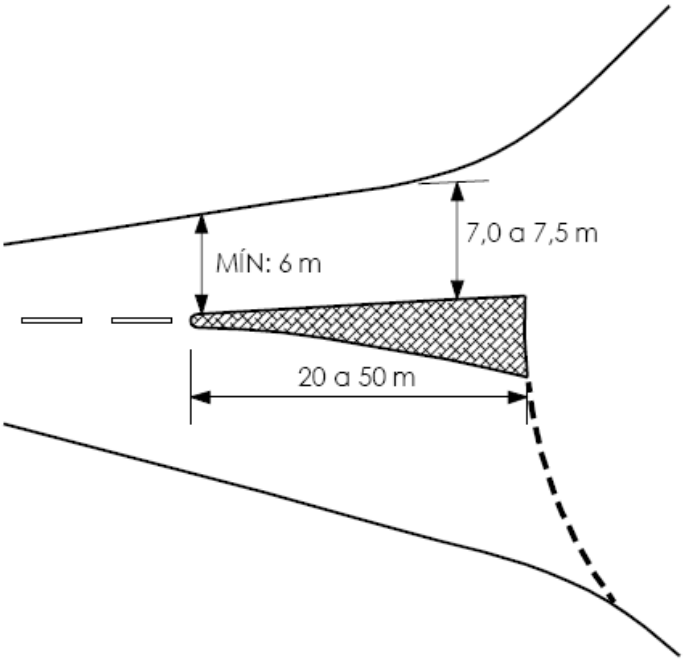


Fig. **4.6-V**

En las glorietas interurbanas, los arcenes a la salida de una glorieta tendrán una anchura:

- Mínima de 50 cm en correspondencia con las isletas separadoras.
- Máxima de 1,50 m en los demás casos.

Si la pata en la que se desemboca tuviera un arcén de mayor anchura, se efectuará una transición en el mismo tramo en el que se efectúe la transición de anchura de la calzada.

En las glorietas urbanas no se dispondrán arcenes de una anchura superior a la necesaria para pintar la marca vial de borde de calzada[1].

4.6.4.2.7. Carriles segregados para girar a la derecha

Los carriles segregados sirven para los vehículos que quieren tomar la salida inmediatamente siguiente a su entrada, sin tener que ceder el paso a los que circulan por la calzada anular. Sólo se debería considerar su empleo:

- Donde en la hora de proyecto del año horizonte se encuentre en esa situación más del 50 % de la intensidad de esa entrada, o haya más de 300 veh./h.
- Donde esa entrada disponga, al menos, de dos carriles (incluidos los adicionales), y se destine uno al giro segregado.
- Donde no haya accesos a propiedades colindantes a lo largo del carril segregado.

[1] Para evitar aparcamientos o paradas indebidas.

- En una glorieta existente, donde haya una saturación comprobada de esa entrada, y después de haber descartado otras medidas.
- Donde el ángulo entre la trayectoria de entrada a la glorieta y la de salida de la misma que pretende tomar sea muy agudo.

Es posible que la complejidad y la falta de legibilidad introducidas por un carril segregado para girar a la derecha redunden en una menor seguridad, especialmente para los peatones que lo crucen. En cualquier caso, hay que cuidar de que su trazado no facilite la circulación por él a una velocidad notablemente mayor que la correspondiente a la calzada anular; especialmente si la glorieta es urbana o tiene pasos para peatones.

Los carriles segregados para el giro a la derecha no deben inducir a grandes velocidades: su anchura mínima en recta debería estar comprendida entre 3,0 y 3,5 m. Especialmente si están separados de la glorieta por un bordillo, en las curvas hay que comprobar que pueden acomodar al vehículo patrón.

La convergencia entre los vehículos procedentes de un carril segregado para el giro a la derecha y los demás que proceden de la calzada anular de la glorieta, se debe hacer a menos de 50 m contados a partir del borde exterior de la calzada anular, donde sus velocidades son aún moderadas.

Sólo es posible que dos corrientes de tráfico del mismo sentido circulen en paralelo si ambas cuentan con un carril propio en la pata a la que se incorporan; en los demás casos, el tráfico del carril segregado tiene que converger con el otro en una distancia mínima de 10 m (Fig. **4.6-W**).

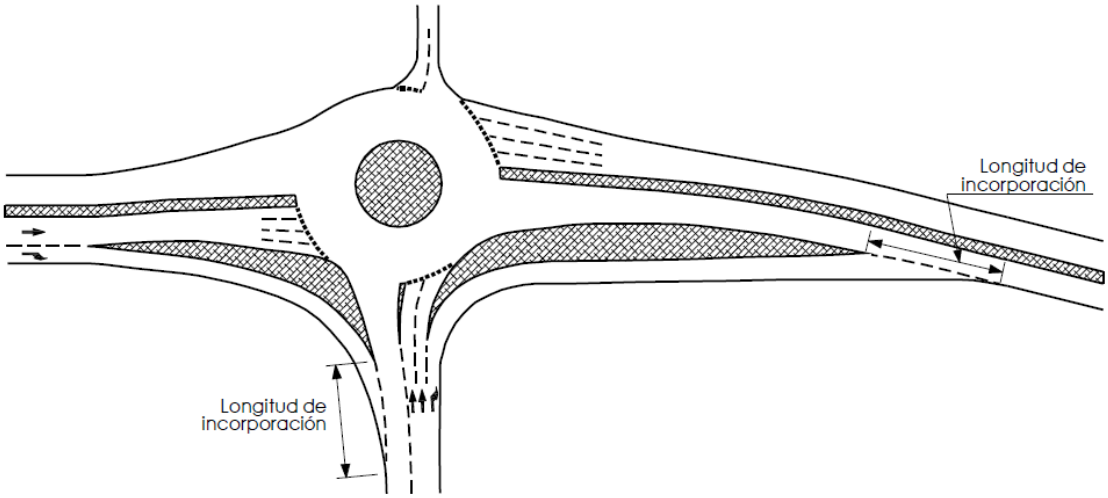


Fig. **4.6-W**

La segregación de un carril para el giro a la derecha se debe materializar mediante una isleta encauzadora. Hay que comprobar que el equipamiento vial o, en su caso, el mobiliario urbano, no obstruyen la visibilidad.

4.6.5. Márgenes de la plataforma

Las razones para que un vehículo se salga de la plataforma son variadas:

- La mayoría de esas salidas no son intencionadas, sino que se derivan de uno o varios errores del conductor: exceso de velocidad, somnolencia o fatiga, conducción descuidada o temeraria, capacidad disminuida por sustancias psicotrópicas, etc.
- Otras son intencionadas, como evitar un obstáculo imprevisto u otro vehículo.

En todo caso, toda salida de la plataforma representa un riesgo. Para no agravar sus consecuencias, es muy importante disponer de una **zona de seguridad**[1] contigua a la plataforma, desprovista de obstáculos y desniveles, cuya superficie permita primero recuperar el control de un vehículo que se haya salido a ella; y que más allá, limite las consecuencias de esa salida.

La anchura mínima[2] de una zona de seguridad depende de:

- La velocidad operativa.
- La intensidad de la circulación, que representa la exposición al riesgo.
- El trazado:
  - El radio en planta.
  - El lado de la curva (interior o exterior).
  - La gravedad del siniestro cuya ocurrencia evita la zona de seguridad.
  - El tipo de sección transversal (desmonte o relleno).
  - La longitud e inclinación de los taludes.
  - La presencia de accesos, y sus características.

Se recomienda que la inclinación transversal de una zona de seguridad no sea superior[3] a 4H/1V. También se recomienda desplazar fuera de la zona las dotaciones viarias, a no ser que sus características no revistan peligro[4].

Los obstáculos o desniveles que no puedan ser remodelados o desplazados deben ser protegidos mediante sistemas de contención de los vehículos (barreras de seguridad o amortiguadores de impactos): la presencia de los que no puedan ser así protegidos debe ser advertida mediante un balizamiento específico.

---

[1] Si ello fuese posible dado que en ciertos casos como, por ejemplo, glorietas urbanas no siempre lo sería.

[2] Cf. la Tabla **1** de las *Recomendaciones sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas*, aprobadas por Orden circular **28/2009**, de 19 de octubre o normativa que la sustituya.

[3] En un talud de inclinación 3H/1V, es difícil que un conductor recupere el control de su vehículo, sobre todo si en él hay obstáculos o desniveles, aunque sean pequeños.

[4] Como ocurre con los hitos de arista.

Las cunetas deben ser amplias, con cajeros de inclinación reducida y poca profundidad, de manera que un vehículo que las atraviese no vuelque ni decelere bruscamente. En caso contrario, se debería considerar:

- Su desplazamiento fuera de la zona de seguridad.
- La construcción de un sistema de desagüe subterráneo, como el representado por un caz provisto de un sumidero continuo, que desagua a un colector situado bajo él.

También las arquetas y pozos situados dentro de la zona de seguridad deben estar provistos de tapas o rejillas enrasadas con el terreno[1] y capaces de sustentar las ruedas de un vehículo pesado que las pise.

Los accesos a la plataforma y los cruces de la mediana, que inciden ambos en las zonas de seguridad, suelen tener unos taludes perpendiculares al eje de la carretera, a menudo provistos de boquillas para una pequeña obra de desagüe. La inclinación de esos taludes debe observar las mismas limitaciones que la zona de seguridad; y el diseño de esas boquillas no debe constituir un obstáculo para un vehículo fuera de control.

Una clase especial de margen la constituyen las *narices* de una salida, donde se precisa de espacio para recuperar el control de los vehículos. En ellas se debe evitar la presencia de:

- Cualquier clase de obstáculo no protegido por un amortiguador de impactos[2]: pórticos, banderolas, báculos, pilas de pasos superiores o de pasarelas para los peatones, árboles, bordillos, etc.
- Cunetas y arquetas que no sean franqueables por un vehículo a cierta velocidad. Los taludes deben ser lo más tendidos posible, para facilitar la existencia de una zona adicional de recuperación.
- Macizos de fábrica u hormigón (como las impostas o algunos cimientos) que sobresalgan del terreno.
- Barreras de seguridad.

4.7 Visibilidad

Es necesario comprobar que la visibilidad disponible no está disminuida por posibles deslumbramientos consecuencia de iluminaciones exteriores (públicas o privadas) y por las salidas y las puestas de sol.

---

[1] En ningún caso debe sobresalir de él más de 10 cm, para evitar enganchar los bajos de un vehículo.

[2] No por una barrera de seguridad, pues el impacto es frontal.

4.7.1. Visibilidad disponible

4.7.1.1. En patas

En cualquier tipo de entorno, es frecuente que la falta de una visibilidad suficiente represente una disminución de la seguridad. El problema es más grave en la red secundaria.

En un nudo, tanto la eficiencia de su explotación como la evitación de choques dependen en gran medida de la respuesta de cada conductor. Por lo tanto, el diseño del nudo debe proporcionar una visibilidad suficiente para:

- Percibir los conflictos potenciales.
- Identificar fácilmente las opciones que se ofrecen.
- Llevar a cabo las acciones que se necesitan para franquear el nudo con seguridad.

Por lo tanto, en un nudo y en la zona próxima a él conviene evitar curvas y acuerdos verticales que oculten, siquiera parcialmente, los puntos de conflicto, los vehículos detenidos, etc.

Aunque en un tramo viario suele ser suficiente disponer de la visibilidad necesaria para detenerse, en los nudos y cerca de ellos se recomienda disponer, además, de la **visibilidad de decisión**, especialmente donde pueda haber circunstancias que fomenten errores en la percepción de la información, o en la toma de decisiones, o en las acciones del conductor:

- Maniobras inesperadas.
- Nudos situados en una curva o detrás de un acuerdo vertical convexo.
- Nudos complejos.
- Reducción del número de carriles.
- Señalización profusa o confusa.

En el tronco, la mínima visibilidad de decisión corresponde a la distancia recorrida en 10 s a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$. En los accesos a un nudo donde no se disponga de esta visibilidad de decisión hay que tener un especial cuidado de avisar a los conductores de circunstancias como las descritas, mediante ayudas a la conducción (básicamente, la señalización informativa o de advertencia de peligro).

Donde los vehículos puedan tener que detenerse (señales **R-2** "*STOP*" o **R-1** "Ceda el paso", semáforos) y, una vez detenido el vehículo, sus conductores hayan de mirar a uno u otro lado (o a ambos) antes de entrar en una intersección o en una glorieta, hay que disponer de la visibilidad necesaria para llevar a cabo las maniobras permitidas por el diseño del nudo: cruce, incorporación a la derecha o a la izquierda, inserción, etc.

4.7.1.2. En ramales y vías de giro

En los ramales y vías de giro de los nudos es fundamental, antes que cualquier otra condición, maximizar la visibilidad disponible. Se pueden emplear para ello los mismos criterios establecidos para los tramos viarios por la Norma **3.1-IC** "Trazado" para definir esa visibilidad. Sin embargo, conviene tener en cuenta las siguientes particularidades de los nudos:

- En los acuerdos cóncavos bajo un obstáculo situado sobre la plataforma de la carretera (obras de paso, pórticos de señalización, etc.), hay que comprobar la visibilidad diurna de los conductores de los camiones, cuyos ojos están a una altura sobre el pavimento del orden de 2,5 m.
- En las maniobras de cruce e incorporación el obstáculo que debe ser percibido es la presencia de otro vehículo, cuya altura se puede fijar en 1,10 m.
- Donde se trate de percibir la presencia de una marca vial, especialmente la de detención, o la de una salida, la altura del obstáculo sobre el pavimento será, evidentemente, nula.
- También se considerará una altura nula del obstáculo donde sea previsible que el pavimento del nudo se ensucie o contamine.

Las dotaciones viarias y, en su caso, el mobiliario urbano no deben interferir a las visuales, aunque se pueden tolerar objetos aislados y alargados cuya anchura no sea superior a 0,5 m: báculos del alumbrado, soportes de señales, etc.

En las intersecciones, una fuente de limitaciones a la visibilidad de un conductor que espera girar a la izquierda desde una vía prioritaria a otra no prioritaria pueden ser los demás vehículos que pretenden hacer lo mismo:

- Un vehículo que vaya en el mismo sentido y que esté delante. Conviene evitar la espera en dos carriles, como ocurre si la falsa mediana es muy ancha.
- Otro vehículo que circule en el sentido contrario y esté detenido en su propio carril auxiliar central de espera. Se puede recurrir a una disposición indonesia[1], en la que las dos trayectorias no se cruzan; pero se debe considerar con precaución.

Especialmente en las glorietas a distinto nivel[2], es preciso cuidar de la obstrucción que pueden representar sus pretiles, sus pilas y sus estribos.

En los ramales de enlace que discurren en curva sobre una obra de paso, puede resultar difícil disponer de la visibilidad necesaria si el pretil no está suficientemente retranqueado respecto de la calzada. Donde no sea posible lograr un despeje adecuado, una solución para aumentar-

---

[1] En la que ambos giros a la izquierda se pueden realizar simultáneamente sin interferirse, pues cada vehículo pasa por la derecha del otro.

[2] Cf. apartado **5.7.3.1**.

lo sin incrementar la anchura del tablero puede ser desplazar la calzada lateralmente dentro de éste. También puede haber problemas de visibilidad en los acuerdos verticales convexos; por ello se recomienda dotarles de la mayor longitud posible, en detrimento de los cóncavos y de la inclinación máxima del ramal.

4.7.2. Visibilidad necesaria en intersecciones

4.7.2.1. Generalidades

Al acceder a una intersección, una visibilidad suficiente permite una mejor anticipación por parte de los usuarios de la vía prioritaria[1], quienes pueden ver antes a un vehículo que se acerque por la otra vía. Con independencia de que cualquiera de los dos se pueda detener en las condiciones de emergencia[2] que se podrán dar si el vehículo que circula por la vía no prioritaria no respeta la señal o el semáforo, disponer de una visibilidad mayor[3] les permitirá ajustar mejor sus velocidades para evitar coincidir en el punto de conflicto.

En los accesos regulados por un semáforo, éste debe resultar visible desde una distancia suficiente para detenerse en condiciones de seguridad cuando la fase esté roja.

Al conductor de un vehículo que circula por una vía no prioritaria, detenido ante el acceso a una intersección, una visibilidad suficiente le da tiempo de llevar a cabo con seguridad su maniobra de cruce o incorporación (tomar la información necesaria a la derecha[4] sobre la vía prioritaria, tratarla, decidir, y ejecutar la maniobra) antes de coincidir con un vehículo que circule por la vía prioritaria, no visible en el momento de la toma de la información. Los usuarios mayores son quienes más tiempo necesitan, pues sus reflejos han disminuido.

Basándose en las consideraciones anteriores, los dos vehículos (el que circula por la vía prioritaria y el que circula por la no prioritaria) definen un teórico **triángulo de despeje** (Fig. **4.7-A**) dentro del cual no debe haber obstáculos[5] que impidan su mutua visibilidad. Uno de los vértices del triángulo se sitúa en el punto donde las trayectorias coinciden.

---

[1] Y también por parte de los de la vía no prioritaria.

[2] A partir de la velocidad $\mathbf{V_{99}}$ y movilizando el máximo rozamiento entre los neumáticos y el pavimento, dado por la figura **2.3-J**.

[3] Cf. apartado **4.7.1**.

[4] Y en su caso, a la izquierda.

[5] El despeje debe incluir los taludes de desmonte.

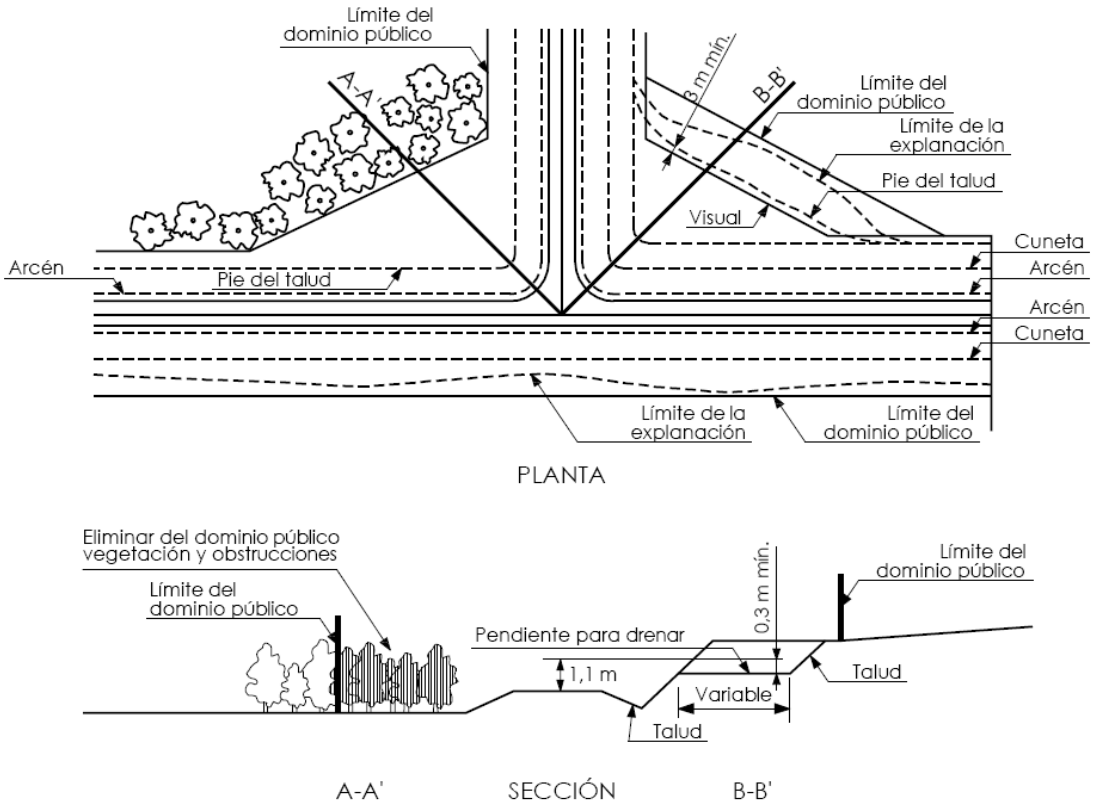


Fig. **4.7-A**

Además, hay que observar las precauciones siguientes:

a) Fuera de poblado o en una zona periurbana:

- En cuanto al emplazamiento: evitar colocar la intersección en una curva[1] o en un acuerdo convexo.
- En cuanto a la conservación: mantener las márgenes de la carretera libres de vegetación y otros obstáculos.

b) En las zonas urbanas:

- En cuanto al diseño:
  - **o** Una buena gestión del espacio entre la calzada y los edificios.
  - **o** Una reducción de la velocidad en la vía prioritaria.
  - **o** Una acertada (y efectiva) regulación del estacionamiento cerca de la intersección.

[1] Si la vía no prioritaria se inserta por el lado cóncavo de la curva, la toma de la información es más difícil: hay que barrer un campo de más de 180º. En todo caso, la estimación de las velocidades es más delicada, y la presencia del peralte de la curva puede crear dificultades dinámicas o de apreciación de la distancia que hay que recorrer.

- En cuanto a la conservación: una gestión adecuada de los equipamientos viarios y de los diversos obstáculos.

c) En algunos casos especiales, los problemas de visibilidad se pueden resolver:

- Asignando la prioridad a la vía que dispone de mayor visibilidad, lo cual exige acondicionar los trazados de las patas afectadas, en consonancia con la nueva prioridad.
- Sustituyendo la intersección por una glorieta o una intersección regulada por semáforos.

4.7.2.2. Giros a la izquierda

Si el vehículo que se incorpora a una vía prioritaria gira a la izquierda, puede tener interacciones con vehículos que vengan por la vía prioritaria por su izquierda o por su derecha:

- El caso de que vengan por su izquierda se puede tratar análogamente al cruce[1].
- Si el otro vehículo viene por su derecha, se pueden distinguir tres casos, según la configuración del final de la maniobra:

1. Si el giro termina en un carril propio o en uno de aceleración, estrictamente no hay requerimientos de visibilidad necesaria hacia la derecha[2] al principio de la maniobra, sino al final de ella. Esta disposición, sin embargo, no es frecuente ni tampoco deseable: los carriles de aceleración que convergen por la izquierda del tráfico de paso no permiten una buena visibilidad al conductor que se incorpora.
2. Si el giro termina en un carril central de espera, posibilitado por la presencia de otro destinado al giro opuesto a la izquierda[3], el vehículo que se incorpora se va a detener en dicho carril de espera; y en esa posición, su conductor necesita disponer de una visibilidad calculada con arreglo a lo expuesto en el Anexo **#2**.
3. Si el giro termina en una convergencia sin ninguna de las disposiciones anteriores, el conductor del vehículo que se pretende incorporar estará detenido en una marca vial de detención[4]; y en esa posición, su conductor necesita disponer de una visibilidad calculada con arreglo a lo expuesto en el Anexo **#2**.

---

[1] Cf. apartado **3.2.4.2**.

[2] Como ocurre en los carriles de aceleración.

[3] Cf. apartado **4.5.3**.

[4] La posición del observador está retrasada hasta 3 m respecto de la línea de detención, aunque en la mayoría de los vehículos es menor.

A título de orientación, se consignan en la Tabla **4.7-A** las visibilidades necesarias para que un vehículo detenido pueda girar a la izquierda sin interferir a los que vienen por su derecha.

TABLA **4.7-A**

VISIBILIDAD (m) NECESARIA PARA GIRAR A LA IZQUIERDA SIN INTERFERIR A LOS VEHÍCULOS QUE VIENEN POR SU DERECHA (RASANTE HORIZONTAL)

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h) **DE LA VÍA A LA QUE SE ACCEDE**	**TIPO DE VEHÍCULO QUE ACCEDE**		
	FURGÓN	**CAMIÓN**	**ARTICULADO**
50	95	150	195
60	115	180	235
70	135	210	275
80	150	240	315
90	170	270	355
100	190	300	395

Donde la visibilidad disponible no sea superior a la necesaria, el diseño de la intersección debe ser reconsiderado.

4.7.2.3. Giros a la derecha

Si el vehículo que se incorpora a una vía prioritaria gira a la derecha, puede tener interacciones con otro vehículo que venga por la vía prioritaria por su izquierda.

1 Donde haya un carril de aceleración, no hay más requisitos específicos de visibilidad que los relacionados con la visibilidad mutua de los vehículos que convergen[1].

2 Donde no haya un carril de aceleración y la entrada en la vía prioritaria esté regulada por una señal **R-1** "Ceda el paso" precedida de un carril lateral de espera para incorporarse desde él a la vía prioritaria desde una posición paralela, el planteamiento es análogo al del primer caso del Anexo **#2**.

3 Donde no haya carril de aceleración ni de espera, el planteamiento es análogo al del segundo caso del Anexo **#2**.

[1] Cf. apartado **4.7.2.1**.

Si el giro estuviera regulado por una señal **R-2** "*STOP*", el trazado no debe obligar a un conductor detenido ante esa señal a volverse más de 130 gon para divisar si viene un vehículo por la vía prioritaria a una distancia no superior a la visibilidad necesaria para la incorporación.

Si el giro estuviera regulado solamente por una señal **R-1** "Ceda el paso", la visibilidad disponible desde la vía no prioritaria debe ser mayor que la distancia recorrida en 8 s por un vehículo que circule por la vía prioritaria a la velocidad específica [**V85**] de ésta.

Donde la visibilidad disponible no sea superior a la necesaria, el diseño de la intersección debe ser reconsiderado.

4.7.3. Visibilidad necesaria en glorietas

4.7.3.1. Entradas

En todo acceso a una glorieta, se deben valorar dos situaciones en cuanto a la visibilidad:

- Una de **aproximación**, que permita a un conductor comprobar si va a tener que disminuir la velocidad de su vehículo para pasar por la glorieta.
- Otra de **inserción**, para que un conductor que pretenda entrar a la calzada anular pueda elegir un hueco en el tráfico que circula por ella.

a) Visibilidad **hacia la izquierda:**

1. En la situación de aproximación, las visuales desde un punto situado

- a 2 m del borde derecho del carril situado más a la izquierda de la pata de acceso, y
- a una distancia antes de la marca de detención igual a la necesaria para detenerse sin rebasarla,

y hasta llegar a la calzada anular y a la calzada de la salida correspondiente a esa misma pata, tienen que estar despejadas a la derecha de la tangente trazada desde ese punto a una circunferencia concéntrica al borde exterior de la calzada anular, con un radio inferior en 2 m a él (Fig. **4.7-B**).

2. En la situación de inserción, tanto desde el centro de cualquier carril a la altura de la marca de detención, como desde el centro del carril situado más a la izquierda 15 m antes de dicha marca, se debe ver la totalidad de la calzada anular hasta el más lejano de los límites siguientes (Fig. **4.7-C**):

- La entrada anterior.
- 40 m, medidos a lo largo del centro de la calzada anular.

3. También se recomienda que, desde el centro de cualquier carril a la altura de la marca de detención, se pueda ver un vehículo que se acerque por el acceso

correspondiente a la pata anterior[1], y que esté situado a una distancia de su marca de detención igual a la necesaria para detenerse sin rebasarla.

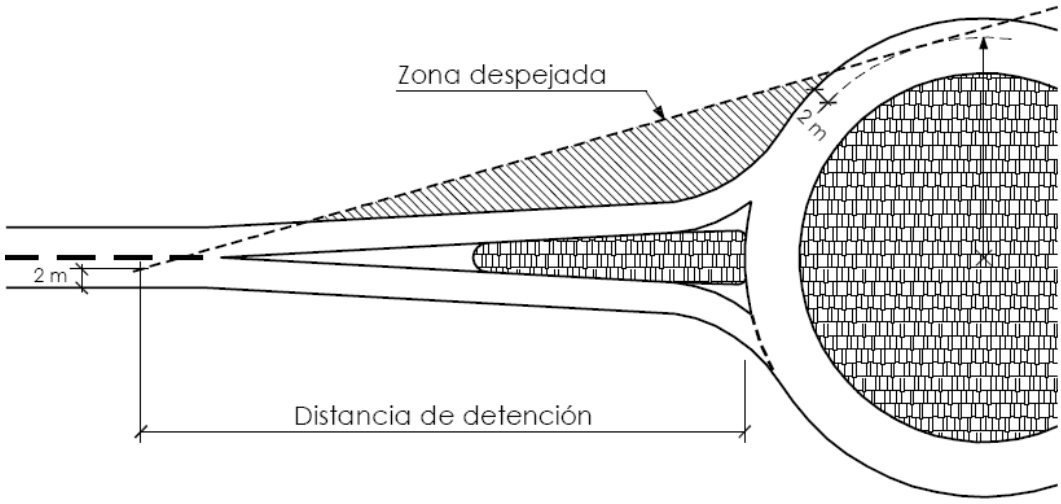


Fig. **4.7–B**

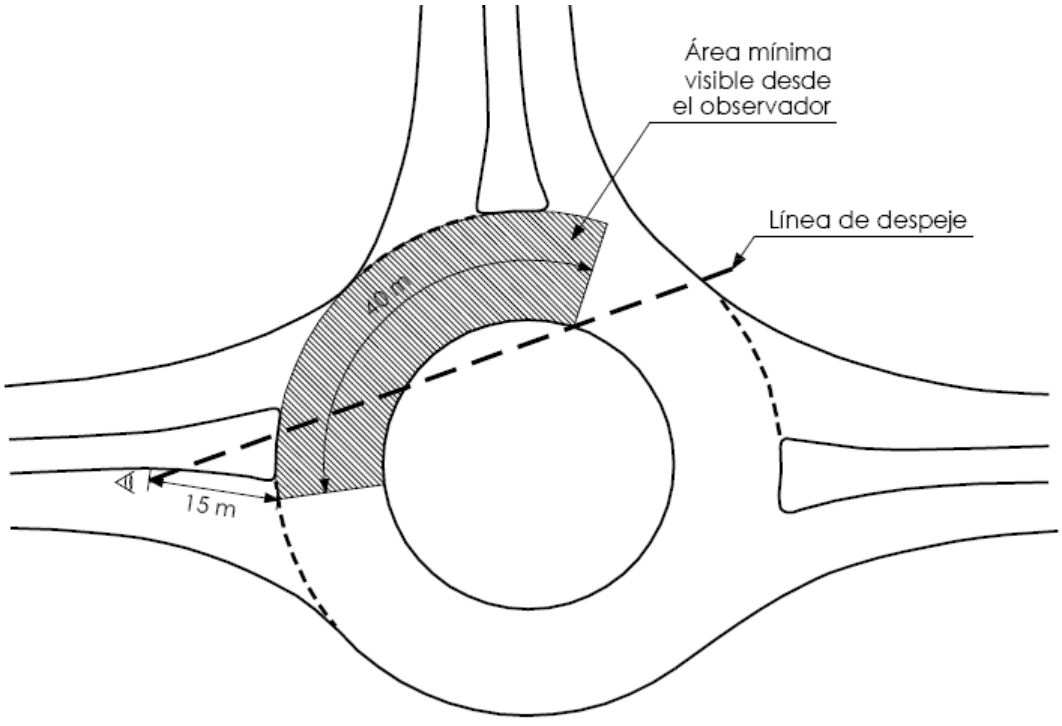


Fig. **4.7-C**

[1] En el sentido en el que se recorre la calzada anular.

b) Visibilidad **hacia la derecha**:

En cualquiera de las entradas, tanto desde el centro de cualquier carril a la altura de la marca de detención, como desde el centro del carril derecho 15 m antes de ella, se debe ver la totalidad de la calzada anular hasta el más lejano de los límites siguientes (Fig. **4.7-D**):

- La salida siguiente.
- 40 m, medidos a lo largo de la calzada anular.

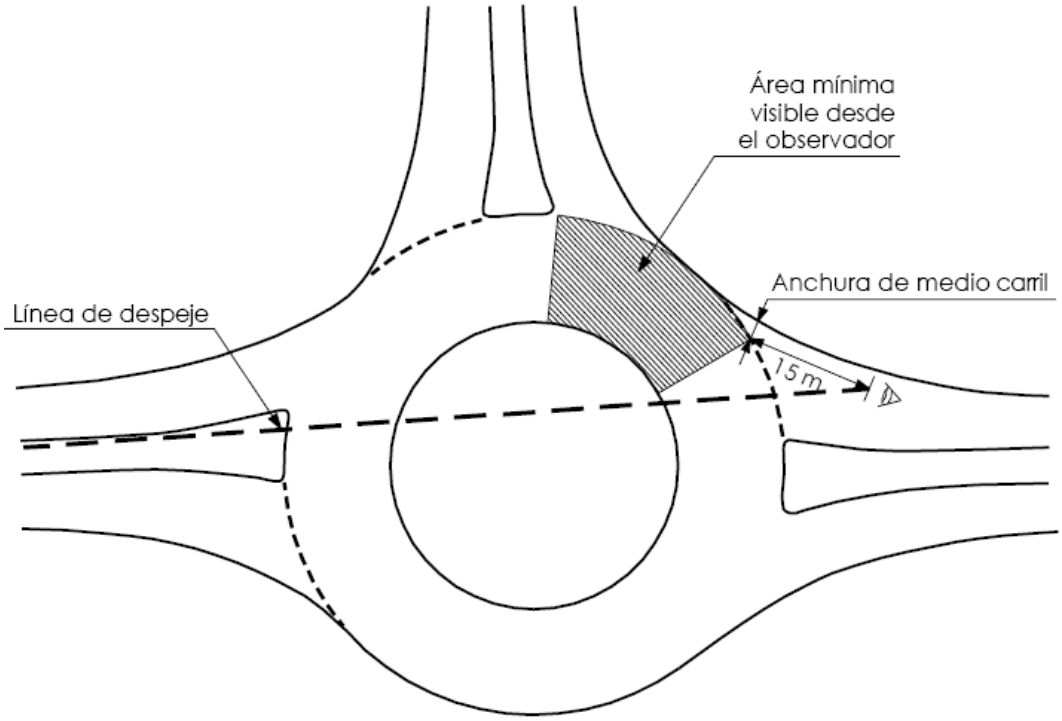


Fig. **4.7-D**

c) Visibilidad de *pasos cebra*:

1. Si en una pata de acceso hubiera un *paso cebra* para peatones antes de llegar a la calzada anular, debe resultar visible en su totalidad desde una distancia no inferior a la necesaria para detenerse a partir de la velocidad específica de esa parte de la pata.

2. En cualquiera de las entradas, desde el centro de cualquier carril a la altura de la marca de detención, como desde el centro del carril derecho 15 m antes de ella, se debe ver la totalidad de un *paso cebra* situado en la siguiente salida, si está a menos de 50 m de la calzada anular (Fig. **4.7-E**).

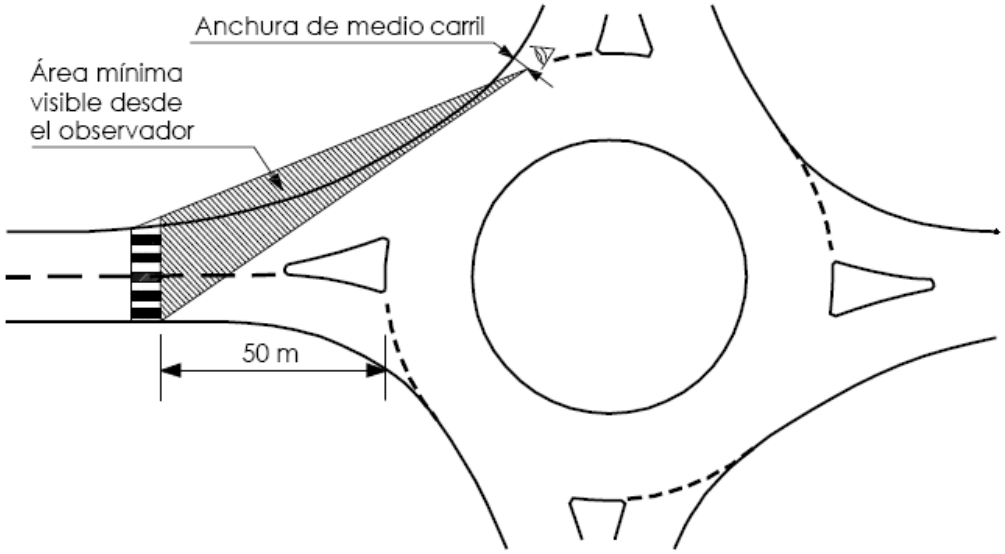


Fig. **4.7-E**

4.7.3.2. Calzada anular

Desde cualquier punto de la calzada anular situado a 2,0 m de su borde interior, se debe ver toda esa calzada hasta el más lejano de los límites siguientes (Fig. **4.7-F**):

- La salida siguiente.
- 40 m, medidos a lo largo del centro de la calzada anular.

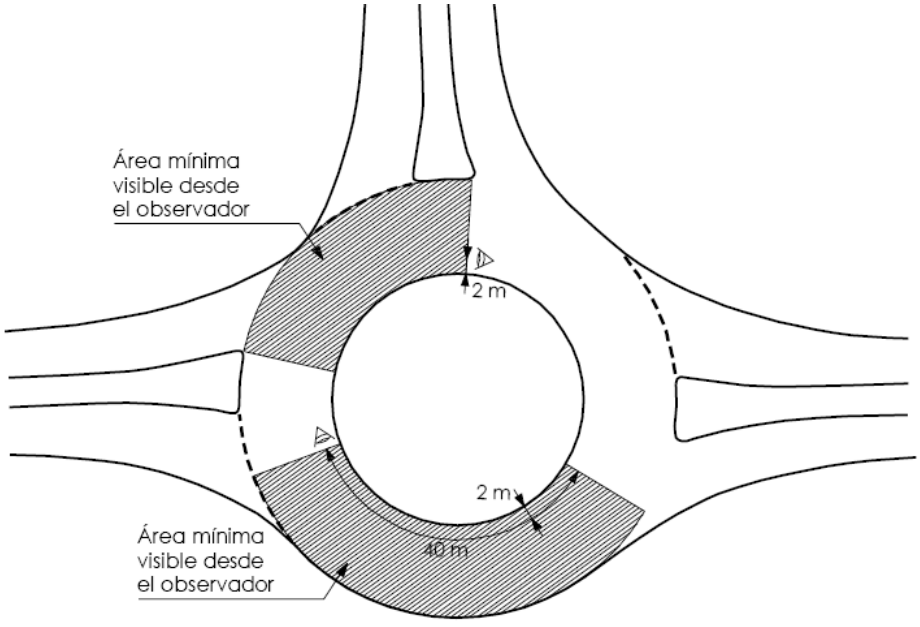


Fig. **4.7-F**

4.7.3.3. Continuidad de la visibilidad

En las glorietas se recomienda que no parezca que un acceso tiene continuidad en otra pata situada opuesta a él al otro lado de la isleta central[1]: la presencia de la glorieta resulta menos aparente. Esto se puede lograr mediante una ocultación que no sólo abarque a la plataforma, sino también a otros elementos que marquen la continuidad del itinerario: árboles, báculos de alumbrado, etc.

Para lograr esa ocultación se puede recurrir a disponer pantallas visuales en la isleta central[2], y también a desalinear los accesos respecto de la alineación original del itinerario.

4.7.4. Visibilidad necesaria en enlaces

Conviene tener en cuenta que en el tronco de las autopistas interurbanas, los conductores están acostumbrados a unas velocidades relativamente elevadas; y que las **salidas** que requieran una brusca disminución de la velocidad (más de 30 km/h) pueden causar problemas de fluidez y de seguridad. Por lo tanto, la visibilidad de esas salidas desempeña un papel importante; para tomar una decisión y ajustar su velocidad y su posición transversal, los conductores deberían ver con una antelación suficiente (unos 10 s):

- no sólo una eventual señalización que indique la menor velocidad específica de la salida, y el escalonamiento para alcanzarla,
- sino también el pavimento de la *nariz* y, si fuera posible, el inicio del propio ramal de salida y,
- en especial, la curva que limita la velocidad: la presencia de un balizamiento puede reforzar el mensaje.

Lo anterior tiene una importancia mucho mayor si el ramal tiene dos carriles, o si en la salida el tronco pierde un carril.

También es necesario que haya una buena visibilidad mutua entre los conductores de los vehículos que circulan por el tronco y los que pretenden **entrar** a él desde un ramal, a fin de que los primeros puedan valorar su posición relativa a los segundos[3] y buscar un hueco entre éstos: a ello les ayuda el carril de aceleración.

En particular:

- Las rasantes (antes de la *punta*) deberían ser aproximadamente iguales o, a lo sumo, el ramal debería estar situado por encima del tronco.

---

[1] Una situación muy frecuente si la glorieta se inserta, sin más, en un itinerario.

[2] Respetando los requisitos de visibilidad expuestos en los apartados **4.7.3.1** y **4.7.3.2**, y las prescripciones del apartado **4.8.7**.

[3] Sin tener que desviar su mirada más de 135 gon del eje longitudinal del vehículo.

- Desde la *punta* se debería ver todo el carril de aceleración, incluidas las cuñas triangulares al final del mismo. Donde haya un acuerdo vertical en el tronco su longitud debería ser suficiente para ello, o habría que procurar que no coincidiera con el carril de aceleración.

Al **final** de un ramal procedente de una salida de un enlace, en las intersecciones o glorietas con otras vías[1] puede haber problemas de visibilidad debidos a la presencia de los estribos, las pilas o los pretiles de las obras de paso. Donde la visibilidad resulte insuficiente, se puede considerar la posibilidad de instalar semáforos, valorando la posición del principio de la retención que provocan, de manera que no afecte al tronco del que sale el ramal.

4.7.5. Visibilidad de la señalización

Un conductor que circule a la velocidad operativa debe ser capaz de percibir una señal o un cartel, interpretar su mensaje, decidir la maniobra que debe ejecutar y, en su caso, ejecutarla total o parcialmente.

- La interpretación del mensaje requiere que la distancia[2] entre el conductor y la señal no sea superior a 800 veces la altura de la letra o símbolo. En caso contrario, se debe aumentar dicha altura.
- Para las demás tareas, la insuficiencia de la visibilidad disponible en relación con una señal o cartel dará lugar a la adopción de medidas tales como:
  - Cambiar el emplazamiento de la señal o cartel, generalmente adelantándolo y añadiendo, en su caso, un panel complementario con la distancia.
  - Duplicar la señal o cartel al otro margen de la carretera.
  - Suprimir los obstáculos que intercepten la visual.
  - Modificar el diseño del nudo.

4.8 Isletas

4.8.1. Número

El número de isletas se debe reducir al mínimo imprescindible para llevar a cabo las funciones que se les asignen. Los diseños sencillos

- son más fáciles de construir,
- se adaptan mejor a los cambios cuando cambian las circunstancias del tráfico, y

[1] Como la transversal.

[2] Medida a lo largo de la visual.

- son mejor comprendidos por los conductores.

4.8.2. Visibilidad

No se deben emplear isletas donde sea reducida la visibilidad desde el acceso a ellas: en general, es deseable disponer de visibilidad de decisión. La *nariz* de una isleta situada antes de un acuerdo vertical convexo, o antes de una curva en planta, debe estar suficientemente adelantada para que resulte visible y su presencia evidente a un conductor.

4.8.3. Delimitación

Las isletas se delimitan mediante **marcas viales** y, en su caso, cebrados pintados sobre el pavimento. Esta forma de delimitar tiene la ventaja de que se puede modificar fácilmente para acoplarse a la trayectoria real de los vehículos: y también se puede disponer provisionalmente para determinar mejor el diseño antes de colocar bordillos; pero presenta el inconveniente de que, de noche y con lluvia, o cuando hay nieve en la calzada, su perceptibilidad puede ser muy escasa, a no ser que las marcas lleven unos resaltes o que junto a ellas se dispongan captafaros. Se emplea más frecuentemente en las zonas urbanas o periurbanas, donde las velocidades son más reducidas y hay menos espacio disponible; fuera de poblado se debe emplear antes de una isleta separadora provista de bordillo, donde una brusca aparición de éste pueda representar un peligro para los vehículos veloces.

4.8.4. Materialización

En muchos casos, las isletas se pueden materializar mediante **bordillos**, si son suficientemente grandes (> 6 m^2) para que los conductores puedan percibirlas con facilidad, incluso por la noche.

a) **Fuera de poblado**, donde no es frecuente la presencia de bordillos, éstos deben ser montables y aplicarse sólo en isletas muy perceptibles, precedidas de marcas viales y balizamiento. Se exceptúan las isletas separadoras situadas en los accesos a una glorieta[1], si estuvieran atravesadas por un paso para peatones.

- Donde los bordillos sean paralelos a una calzada, deben estar retranqueados de 0,50 m (mínimo) a 1,00 m (recomendable) respecto del borde de aquélla, si la anchura del arcén en esa zona fuera inferior a dicho retranqueo. Se exceptúan las isletas separadoras situadas en los accesos a una glorieta: en ellas los bordillos se dispondrán junto al borde del arcén.

[1] Entre la entrada a la glorieta y la salida de ella que conduzca a la misma pata.

- Las esquinas de las isletas materializadas por bordillos se redondearán con un radio mínimo de 0,50 m. Se exceptúan las isletas separadoras situadas en los accesos a una glorieta, en las que (Fig. **4.8-A**):
    - La esquina correspondiente a la convergencia entre la calzada anular y la entrada se redondeará con un radio mínimo[1] de 30 cm.
    - En una isleta larga[2], la esquina correspondiente a la separación entre la entrada y la salida se redondeará con un radio no inferior a la mitad del diámetro de la señal **R-401a** que lleve la isleta, más 15 cm.

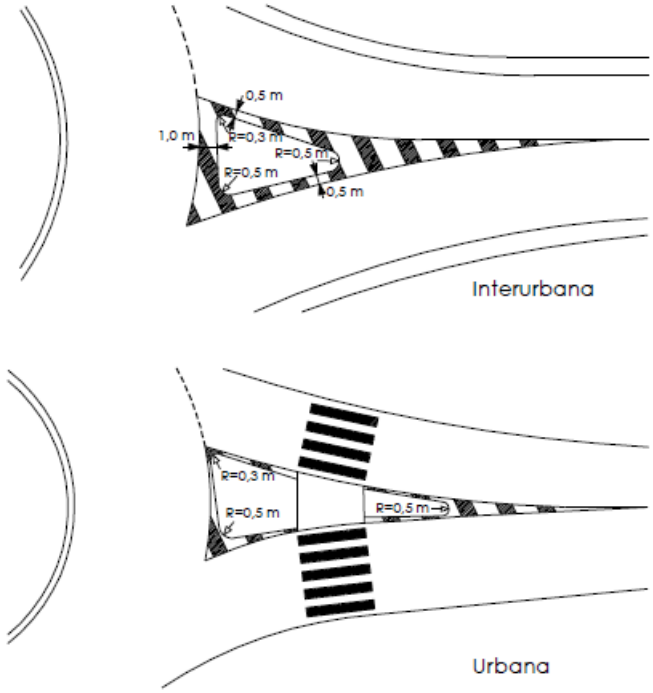


Fig. **4.8-A**

Las esquinas de las isletas materializadas por bordillos que un conductor se encuentre primero (*narices*) llevarán un retranqueo adicional. El retranqueo total será de 1,00 a 2,00 m respecto del borde de un carril de paso, y de 0,50 a 1,00 m respecto del borde de una vía de giro o de un ramal. En las isletas separadoras situadas en los accesos a una glorieta, ese retranqueo total será, como mínimo, de 1,00 m.

Si el borde de la calzada fuera curvo y el bordillo (visto desde la calzada) resultara cóncavo[3], se recomienda que el bordillo siga una traza recta, tangente a una para-

[1] Se redondearán a un radio mínimo de 50 cm si se considera necesario para la maquinaria de conservación o existe la posibilidad de habilitar la circulación en sentido contrario por motivos extraordinarios.

[2] Cf. apartado **3.2.3.2**.

[3] Como ocurre con frecuencia en las isletas separadoras.

lela al borde en el punto donde se disponga el retranqueo mínimo. En los demás casos, el retranqueo adicional se desvanecerá con una variación parabólica cuya longitud sea del orden de 15 veces su valor máximo.

b) En las **zonas urbanas**, dotar a las isletas de unos bordillos no montables protege a los peatones en sus cruces de la calzada, proporcionándoles un refugio[1]. No conviene disponer una isleta específica para este fin donde quede separada de otra isleta o de una acera por una vía de giro o ramal de menos de dos carriles.

- Los bordillos se dispondrán contiguos al borde de la calzada, dejando un espacio para pintar fuera de ésta la marca vial de borde y, en su caso, para alojar una rígola de desagüe.
- Las esquinas de las isletas materializadas por bordillos se redondearán con un radio mínimo de 0,30 m. Se exceptúan las isletas separadoras largas[2] situadas en los accesos a una glorieta, en las que (Fig. **4.8-A**) la esquina correspondiente a la separación entre la entrada y la salida se redondeará con un radio no inferior a la mitad del diámetro de la señal **R-401a** que lleve la isleta, más 15 cm.
- Las esquinas de las isletas materializadas por bordillos que un conductor se encuentre primero (*narices*) llevarán un retranqueo adicional. El retranqueo total será de 1,00 a 2,00 m respecto del borde de un carril de paso, y de 0,50 a 1,00 m respecto del borde de una vía de giro o de un ramal. En las isletas separadoras situadas en los accesos a una glorieta, ese retranqueo total será, como mínimo, de 1,00 m.

  El retranqueo adicional se alcanzará de la misma manera que se ha descrito para las isletas situadas fuera de poblado.

c) Donde haya muchos vehículos articulados o trenes de carretera y pocos peatones, como en las zonas industriales, no es usual utilizar isletas provistas de bordillos, pues coartan los movimientos de giro.

d) Las isletas que sean muy grandes, como las que quedan entre los ramales de un enlace, deben ir provistas de arcenes y ser tratadas como una margen, aplicándoles un tratamiento paisajístico. En las *narices* de salida, el borde de la explanación se debe retranquear de 0,50 a 1,00 m respecto del borde exterior del arcén (aumentando la anchura de la berma).

Donde haya plantaciones[3], éstas no deben perjudicar la visibilidad.

---

[1] Cf. apartado **3.5.2.2**.

[2] Cf. apartado **3.2.3.2**.

[3] O el riego de estas (por aspersores).

4.8.5. Isletas separadoras

4.8.5.1. Falsas medianas

Sobre todo si sus dimensiones son escasas, las *falsas medianas* deben ir precedidas de marcas viales, cebrados, resaltes, captafaros o balizas cilíndricas.

La longitud mínima de una *falsa mediana* es de unos 30 m fuera de poblado, y puede bajar hasta unos 4 m en una zona urbana.

Si en una zona urbana se plantan árboles o arbustos en una *falsa mediana*, se deben elegir con cuidado las especies y su emplazamiento ya que, a no ser que la isleta sea suficientemente ancha:

- Las raíces de las plantes pueden dañar el pavimento.
- Las plantaciones pueden provocar problemas al llevar a cabo su riego o su conservación.
- Las plantaciones mal colocadas pueden obstruir la visibilidad.

4.8.5.2. Lágrimas

Las dimensiones de una *lágrima* dependen de:

- Las trayectorias que se asignen a esos dos giros.
- Los vehículos patrón que las practiquen.
- Los retranqueos que se apliquen respecto de los bordes de la calzada[1] deducidos de esas trayectorias.

Para que el conductor del vehículo que se acerca a la *lágrima* por la vía no prioritaria acomode su velocidad a la falta de prioridad, que le puede obligar a detenerse, se recomienda introducir en su trayectoria una contracurva a la derecha antes del giro a la izquierda (Fig. **4.8-B**).

[1] O, en su caso, del arcén.

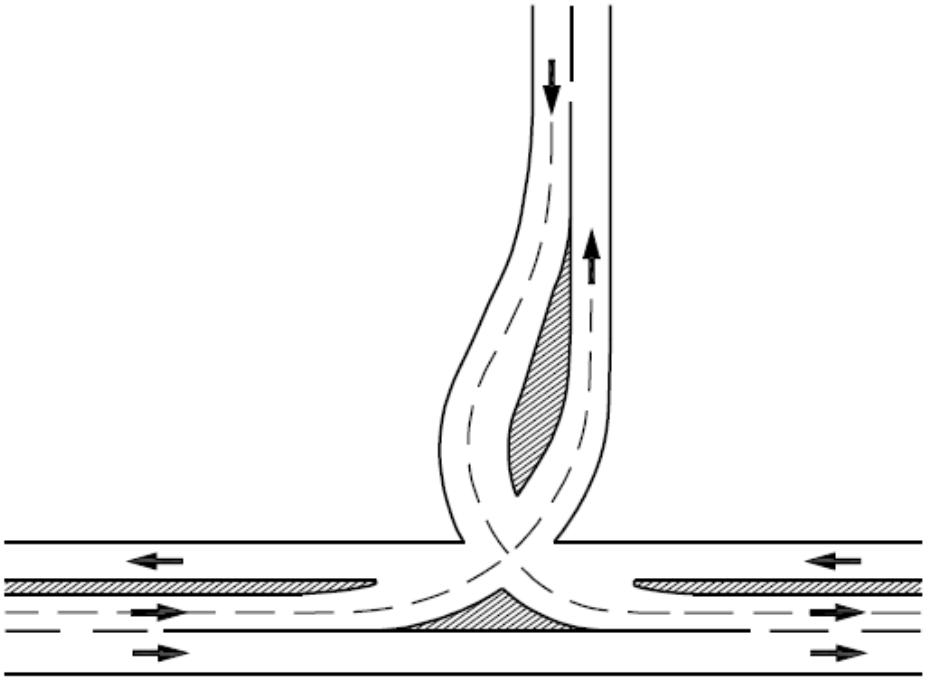


Fig. **4.8-B**

Donde se disponga de suficiente espacio, el trazado de una *lágrima* se facilita si se la inscribe en un triángulo de las características siguientes (Fig. **4.8-C**):

- El vértice agudo del triángulo se dispone sobre una paralela a la línea de separación de los sentidos de circulación de la vía no prioritaria. La distancia a dicha línea es de 1,0 m, y la paralela se sitúa a su izquierda según se recorre la vía no prioritaria acercándose a la intersección.
- El ángulo del vértice agudo del triángulo es de 30 gon.
- Su distancia al borde más próximo de la calzada prioritaria determina el tamaño de la lágrima, y varía de 10 a 30 m; se recomienda que sea del orden de 4 veces la anchura de la vía no prioritaria lejos de la intersección.
- El borde de la calzada de la vía prioritaria más próximo a la lágrima, queda dividido por los lados del triángulo que se unen en su vértice agudo, y por la línea de separación de los sentidos de circulación de la vía no prioritaria, en dos segmentos: la longitud del que primero se encuentra (en el sentido de circulación correspondiente al citado borde) debe ser el 40 - 50 % de la del otro.

Se recomienda analizar el diseño final de la *lágrima* para evitar que el resultado pueda asimilarse a una glorieta[1] o situación parecida.

[1] En especial si la trayectoria principal está en una curva pronunciada.

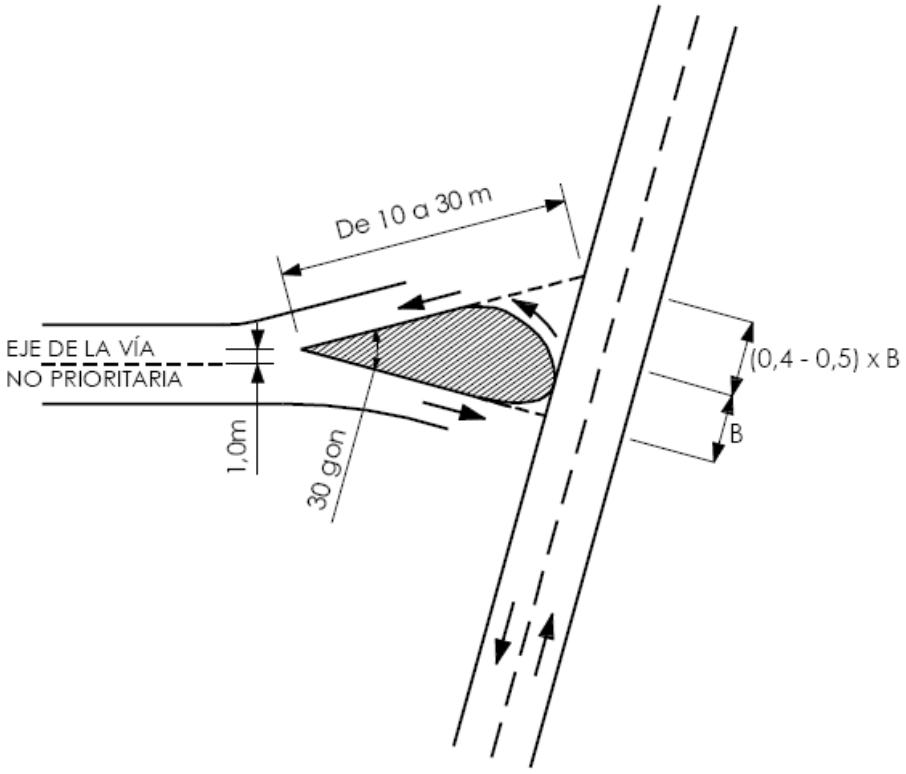


Fig. **4.8-C**

4.8.5.3. En glorietas

En una pata de acceso a una glorieta, se recomienda no utilizar isletas separadoras cortas en los casos siguientes:

- Si el ángulo de uno de sus lados respecto del eje de la pata de acceso es inferior a 3 gon.
- Si no se pueden alcanzar en ellas las anchuras deseadas para los pasos para peatones[1].
- Si, en glorietas interurbanas[2], siempre que la velocidad de aproximación rebase los 50 km/h y que la presencia de la glorieta no resulte perceptible de día sin confusión alguna desde una distancia[3] superior a la de detención a partir de la velocidad de aproximación[4], la longitud de la isleta no resulta suficiente para que, simultáneamente:

---

[1] Cf. apartado **3.5.2.2**.

[2] Y en los accesos a las periurbanas desde fuera de poblado.

[3] A la marca vial transversal de "ceda el paso" para entrar a la calzada anular.

[4] Calculada para un rozamiento longitudinal movilizado de 0,20.

- La señal **R-401a** situada en la *nariz* sea visible desde una distancia superior a la citada de detención.
- La propia *nariz* esté a una distancia superior a la citada de detención, respecto de la marca vial transversal de entrada de la calzada anular.

Si la presencia de la glorieta fuera perceptible sólo de día, por no disponer de un alumbrado adecuado, la separación de las marcas viales antes de la *nariz* de la isleta separadora deberá ser visible desde una distancia superior a la citada de detención.

4.8.6. Isletas encauzadoras

Estas isletas tienen formas diversas, siendo frecuentes las triangulares de lados rectos o curvilíneos (Fig. **4.8-D**). Su número no debe ser excesivo, pues esto resulta desconcertante.

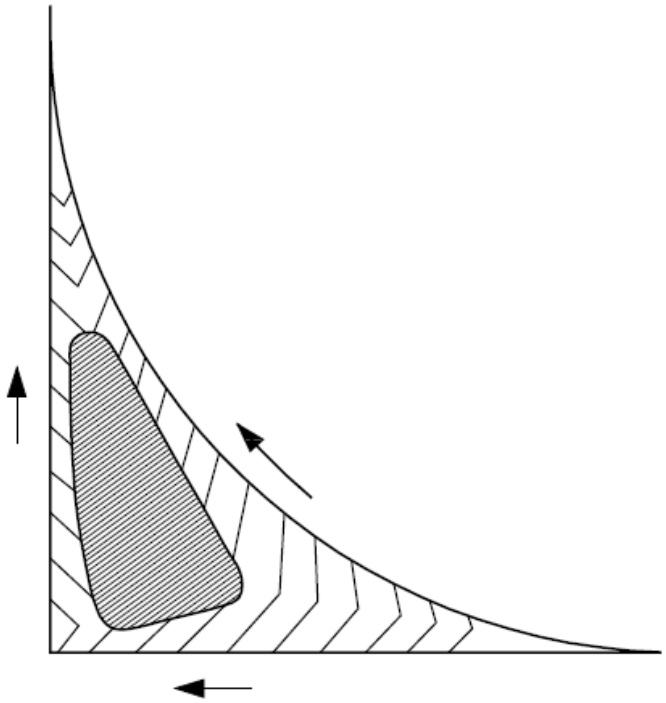


Fig. **4.8-D**

4.8.7. Isletas centrales

4.8.7.1. Glorietas normales

En las calzadas anulares cuya forma imponga fuertes variaciones a la curvatura de la trayectoria de los vehículos, éstos aumentan su velocidad en los tramos menos curvados, y suele haber más accidentes: las glorietas cuya isleta central es elíptica o en forma de hipódromo tienen una seguridad menor que las circulares.

Para no defraudar las expectativas de los conductores, se recomienda que la isleta central de una glorieta sea circular; aunque se pueden admitir las elípticas siempre que su excentricidad sea en general superior a 0,75.

Fuera de poblado, se aconseja (al menos para las glorietas nuevas):

- Evitar los obstáculos peligrosos, rígidos o macizos: rocas, esculturas en piedra u hormigón, báculos perimetrales de alumbrado, postes, boquillas e impostas de las obras de desagüe, árboles (que no sean arbustos), etcétera, en especial si están próximas a la calzada.
- Evitar los elementos del diseño viario que puedan detener bruscamente a un vehículo fuera de control: cunetas, taludes de inclinación superior a 5H/1V, muretes, barreras de seguridad, o bordillos no montables que puedan agravar las condiciones de un accidente, especialmente para los motociclistas.

Lo anterior no impide que se pueda acondicionar la isleta central para otros fines (perceptibilidad, adorno, etc.): relleno suave (no más de 5H/1V), vegetación baja y arbustiva, esculturas de materiales frágiles o ligeros, surtidores, etc.

En una zona urbana, sobre todo al cabo de varios meses de la puesta en servicio, se pueden aplicar los mismos principios; pero la inclinación del talud del relleno se puede aumentar hasta 4H/1V, y se pueden admitir algunos obstáculos cuyo efecto se haya estudiado.

Se hace notar la posible necesidad de dejar bajo la calzada de la glorieta alguna canalización en vacío por si en el futuro se instala abastecimiento de agua para riego o alumbrado.

4.8.7.2. Mini-glorietas

La isleta central debe ser circular, de 1 a 4 m de diámetro (el mayor posible); y se recomienda abombarla hasta una altura máxima de 15 cm en su centro. Este bombeo ayuda a hacer más identificable la mini-glorieta por los conductores.

El bombeo se construye, generalmente, con mezclas bituminosas, hormigón o adoquines, y se rodea por un gorjal que esté a unos 5 mm por encima del nivel de la calzada anular, o bien por un aro de acero encajado con un salto máximo de 15 mm. También se puede fijar al pavimento, con resina epoxi, un bombeo prefabricado.

El bombeo irá pintado de blanco y será reflexivo. Los materiales que no contrastan con el pavimento contiguo no resultan suficientemente identificables cuando la visibilidad es deficiente.

En las mini-glorietas situadas en un espacio muy restringido, resulta inevitable que los vehículos más largos pisen la isleta central: en este caso, ésta se debe materializar sólo con pintura, aunque su periferia se puede delinear mediante captafaros.

No se deben colocar señales, hitos, báculos de iluminación, ni ninguna otra dotación viaria en la isleta central de una mini-glorieta.

4.9 Cuñas de cambio de velocidad

La cuña de **salida** (Fig. **4.9-A**) tendrá una longitud de 60 m, medida entre su inicio y la sección en la que la anchura de la cuña alcanza 3,50 m. En intersecciones situadas en curva se puede adoptar una longitud algo menor, para destacar mejor el quiebro con los carriles de paso.

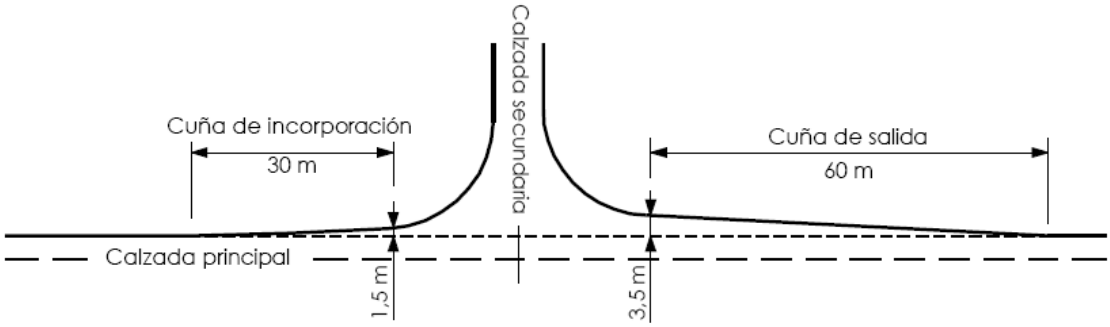


Fig. **4.9-A**

Las cuñas de **incorporación** deben tener una longitud de 30 m, medida entre la sección en la que la anchura de la cuña alcanza 1,50 m y su final. Los vehículos que utilicen la cuña de incorporación deben disponer de la visibilidad necesaria[1]; en caso contrario, se deben reconsiderar el emplazamiento o el diseño de la intersección.

No conviene que la distancia entre una cuña de incorporación y la siguiente de salida sea inferior a 250 m, medidos entre sus extremos; en caso contrario, se recomienda unirlas mediante un carril adicional.

4.10 Carriles de cambio de velocidad

4.10.1. Longitud

Según la Norma **3.1-IC** "Trazado**"**, en condiciones de flujo libre:

1. En las secciones características extremas del carril de cambio de velocidad los valores de la velocidad son:
   - En la sección $s_{E/1,5}$ ó $s_{S/1,5}$, el menor de los dos valores siguientes:
     - La velocidad específica del tronco.
     - La velocidad máxima impuesta por una señalización específica a la altura de la sección $s_{E/1,5}$ ó $s_{S/1,5}$.

[1] Cf. apartado **4.7.2.3**.

- En la *punta* o en la *nariz*, $s_{E/1}$ ó $s_{S/1}$, la velocidad específica del elemento del carril para cambio de velocidad que contenga a dicha sección.

2. Las prestaciones de los vehículos son las descritas en el apartado **2.3.3**.

En la Tabla **4.10-A** se contienen las correspondientes longitudes mínimas de los carriles de deceleración, para condiciones de flujo libre[1] y un rozamiento longitudinal medio movilizado de 0,20. Para otras velocidades pueden utilizarse las fórmulas de la Norma 3.1-IC "Trazado".

TABLA **4.10-A**

LONGITUD MÍNIMA (m) DE LOS CARRILES DE DECELERACIÓN
(sombreado: longitud mínima)

VELOCIDAD INICIAL 60 km/h			
VELOCIDAD FINAL (km/h)	**INCLINACIÓN DE LA RASANTE** (%)		
	- 7	- 6	- 5 a + 7
0	112	104	100
10	109	101	100
20 a 60	100	100	100

VELOCIDAD INICIAL 80 km/h															
VELOCIDAD FINAL (km/h)	**INCLINACIÓN DE LA RASANTE** (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100
10	196	181	169	168	149	140	133	126	120	114	109	105	100	100	100
20	186	173	161	151	142	134	126	120	114	109	104	100	100	100	100
30	171	158	147	138	130	122	116	110	105	100	100	100	100	100	100
40	149	138	129	120	113	107	101	100	100	100	100	100	100	100	100
50	121	112	105	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[1] Donde las condiciones de la circulación disten de las de flujo libre, como ocurre en entornos periurbanos y urbanos, una aplicación estricta de la Tabla **4.10-A** puede llevar a una capacidad insuficiente de la salida.

VELOCIDAD INICIAL 100 km/h															
VELOCIDAD FINAL (km/h)	**INCLINACIÓN DE LA RASANTE** (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	310	288	268	251	236	223	211	200	190	182	174	166	159	153	148
10	307	285	265	248	234	220	209	198	188	180	172	165	158	152	146
20	298	276	257	241	227	214	202	192	183	174	167	160	153	147	142
30	282	262	244	228	215	203	192	182	173	165	158	151	145	139	134
40	261	242	225	211	198	187	177	168	160	153	146	140	134	129	124
50	233	216	201	188	177	167	158	150	143	136	130	125	120	115	111
60	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100
70	154	143	134	125	118	112	106	100	100	100	100	100	100	100	100
80	109	101	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

VELOCIDAD INICIAL 120 km/h													
VELOCIDAD FINAL (km/h)	**INCLINACION DE LA RASANTE** (%)												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
0	414	386	361	340	321	303	288	274	261	250	239	230	221
10	411	383	359	337	318	301	286	272	260	248	238	228	219
20	403	375	351	330	312	295	280	266	254	243	233	223	215
30	388	362	339	319	301	284	270	257	246	234	224	215	207
40	368	343	321	302	285	270	256	244	232	222	213	204	196
50	342	319	299	281	265	251	238	226	216	207	198	190	182
60	311	290	271	255	240	228	216	206	196	187	180	172	166
70	267	249	234	220	208	197	187	178	170	163	156	150	144
80	225	210	197	185	175	166	157	150	143	137	131	126	121
90	177	165	155	146	138	131	124	118	113	108	103	100	100
100	124	115	108	102	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Los carriles de aceleración resultan bastante más largos que los de deceleración. En la Tabla **4.10-B** se contienen las longitudes mínimas de los carriles de aceleración correspondientes a las prestaciones de los vehículos descritas en el apartado **2.3.3** para condiciones de flujo libre. Para otras velocidades pueden utilizarse las fórmulas de la Norma 3.1-IC “Trazado”

TABLA **4.10-B**

LONGITUD MÍNIMA (m) DE LOS CARRIILES DE ACELERACIÓN

(sombreado: longitud mínima)

VELOCIDAD FINAL 100 km/h															
VELOCIDAD INICIAL (km/h)	**INCLINACIÓN DE LA RASANTE** (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	200	200	200	200	200	200	200	205	217	232	248	267	290	318	353
10	200	200	200	200	200	200	200	204	216	231	247	266	289	317	352
20	200	200	200	200	200	200	200	201	213	228	244	263	286	314	348
30	200	200	200	200	200	200	200	200	208	222	238	247	279	307	341
40	200	200	200	200	200	200	200	200	200	212	228	247	269	296	330
50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	214	232	253	280	313
60	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	210	231	256	288

VELOCIDAD FINAL 120 km/h													
VELOCIDAD INICIAL (km/h)	**INCLINACIÓN DE LA RASANTE** (%)												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
0	261	275	291	308	328	361	378	410	449	498	561	647	777
10	261	274	290	307	327	351	377	410	449	497	660	647	776
20	258	272	287	305	325	348	375	407	446	494	557	643	772
30	253	267	282	300	319	342	369	401	440	488	551	637	766
40	246	259	275	292	311	334	360	392	430	478	541	626	755
50	235	249	263	280	299	321	348	379	417	464	526	611	738
60	221	234	248	264	283	304	330	360	397	444	504	588	715

Si la intensidad de la circulación hace que no se pueda considerar un funcionamiento en condiciones de flujo libre, la conexión debe funcionar en un nivel de servicio no peor que el **C** en la hora de proyecto del año de su puesta en servicio, y en un nivel de servicio no peor que el **D** en la hora de proyecto del año horizonte[1].

A título de orientación, se recomienda comprobar la longitud de los carriles de cambio de velocidad con las fórmulas del Anexo **#4**.

[1] Cf. apartado **1.7.3**.

4.10.2. Anchura

Mientras no se separen del tronco, los carriles del tipo paralelo deben tener la misma anchura que los restantes carriles de aquél.

Según la Norma **3.1-IC** "Trazado"[1], los carriles de cambio de velocidad del tipo paralelo van precedidos (o seguidos) por una cuña lineal de transición de anchura, cuya longitud es igual a la distancia recorrida a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$:

- En 3 s si es de deceleración, correspondientes a la fase de cambio del carril de paso al de deceleración.
- En 6 s si es de aceleración, correspondientes a la fase de cambio del carril de aceleración al de paso.

En los carriles del tipo directo, la anchura en cada sección viene determinada por el trazado del ramal.

La anchura del arcén derecho, en ambos casos, debe ser igual a la del arcén del tronco[2].

La *nariz* debe quedar retranqueada respecto de las calzadas adyacentes[3], sobre todo la del tronco; y su inicio debe estar redondeado con un radio mínimo de 50 cm. Las márgenes de la zona más allá de la *nariz* deben quedar a nivel y despejadas de cualquier obstáculo.

4.11 Conexiones: salidas y entradas

4.11.1. Emplazamiento

Se recomienda que las conexiones con el tronco estén situadas en alineaciones rectas o de gran radio.

Las salidas son lugares delicados desde el punto de vista de la seguridad de la circulación: y es importante disponer de una buena visibilidad. Por ejemplo, las *narices* situadas delante de un paso superior resultan más visibles a los conductores que las situadas detrás de él; y les permiten, con anticipación suficiente, situar transversalmente su vehículo y ajustar su velocidad para salir con seguridad.

Fuera de poblado, para lograr una buena percepción de la presencia de una salida y aumentar la seguridad en ella, se recomienda evitar situarla:

- Detrás de un acuerdo vertical convexo.
- Sobre un terraplén alto, con rasante descendente.

---

[1] Cf. apartado **7.4.4.1.2** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[2] Cf. apartado **8.2** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[3] 3,5 m, respecto de la calzada del tronco, y 1,5 m respecto de la del ramal.

También se recomienda evitar que la alineación de la salida se sitúe en prolongación de una alineación recta del tronco, si éste gira a la izquierda: esto puede confundir a los conductores y hacerles creer que el tronco sigue recto. En este caso la salida del tronco al ramal se debe anticipar a la alineación recta anterior a la curva. Si el ramal empieza con una curva a la derecha de radio **R** (m), y la longitud de su clotoide de entrada es la máxima correspondiente dicho radio, se recomienda que la anticipación **a** (m) de su tangente de entrada, respecto de la tangente de entrada de la curva a izquierdas del tronco (Fig. **4.11-A**), no sea inferior a

$$\mathbf{a \geq 3{,}15 \cdot \sqrt{R}}$$

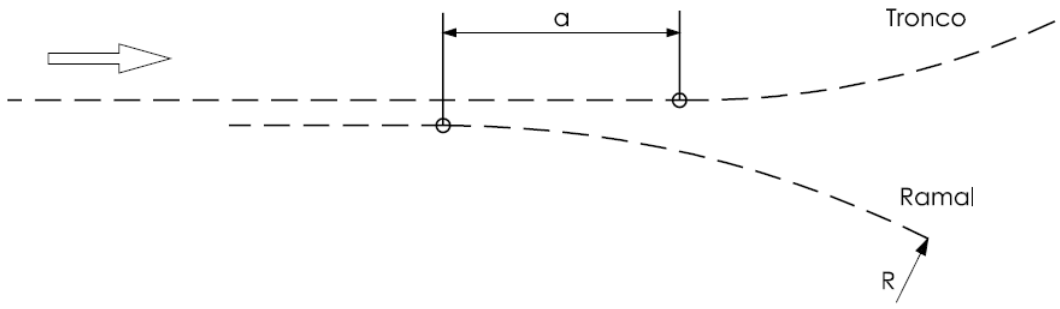


Fig. **4.11-A**

4.11.2. Orden y distancias

Las distancias indicadas en este apartado serán de aplicación en las carreteras interurbanas. En las carreteras periurbanas y urbanas o con planeamiento urbanístico ya aprobado se podrán reducir las distancias indicadas en este apartado siempre que se justifique su necesidad, el correcto funcionamiento y la seguridad de las conexiones, y se garantice una adecuada señalización.

4.11.2.1. Entrada seguida de salida

En vías donde la separación entre nudos viarios es grande, la Norma **3.1-IC** "Trazado" establece unas distancias mínimas entre el final de un carril de aceleración ($\mathbf{s_{E/1,5}}$) y el principio de uno de deceleración ($\mathbf{s_{S/1,5}}$) consecutivo, para las conexiones correspondientes a:

- ramales de enlace,
- vías colectoras - distribuidoras,
- áreas de servicio y descanso en autopistas,
- vías de servicio en carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h y que tengan una **IMD** no inferior a 5000 veh. en el año horizonte.

Estas distancias son las siguientes:

a) Para las conexiones de los ramales de enlace o de las vías colectoras - distribuidoras: 1200 m.

Donde esto no se cumpla, (Fig. **4.11-B**):

- Se puede disponer un carril auxiliar prolongando, hasta unirlos, los carriles para cambiar de velocidad, siempre que entre la *punta* ($s_{E/1}$) y la *nariz* ($s_{S/1}$) no haya menos de 1000 m. Esto procura unos trazados amplios y que resulte fácil la señalización de orientación, cuyos avisos previos están modulados en tramos de 500 m.
- En caso contrario, para las conexiones de los ramales de enlace hay que disponer una vía colectora - distribuidora.

b) Para las conexiones correspondientes a áreas de servicio o descanso en autopistas, respecto de las contiguas correspondientes a ramales de enlaces o vías colectoras - distribuidoras: 1200 m (Fig. **4.11-C**). Esto procura evitar la proliferación de conexiones en las autopistas.

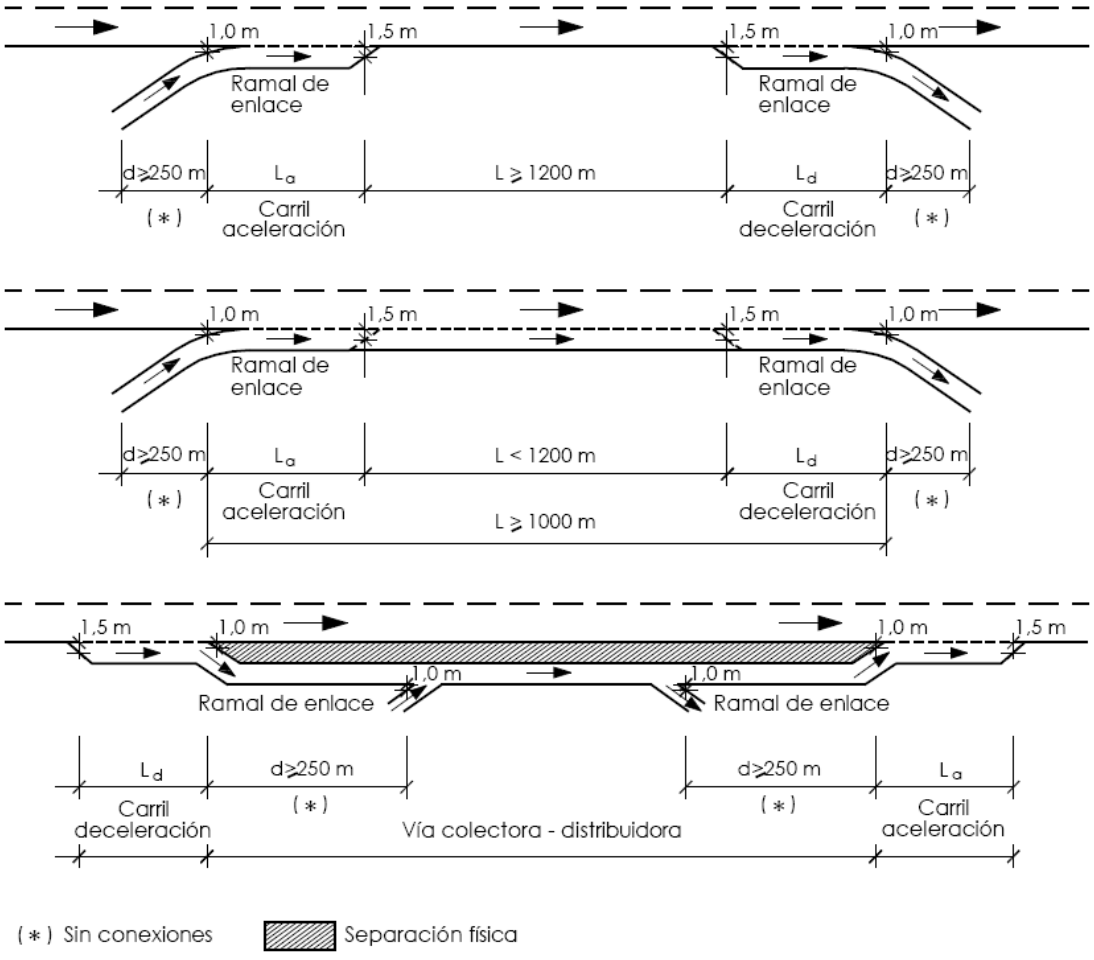


Fig. **4.11-B**

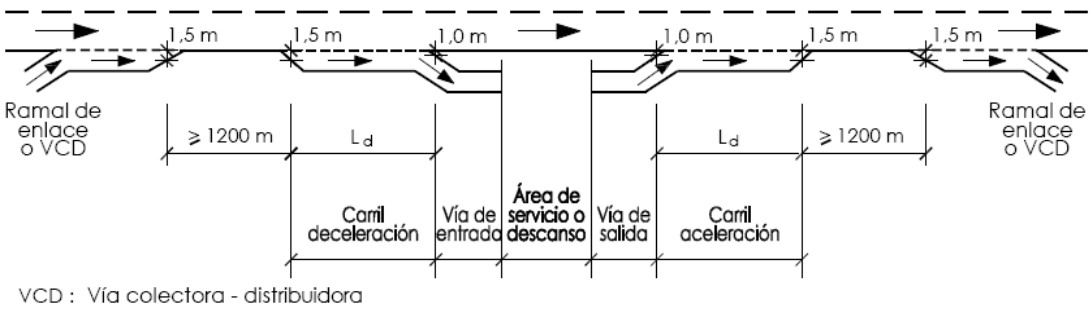


Fig. **4.11-C**

c) En las carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h y cuya **IMD** no sea inferior a 5000 veh. en el año horizonte, donde no haya otra alternativa para conectar las vías de servicio, respecto de las contiguas correspondientes a ramales de enlaces o vías colectoras - distribuidoras: 1200 m (Fig. **4.11-D**).

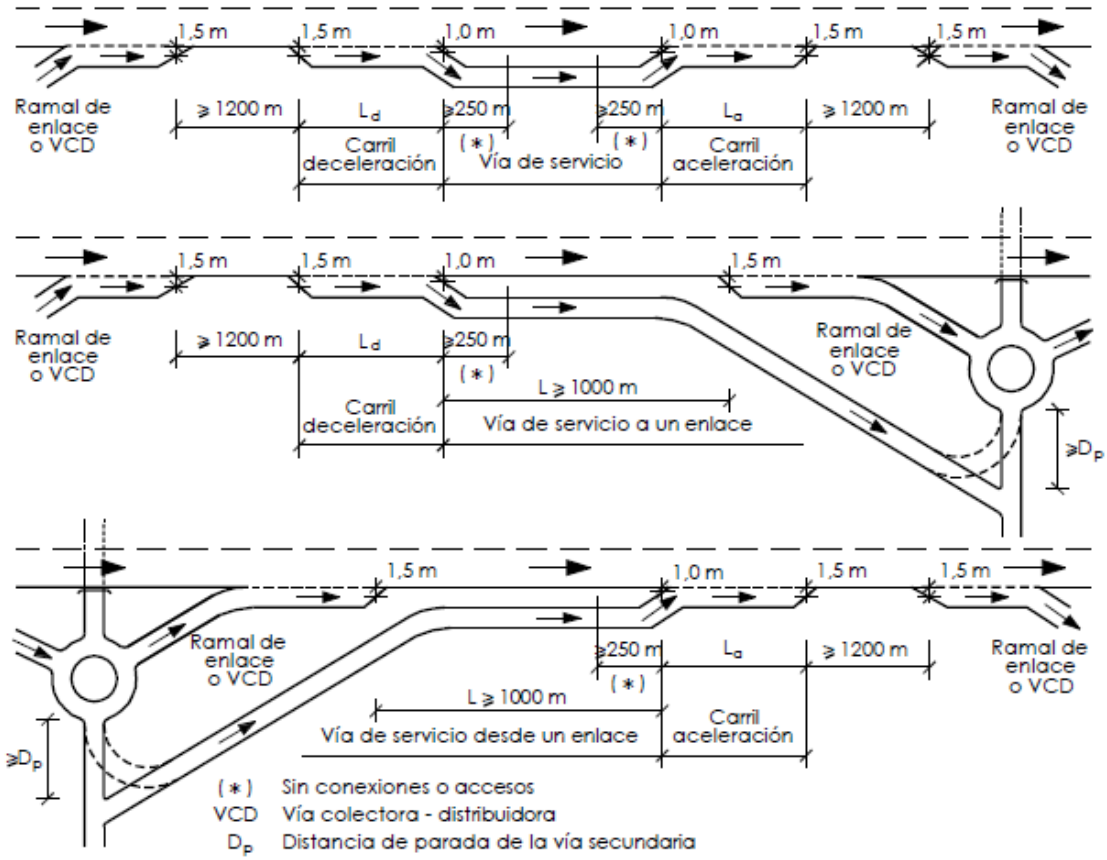


Fig. **4.11-D**

d) En las carreteras convencionales cuya **IMD** sea inferior a 5000 veh. en el año horizonte de proyecto, para las conexiones de vías de servicio, respecto de las conti-

guas correspondientes a ramales, vías de giro, vías colectoras - distribuidoras u otras vías de servicio (Fig. **4.11-E**):

- 500 m, si la velocidad de proyecto no es inferior a 80 km/h.
- 250 m, si la velocidad de proyecto no es superior a 60 km/h.

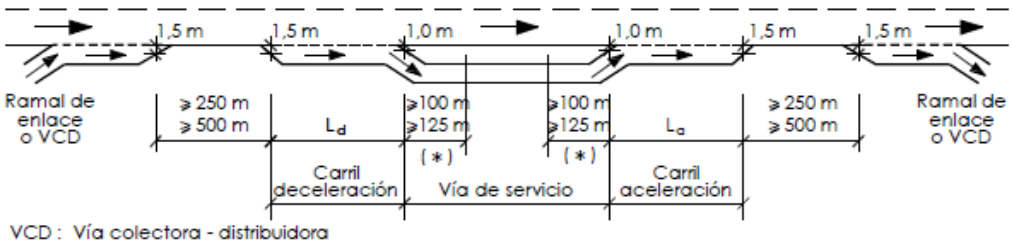


Fig. **4.11-E**

En las vías donde los nudos viarios estén poco separados[1] y no sea posible implantar una vía colectora - distribuidora, se deberá analizar el funcionamiento del tramo de trenzado.

4.11.2.2. Dos salidas seguidas

Donde la separación entre nudos viarios es grande, la Norma **3.1-IC** "Trazado" establece unas distancias mínimas entre el final de un carril de deceleración ($\mathbf{s_{S/1}}$) y el principio de otro de deceleración ($\mathbf{s_{S/1,5}}$) consecutivo, para las conexiones correspondientes a:

- ramales de enlace,
- vías colectoras - distribuidoras,
- áreas de servicio y descanso en autopistas,
- vías de servicio en carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h y que tengan una **IMD** no inferior a 5000 veh. en el año horizonte.

Estas distancias son las siguientes:

a) Para las conexiones de los ramales de enlace: 1000 m. En esta distancia se ha tenido en cuenta la colocación normalizada de la señalización de orientación. Donde esto no se cumpla (Fig. **4.11-F**), hay que disponer una vía colectora - distribuidora.

[1] La longitud $\mathbf{L_t}$ del tramo de trenzado es inferior a 750 m.

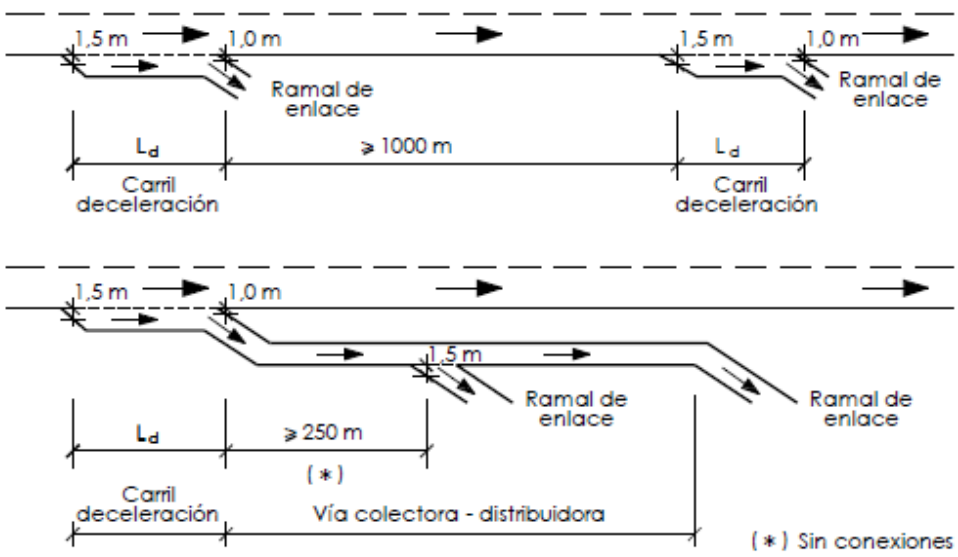


Fig. **4.11-F**

b) En carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h y cuya **IMD** no sea inferior a 5000 veh. en el año horizonte, donde no haya otra alternativa para conectar las vías de servicio, respecto de las contiguas correspondientes a ramales de enlace o a vías colectoras - distribuidoras: 1000 m (Fig. **4.11-G**).

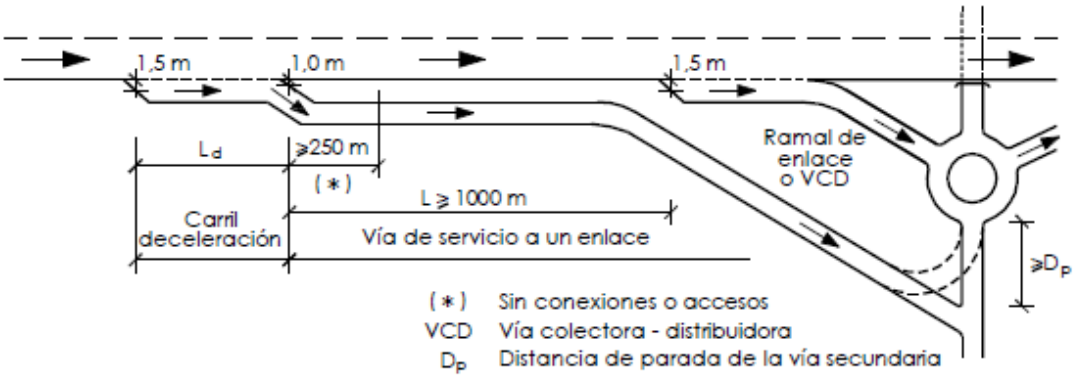


Fig. **4.11-G**

c) En carreteras convencionales cuya **IMD** sea inferior a 5000 veh. en el año horizonte, para las conexiones específicas de vías de servicio, respecto de las contiguas correspondientes a ramales, vías de giro, vías colectoras - distribuidoras u otras vías de servicio (Fig. **4.11-H**):

- 500 m, si la velocidad de proyecto no es inferior a 80 km/h y la **IMD** en el año horizonte es inferior a 5000 veh.
- 250 m, si la velocidad de proyecto no es superior a 60 km/h.

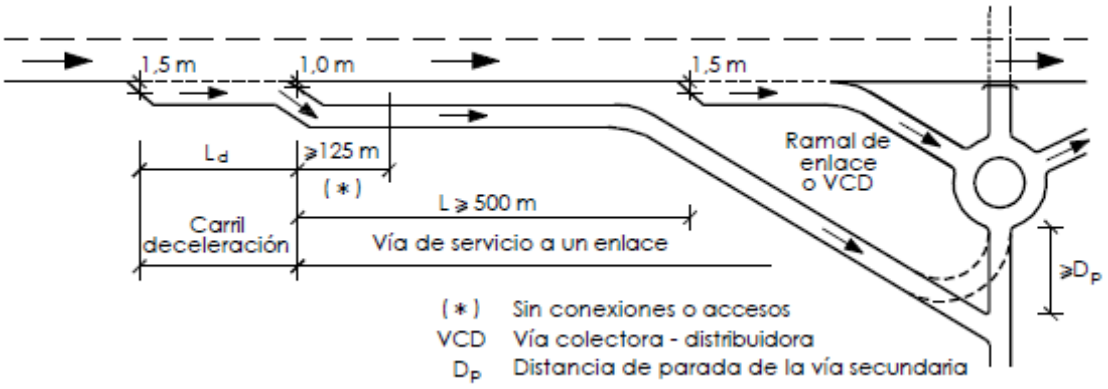


Fig. **4.11-H**

Donde justificadamente no se puedan aplicar los criterios establecidos por la Norma **3.1-IC** "Trazado", como ocurre en las vías donde los nudos viarios estén poco separados, la distancia mínima entre dos *narices* sucesivas debe tener en cuenta las necesidades de la colocación de la señalización de orientación. Donde no se trate de enlaces ni de autopistas pueden resultar suficientes las distancias fijadas en la Tabla **4.11-A**.

TABLA **4.11-A**

VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL TRONCO (km/h)	70	80	90	100	110	120
DISTANCIA MÍNIMA (m) **ENTRE LAS DOS *NARICES***	300	325	350	375	400	425

4.11.2.3. Dos entradas seguidas

Donde la separación entre nudos viarios es grande, la Norma **3.1-IC** "Trazado" establece unas distancias mínimas entre el final de un carril de aceleración ($\mathbf{s_{E/1,5}}$) y el principio (*punta*) de otro ($\mathbf{s_{E/1}}$) consecutivo, para las conexiones correspondientes a:

- ramales de enlace,
- vías colectoras - distribuidoras,

- áreas de servicio y descanso en autopistas,
- vías de servicio en carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h y que tengan una **IMD** no inferior a 5000 veh. en el año horizonte.

Estas distancias son las siguientes:

- Para las conexiones de los ramales de enlace: 1000 m. Donde esto no se cumpla (Fig. **4.11-I**), hay que disponer una vía colectora - distribuidora.

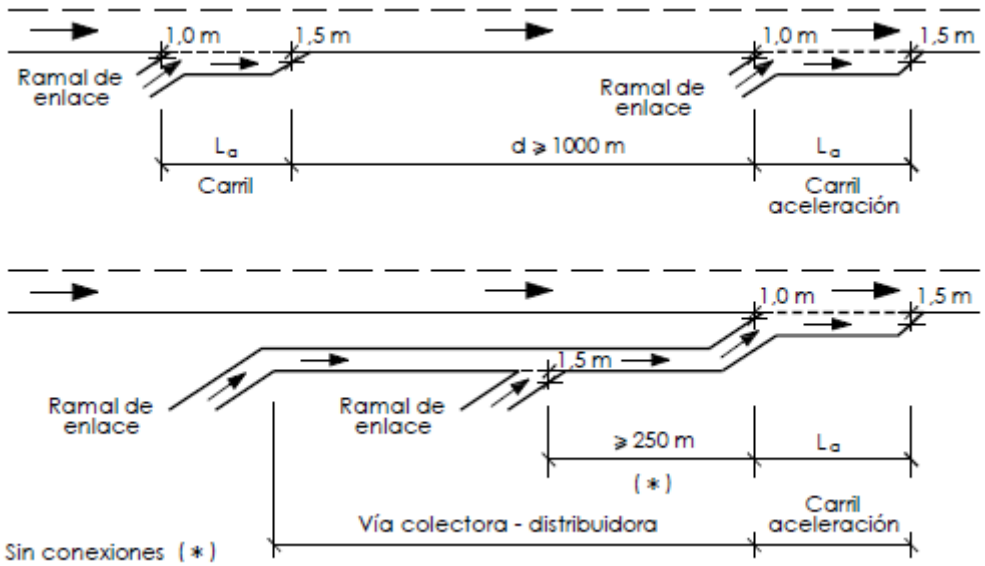


Fig. **4.11-I**

- En carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h y cuya **IMD** no sea inferior a 5000 veh. en el año horizonte, donde no haya otra alternativa para conectar las vías de servicio, respecto de las contiguas correspondientes a ramales de enlaces o vías colectoras - distribuidoras: 1000 m (Fig. **4.11-J**).

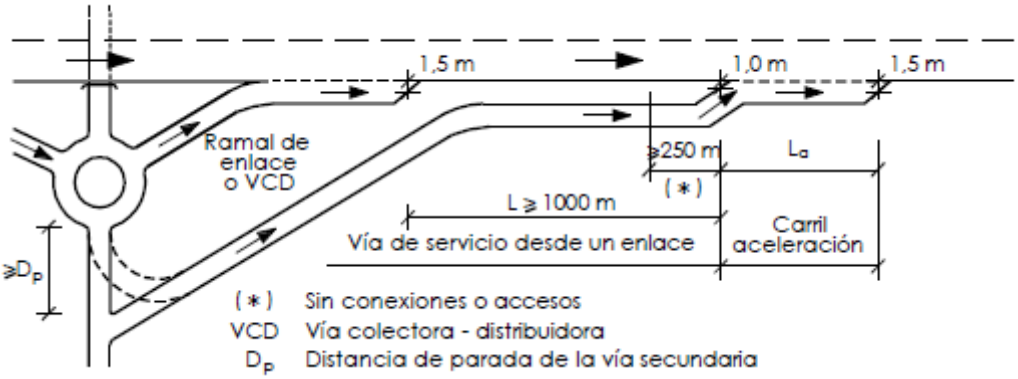


Fig. **4.11-J**

- En las carreteras convencionales cuya **IMD** sea inferior a 5000 veh. en el año horizonte, para las conexiones específicas de vías de servicio, respecto de las contiguas correspondientes a ramales, vías de giro, vías colectoras - distribuidoras u otras vías de servicio (Fig. **4.11-K**):
  - 500 m, si la velocidad de proyecto no es inferior a 80 km/h.
  - 250 m, si la velocidad de proyecto no es superior a 60 km/h.

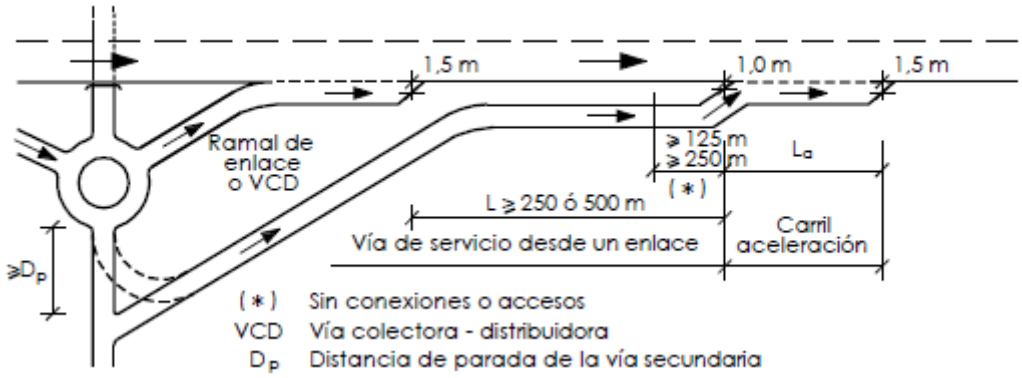


Fig. **4.11-K**

Donde no se puedan aplicar los criterios establecidos por la Norma **3.1-IC** "Trazado", como ocurre en las vías donde los nudos viarios estén poco separados, la distancia mínima entre dos *puntas* sucesivas suele estar determinada por consideraciones relacionadas con la fluidez de la circulación, para las cuales hay que conocer de una forma fiable las intensidades que hay que tener en cuenta tanto en el tráfico del tronco como en el de cada una de las salidas. Para atender a ello, se puede recurrir al apartado **3.2.5.5**.

4.11.2.4. Salida seguida de entrada

Donde la separación entre nudos viarios es grande, la Norma **3.1-IC** "Trazado" establece unas distancias mínimas entre el final (*nariz*) de un carril de deceleración ($\mathbf{s_{S/1}}$) y el principio (*punta*) de uno de aceleración ($\mathbf{s_{E/1}}$) consecutivo, para las conexiones correspondientes a:

- ramales de enlace,
- vías colectoras - distribuidoras,
- áreas de servicio y descanso en autopistas,
- vías de servicio en carreteras convencionales cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h y que tengan una **IMD** no inferior a 5000 veh. en el año horizonte.

Estas distancias son las siguientes (Fig. **4.11-L**):

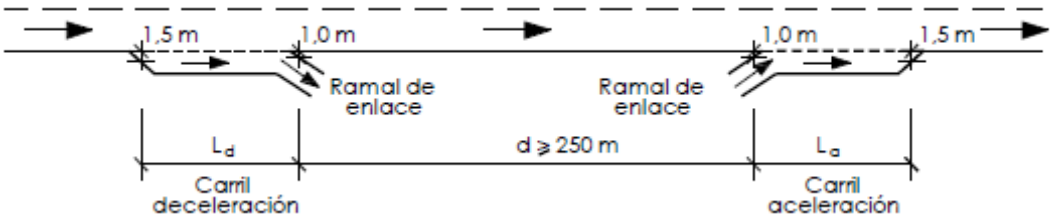


Fig. **4.11-L**

a) Para las conexiones de los ramales de enlace: 250 m, que se pueden reducir a 125 m si ambas conexiones pertenecen al mismo enlace. Donde esto no se cumpla, hay que disponer una vía colectora - distribuidora.

b) En las carreteras convencionales, donde no haya otra alternativa para conectar las vías de servicio, respecto de las contiguas correspondientes a ramales de enlaces o vías colectoras - distribuidoras: 250 m.

Donde no se puedan aplicar los criterios establecidos por la Norma **3.1-IC** "Trazado", como ocurre en las vías donde los nudos viarios estén poco separados, la distancia entre ambas conexiones debe ser suficiente para que el conductor de un vehículo de paso que acabe de rebasar la salida se prepare para la convergencia procedente de la entrada. Las distancias fijadas en la Tabla **4.11-B** pueden resultar suficientes para ello, si no se trata de enlaces.

TABLA **4.11-B**

VELOCIDAD ESPECÍFICA DEL TRONCO (km/h)	≤ 90	100	110	≥ 120
DISTANCIA ENTRE *NARIZ* Y *PUNTA* (m)	150	175	175	200

4.11.2.5. Divergencias y convergencias sucesivas

En una vía de giro o en un ramal, o en una glorieta, para mejorar su seguridad y fluidez, hay que mantener la circulación libre de las perturbaciones causadas por accesos o conexiones menores: estacionamientos, instalaciones de servicios, caminos agrícolas, accesos privados o residenciales, etc. En particular, no se deben conectar a esos elementos:

- Vías colectoras - distribuidoras[1].
- Vías de servicio[2].

[1] Aunque lo contrario sí es lícito y aun deseable: a una vía colectora - distribuidora sí se conectan ramales y vías de giro.

[2] Con la excepción de la calzada anular de una glorieta, a la que sí se puede conectar una vía de servicio.

- Accesos directos a o desde núcleos urbanos o industriales, fincas o predios colindantes.

Lo anterior no se aplica a las conexiones que formen parte del diseño del nudo, como ocurre en las salidas o entradas únicas que comparten dos ramales, cada uno de los cuales conecta con un sentido de la vía transversal.

La Norma **3.1-IC** "Trazado" establece una distancia mínima de 250 m entre las divergencias y convergencias siguientes:

a) En las áreas de servicio o de descanso, entre la *nariz* del tronco (o su punta) y la entrada o salida al área, respectivamente. Donde esto no se cumpla simultáneamente, es mejor disminuir la distancia correspondiente a la salida del área.

b) En los ramales compartidos o en las vías colectoras - distribuidoras, entre la primera *nariz* del tronco (o la última *punta*) y el ramal, nudo, glorieta, confluencia o bifurcación más próximo. La distancia mínima indicada[1] se cuenta hasta la *nariz* o *punta*, según sea el caso, de los citados nudo, glorieta, confluencia o bifurcación.

Donde no se pueda aplicar este criterio[2], se comprobará que la solución elegida sea funcionalmente correcta. Para ello se seguirán los criterios siguientes:

1. En los distintos tramos de un ramal compartido o de una vía colectora - distribuidora, comprendidos entre la *nariz* de salida del tronco y la *punta* de entrada a él[3], se comprobará que el número de carriles es suficiente para alojar la intensidad de circulación prevista[4] durante la hora de proyecto del año horizonte.

2. A la vista del número de carriles y del espacio disponible, se elegirá una configuración[5] para cada una de las divergencias y convergencias del ramal compartido o de la vía colectora - distribuidora. A este respecto, cada tramo de dicho ramal o vía se considerará como tronco respecto de la siguiente salida, entrada, bifurcación o confluencia.

    - Se procurará que entren o salgan por la derecha las corrientes de tráfico de menor intensidad.

    - La longitud de un eventual carril adicional se podrá modificar justificadamente, hasta alcanzar la conexión anterior o siguiente.

---

[1] La cual puede no ser de aplicación en el caso de carriles perdidos o bífidos en una salida, o de una entrada a carril propio, pues su propio trazado (Cf. apartado **4.6.1.4**) proporciona distancias mayores.

[2] Como ocurre en las conexiones siguientes a la primera o anteriores a la última, donde la Norma **3.1-IC** "Trazado" no exige una separación mínima de 250 m; y también donde se carezca de espacio y se pueda justificar una solución funcionalmente correcta.

[3] Uno de los dos extremos puede ser sustituido por una bifurcación (entre dos ramales) o una confluencia (de dos ramales).

[4] Incluso en situaciones diferentes: hora punta de la mañana o de la tarde, etc.

[5] Cf. apartado **3.2.5.4**.

3. Se realizará un estudio de la velocidad operativa a lo largo del ramal compartido o de la vía colectora - distribuidora. A este respecto:

   - Al principio de una salida del tronco, o al final de una entrada a él, en la sección $\mathbf{s_{E/1,5}}$ ó $\mathbf{s_{S/1,5}}$, la velocidad operativa será igual[1] al menor de los dos valores siguientes:

     o La velocidad específica del tronco.

     o La velocidad máxima impuesta por una señalización específica a la altura de la sección $\mathbf{s_{E/1,5}}$ ó $\mathbf{s_{S/1,5}}$.

   - En cada uno de los ramales más allá de una salida, o más acá de una entrada, la velocidad operativa será igual a la específica del elemento del que se trate.

   - Las conexiones a baja velocidad, mediante carriles de cambio de velocidad, se atendrán a las prescripciones del apartado **4.10**. A estos efectos, se podrá justificar el empleo de longitudes inferiores a las mínimas de 100 m para un carril de deceleración, o de 200 m para uno de aceleración, indicadas en las Tablas **4.10-A** y **4.10-B**.

   - Se evitará el empleo de cuñas de cambio de velocidad, por ser muy baja en ellas la velocidad de los vehículos que las emplean.

   - En los carriles bífidos o perdidos de una salida se podrá considerar que la velocidad operativa puede perder hasta un 20 % de su valor inicial.

   - En una entrada a carril propio se podrá considerar una aceleración uniforme cuyo valor no sea superior a 0,8 m/s^2.

4. A lo largo del ramal compartido o de la vía colectora - distribuidora, se recomienda que sobre las sucesivas *narices*[2] y *puntas* se disponga de una visibilidad no inferior a la de decisión[3].

5. Se recomienda:

   - Además del cartel de salida inmediata, situado sobre la plataforma, donde haya espacio se dispondrá al menos un cartel de preaviso delante de cada salida, a una distancia mínima de 250 m antes de aquél.

   - Que la distancia entre *narices* y *puntas* consecutivas sea del mismo orden de magnitud.

---

[1] Cf. apartado **3.3.1**.

[2] Y, en su caso, sobre el cartel que indique la salida inmediata.

[3] Cf. apartado **4.7.1.1**.

Si de la aplicación de los criterios anteriores no resultara un diseño funcionalmente correcto, se reconsiderará la solución.

4.12 Bifurcaciones y confluencias

4.12.1. Generalidades

Tanto en las bifurcaciones como en las confluencias se deben cumplir las reglas relacionadas con la continuidad del itinerario y con el número de carriles básicos[1], y con el equilibrio del número de los carriles[2].

Las velocidades específicas de los elementos que concurren en una bifurcación o confluencia tienen que ser prácticamente iguales, y suelen ser elevadas; los eventuales cambios de velocidad se deben efectuar fuera de esas zonas.

Una bifurcación o una confluencia tienen una zona de influencia mucho más amplia que la de una conexión. Se recomienda analizar el funcionamiento global de la red viaria hasta una distancia mínima de 1,6 km antes y después de las correspondientes *nariz* o *punta*.

4.12.2. Bifurcaciones

La configuración de una bifurcación depende del número de carriles básicos que haya antes de ella:

a) Si el número de carriles básicos que hay antes de la bifurcación es de **uno**, como ocurre en un enlace *en trompa*[3] cuya vía transversal sea de calzada única con dos carriles, ese carril de aproximación se tiene que bifurcar en dos ramales de un carril, cada uno de los cuales conecta con un sentido de la autopista.

Hay para ello varias configuraciones:

- Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de más de 500 m antes de la *nariz*: se estará así en el caso **b)** descrito a continuación.
- Si el ramal de la izquierda tiene más tráfico que el de la derecha, este último puede salir de aquél mediante una conexión de los tipos[4] **1-N** ó **1-D**.
- En caso contrario, se puede considerar la posibilidad de disponer una conexión del tipo[5] **1-B**.

---

[1] Cf. apartado **4.3.2.2**.

[2] Cf. apartado **4.3.3**.

[3] Cf. apartado **5.6.2.2**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[5] Cf. apartado **3.2.5.4**.

b) Si el número de carriles básicos del tronco antes de la bifurcación es de **dos**, hay que disponer al menos un carril adicional a lo largo de 750 m antes de la *nariz*. No se considera aceptable la configuración de 2 carriles que se bifurcan[1] en 2 + 2.

c) Si el número de carriles básicos antes de la bifurcación es de **tres**, se seguirán los criterios de la Tabla **4.12-A**.

Las configuraciones preferibles son la **1** y la **2** (Fig. **4.12-A**), ambas provistas de un carril bífido; la **3** sólo se puede considerar si la distancia entre la bifurcación y la entrada inmediatamente anterior es superior a 1200 m.

Tanto en la configuración **1** como en la **2** es preciso comprobar el funcionamiento del tramo de trenzado, con los procedimientos descritos en el Anexo **#7**.

En la configuración **3**, si por la entrada inmediatamente anterior a la bifurcación entrasen más de 1000 veh. lig. eq./h, necesitarían un carril auxiliar que llegase hasta la bifurcación.

d) Si el número de carriles básicos antes de la bifurcación es de **cuatro**, es probable que la autopista se halle en una zona periurbana o urbana, y en todo caso se necesitará realizar un estudio especial.

TABLA **4.12-A**

ENTORNO	**INTENSIDAD EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE** (veh. lig. eq. / h)			**CONFIGURACIÓN**[2]
	Total antes de la bifurcación	**Entrada antes de la bifurcación**	**Máxima después de la bifurcación**	
Urbano	Se requiere un estudio especial			
Periurbano	< 5000	< 1000	4000	**2**
	< 5400	< 1800		**3**
Interurbano	< 5400	< 1000		**1**
	> 5400	Se necesitan más carriles y un estudio especial		

[1] Ver los criterios para 3 carriles básicos.

[2] Según la Fig. **4.12-A**.

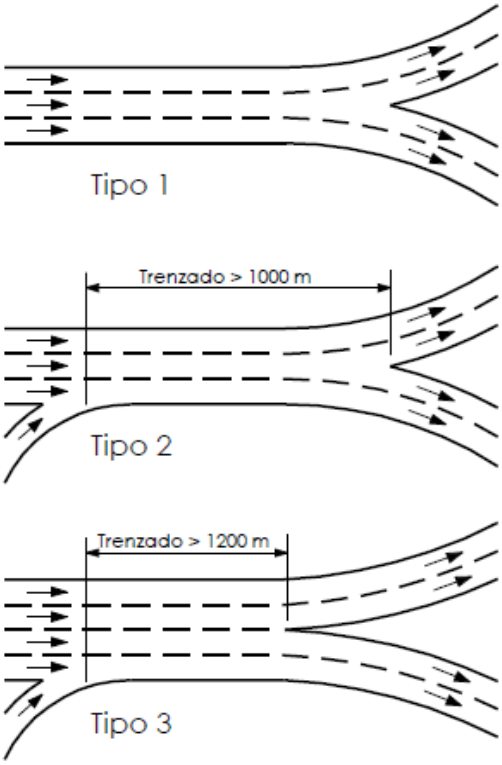


Fig. **4.12-A**

La visibilidad disponible debe permitir que la nariz se perciba al menos 10 s antes de llegar a ella.

En los carriles bífidos, el aumento de su anchura con el camino recorrido no será superior al correspondiente a un radio de 7000 m.

Se pavimentará y cebrará toda la zona de la plataforma comprendida entre las calzadas que se bifurquen, en la que la distancia entre los bordes exteriores de los arcenes sea inferior a 3,5 m.

La densidad media **D** (veh. lig. eq./km) en un tramo de unos 500 m antes de la nariz de la bifurcación se puede estimar por la fórmula

$$\mathbf{D = 0{,}0109 \cdot \frac{I_T}{N}}$$

siendo:

$\mathbf{I_T}$ (veh. lig. eq./km)	la intensidad en el tronco antes de la bifurcación.
N	el número de carriles del tronco antes de la bifurcación.

Si más allá de una bifurcación la intensidad de la circulación permitiera reducir en uno el número de carriles, éste se mantendrá sin disminuir a lo largo de al menos 1600 m a partir de la nariz (Fig. **4.12-B**). Esta distancia se aumentará si la visibilidad disponible se considerara escasa, o si hubiera una salida dentro de ella[1], la cual no podrá estar a menos de 300 m de la pri-

[1] En este caso, el aumento mínimo será igual a la distancia entre las dos *narices*.

mera nariz (Fig. **4.12-C**). En cualquier caso, el cartel que advierta del final del carril no se pondrá a menos de 800 m de éste.

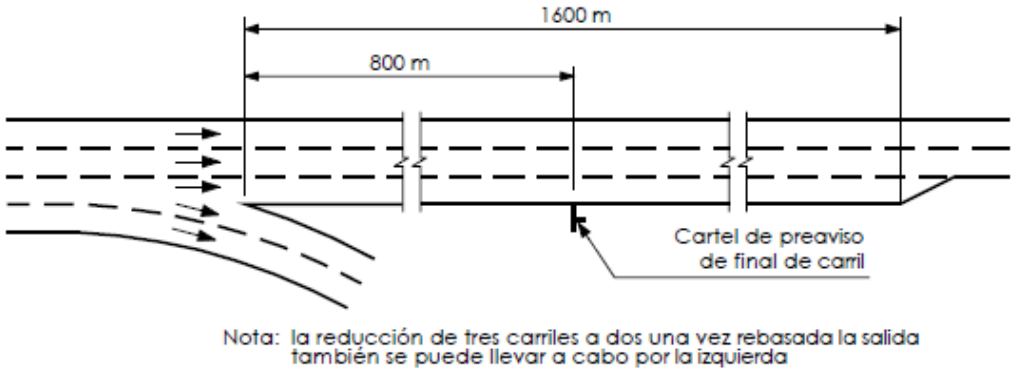


Fig. **4.12-B**

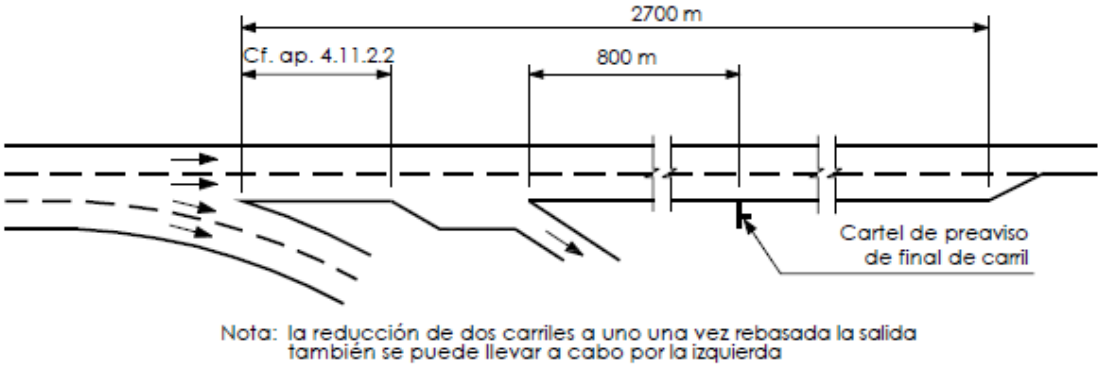


Fig. **4.12-C**

Si después de la bifurcación hubiera una entrada de un ramal del mismo enlace, ésta produciría menos perturbaciones que si se tratara de una salida, pues no lleva señalización de orientación (Fig. **4.12-D**).

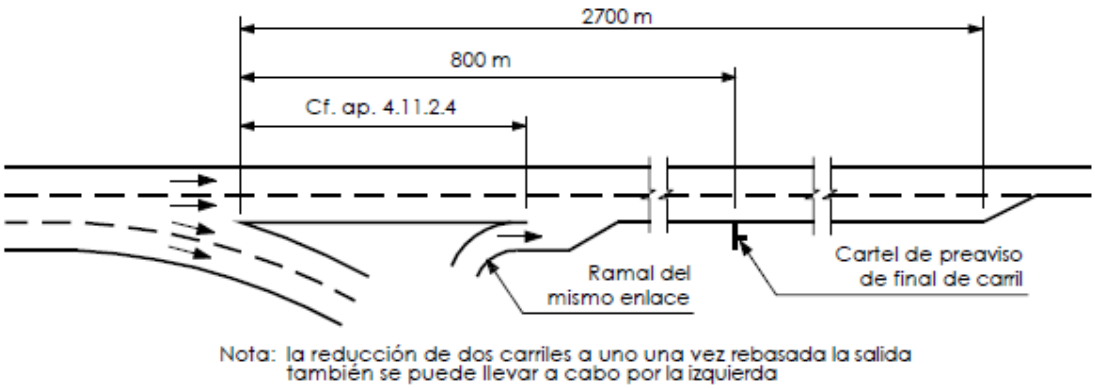


Fig. **4.12-D**

4.12.3. Confluencias

Hay dos configuraciones básicas:

a) El número de carriles después de la confluencia es igual a la suma de los números de carriles antes de ella (Fig. **4.12-E**).

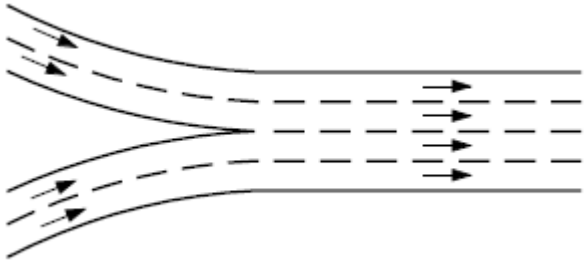


Fig. **4.12-E**

b) El número de carriles después de la confluencia es igual a la suma de los números de carriles antes de ella menos uno (Fig. **4.12-F**).

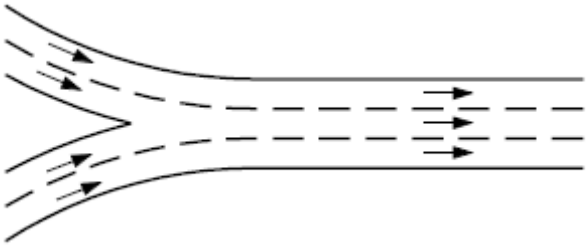


Fig. **4.12-F**

En el carril bífido de la configuración **b)**, la disminución de su anchura con el camino recorrido no será superior al correspondiente a un radio de 3500 m.

Se pavimentará y cebrará toda la zona de la plataforma comprendida entre las calzadas que confluyan, en la que la distancia entre los bordes exteriores de los arcenes sea inferior a 3,0 m.

No hay modelos eficaces del nivel de servicio en una confluencia. Por lo tanto sólo cabe comprobar las capacidades de cada una de las patas que confluyen y la de la pata de salida, que es la que más suele fallar.

Si más allá de una confluencia la intensidad de la circulación combinada permitiera disminuir en uno el número de carriles, dicho número se mantendrá sin disminuir en una distancia mínima de 400 m a partir de la *punta*. El carril exterior que proceda de la calzada que tenga menos tráfico se cerrará con una transición lineal cuya longitud será de $\mathbf{V_{85}}$/1,6 veces su anchura[1].

[1] $\mathbf{V_{85}}$ en km/h.

En las confluencias de autopistas de elevada velocidad de proyecto que estén situadas en una rampa de una inclinación apreciable, o donde haya[1] una gran proporción de vehículos pesados y por lo tanto potencialmente más lentos que la mayoría de los vehículos, resulta difícil que éstos se trencen con los vehículos más rápidos que confluyen por su derecha. Para reducir los problemas de explotación que esto provoca, se recomienda disponer un ramal reservado exclusivamente a los vehículos pesados, que lleve (a desnivel) a los que vienen por la vía que confluye por la izquierda hasta la parte derecha de la otra vía.

4.13 Movimientos no permitidos

La ausencia de algún movimiento, y especialmente la de un giro a la izquierda, simplifica el nudo y favorece una explotación segura y fluida. Entre los ejemplos de dónde se puede aplicar esta técnica figuran:

- La falta de algunos movimientos de paso o de giro en intersecciones muy próximas, como ocurre a menudo en las zonas urbanas.
- La supresión de un giro a la izquierda para entrar en un acceso situado antes de una intersección y muy cerca de ella.
- La reducción del número de giros en una intersección urbana de más de cuatro patas.
- La prevención de que el tráfico de paso, sobre todo si es de largo recorrido, ataje a través de zonas residenciales.
- La prevención de que un conductor entre en sentido prohibido en las vías de giro o en los ramales.

Sin embargo, los conductores esperan que para todo movimiento posible lo sea también el inverso.

La evitación de un giro se puede lograr disponiendo adecuadamente las isletas[2], y disminuyendo los radios del bordillo interior de la calzada (a menos de 3 m), de manera que resulte difícil realizarlo. El diseño se puede subrayar por medio de la señalización, en especial la horizontal (Fig. **4.13-A**).

[1] Sobre todo en la pata izquierda que confluye.

[2] O unos bordillos en los bordes de la calzada, preferiblemente en la vía no prioritaria.

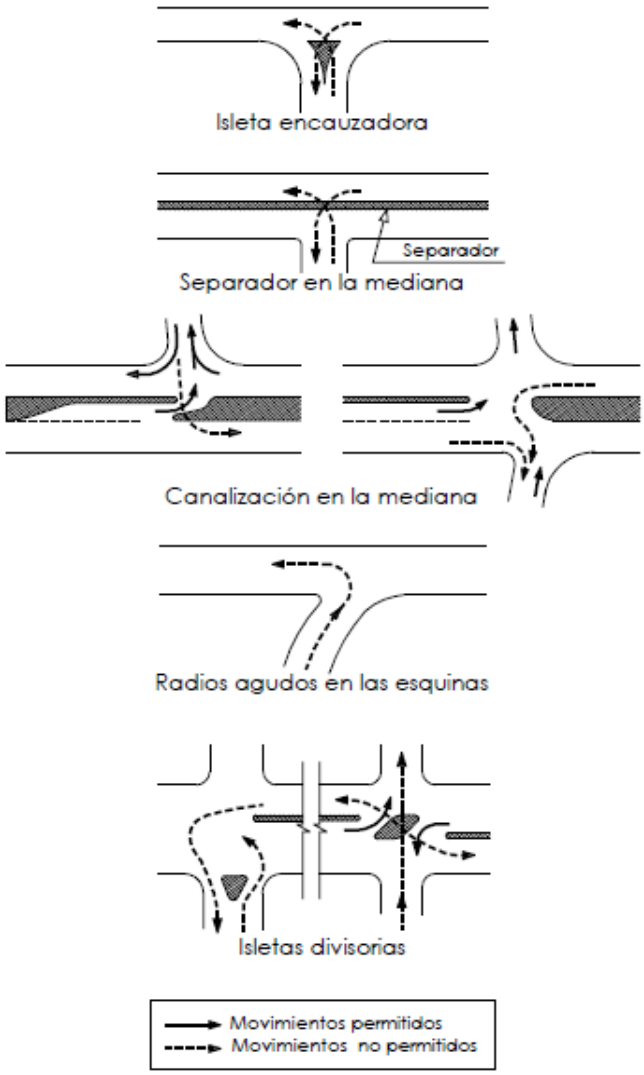


Fig. **4.13-A**

4.14 Vías de servicio

4.14.1. Definición y función

Las vías de servicio, que se disponen aproximadamente paralelas a todo tipo de vías (sobre todo, a las de gran capacidad como las autopistas) y que tienen una cierta continuidad, son de gran ayuda para su explotación:

- Liberan a la vía principal de conexiones con el resto del sistema viario.
- Ayudan a recoger y difundir el tráfico desde y hacia la vía principal, y garantizan la continuidad del recorrido para los vehículos cuya circulación por la vía principal se encuentre limitada: tractores y maquinaria agrícola, ciclomotores, etc.
- Constituyen la interfaz de la carretera con los accesos a los predios colindantes, asegurando la ordenación de dichos accesos.

- Permiten alojar pautas variadas de circulación: por ejemplo, cuando el tronco se colapsa por una emergencia, los gestores del tráfico pueden desviar a la vía de servicio una parte (o incluso todo) hasta que aquél se despeje.

Salvo que se ubiquen en un área de servicio, los accesos a instalaciones de servicios situadas junto a una autopista, o junto a una nueva carretera o variante se realizarán siempre a través de una vía de servicio.

Las vías de servicio son elementos funcionales de la carretera, y tienen la consideración de bienes de dominio público los terrenos ocupados por ellas y por sendas franjas de terreno, una a cada lado de la vía de servicio, de 3,00 m de anchura[1], medidos en horizontal y perpendicularmente a su eje desde la arista exterior de la explanación. Esta naturaleza de dominio público prevalece sobre las zonas de servidumbre o afección de la carretera, donde se superpongan. Las vías de servicio, no darán lugar al establecimiento de zonas de servidumbre o de afección, ni al de una línea límite de edificación.

Las vías de servicio nunca podrán suplir la función de las vías colectoras - distribuidoras.

Las vías de servicio pueden ser de sentido de circulación único o doble: cada una de estas alternativas tiene peculiaridades, ventajas e inconvenientes.

Para la definición geométrica de las vías de servicio se tendrá en cuenta que a efectos de cálculo deben considerarse como carreteras[2].

4.14.2. Conexiones de las vías de servicio

4.14.2.1. Con una autopista

Las conexiones de una vía de servicio con una **autopista** se realizarán siempre en los enlaces con las vías transversales, o a través de éstas (Fig. **4.14-A**). Sin embargo:

- No se conectará la vía de servicio a los ramales del enlace, sino que se integrará como una pata más de las que concurren en él.
- No se conectará la vía de servicio a una vía colectora - distribuidora.
- No se conectará ninguna otra vía con una vía de servicio en el tramo de aquélla contiguo al enlace, en una longitud igual a la distancia de parada para la velocidad correspondiente y como mínimo 60 m, contados a partir del final del carril de deceleración o de la cuña de salida; o en su caso, antes del comienzo del carril de aceleración o de la cuña de incorporación.

---

[1] En casos justificados en los falte espacio, la anchura de esta franja de protección se podrá reducir sin bajar de 1,00 m.

[2] Deberá existir una velocidad de proyecto para la vía de servicio.

En una autopista se podrán conectar las vías de servicio de ambos lados utilizando viales que, cruzando la autopista a distinto nivel, se unan con las vías de servicio mediante intersecciones o enlaces[1].

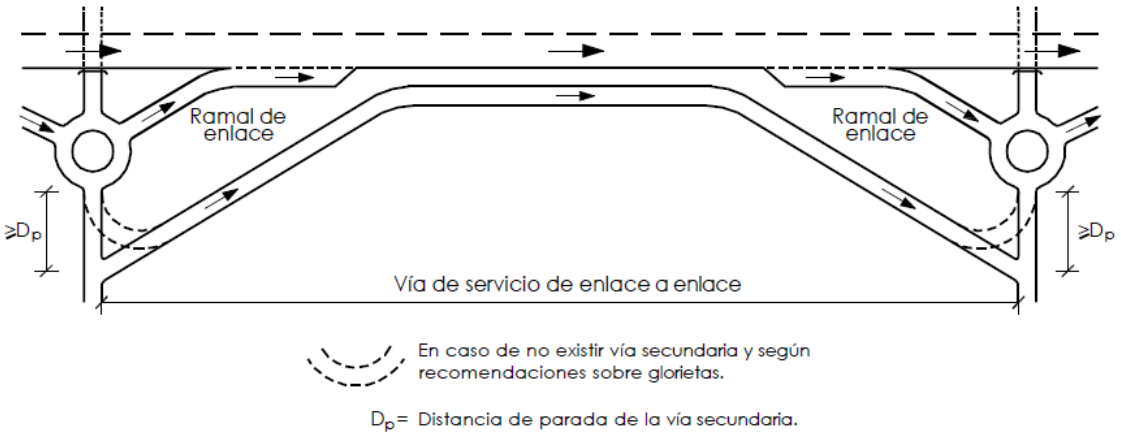


Fig. **4.14-A**

4.14.2.2. Con una autovía

Las conexiones de una vía de servicio con una **autovía** se realizarán, en principio, igual que en las autopistas. Donde no haya otra alternativa, se podrán admitir conexiones específicas de las vías de servicio con el tronco de la autovía (Fig. **4.14-B**), siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- Una distancia mínima de 1200 m entre las secciones características $\mathbf{s_{E/1,5}}$ de una entrada y $\mathbf{s_{s/1,5}}$ de la siguiente salida.
- Una distancia mínima de 1000 m entre las secciones características $\mathbf{s_{E/1,5}}$ de una entrada y $\mathbf{s_{E/1,5}}$ de la siguiente entrada.
- Una distancia mínima de 1000 m entre las secciones características $\mathbf{s_{S/1,5}}$ de una salida y $\mathbf{s_{S/1,5}}$ de la siguiente salida.
- Una distancia mínima de 250 m entre un acceso o conexión con la vía de servicio, y las secciones características $\mathbf{s_{S/1}}$ de una salida del tronco o $\mathbf{s_{E/1}}$ de una entrada a él.

[1] La decisión del tipo de nudo (intersección o enlace) a disponer en la vía de servicio será usualmente función del tráfico y del coste económico de la solución. Con frecuencia a la vía de servicio acceden polígonos industriales o urbanizaciones que generan intensidades elevadas que precisan pasar de un sentido a otro de la autopista.

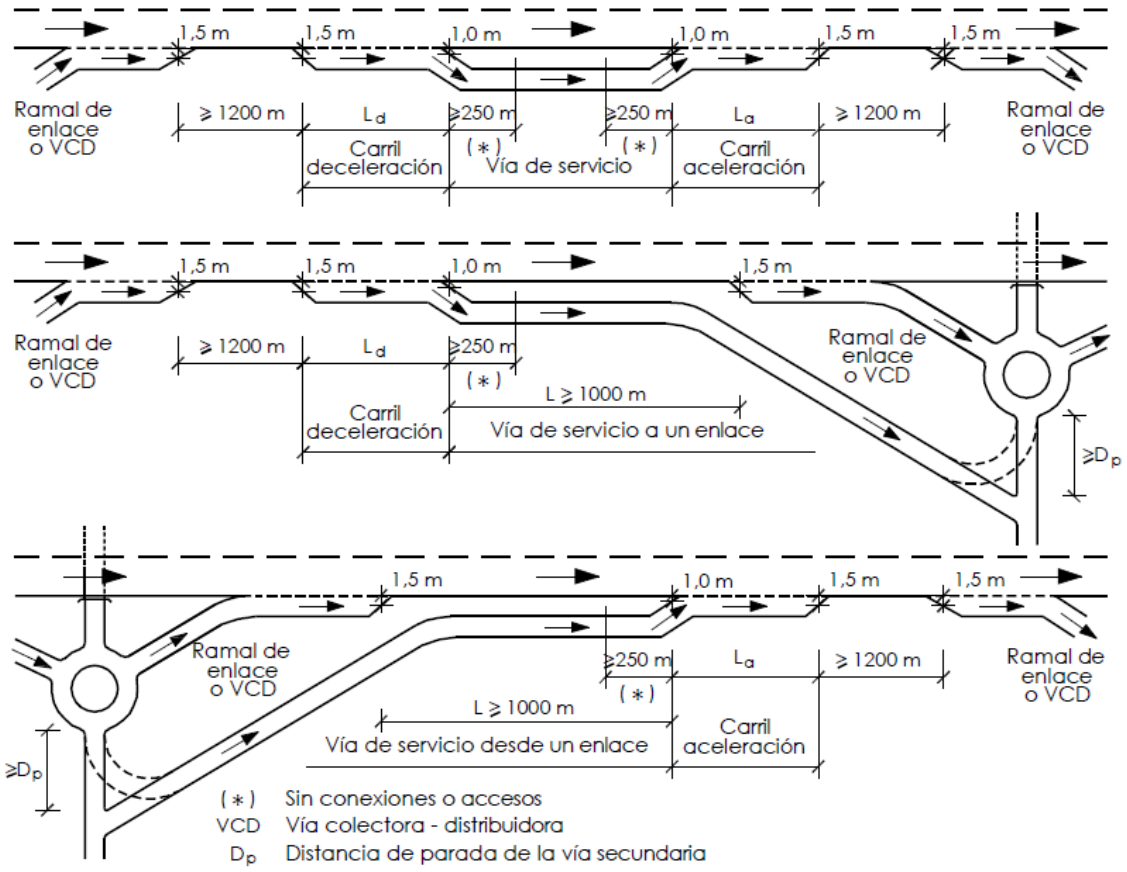


Fig. **4.14-B**

4.14.2.3. Con una carretera convencional

Las conexiones de una vía de servicio con una **carretera convencional** cuya velocidad de proyecto no sea inferior a 80 km/h se realizarán de la siguiente manera:

- Si la **IMD** no es inferior a 5000 veh., en principio, igual que en las autopistas (Fig. **4.14-A**) o en las autovías (Fig. **4.14-B**).
- Si la **IMD** es inferior a 5000 veh., en principio, igual que en las autovías (Fig. **4.14-B**). También se podrán admitir conexiones específicas de las vías de servicio con el tronco de la carretera convencional (Fig. **4.14-C**), siempre que se cumplan las condiciones siguientes:
  - Una distancia mínima de 500 m entre las secciones características $\mathbf{s_{E/1,5}}$ de una entrada y $\mathbf{s_{s/1,5}}$ de la siguiente salida.
  - Una distancia mínima de 500 m entre las secciones características $\mathbf{s_{E/1,5}}$ de una entrada y $\mathbf{s_{E/1,5}}$ de la siguiente entrada.
  - Una distancia mínima de 500 m entre las secciones características $\mathbf{s_{S/1,5}}$ de una salida y $\mathbf{s_{S/1,5}}$ de la siguiente salida.

- Una distancia mínima de 125 m entre un acceso o conexión con la vía de servicio, y las secciones características $s_{S/1}$ de una salida del tronco o $s_{E/1}$ de una entrada a él.

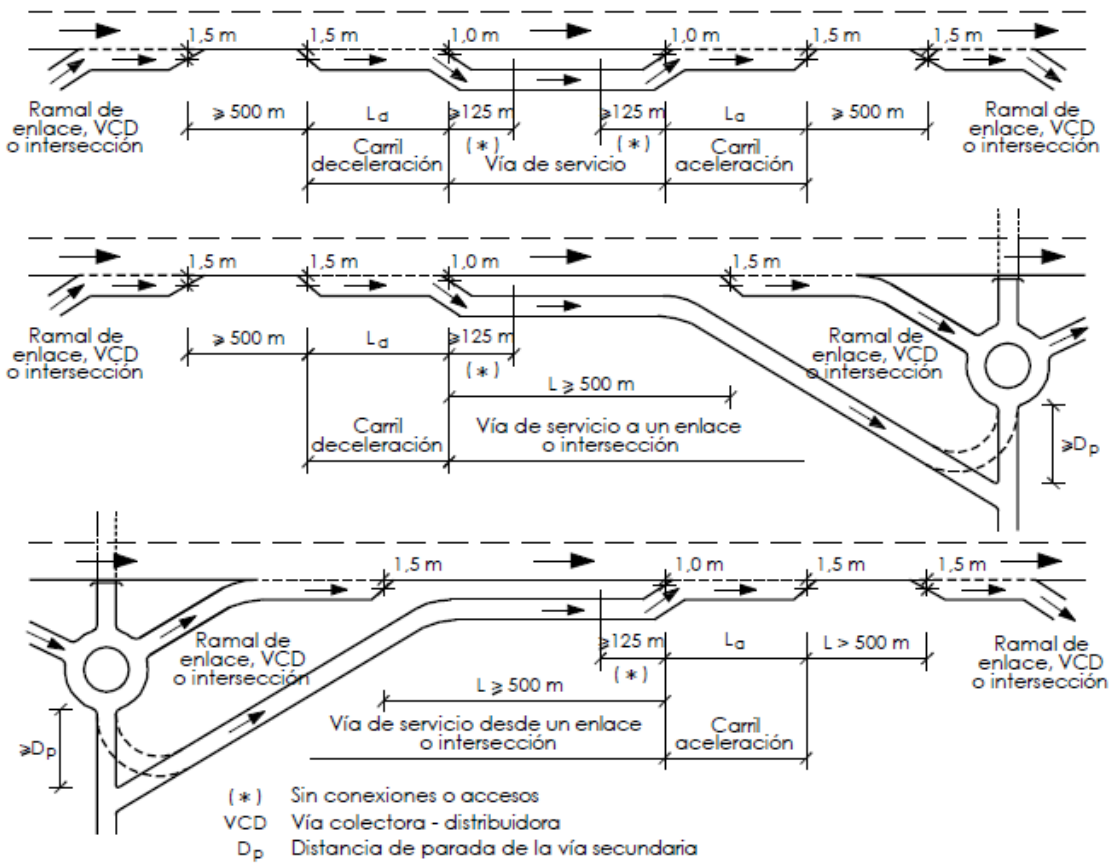


Fig. **4.14-C**

Las conexiones de una vía de servicio con una **carretera convencional** cuya velocidad de proyecto sea inferior a 80 km/h podrán ser específicas (Fig. **4.14-D**), siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- Una distancia mínima de 250 m entre las secciones características $s_{E/1,5}$ de una entrada y $s_{s/1,5}$ de la siguiente salida.
- Una distancia mínima de 250 m entre las secciones características $s_{E/1,5}$ de una entrada y $s_{E/1,5}$ de la siguiente entrada.
- Una distancia mínima de 250 m entre las secciones características $s_{S/1,5}$ de una salida y $s_{S/1,5}$ de la siguiente salida.
- Una distancia mínima de 100 m entre un acceso o conexión con la vía de servicio, y las secciones características $s_{S/1}$ de una salida del tronco o $s_{E/1}$ de una entrada a él.

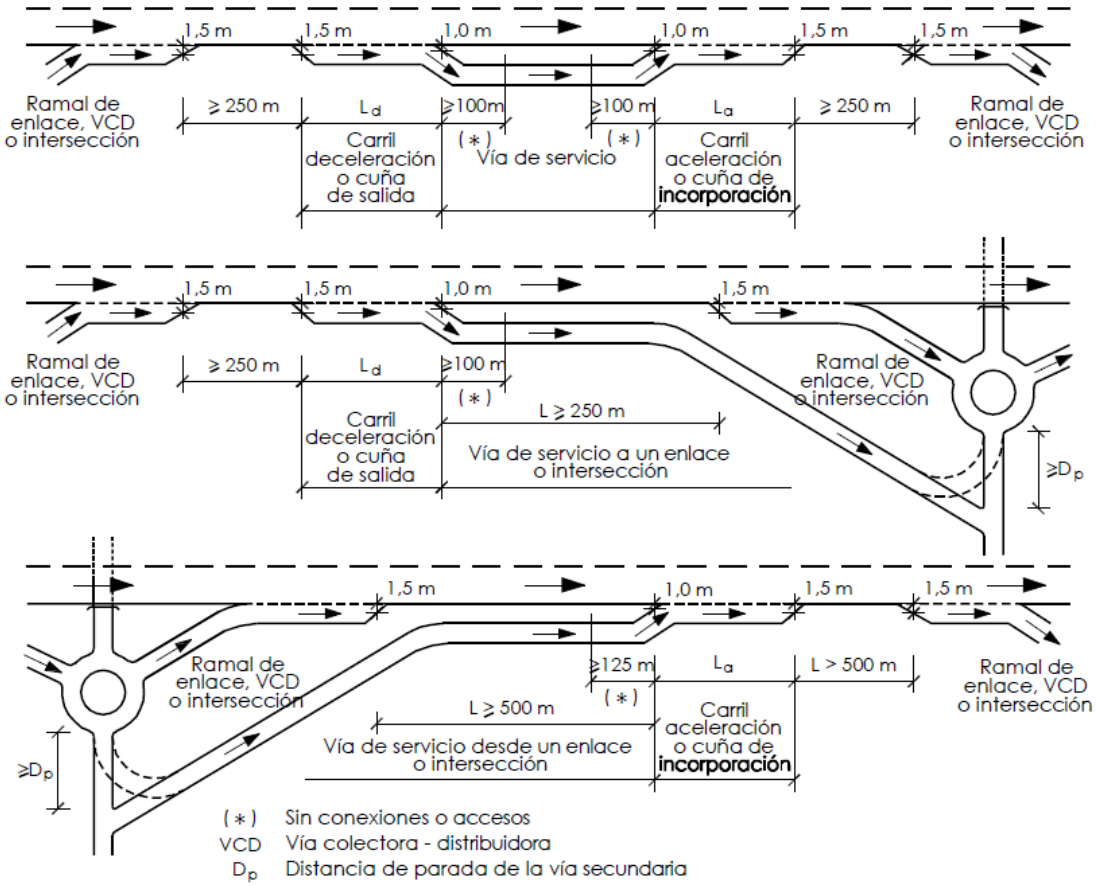


Fig. **4.14-D**

4.14.3. Accesos a una vía de servicio

4.14.3.1. Generalidades

Para permitir accesos en las márgenes de una vía de servicio, se considerará preferentemente su influencia en las condiciones de seguridad de la circulación. Asimismo, se tendrán en cuenta los planes o proyectos de ampliación, mejora, variación y cualquier obra en la carretera que puedan afectar a la instalación o a su explotación, en un futuro no superior a diez años.

La visibilidad disponible en un acceso a una vía de servicio, tanto de entrada como de salida, en ningún caso será inferior a la de parada en el sentido de la marcha; ni a la de cruce en el sentido contrario, si se pudiera cruzar algún carril de la vía de servicio.

4.14.3.2. Accesos a instalaciones de servicios

Las instalaciones de servicios y suministros (en lo sucesivo, simplemente instalaciones de servicios) son, además de las estaciones de servicio y unidades de suministro definidas como tales en la normativa vigente ordenadora del sector petrolero, los restaurantes, hoteles, mote-

les, talleres mecánicos, cafeterías y, en general, cuantas otras satisfagan necesidades de los usuarios de las carreteras.

Se dispondrá de visibilidad de parada entre los accesos a una instalación de servicios y los demás accesos autorizados cuya intensidad de tráfico tenga una influencia apreciable en el nivel de servicio de la vía de servicio, o cuando la seguridad vial lo aconseje.

Si la velocidad específica del elemento de la vía de servicio en la zona del acceso fuera superior a 60 km/h y su **IMD** superase los 1500 veh., a los accesos de entrada y salida de la instalación de servicios se les dotará de carriles de cambio de velocidad[1]. Donde no se den esas condiciones, la entrada a la instalación de servicios podrá formar un ángulo de hasta 33 gon con el eje de la vía de servicio, y la salida de vehículos a la vía de servicio podrá formar con el eje de ésta un ángulo comprendido entre 50 y 67 gon. La anchura mínima de ambos accesos será de 4,50 m.

Se dispondrá una isleta de separación de la vía de servicio, que ocupará las zonas entre los accesos de entrada y salida, con una anchura mínima de 3,00 m y, en su caso, respetando siempre el arcén. Esta isleta, que no será transitable para vehículos, se podrá destinar a zona verde; en sus límites se colocarán bordillos que, al menos en la *nariz*, serán montables.

Los accesos a las instalaciones de servicio cumplirán la Orden de 16 de diciembre de 1997[2] por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio.

4.14.3.3. Accesos a actuaciones urbanísticas

Se entiende por actuación urbanística cualquier actividad o acción urbanizadora de cualquier tipo, uso o destino (residencial, industrial comercial, de servicios, dotacional, etc.) que surja a consecuencia del desarrollo o de la ejecución del planeamiento urbanístico.

- Los accesos de las actuaciones urbanísticas a las vías de servicio, en cuanto a sus características técnicas y funcionales se ajustarán y cumplirán lo previsto en la Orden de 16 de diciembre de 1997[3] por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicio. Los accesos a la actuación urbanística deberán resolver por sí todos los movimientos.
- En general, los accesos que sirvan a viviendas unifamiliares aisladas, explotaciones agrícolas, y a construcciones, instalaciones o actividades que se pretendan desarrollar en base a lo previsto en la legislación urbanística, se ajustarán y cumpli-

---

[1] Cf. apartado **4.10**.

[2] Con las modificaciones de la Orden de 13 de septiembre de 2001, la Orden FOM/392/2006, de 14 de febrero, y la Orden FOM 1740/2006, de 24 de mayo.

[3] Con las modificaciones ya indicadas.

rán lo previsto para accesos de otras propiedades[1] a las vías de servicio, salvo que se trate de instalaciones de servicios[2] o que se pudieran derivar de ellos tráficos importantes o afecciones considerables a la seguridad vial en el tramo de vía de servicio al que afecten.

4.14.3.4. Accesos a caminos agrícolas y otras vías públicas

Un camino agrícola es una vía destinada fundamentalmente para acceso a fincas rústicas, y cuyo tráfico predominante es de tractores y maquinaria agrícola.

La mención a "otras vías públicas" se refiere a vías pecuarias, a caminos vecinales y, en general, a las demás vías destinadas al tráfico rodado de vehículos automóviles, que sirvan a una colectividad pero que no estén incluidas en una red de carreteras de rango superior a la municipal.

En las vías de servicio de doble sentido de circulación, para girar a la izquierda y entrar a la vía de servicio o salir de ella, no será exigible ninguna disposición especial, siempre que la **IMD** en la vía de servicio no supere los 5000 veh. En caso contrario, se analizará si es totalmente necesario permitir[3] el cruce de algún carril de la vía de servicio y si no se permitiese se adoptará una disposición física[4] que lo impida.

a) Si la velocidad específica del elemento de la vía de servicio en la zona del acceso fuese superior a 60 km/h:

- Si la **IMD** en la vía de servicio no superase los 1500 veh., no será necesario habilitar carriles ni de cuñas de cambio de velocidad para los accesos.
- Si la **IMD** en la vía de servicio superase los 1500 veh., se dispondrá una cuña de deceleración de tipo directo[5].
- Si además la **IMD** en la vía de servicio superase los 5000 veh., al acceso se le dotará de carriles de cambio de velocidad[6].

b) Si la velocidad del elemento de la vía de servicio en la zona del acceso fuese igual o menor de 60 km/h, y la **IMD** superase los 5000 veh., será obligatoria la disposición de una cuña de deceleración de tipo directo.

---

[1] Cf. apartado **4.14.3.4**.

[2] Cf. apartado **4.14.3.2**.

[3] Se debe tener en cuenta el contenido del artículo 102.8 del Reglamento General de Carreteras.

[4] Cf. apartado **4.13**.

[5] Cf. apartado **4.9**.

[6] Cf. apartado **4.10**.

Si la **IMD** en una vía de servicio de doble sentido de circulación superase los 3000 veh., y la **IMD** en el camino agrícola o en la otra vía pública superase los 1000 veh., se considerará la posibilidad de disponer la intersección entre ambas en forma de glorieta.

4.14.3.5. Accesos a otras propiedades

Si la velocidad específica del elemento de la vía de servicio en la zona del acceso fuera superior a 60 km/h, la distancia mínima entre dos accesos contiguos no será inferior a la correspondiente a la de distancia de parada para la máxima velocidad permitida. Si además la construcción del acceso pudiese generar un importante tráfico o puntas en el mismo, así como afecciones importantes a la seguridad, se exigirá la construcción de cuñas de cambio de velocidad[1] cuando la **IMD** en la vía de servicio sea inferior a 5000 veh.; y de carriles de cambio de velocidad[2] cuando la **IMD** en la vía de servicio supere los 5000 veh.

Si la velocidad específica del elemento de la vía de servicio en la zona del acceso fuera igual o inferior a 60 km/h, la distancia mínima entre accesos contiguos será la necesaria para desarrollar el trazado completo de cada uno de ellos sin que se intercepten, en cuyo caso habrán de unificarse. No obstante lo anterior, la mínima distancia de un acceso a cualquier vía de giro de una intersección, o al inicio o final de un ramal de enlace[3] no será inferior a la distancia de parada, y como mínimo 60,00 m para la máxima velocidad permitida.

En ningún caso se autorizará el cruce a nivel de ningún carril de la vía de servicio cuando la **IMD** de ésta sea superior a 5000 veh[4].

El acceso se afirmará en una longitud mínima[5] de 15,00 m, y tendrá una anchura mínima de 4,00 m en dicha longitud.

4.14.4. Vías de servicio de sentido único

Las vías de servicio de sentido único tienen la ventaja de que no provocan deslumbramientos en el tronco de la vía a la que son paralelas; además, su funcionamiento es más sencillo. Presentan el inconveniente de que el recorrido de retorno puede resultar largo y, por consiguiente, puede que en la práctica no sea respetada esa ordenación de la circulación, con los consiguientes conflictos no previstos, no sólo en la vía de servicio propiamente dicha, sino especialmente en sus conexiones extremas.

En este tipo de vía de servicio:

---

[1] Cf. apartado **4.9**.

[2] Cf. apartado **4.9**.

[3] Medida entre el borde de aquél y la línea exterior de la calzada de cualquiera de las vías de giro de la intersección o de los ramales del enlace.

[4] Con las excepciones indicadas en el artículo 102.8 del Reglamento General de Carreteras.

[5] Medidos desde la arista exterior de la calzada de la vía de servicio.

- Entre la incorporación de un ramal procedente del tronco, y la primera intersección con una vía transversal se establece un tramo de trenzado que puede resultar crítico. Para que tenga una longitud suficiente, se recomienda adelantar la posición del ramal; siempre que ello no deteriore las condiciones en el tronco antes de la salida.
- Se recomienda no disponer accesos a las propiedades colindantes en las proximidades de las conexiones de la vía de servicio con los enlaces o con sus conexiones específicas con el tronco[1].

4.14.5. Vías de servicio de doble sentido

La conexión de una vía de servicio de doble sentido de circulación con otra vía de sentido único no debe tener una configuración que propicie las entradas a la última en sentido prohibido.

En una vía de servicio de doble sentido no se permitirá el cruce al mismo nivel de ningún carril de ella cuando la **IMD** en ella supere los 5000 veh.[2] Con **IMD** inferiores, se permitirá el cruce de un carril de la vía de servicio, sin necesidad de carril central de espera para entrar y salir del acceso o de la instalación.

La disposición y las dimensiones de una instalación de servicios permitirán el acceso de cualquier vehículo, incluso de los vehículos pesados, sin que éstos tengan que efectuar maniobras sobre la vía de servicio: para lo cual la distancia mínima entre el eje del carril del lado opuesto a la instalación de servicios donde se inicia la maniobra de giro, y el de la vía utilizada en la instalación para el servicio de los vehículos, será de 30,00 m (Fig. **4.14-E**).

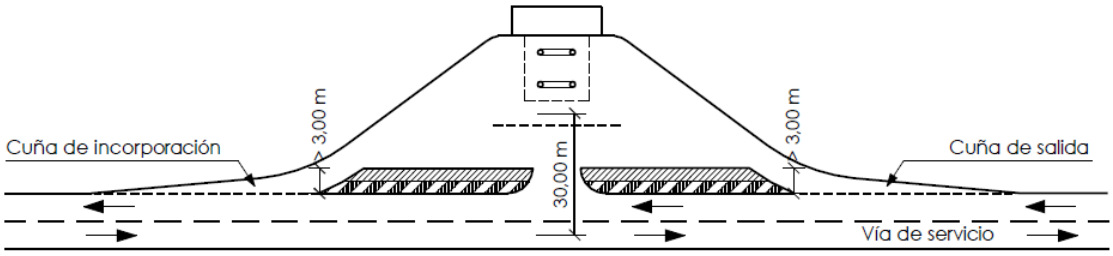


Fig. **4.14-E**

Se analizará la necesidad de disponer pantallas contra el deslumbramiento entre una vía de servicio de doble sentido de circulación y el tronco, sobre todo si ambos están aproximadamente a la misma cota.

[1] Cf. apartado **4.14.2**.

[2] Con las excepciones indicadas en el artículo 102.8 del Reglamento General de Carreteras.

4.15 Vías colectoras - distribuidoras

Donde haya conexiones sucesivas al tronco de una vía, y estén demasiado próximas, se producen unas perturbaciones mutuas que, si la circulación es intensa, pueden deteriorar el nivel de servicio.

Una buena solución es disponer una vía colectora - distribuidora, aproximadamente paralela al tronco pero separada físicamente de él, y conectada a él por una salida o una bifurcación inicial, y una entrada o una confluencia final. Así, las eventuales perturbaciones se producen en la vía colectora - distribuidora, que defiende de ellas al tronco. Las vías colectoras - distribuidoras cruzan a desnivel las vías transversales, igual que el tronco.

El empleo de vías colectoras - distribuidoras mejora la seguridad, especialmente donde haya ramales en lazo, mejorando la transición de velocidad entre el tronco y el ramal. Resultan muy adecuadas para disponer una sola salida antes de un nudo, lo que simplifica la señalización de orientación y las decisiones que tiene que tomar el conductor, permitiéndole una serie de elecciones aisladas: primero asegurarse de que se trata de la salida correcta, y luego determinar qué ramal se toma hacia el destino deseado.

A los efectos de la continuidad del número de carriles básicos[1] y del equilibrio del número de carriles[2], las vías colectoras - distribuidoras recibirán el mismo tratamiento que el tronco de la vía principal. El número básico de carriles se deberá mantener a todo lo largo de la vía colectora - distribuidora, a no ser que en medio de ella haya una conexión que drene o aporte una intensidad de tráfico muy elevada. Si una vía colectora - distribuidora, entre conexiones sucesivas, fuera muy larga[3], el número de carriles básicos no podrá ser inferior a dos.

A las vías colectoras - distribuidoras se pueden conectar ramales (en los enlaces) y vías de giro (en las intersecciones); pero no se pueden dar accesos directos desde ellas a predios o desarrollos colindantes, ni a las vías de servicio. Tampoco se dispondrán instalaciones de servicio en las vías colectoras - distribuidoras.

En cualquier caso:

- Se seguirán las reglas establecidas para las conexiones con el tronco[4].
- En una vía colectora - distribuidora no se dispondrán conexiones cuya *nariz* o cuya *punta* diste menos de 250 m de la *nariz* o de la *punta* de cualquier otra conexión y, en especial, la de la vía colectora - distribuidora con el tronco.

---

[1] Cf. apartado **4.3.2.2**.

[2] Cf. apartado **4.3.3**.

[3] No parece admisible circular detrás de un vehículo lento en distancias superiores a 500 m.

[4] Cf. apartado **4.10**.

4.16 Sistemas de calzadas centrales y laterales

4.16.1. Diseño

Los criterios de diseño para las calzadas laterales son semejantes a los que se emplean para las calzadas centrales adyacentes a ellas; planta, alzado y sección deben alcanzar el mismo estándar. Al igual que las centrales, las calzadas laterales tienen una limitación total de accesos, y no cruzan a nivel ninguna de las vías transversales.

Es especialmente importante aplicar unos criterios correctos en relación con:

- Mantener el número básico de carriles.
- Guardar el debido equilibrio del número de carriles antes y después de una salida o de una entrada, puesto que las conexiones con los ramales de transferencia se hacen por la izquierda.
- Dimensionar las conexiones con las calzadas laterales.

La separación entre las calzadas centrales y las laterales genera una mediana[1], pero su función es diferente pues separa tráficos del mismo sentido. Igual que en una mediana, en la terciana se alojan el desagüe, la señalización vertical y sus soportes, los báculos de iluminación, etc.: lo que se debe tener en cuenta al definir sus dimensiones. Debe llevar una barrera de seguridad para evitar el paso de un vehículo de una calzada a otra a través de ella.

Para explotar correctamente una calzada lateral, la complejidad de las entradas y las salidas, tanto por la derecha como por la izquierda, hace que resulte crítica una señalización adecuada. Antes de dar por buenos los emplazamientos y los diseños de esas entradas y salidas, es imprescindible comprobar que se pueden señalizar con facilidad; y que eso podrá ser comprendido por los conductores, especialmente por los no familiarizados con el sistema. Para que una calzada lateral funcione con fluidez es fundamental la señalización de aviso previo.

4.16.2. Ramales de transferencia

Los ramales de transferencia entre las calzadas laterales y las centrales son parecidos a los ramales de un enlace entre dos autopistas: el tráfico es continuo. Son relativamente cortos[2] y, salvo casos excepcionales, su rasante no es inclinada. Igual que los demás ramales, constan de tres partes:

- La salida.

---

[1] Algunos la llaman *terciana*.

[2] Por su especial configuración, no les es de aplicación la distancia mínima de 250 m que exige la Norma **3.1-IC** "Trazado" entre conexiones sucesivas.

- El ramal propiamente dicho, entre la *nariz* de la salida y la *punta* de la entrada.
- La entrada.

La velocidad de circulación por un ramal de transferencia es del mismo orden de magnitud que por la calzada central, puesto que los conductores no modifican, en principio, su velocidad por la maniobra de transferencia. El trazado de los ramales de transferencia, en planta y en alzado, se debe acomodar a esta situación. En particular, la nariz de salida debe ser percibida con una antelación de unos 7 s antes de llegar a ella.

Los ramales de transferencia normalmente son precedidos o seguidos por un tramo de trenzado en la calzada lateral. Si la longitud de trenzado resultara corta, un pequeño desplazamiento del ramal de transferencia suele bastar para impedir que se intente dicha maniobra.

Dado que estos ramales salen de las calzadas laterales (y entran a ellas) por la izquierda, el tramo de trenzado en la calzada lateral es del tipo[1] **C**: el tráfico de paso por la calzada lateral no participa en el trenzado. Una gran parte (cuando no la totalidad) del tráfico del ramal de transferencia se trenza con el de paso por la calzada lateral: esto requiere una mayor longitud de trenzado.

Se recomienda que los ramales de transferencia tengan dos carriles (Figs. **4.16-A** y **4.16-B**), pues permiten una mayor flexibilidad suficiente para acomodar distintas pautas del tráfico entre las calzadas laterales y las centrales.

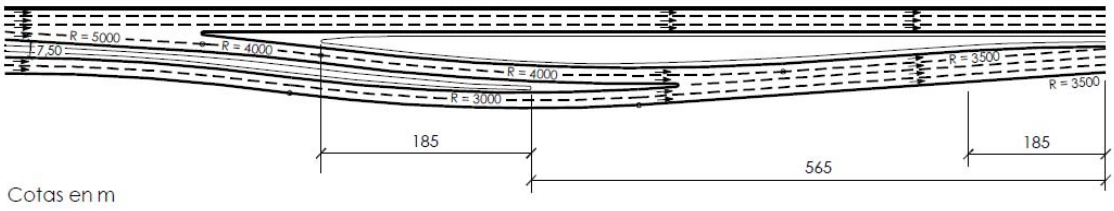


Fig. **4.16-A** (cotas en m)

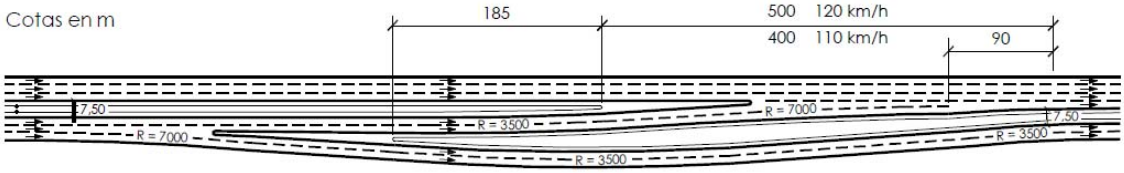


Fig. **4.16-B** (cotas en m)

[1] Cf. apartado **3.2.6.1**.

Sin embargo, no suele ser fácil disponer de espacio suficiente[1] en las zonas urbanas y periurbanas, y si la demanda del tráfico lo permite, a menudo el ramal de transferencia sólo dispone de un carril (Figs. **4.16-C** y **4.16-D**). En este caso, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- La anchura de su plataforma debe permitir el adelantamiento de un vehículo detenido y arrimado al borde derecho de ésta.

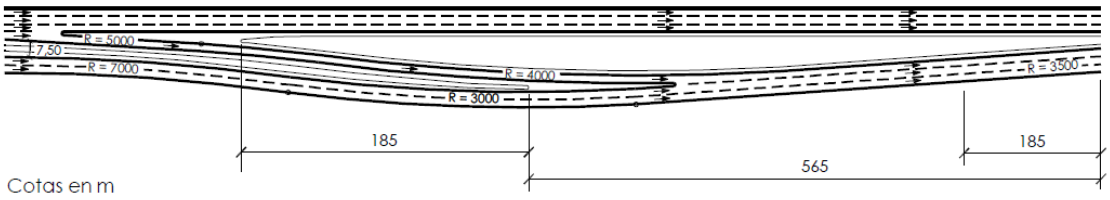


Fig. **4.16-C**

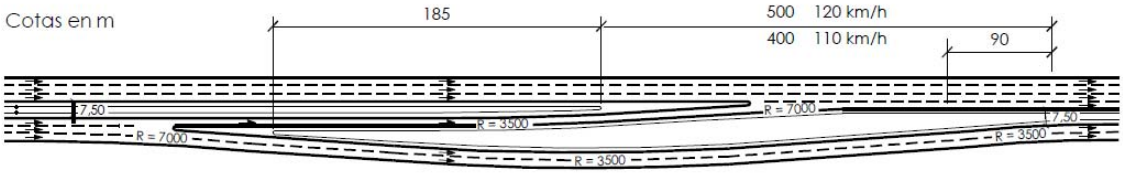


Fig. **4.16-D**

- En la calzada lateral, se desaconseja disponer carriles de cambio de velocidad por la izquierda: es preferible perder un carril en la salida y ganar uno nuevo en la entrada.

- En la calzada central, los carriles de cambio de velocidad son por la derecha; pero también es preferible perder un carril en la salida y ganar uno nuevo en la entrada, incluso mediante un carril adicional de longitud limitada.

La anchura de los carriles de un ramal de transferencia, y la eventual presencia de arcenes, debe ser análoga a la de los correspondientes elementos de las calzadas centrales y laterales.

4.17 Tratamientos de la mediana

La presencia de una mediana, bien por tratarse de una carretera con calzadas separadas, bien por haber dispuesto una falsa mediana[2] en una carretera de calzada única, facilita las salidas o entradas por la izquierda asociadas a ciertos movimientos de giro, y permite establecer en aquélla unos carriles para cambiar de velocidad y esperar.

---

[1] La ganancia o pérdida de dos carriles (o un bífido mas uno perdido) requiere longitudes elevadas. Cf. apartados **4.6.1.4.1** y **4.6.1.4.2**.

[2] Cf. apartado **4.5.3.2**.

Esta mediana se puede ensanchar localizadamente, para reducir la oblicuidad de los cruces de las vías de giro o de los ramales del tipo semidirecto; y eventualmente, la de las obras de paso a ellos asociadas.

En algunos tipos de nudo se pueden transponer las calzadas (pasando la calzada derecha a situarse a la izquierda) para facilitar la implantación de las entradas y salidas asociadas a los ramales semidirectos o directos empleados para girar a la izquierda, con predominio del movimiento de giro sobre el de paso. En el caso de los enlaces, esto requiere dos obras de paso muy esviadas.

5 Morfología de los nudos

5.1 Generalidades

Teniendo en cuenta las intensidades de la circulación correspondientes a los distintos movimientos, así como otras circunstancias que concurran, hay que procurar diseñar el nudo más adecuado combinando de forma consistente los elementos descritos en el Cap. **4**. De esas circunstancias, las que más pueden influir en la solución son las siguientes:

- La clase y la función de las vías que concurren en el nudo.
- El número de patas que acceden al nudo (3, 4 ó más), su disposición, y su importancia relativa.
- Sobre todo en las zonas urbanas y periurbanas, las variaciones de la intensidad de la circulación a lo largo del tiempo, que pueden dar lugar a situaciones distintas.
- La ordenación de la circulación en los cruces: prioridad fija de paso, semáforo, glorieta o desnivel (enlace) y, en este último caso, el número de obras de paso.
- El tratamiento dado a los giros a la izquierda; los giros a la derecha no suelen presentar dificultades.
- La importancia relativa de los tráficos de giro y de paso.

Como es natural, con unos planteamientos parecidos resultan unas soluciones similares, las cuales dan origen a unas formas tipificadas que se describen en los apartados siguientes.

5.2 Intersecciones de tres patas con prioridad fija

5.2.1. Intersecciones en T

5.2.1.1. Generalidades

Si dos de los tres patas que concurren en la intersección son funcionalmente mucho más importantes que la otra, se trata de una intersección *en* ***T***, en la que las dos primeras patas forman la vía prioritaria, y la tercera la no prioritaria. Dicha importancia se mide, con frecuencia, por la intensidad de la circulación: a veces es preciso remodelar su implantación relativa, pues la pata originalmente prioritaria tiene menos tráfico que la vía originalmente no prioritaria (Fig. **5.2-A**).

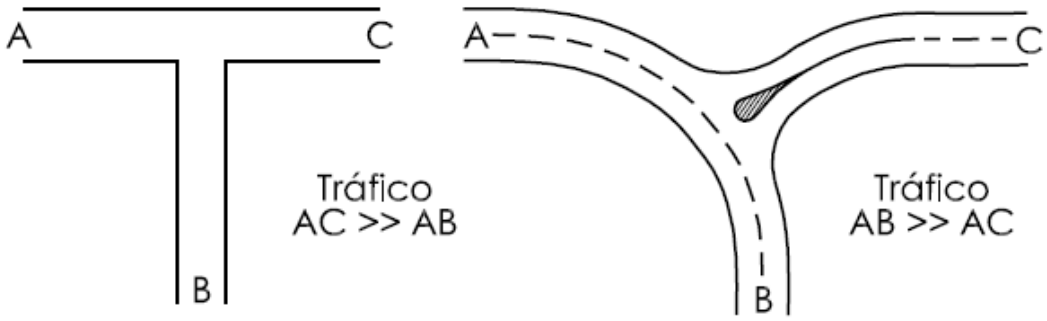


Fig. **5.2-A**

En una intersección *en* ***T*** se permiten los siguientes movimientos:

a) Dos de paso, correspondientes a la vía prioritaria cuya continuidad se mantiene. Los movimientos de paso se deben realizar con la mayor continuidad y facilidad posibles: en algunos casos, hay que adaptar la disposición de las patas a la importancia relativa de sus tráficos y a la obtención de unos ángulos de cruce convenientes[1]. El ángulo de implantación de la carretera no prioritaria en la prioritaria no debería diferir de un ángulo recto en más de 20 gon (excepcionalmente 35 gon).

b) Dos giros a la derecha. Los giros a la derecha se resuelven de una forma directa y, según la intensidad de la circulación para la que estén previstos, la velocidad a la que se realice el giro, y el espacio disponible, se pueden emplear:

- una vía de giro sin canalizar[2], o
- una vía de giro canalizada[3]; y
- unas cuñas de cambio de velocidad[4], o
- unos carriles de cambio de velocidad[5], si la velocidad específica en la vía prioritaria rebasa los 60 km/h. Si no se dispone de sitio para un carril de aceleración, puede haberlo para un carril lateral de espera[6] para entrar a la vía prioritaria.

[1] Cf. apartado **4.2.1.1**.

[2] Cf. apartado **4.4.2**.

[3] Cf. apartado **4.4.2**.

[4] Cf. apartados **3.2.5.2** y **4.9**.

[5] Cf. apartado **4.10**.

[6] Cf. apartado **3.2.5.6**.

c) Dos giros a la izquierda, cuyo tratamiento define a los distintos tipos de intersección, por la forma de resolver el cruce[1] con los tráficos de paso.

5.2.1.2. Intersecciones en T sin canalizar

El caso más sencillo es la intersección *en **T** sin canalizar*, en la que ambos giros a la izquierda se realizan de forma directa[2]. El vehículo que pretende girar a la izquierda desde la vía prioritaria debe esperar (en el carril de paso) a que haya un hueco en la corriente opuesta antes de poder cruzarla, y esa espera no debe interferir demasiado con los vehículos de paso del sentido propio.

Algunos ejemplos se describen con detalle en el Anexo **#11** (Figs. **5.2-B** y **5.2-C,** para distintos tipos de vehículo).

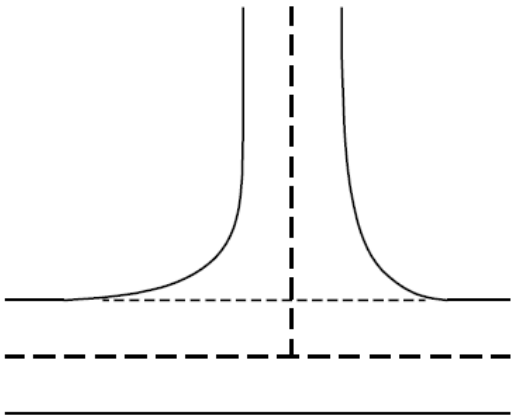


Fig. **5.2-B**

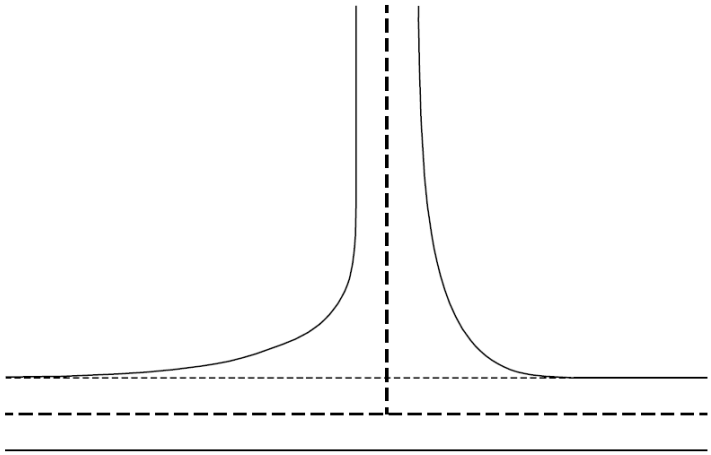


Fig. **5.2-C**

[1] Todos los cruces se realizan a nivel, ordenados por prioridad fija.

[2] Cf. apartado **4.5**.

Hay que comprobar que el área barrida por los dos giros a la izquierda queda comprendida dentro de la zona pavimentada, con unos retranqueos adecuados. El área pavimentada que se necesita para los vehículos articulados, los camiones y los autobuses es mayor que para los furgones.

Si se dota de una cuña de salida a la vía prioritaria (Fig. **5.2-D**), se recomienda disponer una isleta encauzadora[1] que separe del tráfico de paso por ella al giro a la derecha hacia la vía no prioritaria.

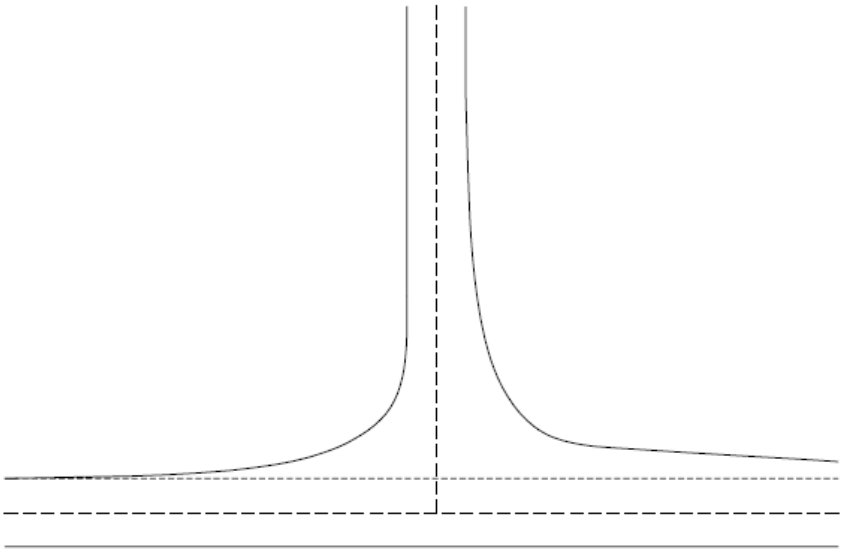


Fig. **5.2-D**

Si en una red viaria secundaria se está contemplando mantener las intersecciones existentes en las que la prioridad se concede al tráfico que viene por la derecha, se pueden considerar las precauciones siguientes:

- Un refuerzo de la presencia de la intersección: despeje del entorno, balizamiento, pavimentos de color en la zona de la intersección, señales de destino, etc.
- Un aumento de la visibilidad: retranqueo de los cerramientos y de la vegetación, despeje de los taludes, prohibición del estacionamiento, etc.
- Un estrechamiento de la calzada, que reduce la velocidad.

Se pueden aplicar también muchos de los principios correspondientes a las intersecciones con prioridad fija: legibilidad, sencillez, compacidad, moderación de la velocidad, etc.

Se puede contemplar también un cambio del tipo de nudo (entre la gama admisible):

- A una glorieta o mini-glorieta.

[1] Cf. apartado **4.8.6**. En la Fig. **5.2-D** no hay sitio para disponer una isleta encauzadora, porque interferiría el giro a la izquierda hacia la prioritaria

- Donde no se puedan resolver los problemas de visibilidad[1], a una prioridad fija por medio de señales, siempre que no se dé lugar sistemáticamente a un itinerario prioritario.

5.2.1.3. Intersecciones en T canalizada

5.2.1.3.1. Giros a la izquierda

Una mejora fácil de una intersección *en **T** sin canalizar* consiste en separar los giros a la izquierda mediante una isleta separadora del tipo *lágrima*[2], situada en la vía no prioritaria.

Algunos ejemplos se describen con detalle en el Anexo **#11** (Figs. **5.2-E** y **5.2-F**).

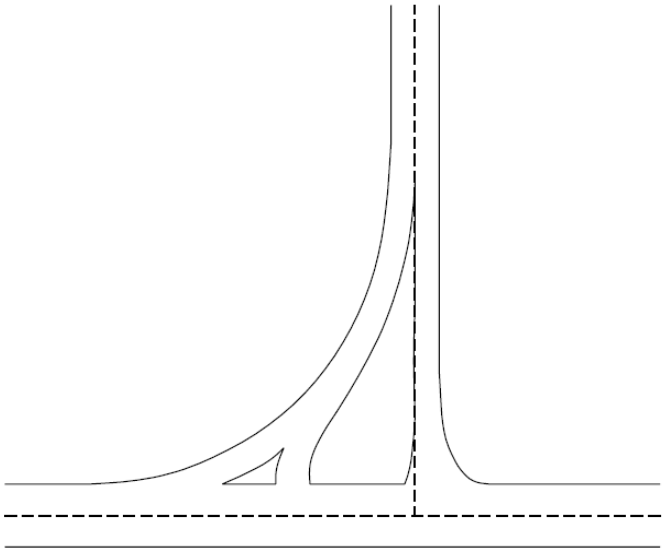


Fig. **5.2-E**

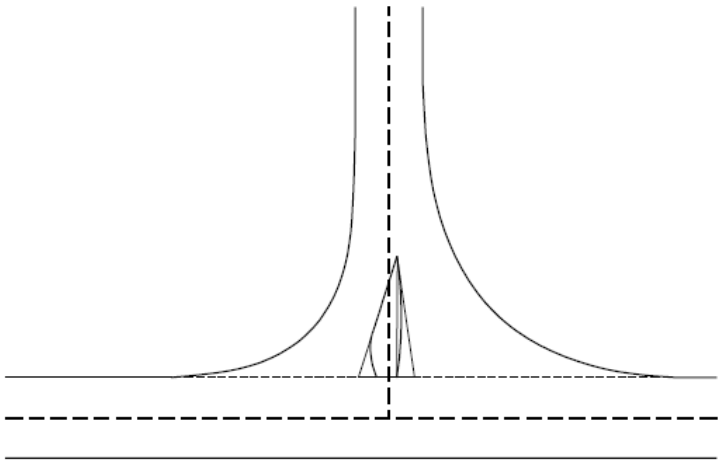


Fig. **5.2-F**

[1] Por ejemplo, donde los taludes no tengan un despeje suficiente, o los obstáculos no se puedan eliminar.

[2] Cf. apartado **4.8.5.2**.

Si se desea que el giro a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria se haga mediante una sola curva, el trazado de la intersección suele quedar desequilibrado y ocupar bastante sitio, por lo que esta solución suele ser desaconsejable. Además, ello hace necesario disponer una isleta encauzadora que separe al giro a la derecha desde la vía no prioritaria hacia la prioritaria, del tráfico de paso por ésta.

Por el contrario, si la lágrima se implanta inscrita en un triángulo, siguiendo las recomendaciones[1] de la Fig. **4.8-C** del apartado **4.8.5.2**, el trazado de la intersección suele quedar más equilibrado y ocupar menos sitio.

5.2.1.3.2. Giros a la derecha

A menudo se dan circunstancias que aconsejan la canalización de los giros a la derecha mediante isletas encauzadoras[2]:

- El empleo de radios grandes en los giros a la derecha.
- La inserción de una *lágrima* en la vía no prioritaria.
- El empleo de cuñas de transición, de carriles de deceleración[3] y de carriles laterales de espera.

5.2.1.4. Intersecciones en cayado

Se resuelve el giro a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria mediante una vía de giro semidirecta, también denominada *cayado* (Fig. **5.2-G**). De hecho, la intersección de tres patas se transforma en otra de cuatro.

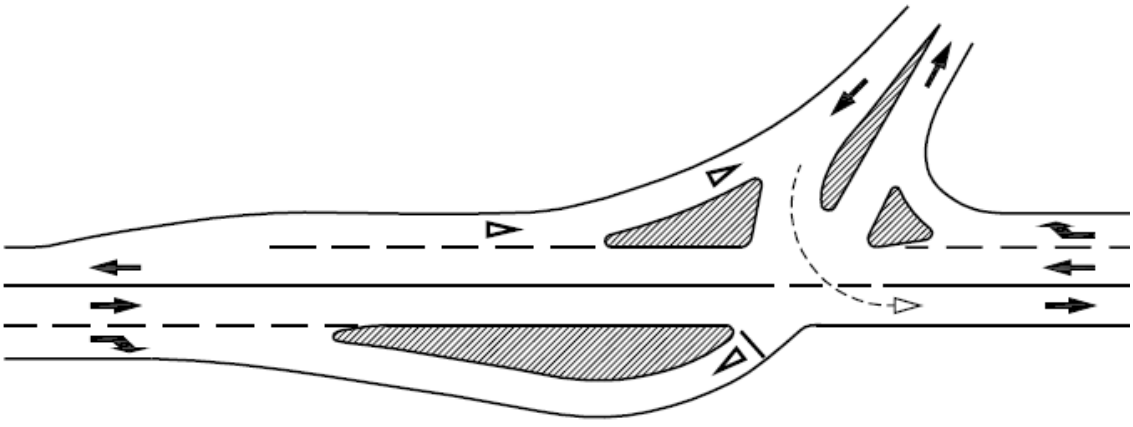


Fig. **5.2-G**

[1] Se ha tomado la opción 0,5 · **B** de la citada figura.

[2] Cf. apartado **4.8.6**.

[3] En este tipo de intersección no suele haber carriles de aceleración.

5.2.1.5. Intersecciones en T con carril central de espera

La espera para girar a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria se aloja en un carril central de espera[1]. Aprovechando la separación obtenida entre los sentidos de circulación en la vía prioritaria, se puede dotar de un carril de espera (rara vez de aceleración) al giro a la izquierda desde la vía no prioritaria hacia la prioritaria (Fig. **5.2-H**).

Para separar el (los) carril(es) central(es) de espera del carril opuesto de paso se recurre a una isleta separadora, la cual puede ser:

- Una *falsa isleta*, materializada solamente por marcas viales.
- Una *falsa mediana*, materializada por bordillos montables, con su *nariz* provista de balizas, que protege al carril central[2].

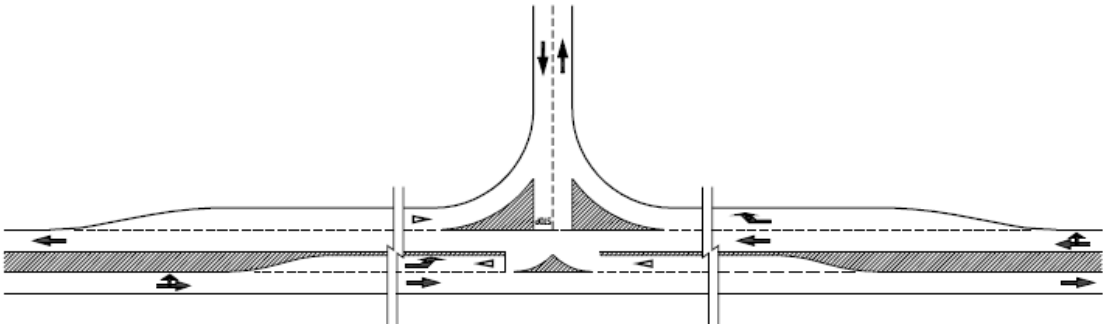


Fig. **5.2-H**

5.2.2. Intersecciones *en Y*

Si una de las tres patas que acceden a la intersección es mucho más importante que las otros dos, se trata de una *intersección en **Y***. Se trata más bien de la bifurcación de una carretera convencional de calzada única (Fig**. 5.2-I**). El ángulo entre las dos patas secundarias suele ser inferior a 35 gon.

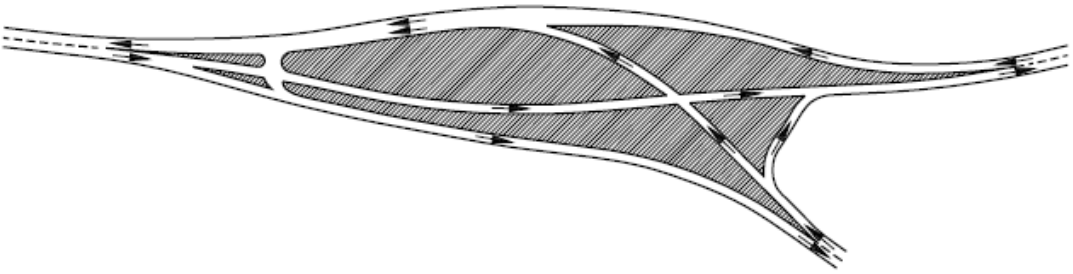


Fig. **5.2-I**

[1] Cf. apartado **4.5.3**.

[2] Si hay más de un carril adicional central para girar directamente a la izquierda, la falsa mediana puede protegerlos a todos (**protección total**) o sólo a alguno de ellos, los situados más a la izquierda (**protección parcial**).

Este tipo de intersección es muy poco recomendable, por lo que recurrir a ella exige una exhaustiva justificación. El problema lo plantean los giros a la izquierda:

- En la maniobra de cruce a nivel de los dos giros a la izquierda relacionados con la vía más importante, las trayectorias de los vehículos no siempre se cortan con un ángulo comprendido[1] entre 75 y 105 gon: generalmente hay que modificar la trayectoria no prioritaria.
- Esos giros a la izquierda tienen una trayectoria demasiado fluida, y suele dar origen a accidentes por colisión frontolateral con vehículos que circulen por el otro giro a la izquierda.
- El giro a la izquierda desde una de las vías menos importantes hacia la otra se hace de forma directa, pero con una trayectoria tortuosa que, además, corta a una trayectoria rápida de giro a la izquierda.

Este tipo de intersección resulta difícil de señalizar.

5.2.3. Capacidad y nivel de servicio

Para calcular la capacidad de una intersección regulada por prioridad fija se seguirán los criterios expuestos en el Anexo **#8**.

Para definir el nivel de servicio de los distintos accesos de una intersección regulada por prioridad de paso se empleará la demora media por vehículo[2], según los criterios expuestos en el citado Anexo.

5.3 Intersecciones de cuatro patas con prioridad fija

5.3.1. Intersecciones *en cruz*

5.3.1.1. Generalidades

Constituyen el caso más frecuente del cruce de dos carreteras convencionales. En una intersección *en cruz*, el ángulo de las dos carreteras no debe diferir de un ángulo recto en más de 20 gon; de lo contrario se la denomina[1] intersección *en **X***.

---

[1] Como máximo, entre 65 y 135 gon.

[2] La demora media por vehículo se deduce de la distribución de las demoras producidas por la reducción de velocidad al llegar al acceso a la intersección; por la espera de los vehículos no prioritarios hasta que se produzca un hueco aceptable entre los no prioritarios (en el caso de los vehículos prioritarios, por la espera tras vehículos que vayan a girar a la izquierda); y por la aceleración hasta recuperar la velocidad anterior a la intersección.

La mayoría de los principios que se han expuesto para las intersecciones de tres patas son también aplicables a las de cuatro: por ejemplo, la posibilidad de remodelar los accesos de las patas para mejorar su ángulo de cruce, y el tratamiento de los giros a la derecha.

En una intersección *en cruz* se permiten los siguientes movimientos:

a) Cuatro de paso, correspondientes a las vías prioritaria (dos) y no prioritaria (otros dos), cuya continuidad se mantiene. Los movimientos de paso se deben realizar con la mayor continuidad y facilidad posibles: en algunos casos, hay que adaptar la disposición de las patas a la importancia relativa de sus tráficos y a la obtención de unos ángulos de cruce convenientes[2].

b) Cuatro giros a la derecha que se resuelven de una forma directa. Según la intensidad de la circulación para la que estén previstos, la velocidad a la que se realice el giro, y el espacio disponible, se pueden emplear:

- una vía de giro sin canalizar[3], o
- una vía de giro canalizada[4]; y
- unas cuñas de cambio de velocidad[5], o
- unos carriles de cambio de velocidad[6], si la velocidad específica en la vía prioritaria rebasa los 60 km/h. Pocas veces hay sitio para disponer un carril de aceleración, pero sí lo hay para un carril lateral de espera[7] para entrar a la vía prioritaria.

c) Cuatro giros a la izquierda, cuyo tratamiento define a los distintos tipos de intersección, por la forma de resolver el cruce[8] con los tráficos de paso.

Con frecuencia, una de las carreteras es menos importante[9] que la otra, y se pueden adoptar en ella soluciones de menor rango. En otras ocasiones, no es imprescindible atender a todos los movimientos: algunos giros (principalmente a la izquierda) se suprimen, pues se pueden realizar mediante otros recorridos por la red viaria. Todo ello permite simplificar el nudo.

---

[1] Cf. apartado **5.3.2**.

[2] Cf. apartado **4.2.1.1**.

[3] Cf. apartado **4.4.2**.

[4] Cf. apartado **4.4.2**.

[5] Cf. apartado **4.9**.

[6] Cf. apartado **4.10**.

[7] Cf. apartado **3.2.5.6**.

[8] Todos los cruces se realizan a nivel, ordenados por prioridad fija.

[9] Funcionalmente o por la intensidad de su circulación.

5.3.1.2. Intersecciones en cruz sin canalizar

Es el caso más sencillo: no hay canalización, y todos los giros a la izquierda se realizan de forma directa (Fig. **5.3-A**). Un vehículo que pretenda girar a la izquierda desde la vía prioritaria debe esperar (en el carril de paso) a que haya un hueco en la corriente opuesta antes de poder cruzarla, y esa espera no debe interferir demasiado con los vehículos de paso del sentido propio.

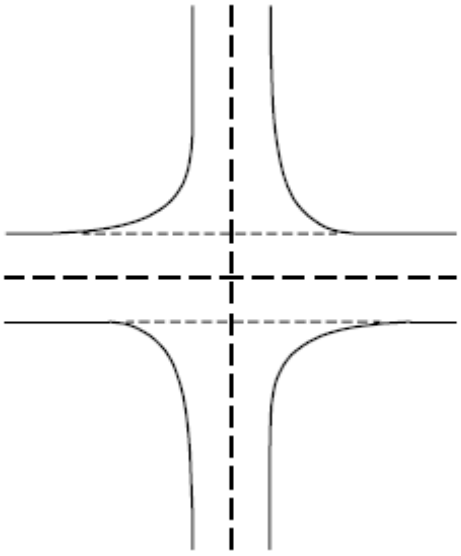


Fig. **5.3-A**

Hay que comprobar que el área barrida por los cuatro giros a la izquierda queda comprendida dentro de la zona pavimentada, con unos retranqueos adecuados. El área pavimentada es mayor para los vehículos articulados, los camiones y los autobuses, que para los furgones y automóviles.

Si se dota de cuñas de salida a la vía prioritaria, conviene disponer unas isletas encauzadoras[1] que separen del tráfico de paso por ella al giro a la derecha hacia la vía no prioritaria.

5.3.1.3. Intersecciones en cruz canalizada

5.3.1.3.1. Giros a la izquierda

Una mejora fácil de una intersección *en cruz sin canalizar* consiste en separar los giros a la izquierda mediante dos isletas separadoras del tipo *lágrima*[2], situadas en la vía no prioritaria.

Si se desea que los giros a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria se hagan mediante una sola curva, se interfiere el tráfico de paso que cruza la vía prioritaria (Fig. **5.3-B**).

---

[1] Cf. apartado **4.8.6**.

[2] Cf. apartado **4.8.5.2**.

Por el contrario, si las *lágrimas* se implantan inscritas en un triángulo, siguiendo las recomendaciones[1] de la Fig. **4.8-C** del apartado **4.8.5.2**, no se produce esa interferencia; el trazado de la intersección suele quedar más equilibrado y ocupar menos sitio (Fig. **5.3-C**).

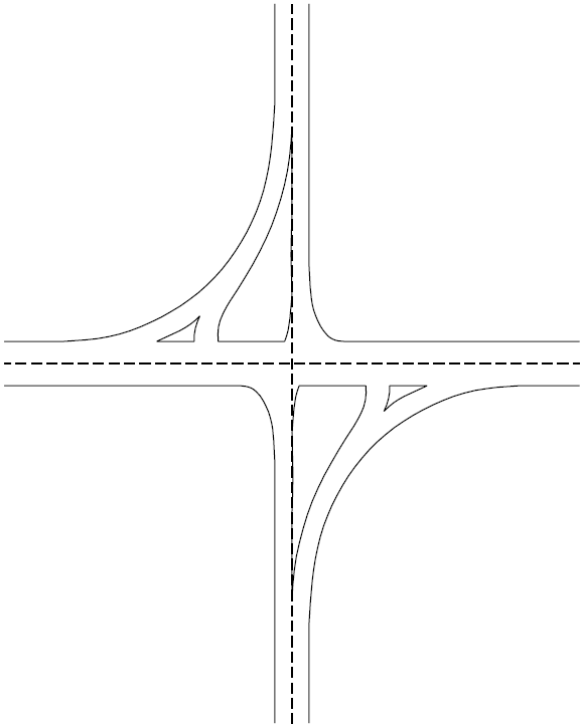


Fig. **5.3-B**

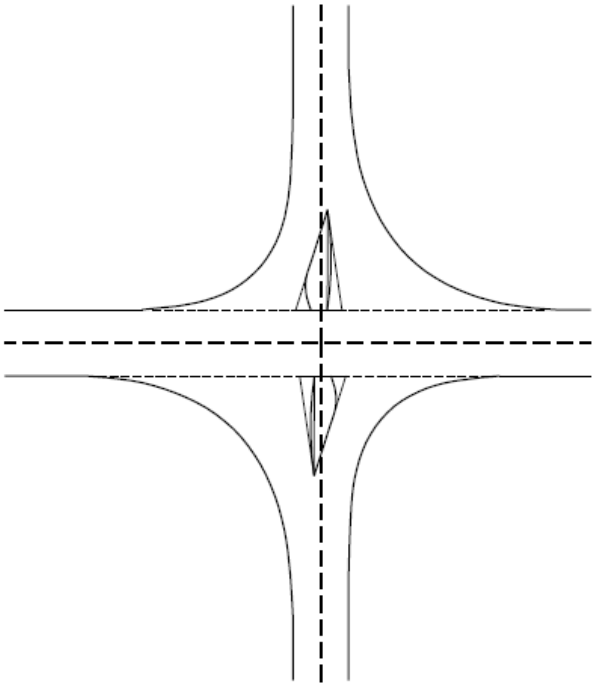


Fig. **5.3-C**

[1] Se ha tomado la opción 0,5 · **B** de la citada figura.

5.3.1.3.2. Giros a la derecha

Análogamente a lo que ocurre con las intersecciones *en **T** canalizada*[1], a menudo se dan circunstancias que aconsejan la canalización de los giros a la derecha mediante isletas encauzadoras[2]:

- El empleo de radios grandes en los giros a la derecha.
- La inserción de *lágrimas* en la vía no prioritaria.
- El empleo de cuñas de transición, de carriles de deceleración[3] y de carriles laterales de espera.

5.3.1.4. Glorietas partidas[4]

Donde sean muchos los vehículos que giran a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria, su espera puede estorbar al tráfico de paso, y conviene disponerla fuera de los carriles a éste reservados. El equivalente al *cayado* de las intersecciones de tres patas, que resuelve todos los giros a la izquierda de forma semidirecta, sin esperas en los carriles de paso, es la *glorieta partida* (Fig. **5.3-D**).

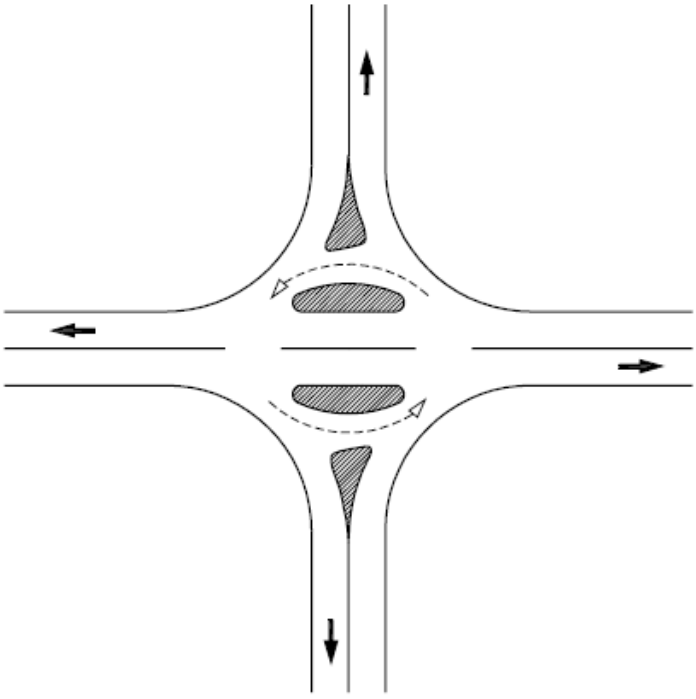


Fig. **5.3-D**

[1] Cf. apartado **5.2.1.3**.

[2] Cf. apartado **4.8.6**.

[3] En este tipo de intersección no suele haber carriles de aceleración.

[4] A pesar de su equívoco nombre no funcionan como glorietas.

Este tipo de intersección es muy poco recomendable en vías no reguladas por semáforos y con una **IMD** superior a 3000 veh., porque en ellas es muy baja la probabilidad de que se produzcan simultáneamente dos huecos aceptables en las dos corrientes de tráfico que el vehículo no prioritario debe cruzar.

5.3.1.5. Intersecciones en cruz con carriles centrales de espera

Las esperas para girar a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria se disponen en sendos carriles centrales[1] (Fig. **5.3-E**). Para separarlos de los carriles opuestos de paso se recurre a una isleta separadora, la cual puede ser:

- Una *falsa isleta*, materializada solamente por marcas viales.
- Una *falsa mediana*, materializada por bordillos montables, con su *nariz* provista de balizas, que protege al carril central[2].

Especialmente si la intersección está regulada por semáforos, se recomienda que los dos giros a la izquierda desde la carretera prioritaria no se estorben entre sí: para ello se puede adoptar la disposición denominada *indonesia*, en la que no se cruzan.

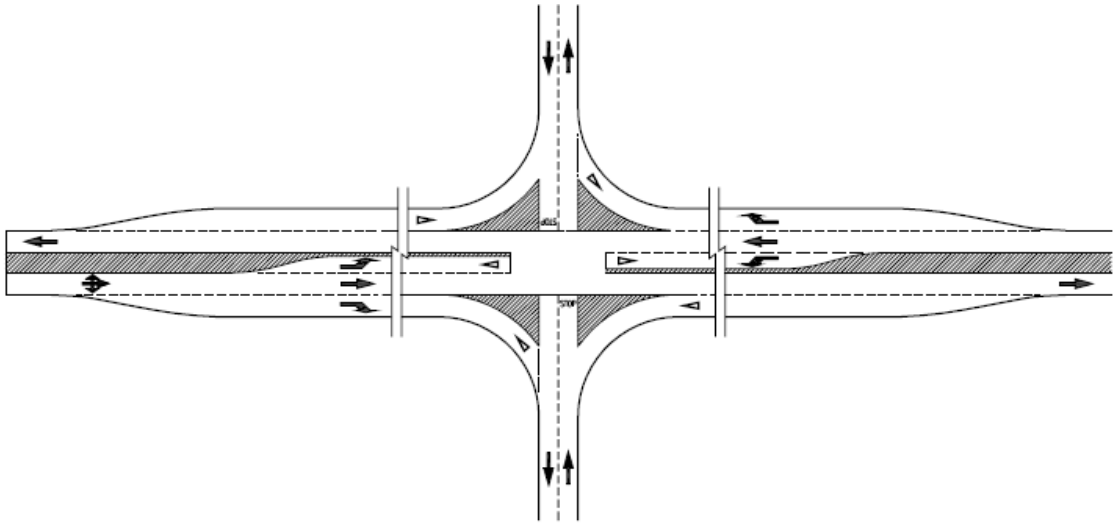


Fig. **5.3-E**

El tratamiento se puede extender a las cuatro patas, si la intensidad de los giros lo justifica (Fig. **5.3-F**); pero esta configuración requiere, casi siempre, su regulación por semáforos, para dirimir cuál de las dos parejas de giros a la izquierda tiene prioridad sobre la otra. Por lo tanto, es una solución urbana.

---

[1] Cf. apartado **4.5.3**.

[2] Si hay más de un carril adicional central para girar directamente a la izquierda, la falsa mediana puede protegerlos a todos (**protección total**) o sólo a alguno de ellos, los situados más a la izquierda (**protección parcial**).

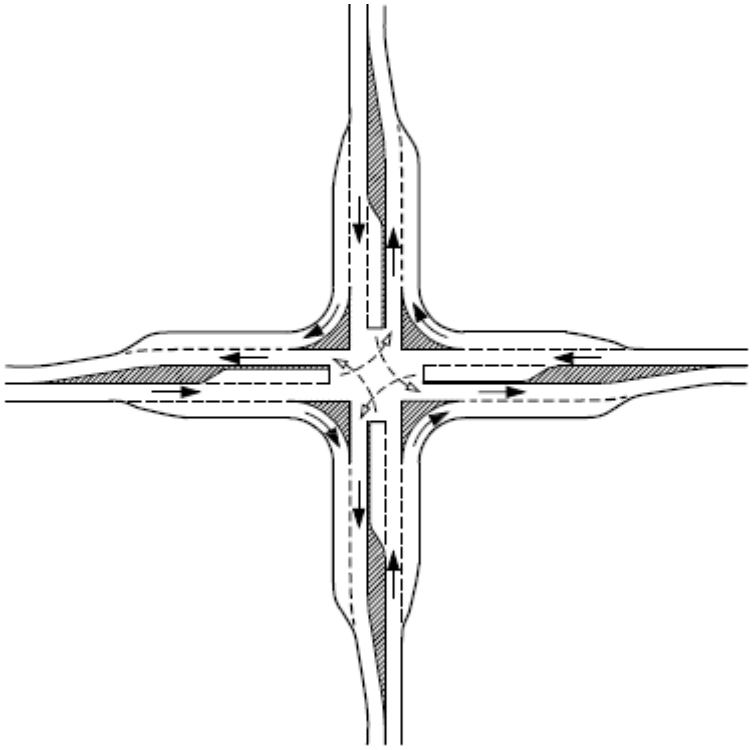


Fig. **5.3-F**

Donde sea muy predominante uno de los giros a la izquierda de una intersección urbana, puede ser interesante segregarlo del cruce de las dos vías (Fig. **5.3-G**).

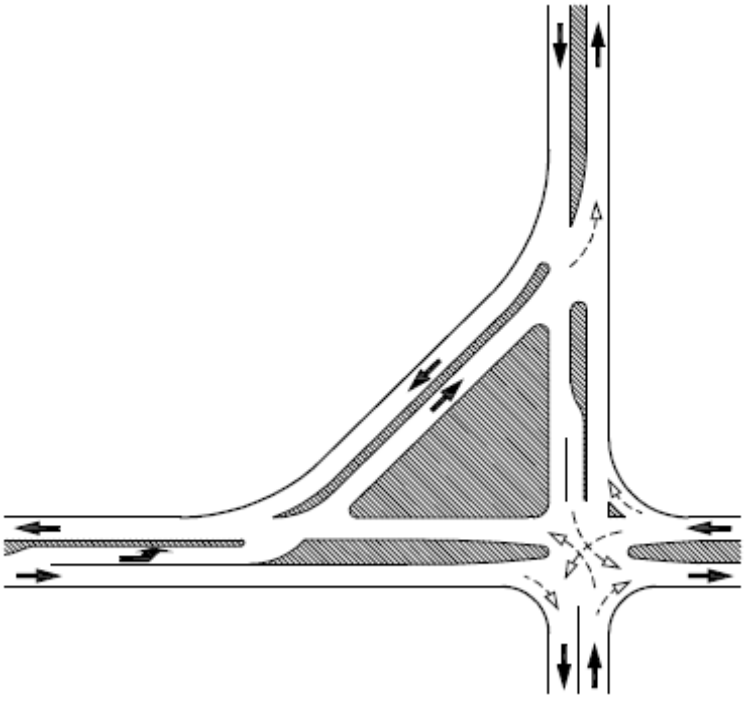


Fig. **5.3-G**

5.3.2. Intersecciones *en X*

Si el ángulo entre las dos parejas de patas es inferior a 35 gon, se trata de una intersección *en* ***X***.

Este tipo de intersección es poco recomendable[1], por lo que recurrir a ella exige una exhaustiva justificación. Comparten las características desfavorables que, en las intersecciones con tres patas, tenían las intersecciones[2] *en* ***Y***.

5.3.3. Parejas de intersecciones en T desalineadas

Hay dos configuraciones:

1. **Izquierda – derecha** (Fig. **5.3-H**): para cruzar la vía prioritaria, un vehículo que acceda por la no prioritaria primero gira a la izquierda, como en una intersección *en* ***T*** [3]; una vez incorporado al carril de paso, sólo tiene que girar a la derecha para salir de él y acceder a la otra pata de la vía no prioritaria. Entre los ejes de las dos mitades de la vía no prioritaria que se escalonan, debe haber una separación mínima[4] de 50 m.

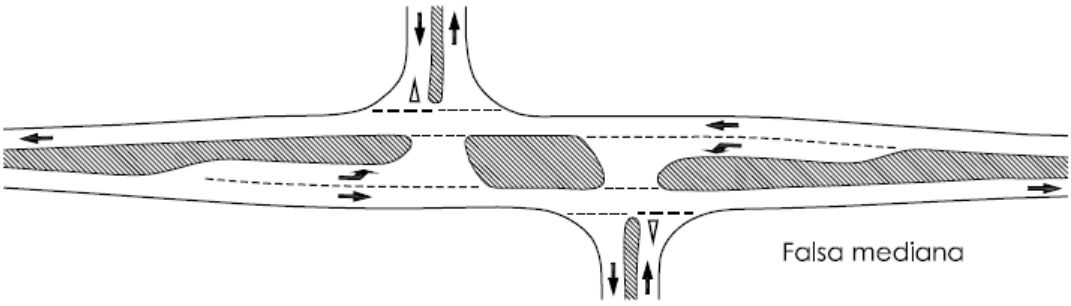


Fig. **5.3-H**

2. **Derecha – izquierda** (Fig. **5.3-I**): para cruzar la vía prioritaria, un vehículo que acceda por la no prioritaria primero se incorpora por la derecha a la vía prioritaria; y luego tiene que girar a la izquierda como en una intersección *en* ***T***, interfiriendo el tráfico de paso de sentido opuesto. Este giro a la izquierda se facilita mediante un carril central de espera[5].

---

[1] No obstante modificar las intersecciones *en X* existentes puede ser difícil o imposible si están en zonas urbanas o pobladas.

[2] Cf. apartado **5.2.2**.

[3] Se recomienda efectuar este giro en dos fases, disponiendo al final de él de un carril central de espera antes de incorporarse al tráfico de paso.

[4] Esta distancia permite la maniobra de giro a la izquierda y luego a la derecha de un vehículo articulado.

[5] Cf. apartado **4.5.3**.

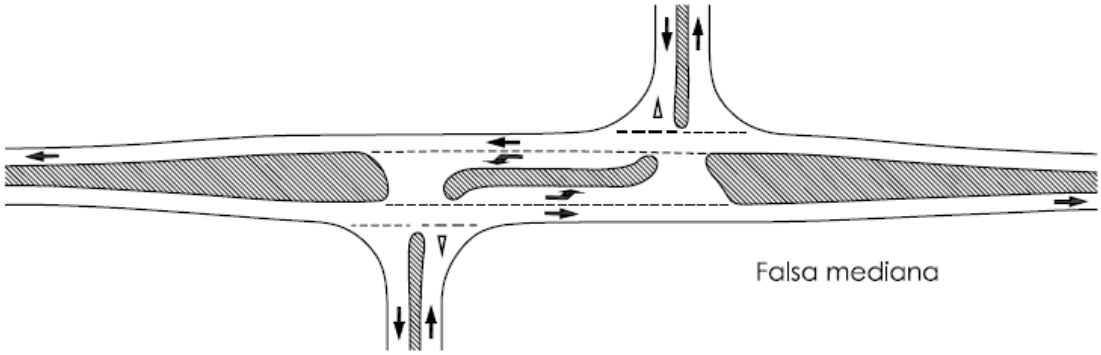


Fig. **5.3-I**

En esta configuración, alcanzar el carril central de la vía prioritaria necesita un trenzado con el tráfico de paso de sentido propio. Esto requiere que haya una mayor separación entre los ejes de las dos patas de la vía no prioritaria que se desalinean: la mínima se indica en la Tabla **5.3-A**.

TABLA **5.3-A**

SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE LOS EJES DE LAS DOS PATAS DE LA VÍA NO PRIORITARIA

VELOCIDAD ESPECÍFICA (km/h) **DE LA VÍA PRIORITARIA**	**SEPARACIÓN MÍNIMA** (m)
≤ 60	50
70	60
85	75
100	100
120	130

5.3.4. Capacidad y nivel de servicio

Para calcular la capacidad de una intersección regulada por prioridad fija se seguirán los criterios expuestos en el Anexo **#8**.

Para definir el nivel de servicio de los distintos accesos de una intersección regulada por prioridad de paso se empleará la demora media por vehículo[1], según los criterios expuestos en el citado Anexo.

[1] La demora media por vehículo se deduce de la distribución de las demoras producidas por la reducción de velocidad al llegar al acceso a la intersección; por la espera de los vehículos no prioritarios hasta que se produzca un hueco aceptable entre los no prioritarios (en el caso de los vehículos prioritarios, por la espera tras vehículos que vayan a girar a la izquierda); y por la aceleración hasta recuperar la velocidad anterior a la intersección.

5.4 Glorietas

5.4.1. Generalidades

Se recuerda[1] que no se pueden considerar como una glorieta, aunque tengan la apariencia de ella[2], algunos tipos de nudo viario como los siguientes:

- Las glorietas a distinto nivel[3].
- Las glorietas controladas por semáforos.
- Las glorietas en hipódromo[4].
- Las glorietas partidas[5].
- Las calzadas anulares colectoras - distribuidoras.

Por el contrario, sí funcionan como glorietas las miniglorietas[6] y las glorietas dobles[7].

5.4.2. Tipos

5.4.2.1. Glorietas normales

Una glorieta normal tiene una isleta central[8], generalmente dotada de unos bordillos, de 4 m ó más de diámetro; y unas entradas generalmente abocinadas, que permiten una entrada múltiple de los vehículos.

5.4.2.2. Mini-glorietas

Las mini-glorietas (Fig. **5.4-A**) tienen una isleta central[9] de menos de 4 m de diámetro. Su diámetro exterior no necesita rebasar los 28 m: con este valor se acomodan los mayores vehículos pesados.

---

[1] Cf. apartado **3.2.4.4**.

[2] E incluso en algunos casos se señalicen como tales para una mejor comprensión de los usuarios.

[3] Cf. apartado **5.7.3.1**.

[4] En especial si los lados opuestos rectos tienen una longitud significativa.

[5] Cf. apartado **5.3.1.4**.

[6] Cf. apartado **5.4.2.2**.

[7] Cf. apartado **5.4.2.3**.

[8] Cf. apartado **4.8.7.1**.

[9] Cf. apartado **4.8.7.2**.

Se puede mejorar algo la inflexión a la entrada de la calzada anular, mediante las marcas viales y unas pequeñas isletas separadoras, liberadas de cualquier dotación viaria excepto los imprescindibles carteles-flecha.

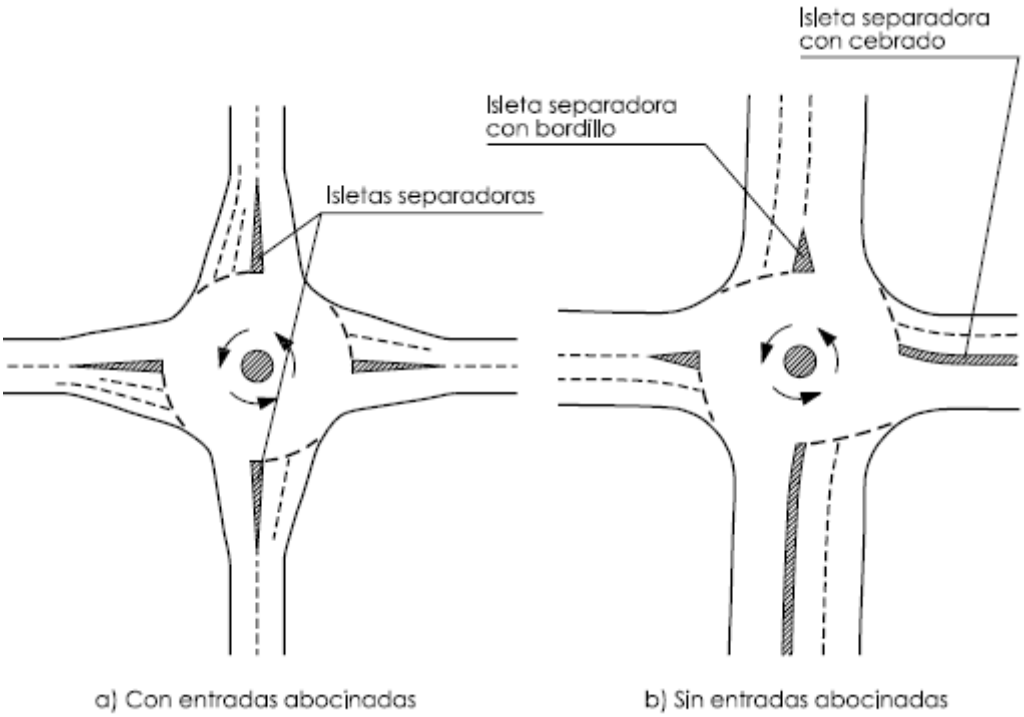
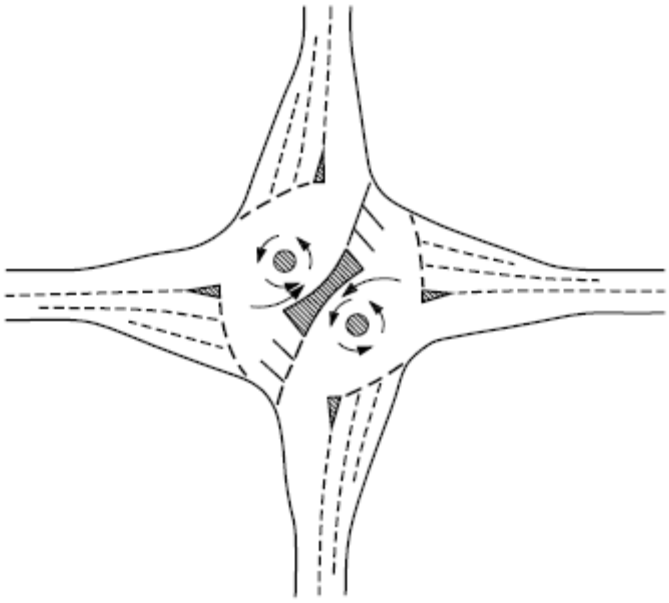


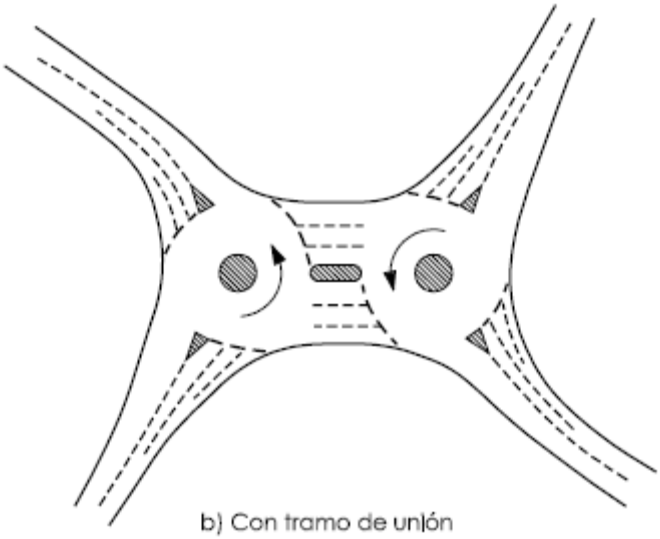
Fig. **5.4-A**

5.4.2.3. Glorietas dobles

Una glorieta doble (Fig. **5.4-B**) es un conjunto de dos glorietas normales o dos mini-glorietas, contiguas o conectadas por un corto tramo de unión, o incluso por una isleta separadora materializada por un bordillo, de manera que el funcionamiento de una incide en el de la otra.



a) Contiguas



b) Con tramo de unión

Fig. **5.4-B**

5.4.2.4. *Glorietas* en pesa

Las glorietas *en pesa* (Fig. **5.4-C**) sustituyen las parejas de intersecciones *en **T*** enfrentadas propias de un enlace *en diamante*, por sendas glorietas[1], conectadas por un tramo de unión.

Si la intensidad del tráfico lo justifica, se recomienda que el tramo de unión entre ambas glorietas tenga dos calzadas, una para cada sentido de circulación, separadas por una mediana física provista de una barrera de seguridad.

[1] E incluso miniglorietas.

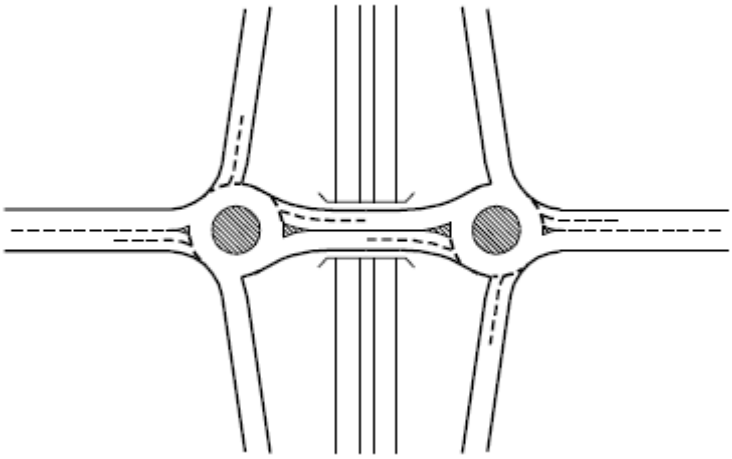


Fig. **5.4-C**

5.4.3. Capacidad y niveles de servicio

La capacidad de un carril segregado para girar a la derecha se puede estimar en unos 1800 veh. lig. eq./h. Al calcular las capacidades para los demás movimientos, su tráfico no se debe considerar como formando parte del de entrada.

5.5 Intersecciones y glorietas reguladas por semáforos

5.5.1. Generalidades

Las intersecciones y glorietas reguladas por semáforos son típicas de las zonas urbanas[1]. Les son aplicables la mayoría de las consideraciones hechas sobre las intersecciones con prioridad fija o sobre las glorietas con autorregulación. No obstante se debe hacer constar que no existe una normativa sobre los semáforos en las carreteras.

En su diseño hay que considerar simultáneamente tanto el trazado de la intersección como la regulación de los semáforos, ya que el primero también depende de la duración del ciclo, del número de fases, y de los movimientos que se puedan hacer en cada una. La regulación de los semáforos se estudia con más detalle en el Capítulo **10**.

Además de la circulación de los vehículos (y la ubicación de las paradas de los autobuses[2]), hay que tener en cuenta la de los peatones[3] que cruzan los carriles de circulación rodada, y la

---

[1] Deberá estudiarse la conservación y el mantenimiento, así como la Administración que se hará cargo de dichos gastos; si se sitúa en zona urbana pueden ser los Ayuntamientos afectados.

[2] Cf. apartado **3.5.3.1**.

[3] Cf. apartado **3.5.2**.

de los ciclos que comparten carriles con ésta; así como las ordenaciones de la circulación en las calles de la zona (sentidos únicos, prohibiciones del giro o del estacionamiento, etc.).

El número de carriles de cada acceso a la intersección tiene una influencia destacada en su capacidad y, por lo tanto, en si la regulación semafórica será capaz de servir eficientemente a la demanda. Por ejemplo, un movimiento al que correspondan dos carriles en vez de uno tiene mayor capacidad y, por lo tanto, requiere menos tiempo de fase verde para alojar la demanda. Pero aumentar el número de carriles de un acceso a la intersección también aumenta el tiempo mínimo de cruce de ese acceso por parte de los peatones: y al aumentar los tiempos de despeje, se compensará parte del aumento de la capacidad.

El tamaño y el diseño de la intersección, junto con la velocidad de los vehículos que se acercan a ella y la de los peatones, influye en los intervalos de despeje de vehículos y peatones, lo que a su vez influye en la eficiencia de la explotación. Por ejemplo, el esviaje de la intersección influye en la longitud de los pasos para peatones y por lo tanto en el tiempo de despeje de éstos. Lo contrario ocurre donde, para acortar la longitud de los pasos para peatones, se utilizan radios menores para las esquinas de las aceras o se disponen *orejas*: la menor anchura de la calzada puede restringir la posibilidad de que los vehículos de paso en carriles compartidos rebasen a los vehículos que esperen girar a la derecha y estén esperando por los peatones, o a los vehículos que esperen girar a la izquierda y estén esperando un hueco en el tráfico opuesto.

Sea cual fuere el esviaje de la intersección, hay que asegurarse de que los conductores que accedan a la intersección tienen una buena visibilidad de las cabezas de los semáforos.

5.5.2. Capacidad y nivel de servicio

La capacidad de un acceso a una intersección controlada por semáforos depende no sólo de su trazado, sino también del tipo de regulación semafórica que se utilice. En general, y especialmente si se instalan semáforos en una intersección aislada, se utilizan reguladores accionados por el tráfico, con los que las indicaciones de los semáforos dependen de las intensidades en los distintos accesos y, por tanto la capacidad de los accesos varía al modificarse la demanda de tráfico en ellos. Por tanto, sólo se podrán determinar la capacidad y el nivel de servicio reales en una intersección regulada por semáforos cuando se haya establecido el sistema de regulación que se empleará en ella.

Hay que tener en cuenta las condiciones en las que se realizan los giros[1], distinguiendo entre los protegidos, los permitidos y los sin oposición.

Los métodos de cálculo de la capacidad y niveles de servicio en una intersección regulada por semáforos se exponen en el Anexo **#9**.

---

[1] Cf. apartado **4.5.2.3**.

5.6 Enlaces de tres patas

5.6.1. Generalidades

Dos de las patas pueden constituir una vía principal[1], y la tercera una vía secundaria[2] que no la cruza; pero si tuviera el mismo rango que ésta, puede constituir otra vía principal: es el caso del origen o la terminación de una autopista en otra. En estos casos se permiten los siguientes movimientos:

a) Dos de paso, correspondientes a la vía principal cuya continuidad se mantiene.

b) Dos giros a la derecha, que se resuelven mediante ramales directos.

c) Dos giros a la izquierda, uno de los cuales siempre se resuelve mediante un ramal semidirecto; y el otro mediante un ramal *en lazo* (enlace *en trompa*[3]), o mediante otro ramal semidirecto (enlace *semidireccional*[4]).

En cambio, si las tres patas tienen una importancia parecida[5], ya no hay tráfico de paso, sino giros de una a otra pata:

- Al acercarse al enlace, cada pata se bifurca en dos ramales.
- En el otro sentido, en cada pata confluyen otros dos ramales.

Estos ramales son del tipo directo, por lo que el enlace se denomina *direccional*[6].

5.6.2. Enlaces no direccionales

5.6.2.1. Generalidades

Las conexiones de los ramales con la vía principal irán provistas de carriles de cambio de velocidad[7], si la velocidad específica en ella rebasa los 60 km/h.

Si no se resuelven mediante una glorieta, las conexiones de los ramales con la vía secundaria admiten varias configuraciones:

a) Si el número de carriles básicos que hay en la vía secundaria lejos del enlace es uno, como ocurre si es de calzada única con dos carriles:

---

[1] Normalmente, una autopista.

[2] De menor rango que la principal.

[3] Cf. apartado **5.6.2.2**.

[4] Cf. apartado **5.6.2.3**.

[5] Como ocurre en la bifurcación de una autopista en dos, o en la confluencia de dos autopistas en una.

[6] Cf. apartado **5.6.3**.

[7] Cf. apartado **4.10**.

- El carril que se aproxima al enlace se tiene que prolongar en dos ramales de un carril, cada uno de los cuales conecta con un sentido de la vía principal:
    - Si el ramal de la izquierda tiene más tráfico que el de la derecha, este último puede salir de aquél mediante una salida del tipo **1-N** ó **1-D**[1].
    - En caso contrario, se puede considerar la posibilidad de disponer una salida del tipo **1-B** ó **1-P**[2].
    - Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de más de 500 m antes de la divergencia: se estaría así en el caso **b)** descrito a continuación.
- El carril que se aleja del enlace tiene su origen en dos ramales de un carril, cada uno de los cuales procede de un sentido de la vía principal:
    - Si el ramal de la izquierda tiene más tráfico que el de la derecha, este último puede salir de aquél mediante una entrada del tipo **1-N**[3].
    - En caso contrario, se puede considerar la posibilidad de disponer una entrada del tipo **1-P**[4].
    - Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de más de 500 m después de la convergencia: se estaría así en el caso **b)** descrito a continuación.

b) Si el número de carriles básicos que hay en la vía secundaria lejos del enlace es **dos**, y este número se mantiene en el (los) ramal(es) relacionados con el (los) giros(s) a la izquierda:

- Si el ramal que gira a la derecha en la divergencia tiene menos tráfico que el que gira a la izquierda, aquél puede salir de éste mediante una conexión del tipo **1-N** ó **1-D**[5].
- Si el ramal que gira a la izquierda hacia la convergencia tiene más tráfico que el que gira a la derecha, éste puede salir de aquél mediante una entrada del tipo **1-N**[6].
- Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de al menos 750 m antes de la divergencia o después de la convergencia: se estaría así en el caso **c)** descrito a continuación.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.10**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4.10**.

[3] Cf. apartado **3.2.5.4.10**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4.10**.

[5] Cf. apartado **3.2.5.4.10**.

[6] Cf. apartado **3.2.5.4.10**.

- No se consideran aceptables las configuraciones de 2 carriles que se bifurcan en 2 + 2 [1], ni las que supongan una conexión por la izquierda con menos carriles.

c) Si el número de carriles básicos antes de la bifurcación es **tres**, se seguirán los criterios de la Tabla **4.12-A**[2].

Un enlace de tres patas que no sea direccional permite situar muy fácilmente un área de peaje de la vía principal en correspondencia con la bifurcación y la confluencia en la vía secundaria.

5.6.2.2. *Enlaces* en trompa

Combinando un ramal semidirecto para uno de los giros a la izquierda, con un ramal *en lazo* para el otro, se obtiene un enlace denominado *en trompa*[3], de utilización muy frecuente para la unión de una autopista[4] con una carretera convencional que no la cruce[5]. También se puede utilizar para el origen o la terminación de una autopista en otra; pero tiene el inconveniente de la menor velocidad específica del ramal en lazo.

Por la baja velocidad específica del ramal *en lazo*[6], su conexión con la vía principal debe estar dotada de un carril de cambio de velocidad[7]. También se recomienda que el acceso de la vía secundaria al enlace *en trompa* se realice mediante una sucesión[8] de curvas *en **S*** de radios decrecientes, de manera que se logre una adecuada disminución de la velocidad.

Para evitar entradas en sentido contrario a la vía principal, es necesario que el ramal semidirecto y el ramal *en lazo*, en el tramo en el que van contiguos, estén separados físicamente por una barrera de seguridad.

Hay dos tipos de *trompa*, ***A*** y ***B***, según el giro al que se asigne el ramal *en lazo*. Normalmente es el de menor intensidad; si la implantación de la vía secundaria es oblicua, puede resultar conveniente que el desarrollo angular del ramal *en lazo* sea el menor.

En un enlace *en trompa* del tipo **A**, el ramal semidirecto aloja el giro a la izquierda desde la vía principal hacia la secundaria (Fig. **5.6-A**).

---

[1] Ver los criterios para 3 carriles básicos.

[2] Cf. apartado **4.12.1**.

[3] Por su forma en planta. Es frecuente denominarlo **trompeta**; pero este instrumento tiene otra forma...

[4] Eventualmente también en otros tipos de carreteras.

[5] Resuelve muy adecuadamente la ubicación de las áreas de peaje, si éste es del tipo cerrado.

[6] Y, en menor medida, también del ramal semidirecto.

[7] Cf. apartado **4.10**.

[8] Que, además, puede reducir el esviaje de la obra de paso.

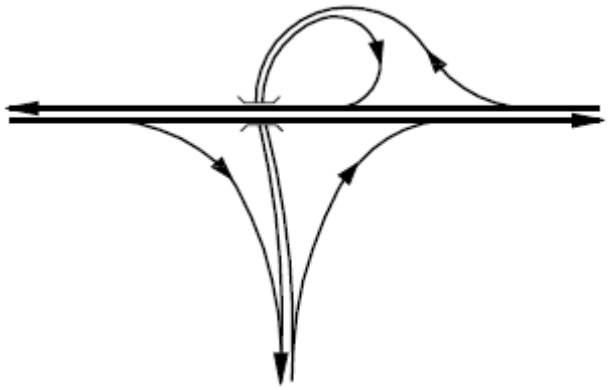


Fig. **5.6-A**

En un enlace *en trompa* del tipo **B**, el ramal semidirecto aloja el giro a la izquierda desde la vía secundaria hacia la principal (Fig. **5.6-B**).

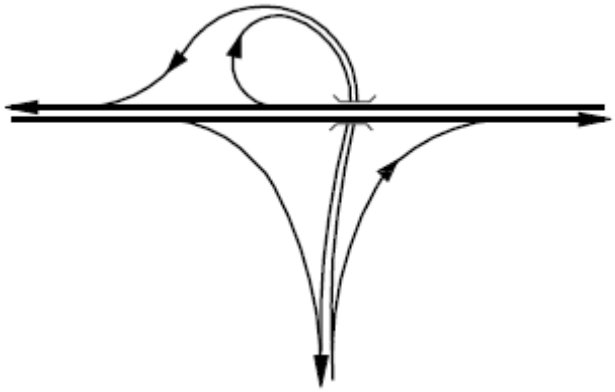


Fig. **5.6-B**

5.6.2.3. Enlaces semidireccionales

Se resuelven los giros a la izquierda mediante ramales semidirectos.

Donde, por la evolución del entorno, se prevea la prolongación de la vía secundaria, y un enlace de tres patas con una sola obra de paso evolucione a un enlace *en diamante*, para resolver los giros a la izquierda se pueden emplear dos ramales semidirectos que se crucen a nivel (Fig. **5.6-C**).

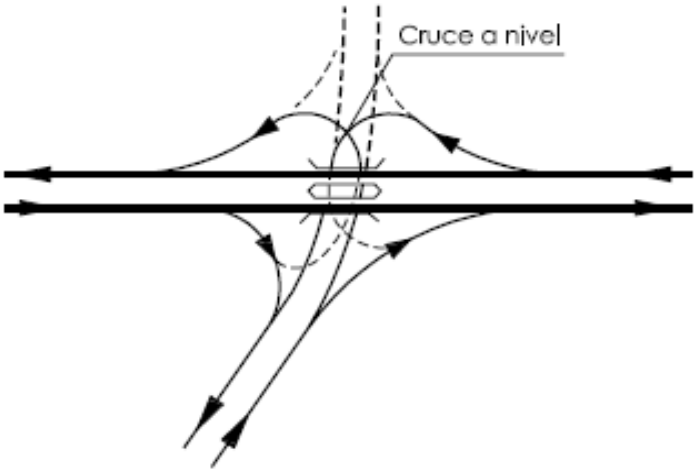


Fig. **5.6-C**

Una mejor solución es resolver el cruce de los ramales semidirectos mediante una glorieta, dando origen al enlace denominado *en media pesa* (Fig. **5.6-D**)[1].

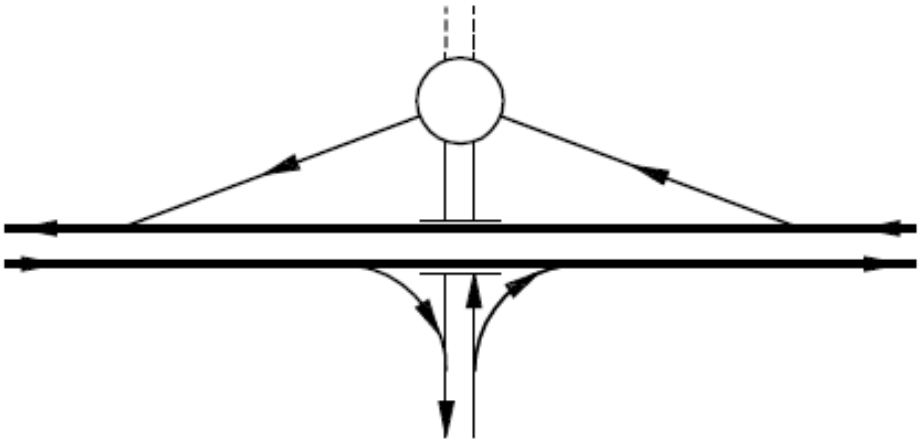


Fig. **5.6-D**

Con más de una obra de paso hay tres configuraciones:

a) Los ramales semidirectos son independientes (Fig. **5.6-E**).

b) Los ramales semidirectos se cruzan a desnivel (Fig. **5.6-F**).

c) Se combinan las tres obras de paso en una sola en planta, pero con tres niveles (Fig. **5.6-G**).

[1] Muy poco utilizado.

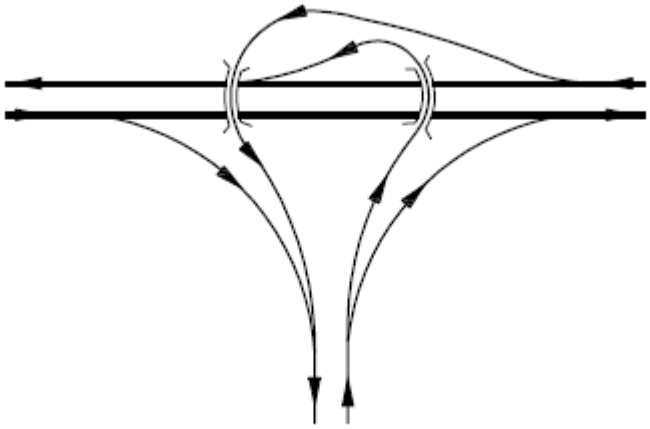


Fig. **5.6-E**

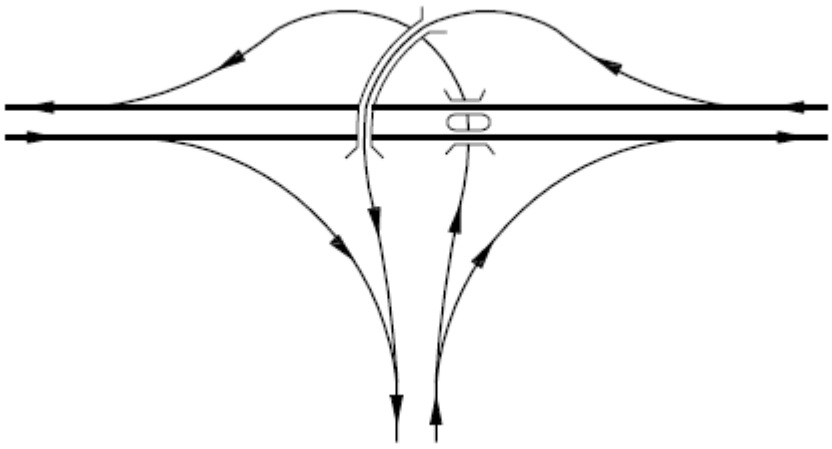


Fig. **5.6-F**

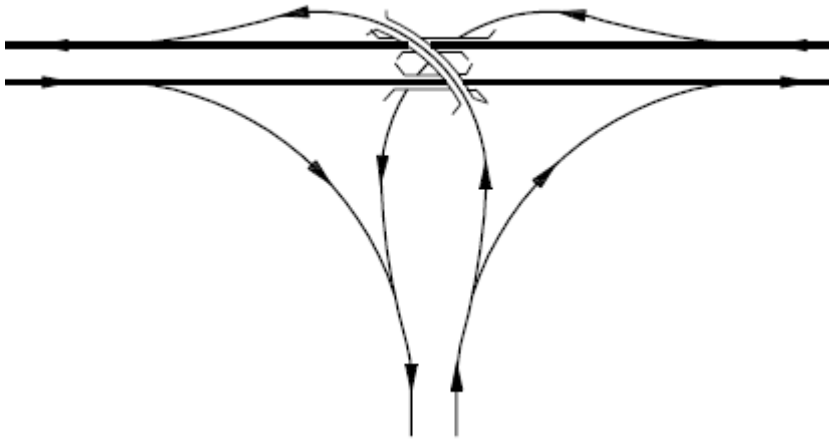


Fig. **5.6-G**

5.6.3. Enlaces direccionales

Cada pata está relacionada con los siguientes movimientos:

a) Al acercarse al enlace, un giro a la derecha y otro a la izquierda, ambos mediante ramales directos que se bifurcan del tronco y terminan las otras dos patas.

b) Al alejarse del enlace, el tronco se forma por confluencia de dos ramales directos procedentes de las otras dos patas, representando uno un giro a la izquierda y el otro un giro a la derecha.

La implantación de los ramales se debe plantear de manera que en ningún caso se perciban como salidas o entradas por la izquierda de corrientes de menor tráfico. Esa implantación admite varias configuraciones:

a) Si el número de carriles básicos de la pata, antes o después del enlace, es **dos**, y este número se mantiene en el ramal relacionado con el giro a la izquierda:

- Si el ramal que gira a la derecha en la divergencia tiene menos tráfico que el que gira a la izquierda, aquél puede salir de éste mediante una conexión del tipo[1] **1-N** ó **1-D**.
- Si el ramal que converge desde un giro a la izquierda hacia la convergencia tiene más tráfico que el que converge desde un giro a la derecha, éste puede salir de aquél mediante una entrada del tipo[2] **1-N**.
- Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de al menos 750 m antes de la divergencia o después de la convergencia: se estaría así en el caso **b)** descrito a continuación.
- No se consideran aceptables las configuraciones de 2 carriles que se bifurcan[3] en 2 + 2, ni las que supongan una conexión por la izquierda con menos carriles.

b) Si el número de carriles básicos antes de la bifurcación es **tres**, se seguirán los criterios de la Tabla[4] **4.12-A**.

Hay dos configuraciones:

a) Con tres obras de paso separadas y bastante esviadas[5] (Fig. **5.6-H**).

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[3] Ver los criterios para 3 carriles básicos.

[4] Cf. apartado **4.12.2**.

[5] En general, dos de ellas se pueden unificar (las que corresponden al ramal de menor radio).

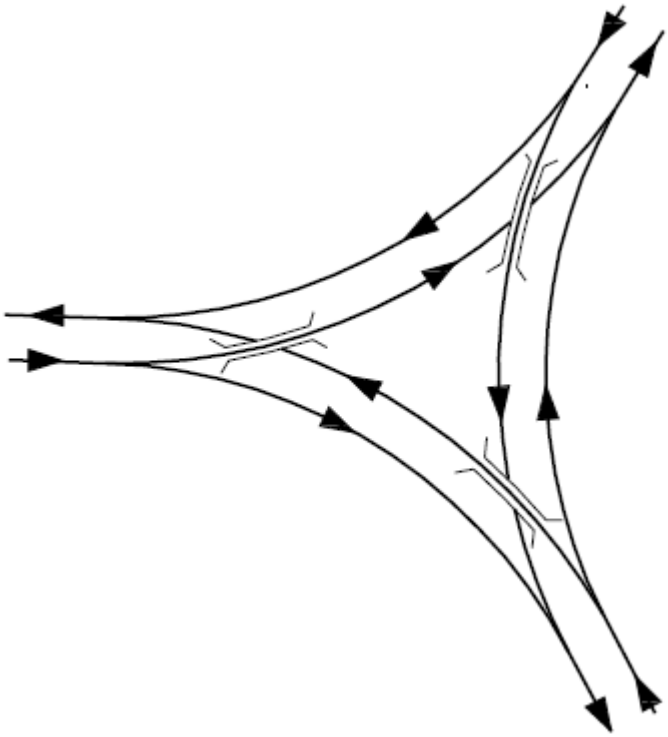


Fig. **5.6-H**

b) Con una sola obra de paso en planta, pero de tres niveles (Fig. **5.6-I**).

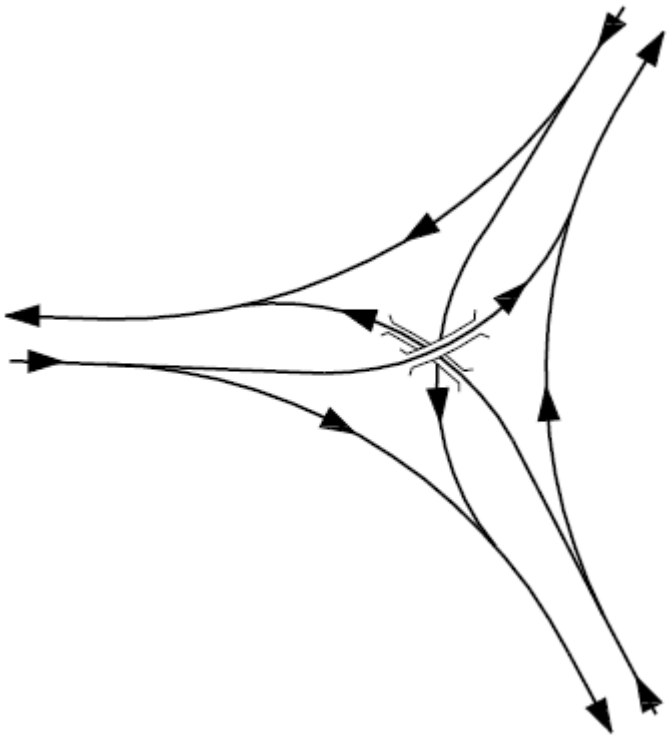


Fig. **5.6-I**

5.7 Enlaces de cuatro patas

5.7.1. Generalidades y clasificación

Generalmente, las cuatro patas se agrupan dos a dos formando dos vías[1] cuyo cruce se resuelve a desnivel:

- En el caso del cruce de dos autopistas, porque no puede haber en ellas ninguna intersección ni glorieta.
- En los demás casos interurbanos, siempre que una de las dos vías tenga una **IMD** superior[2] a 5000 veh.

A los efectos de este apartado **5.7**, dos tableros gemelos y próximos para el cruce de una vía con calzadas separadas con otra vía se contarán como una sola obra de paso.

En una carretera convencional, un enlace interurbano puede contener cruces a nivel para realizar ciertos giros, siempre que la **IMD** no sea superior[2] a 5000 veh. Se obtienen así dos tipos de enlace que sólo necesitan una obra de paso[3]:

- Los enlaces ***en diamante***[4], en los que todos los giros a la izquierda se realizan mediante ramales semidirectos que cruzan una corriente opuesta de tráfico de paso: ante esta ordenación, puede que todos los vehículos que pretendan girar a la izquierda se tengan que detener. Se ocupan los cuatro cuadrantes formados por el cruce de las dos vías.
- Los enlaces ***en trébol parcial***[5], en los que dos de los giros a la izquierda se resuelven mediante ramales semidirectos como en los enlaces *en diamante;* y los otros dos mediante ramales *en lazo*[6]. Se pueden ocupar sólo dos cuadrantes; pero entonces dos de los giros a la derecha se tienen que realizar también mediante ramales semidirectos.

Tanto los enlaces *en diamante* como los enlaces *en trébol parcial* disponen intersecciones o glorietas en la vía considerada como secundaria:

---

[1] Dos autopistas, una autopista y una carretera convencional, o dos carreteras convencionales.

[2] De acuerdo y con las excepciones indicadas en el artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

[3] A partir de una **IMD** de 3000 veh. en ella, se recomienda disponer en la carretera convencional unos carriles centrales de espera (frecuentemente adosados) para los vehículos que giren a la izquierda desde ella.

[4] Esta denominación se refiere a la forma de la planta del enlace, parecida al palo de la baraja francesa así llamado (*carreau* en francés, *diamond* en inglés). Cf. apartado **5.7.2.1**.

[5] Cf. apartado **5.7.2.2**.

[6] Los vehículos que realizan estos últimos giros no se tienen que detener ante la ordenación de un cruce.

- La distancia entre las intersecciones debe ser suficiente para alojar, en su caso, los carriles centrales de espera para los giros a la izquierda desde dicha vía.
- La distancia entre las glorietas resulta más flexible, pues en último extremo pueden ser consideradas como una glorieta doble.
- En cualquier caso, hay que tener en cuenta la normativa y los criterios del titular de la vía considerada como secundaria.

Si todos los giros a la izquierda se realizan mediante ramales *en lazo*, se tiene un enlace ***en trébol completo***[1] que, análogamente a un enlace *en diamante*, ocupa los cuatro cuadrantes y necesita sólo una obra de paso. Las dos vías que se cruzan suelen tener una importancia análoga.

Con más de una obra de paso hay enlaces ***en glorieta a distinto nivel***[2], o ***en biela***[3]; la mayoría de ellos, de aplicación predominantemente urbana o periurbana, son debidos a que los ramales *en lazo* tienen una capacidad limitada[4]. En los denominados enlaces ***en trébol modificado***[5], alguno de los giros a la izquierda (o hasta todos ellos) se resuelve mediante otros tipos de ramal de mayor capacidad; pero a medida que disminuye el número de ramales de este último tipo, aumentan el de las obras de paso o el de sus niveles.

Si además la intensidad de algún movimiento de paso es inferior a la de los movimientos de giro que divergen de él (o que convergen con él), para evitar el planteamiento de una salida (o de una entrada) por la izquierda se tiene que recurrir a ramales *semidirectos*[6] o *directos*[7].

Lo anterior subraya la necesidad de realizar estudios específicos de tráfico en relación con todos los movimientos, y especialmente con los giros a la izquierda.

5.7.2. Enlaces con una sola obra de paso

5.7.2.1. Enlaces en diamante

5.7.2.1.1. Generalidades

Este tipo de enlace entre una vía principal y otra secundaria es bastante frecuente. Todos los giros a la izquierda se resuelven mediante ramales *semidirectos*, que comparten tanto la mayor parte del propio ramal como la salida de la vía principal (o la entrada a ella) con los ramales *directos* empleados para girar a la derecha.

---

[1] Cf. apartado **5.7.2.3**.

[2] Cf. apartado **5.7.3.1**.

[3] Cf. apartado **5.7.3.2**.

[4] Entre 1000 y 1500 veh. lig. eq./h

[5] Cf. apartado **5.7.3.3**.

[6] Eso sólo ocurre en un extremo del ramal.

[7] Ocurre en ambos extremos.

En la vía secundaria se forman:

- Dos parejas de intersecciones *en **T*** enfrentadas, o bien
- Dos glorietas (las *pesas*).

5.7.2.1.2. Diamantes normales

En los enlaces *en diamante normal* (Fig. **5.7-A**), en la vía secundaria se forman dos parejas de intersecciones *en **T*** enfrentadas[1], con prioridad fija o reguladas por semáforos.

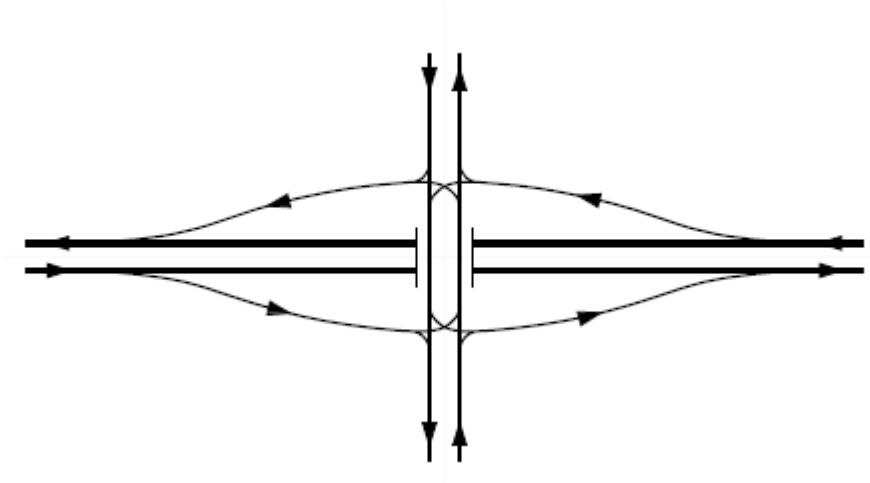


Fig. **5.7-A**

En una zona urbana o periurbana cuya circulación está regulada por semáforos:

- Se puede considerar como un mínimo absoluto una distancia de 100 m entre los ejes de las parejas de intersecciones *en **T***: proporciona unos 70 m de almacenamiento.
- Una distancia mayor de 140 m permite no disponer adosados los carriles centrales: con lo que puede resultar menor la anchura del tramo de la vía secundaria correspondiente a la obra de paso; pero la ocupación del enlace resulta mayor.
- Si la longitud necesaria para el almacenamiento de un giro a la izquierda resulta muy grande, se puede recurrir a alguna de las soluciones siguientes:
  - Hacer que el primer[2] carril central de espera comience antes de la primera intersección en **T**: lo cual requiere que el comienzo del carril adicional resulte muy claramente perceptible; de lo contrario se pueden favorecer las entradas en sentido contrario al ramal de salida de la vía principal.

[1] Se recomienda que la implantación de las intersecciones sea lo más perpendicular posible a la vía secundaria.

[2] En el sentido de la marcha.

- Si relativamente cerca hay otra obra de paso que cruce la vía principal, y ésta está dotada de vías colectoras - distribuidoras, el giro a la izquierda desde la vía secundaria hacia una de ellas se puede resolver girando primero a la derecha hacia la otra, para luego incorporarse a aquélla a través de la citada obra de paso, en la que se gira dos veces a la izquierda.
- Disponer dos carriles centrales en vez de uno: pero esto indica que el tipo de enlace no es el más adecuado, y que se debería adoptar, por ejemplo, un enlace *en diamante con pesas.*

En un ramal de salida desde la vía principal hacia la secundaria, la causa más frecuente de problemas es una insuficiencia del almacenamiento para los vehículos que giran a la izquierda: la longitud necesaria se puede deducir de un estudio del tráfico.

5.7.2.1.3. Diamantes partidos

Una pareja de enlaces relativamente próximos se puede combinar en un solo enlace *en diamante partido*, especialmente en zonas urbanas donde la vía principal se conecte con una red de calles de sentido único[1] (Fig. **5.7-B**) separadas entre 100 y 200 m. Unas vías de servicio, generalmente de sentido único, conectan las dos mitades del *diamante partido*.

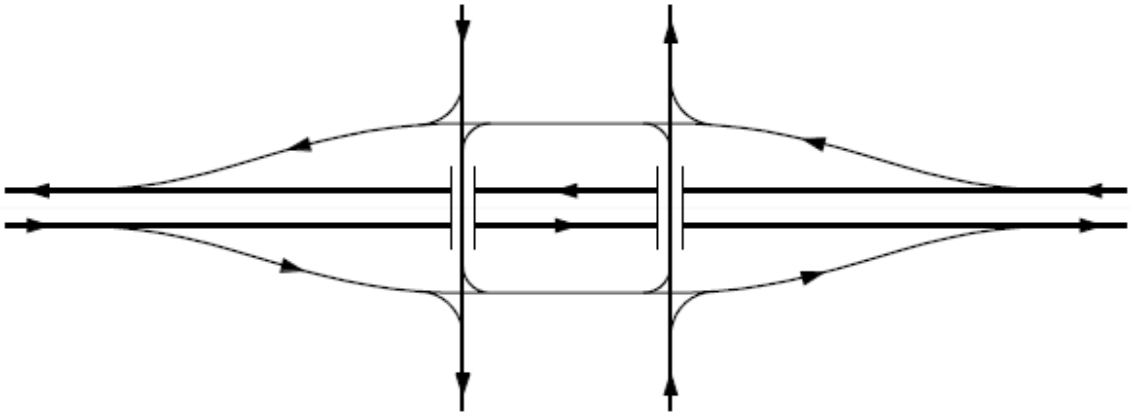


Fig. **5.7-B**

5.7.2.1.4. Diamantes compactos

Se trata de un enlace urbano en el que se combinan las dos parejas de intersecciones *en **T*** de un enlace *en diamante normal*, en una sola intersección regulada por semáforos (Fig. **5.7-C**).

[1] Aunque en este caso los vehículos que giren a la izquierda desde la vía principal pueden tener que recorrer tres intersecciones.

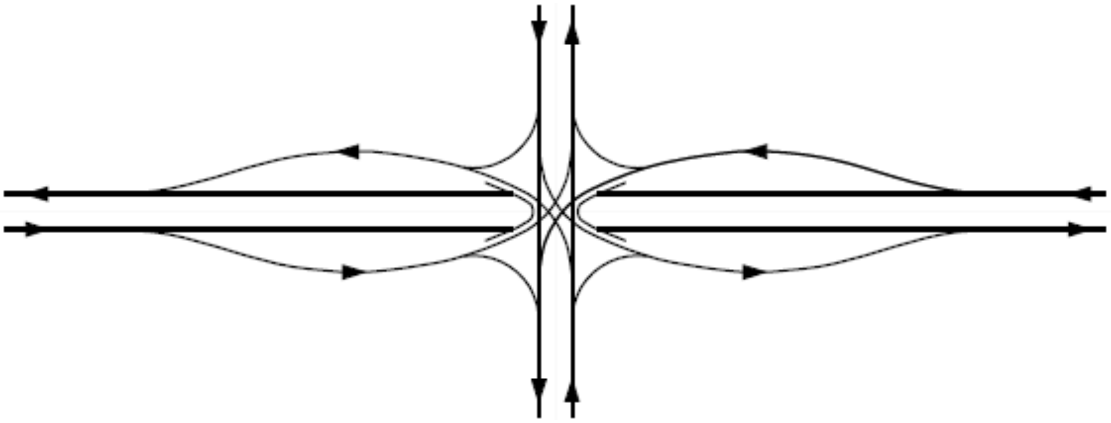


Fig. **5.7-C**

Los giros a la derecha se segregan de los giros a la izquierda antes de llegar a la vía secundaria, o se unen al ramal después de salir de ella, a menudo a una distancia mayor que en un enlace *en diamante normal*.

La vía secundaria se suele disponer encima de la principal.

Se puede prescindir de la *falsa mediana* para alojar los carriles centrales de espera, y recurrir al empleo de fases especiales en el ciclo del semáforo.

5.7.2.1.5. Diamantes *con pesas*

En un enlace *en diamante con pesas* (Fig. **5.7-D**) se sustituyen las parejas de intersecciones *en* ***T*** enfrentadas propias de un enlace *en diamante normal*, por sendas glorietas[1] conectadas por un tramo de unión.

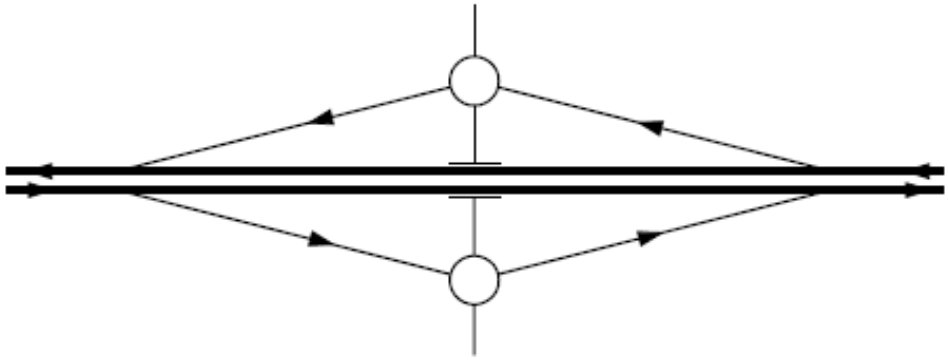


Fig. **5.7-D**

Si la intensidad del tráfico lo justifica, se recomienda que el tramo de unión entre ambas glorietas tenga dos calzadas, una para cada sentido de circulación, separadas por una mediana física provista de una barrera de seguridad.

[1] E incluso miniglorietas.

5.7.2.2. Enlaces en trébol parcial

5.7.2.2.1. Generalidades

Dos de los giros a la izquierda se resuelven mediante ramales semidirectos como en los enlaces *en diamante;* y los otros dos mediante ramales *en lazo*[1]. Es necesario comprobar la capacidad de esos ramales para alojar los giros.

Los ramales para los giros a la izquierda comparten tanto la mayor parte del propio ramal como la salida de la vía principal (o la entrada a ella) con los ramales directos empleados para girar a la derecha.

5.7.2.2.2. Tréboles parciales de dos cuadrantes

En la vía secundaria se forman:

- Dos intersecciones canalizadas *en **T*** , cuya circulación se suele ordenar mediante prioridad fija, o mediante un semáforo si la zona es urbana; o bien
- Dos glorietas (*en pesa*).

La separación más conveniente, a lo largo de la vía secundaria, entre los ejes de las intersecciones *en **T*** o entre los centros de las glorietas *en pesa*, depende:

- De la intensidad de la circulación.
- De los radios de los ramales *en lazo*.
- De la anchura de la vía principal.

La separación recomendada es del orden de 250 m.

En un enlace *en trébol parcial de dos cuadrantes* del tipo **A**, los giros a la izquierda desde la vía principal se resuelven mediante ramales semidirectos; y desde la vía secundaria, mediante unos lazos (Fig. **5.7-E**). Los giros a la derecha desde la vía secundaria también se resuelven mediante ramales semidirectos.

[1] Los vehículos que realizan estos últimos giros no se tienen que detener ante la ordenación de un cruce.

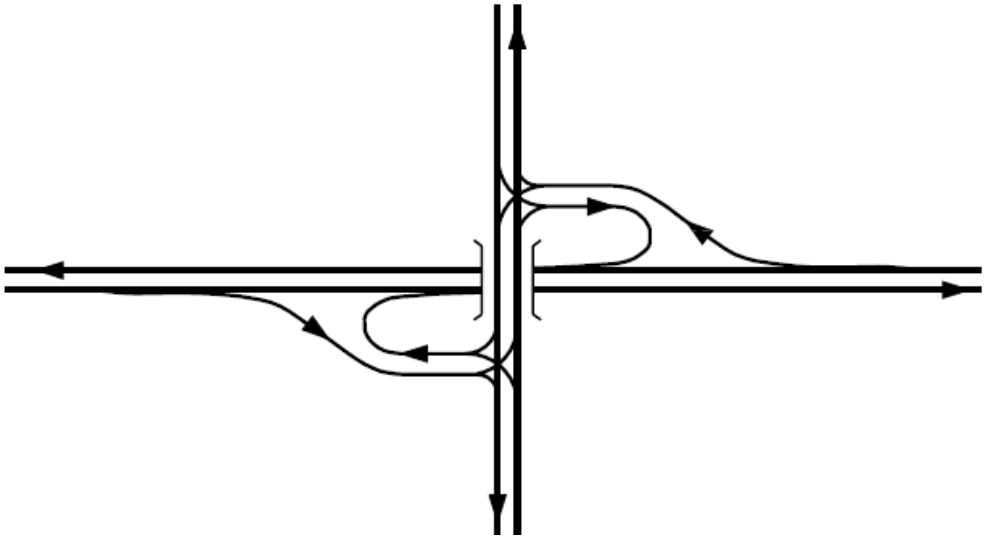


Fig. **5.7-E**

En un enlace *en trébol parcial de dos cuadrantes* del tipo **B**, los giros a la izquierda desde la vía secundaria se resuelven mediante ramales semidirectos; y desde la vía principal, mediante ramales *en lazo* (Fig. **5.7-F**). Los giros a la derecha desde la vía principal también se resuelven mediante ramales semidirectos.

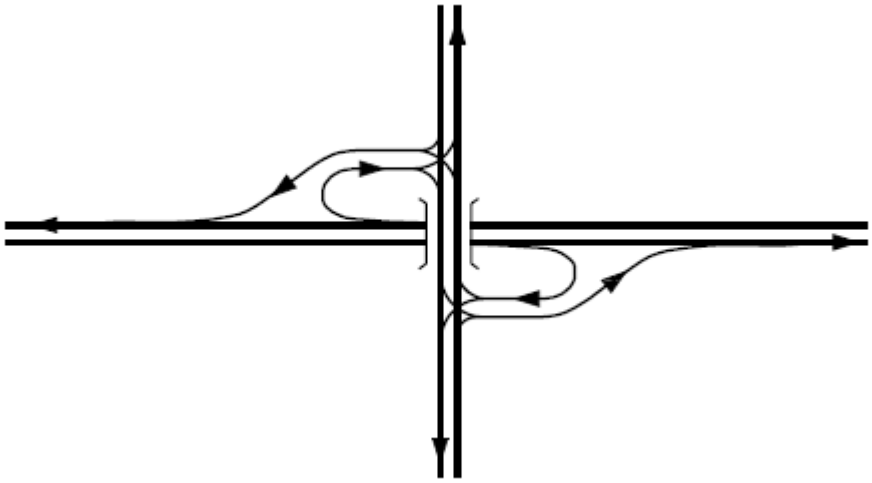


Fig. **5.7-F**

Se pueden combinar ambos tipos de *trébol parcial* (**A** y **B**) en otro (tipo **C**) (Fig. **5.7-G**). Entre los dos ramales *en lazo* queda un corto tramo de trenzado, que suele requerir un carril adicional.

Se recomienda disponer una *falsa mediana* en la vía secundaria, incluso si el tráfico en ella es escaso.

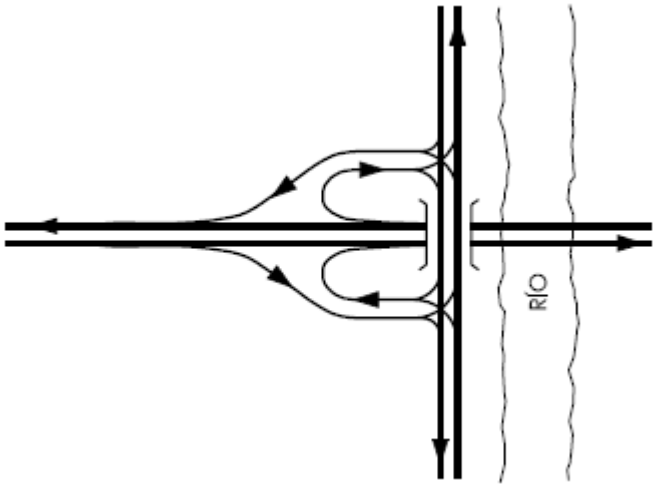


Fig. **5.7-G**

5.7.2.2.3. Tréboles parciales de cuatro cuadrantes

Puede resultar conveniente resolver los giros a la derecha desde la vía secundaria hacia la principal mediante ramales directos, en vez de semidirectos como en los *tréboles parciales de dos cuadrantes*, donde concurran las circunstancias siguientes:

- Que la vía secundaria esté dotada de carriles de espera para los giros a la izquierda.
- Que persistan las razones[1] para no resolver todos los giros a la izquierda mediante ramales en lazo: por lo que la morfología sigue siendo *en trébol parcial* y no *en trébol completo*.

En la vía secundaria se forman:

- Dos salidas para girar a la derecha hacia la vía principal, cerca de dos intersecciones canalizadas *en **T*** , cuya circulación se suele ordenar mediante prioridad fija, o mediante un semáforo si la zona es urbana; o bien
- Dos glorietas (*en pesa*).

En un enlace *en trébol parcial de cuatro cuadrantes* del tipo **A**, se introducen unos ramales directos para girar a la derecha desde la vía secundaria (Fig. **5.7-H**). En cada calzada de la vía principal aparece una segunda entrada, situada después de la obra de paso y que, salvo justificación en contrario, se unificará con la otra entrada mediante una vía colectora - distribuidora.

[1] Por ejemplo, que no quepa un ramal *en lazo* en el cuadrante ocupado por el nuevo ramal directo para girar a la derecha.

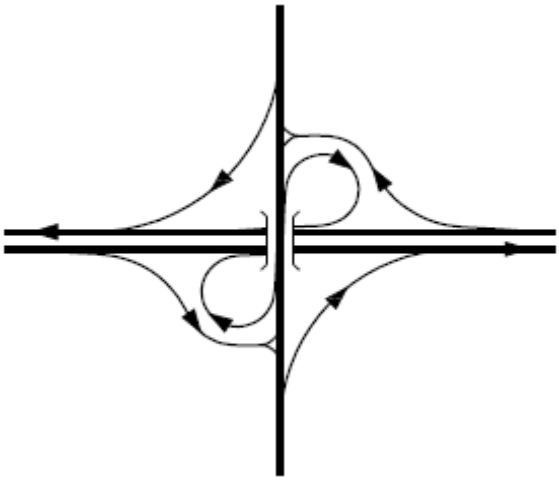


Fig. **5.7-H**

Los giros a la izquierda desde la vía secundaria se hacen mediante ramales *en lazo*. Los giros a la izquierda desde la vía principal se realizan a través de las intersecciones *en **T*** situadas en la secundaria.

Análogamente a lo que ocurre en el tipo **A**, si se introducen unos ramales directos para girar a la derecha, pero esta vez desde la vía principal, se obtiene un *trébol parcial de cuatro cuadrantes* del tipo **B** (Fig. **5.7-I**). En cada calzada de ésta aparece una segunda salida, situada antes de la obra de paso y que, salvo justificación en contrario, se unificará con la otra salida mediante una vía colectora - distribuidora.

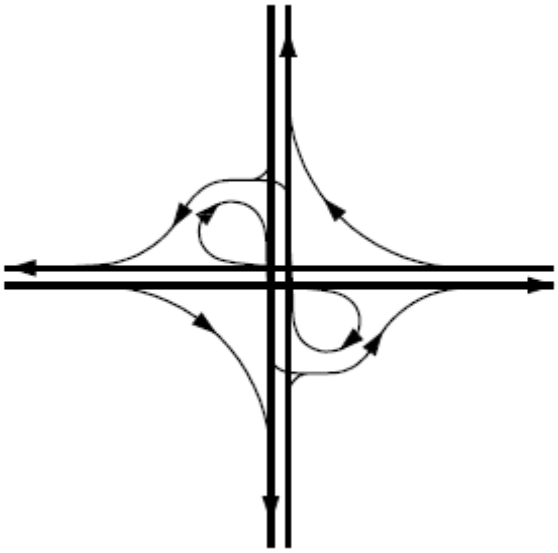


Fig. **5.7-I**

Los giros a la izquierda desde la vía principal se hacen mediante ramales *en lazo*. Los giros a la izquierda desde la vía secundaria se realizan a través de unas intersecciones *en **T***.

5.7.2.3. Enlaces en trébol completo

Si las dos vías que se cruzan tienen una importancia análoga, y todos los giros a la izquierda se realizan mediante ramales *en lazo*, se tiene un enlace *en trébol completo* (Fig. **5.7-J**). Los giros a la derecha se resuelven mediante ramales directos.

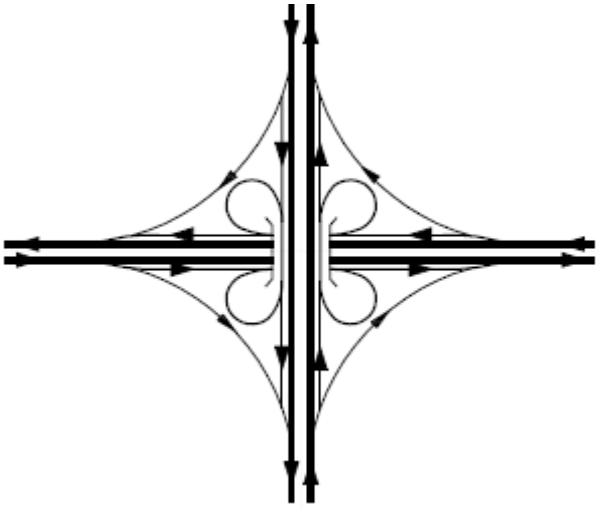


Fig. **5.7-J**

Este tipo de enlace y sus derivados[1] puede no resultar adecuado si es muy intenso el tráfico que gira a la izquierda. Es imprescindible disponer en ambas vías unas colectoras - distribuidoras que eviten que el corto tramo de trenzado que hay entre dos ramales *en lazo* adyacentes afecte directamente al funcionamiento del tronco. Asimismo, para evitar que afecte al funcionamiento de la vía colectora - distribuidora, es imprescindible que se disponga en ella un carril adicional. La introducción de las vías colectoras - distribuidoras conduce a estructuras de paso de gran luz y anchura; en estos casos, se recomienda ensanchar las tercianas a fin de que las obras de paso del tronco estén separadas de las correspondientes a las vías colectoras - distribuidoras.

5.7.3. Enlaces con más de una obra de paso

5.7.3.1. Glorieta a distinto nivel

En este tipo de enlace, la vía secundaria cruza la principal (con dos obras de paso) mediante una calzada anular situada a un nivel distinto que la principal, cuya continuidad no se interrumpe (Fig**. 5.7-K**).

Para simplificar la conducción se aconseja que entre las dos soluciones posibles se adopte, además de la más funcional y económica, la más utilizada en el itinerario.

---

[1] Cf. apartado **5.7.3.3**.

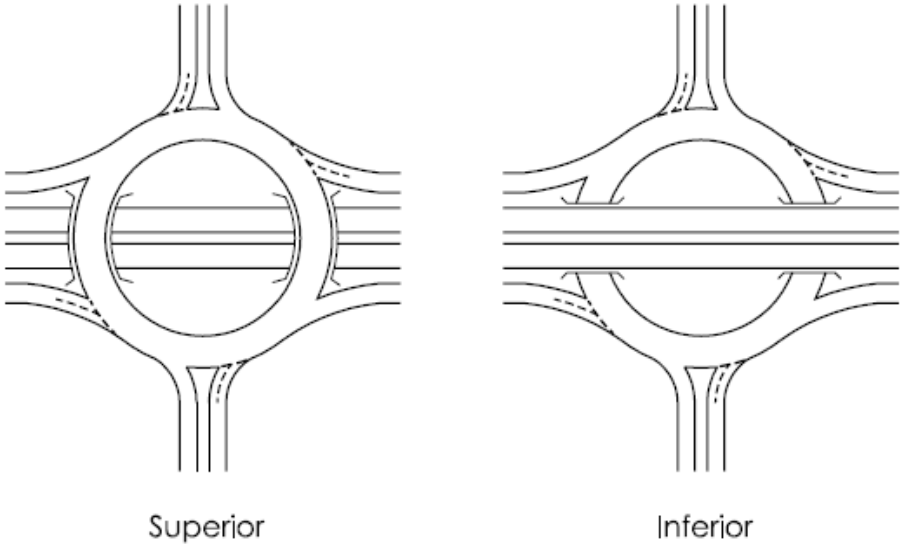


Fig. **5.7-K**

5.7.3.2. Enlaces en biela

En estos tipos de enlace se establece un tramo de unión entre dos enlaces de tres patas[1], cada uno de los cuales está situado en una de las dos vías, formadas cada una de ellas por dos de las cuatro patas agrupadas dos a dos (Fig. **5.7-L**). El cruce de las dos vías también se resuelve a desnivel, pero en sus inmediaciones no hay ramales.

El tramo de unión entre los dos enlaces de tres patas debe tener calzadas separadas para cada sentido de circulación, separadas por una mediana física provista de una barrera de seguridad.

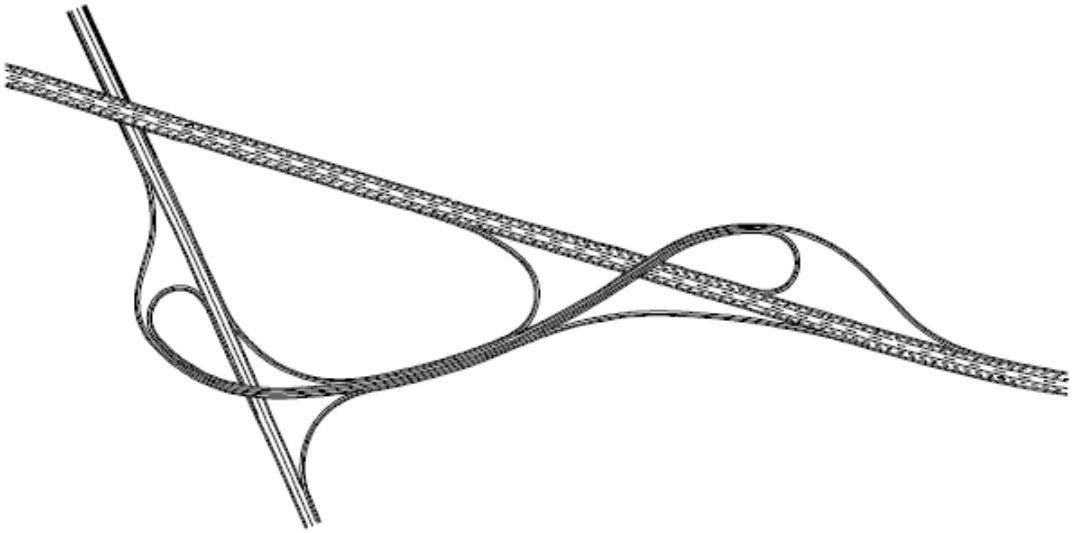


Fig. **5.7-L**

[1] Generalmente *en trompa*.

5.7.3.3. Enlaces en trébol modificado

5.7.3.3.1. Generalidades

En los denominados enlaces *en trébol modificado*, alguno de los giros a la izquierda se resuelve mediante otros tipos de ramal de mayor capacidad que el ramal *en lazo*.

Se trata de enlaces complejos, propios de zonas urbanas y sobre todo periurbanas, que tienen que alojar tráficos muy intensos y requieren numerosas obras de paso[1] y el empleo de vías colectoras - distribuidoras[2].

Las salidas y entradas suelen ser únicas y compartidas por los giros a la izquierda y a la derecha. Donde haya dos conexiones próximas, hay que analizar la conveniencia de disponer una vía colectora - distribuidora.

Al analizar los esquemas que ilustran este apartado, hay que tener en cuenta que las divergencias y las convergencias de los ramales se deben plantear de manera que en ningún caso se puedan percibir como salidas o entradas por la izquierda de corrientes de menor tráfico: a ello deben contribuir también la señalización horizontal y vertical.

Puede haber varias configuraciones:

a) Si el número de carriles de un ramal es **uno**:

- En una divergencia, si el ramal se prolonga en dos ramales de un carril:
  - Si el ramal de la izquierda tiene más tráfico que el de la derecha, este último puede salir de aquél mediante una salida del tipo[3] **1-N** ó **1-D**.
  - En caso contrario, se puede considerar la posibilidad de disponer una salida del tipo[4] **1-B** ó **1-P**.
  - Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de más de 250 m antes de la divergencia: se estaría así en el caso **b)** descrito a continuación.
- En una convergencia, si el ramal tiene su origen en dos ramales de un carril:
  - Si el ramal de la izquierda tiene más tráfico que el de la derecha, este último puede salir de aquél mediante una entrada del tipo[5] **1-N**.

---

[1] Tantas más, cuantos más ramales *en lazo* se sustituyan.

[2] Estas vías colectoras - distribuidoras no se representan en los esquemas que ilustran este apartado.

[3] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[5] Cf. apartado **3.2.5.4**.

- En caso contrario, se puede considerar la posibilidad de disponer una entrada del tipo[1] **1-P**.
- Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de más de 250 m después de la convergencia: se estaría así en el caso **b)** descrito a continuación.

b) Si el número de carriles de un ramal es **dos**:

- Si el ramal accede a una divergencia por la derecha tiene menos tráfico que el que accede por la izquierda, aquél puede salir de éste mediante una conexión del tipo[2] **1-N** ó **1-D**.
- Si el ramal que accede a una convergencia por la izquierda tiene más tráfico que el que accede por la derecha, éste puede salir de aquél mediante una entrada del tipo[3] **1-N**.
- Si hay sitio para ello, se puede disponer un carril adicional a lo largo de al menos 250 m antes de la divergencia o después de la convergencia: se estaría así en el caso **c)** descrito a continuación.
- No se consideran aceptables las configuraciones de 2 carriles que se bifurcan[4] en 2 + 2, ni las que supongan una conexión por la izquierda con menos carriles.

c) Si el número de carriles básicos antes de la bifurcación es **tres**, se seguirán los criterios de la Tabla[5] **4.12-A**.

En los apartados **5.7.3.3.2** a **5.7.3.3.5** esta Guía se limita a esquematizar[6] este tipo de enlaces y a describir sus características principales; no se entra en tanto detalle como para los tipos de nudo descritos hasta aquí.

5.7.3.3.2. Un solo giro a la izquierda predominante

Si sólo uno de los giros a la izquierda no puede ser alojado en un ramal *en lazo*, se necesitan dos obras de paso adicionales, utilizando:

a) Un ramal *en círculo*[7], (Fig. **5.7-M**) con prácticamente la misma ocupación del terreno que un enlace *en trébol completo*.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[3] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[4] Ver los criterios para 3 carriles básicos.

[5] Cf. apartado **4.12.2**.

[6] Por ejemplo, no se han tratado las vías colectoras - distribuidoras que pudieran ser necesarias.

[7] Cf. apartado **4.5.2.1.3**.

b) Un *asa exterior*[1], con las obras de paso adicionales muy oblicuas (Fig. **5.7-N**). El ramal *en lazo* contiguo queda con un radio reducido. El enlace resulta muy compacto.

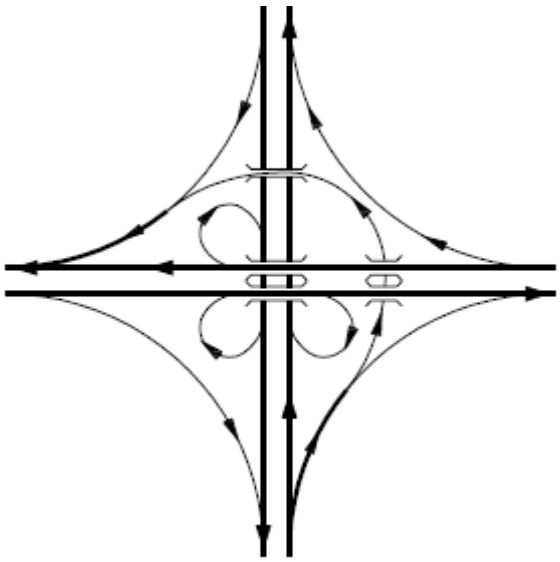


Fig. **5.7-M**

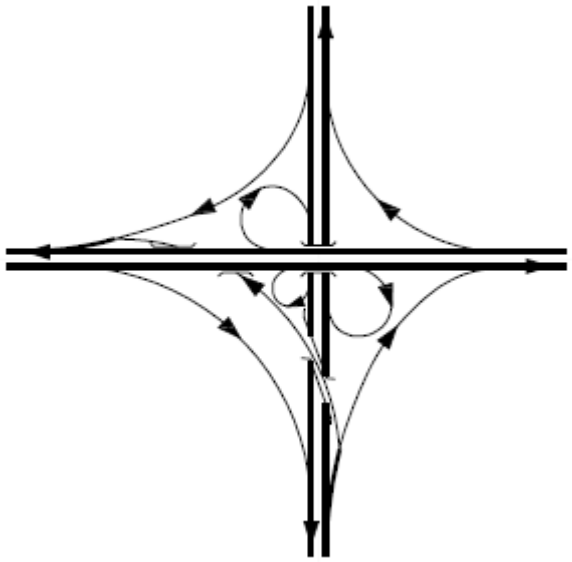


Fig. **5.7-N**

Si la intensidad del giro a la izquierda predominante, sumada a la del giro a la derecha que comparte con él la entrada al tronco, fuera superior a la intensidad del movimiento de paso por éste, se recomienda que sea el tronco el que se incorpore por la derecha a los giros combinados (Figs. **5.7-Ñ** y **5.7-O**). Ello requiere una obra de paso más, bastante esviada.

[1] Cf. apartado **4.5.2.1.2**.

5.7.3.3.3. Dos giros a la izquierda predominantes

5.7.3.3.3.1. En cuadrantes opuestos

Si los tráficos de paso son más intensos que los de los giros, se pueden emplear:

a) Dos ramales opuestos *en círculo*[1] (enlace *en media turbina*), con cuatro obras de paso adicionales[2]. (Fig. **5.7-P**). Se ocupa más sitio que con un enlace *en trébol completo*.

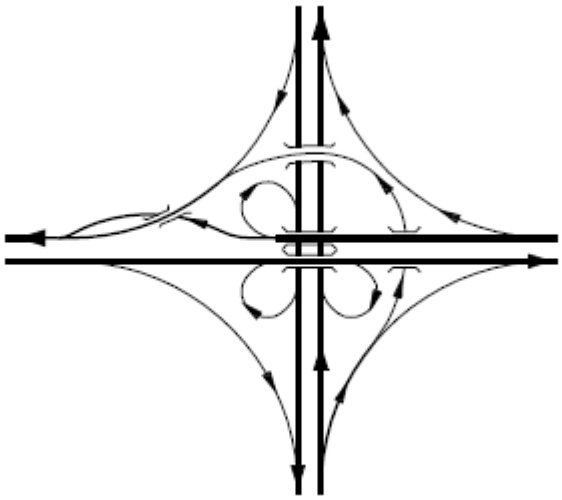


Fig. **5.7-Ñ**

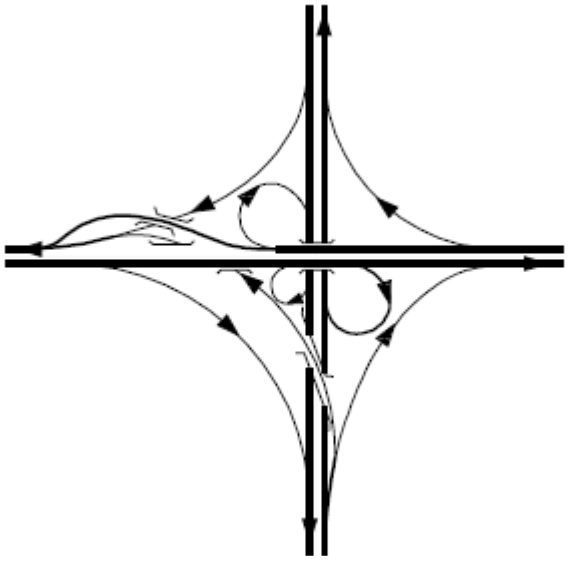


Fig. **5.7-O**

[1] Cf. apartado **4.5.2.1.3**.

[2] Si los *lazos* son muy grandes y quedan bajo los *círculos* (o encima de ellos), hay otras cuatro obras de paso (dos por cada *lazo*).

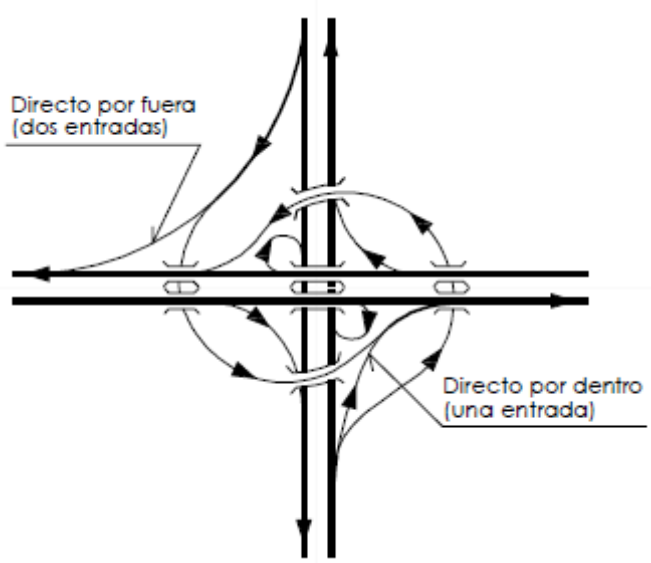


Fig. **5.7-P**

El ramal directo para el giro a la derecha que comparte con el ramal *en círculo* la salida del tronco puede divergir del ramal *en círculo*:

- Por la derecha[1], por fuera del ramal *en círculo*, dando lugar a una segunda entrada en el tronco[2]. Salvo justificación en contrario, se unificarán mediante una vía colectora - distribuidora, de manera que la entrada al tronco sea única.
- Por su izquierda, por dentro del ramal *en círculo*, si la intensidad del giro a la derecha es mayor que la del giro a la izquierda predominante que justifica el ramal *en círculo* del que diverge, pero menor que la del giro a la izquierda que justifica el otro ramal *en círculo*, con el que converge antes de entrar en el tronco por una entrada única. Se ocupa menos terreno.

b) Dos *asas exteriores*[3] opuestas (enlace *en media estrella*), con disposición *indonesia*. Hay una obra de paso de tres niveles[4] y otras cuatro más pequeñas correspondientes a los ramales *en lazo* (Fig. **5.7-Q**). El enlace resulta bastante compacto.

[1] Como corresponde a que sea predominante la intensidad del giro a la izquierda que ha justificado disponer un círculo.

[2] La primera es la del otro ramal *en círculo*.

[3] Cf. apartado **4.5.2.1.2**.

[4] Incluyendo el cruce de las dos vías.

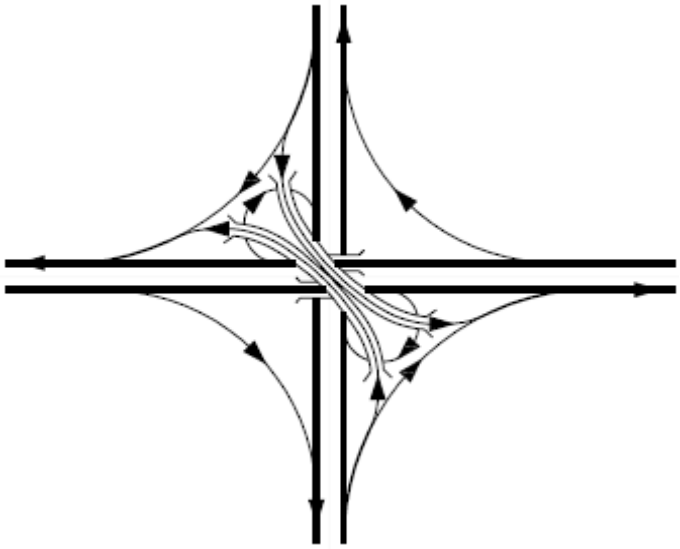


Fig. **5.7-Q**

c) Una variante de la solución anterior con dos *asas exteriores* sólo requiere dos obras de paso adicionales para los lazos; pero una de las vías que se cruzan debe describir una curva en **S** para separar los lazos del punto de cruce (Fig. **5.7-R**).

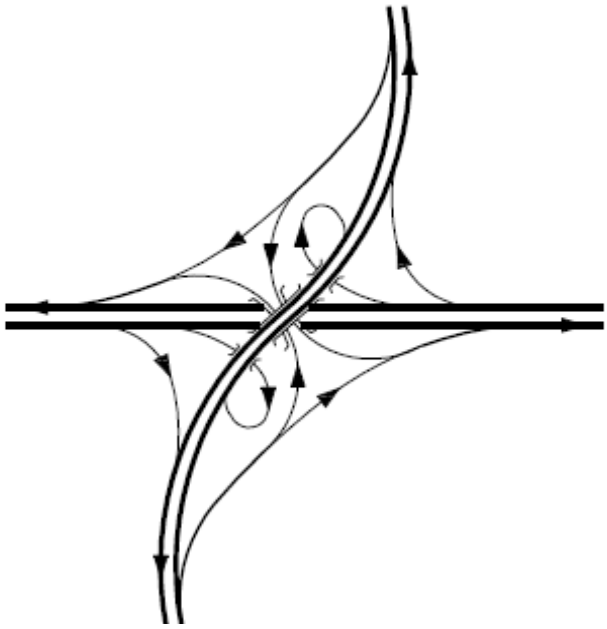


Fig. **5.7-R**

Con las soluciones descritas[1], si la intensidad de la circulación en alguno de los giros a la izquierda predominantes, sumada a la del giro a la derecha que comparte con él la entrada al tronco, fuera superior a la intensidad del movimiento de paso por éste, se recomienda que sea el tronco el que se incorpore por la derecha a los giros combinados. Ello requiere una obra de paso más, bastante esviada.

[1] *Media turbina* y *media estrella*.

Si la intensidad de los movimientos predominantes de giro a la izquierda es superior a la de los movimientos de paso, esos giros se pueden resolver:

a) Si su intensidad sólo es superior a la de los movimientos de paso de los que divergen, mediante dos ramales semidirectos (enlace *en media esvástica*, Fig. **5.7-S**) El número adicional de obras de paso es de dos, y se recomienda ensanchar la mediana para que no resulten muy esviadas. Después de la salida de cada ramal semidirecto hay dos entradas al tronco (una procedente del ramal *en lazo*[1], y la otra del ramal directo para el giro a la derecha) que, salvo justificación en contrario, se unificarán mediante una vía colectora - distribuidora para que sólo haya una sola entrada al tronco.

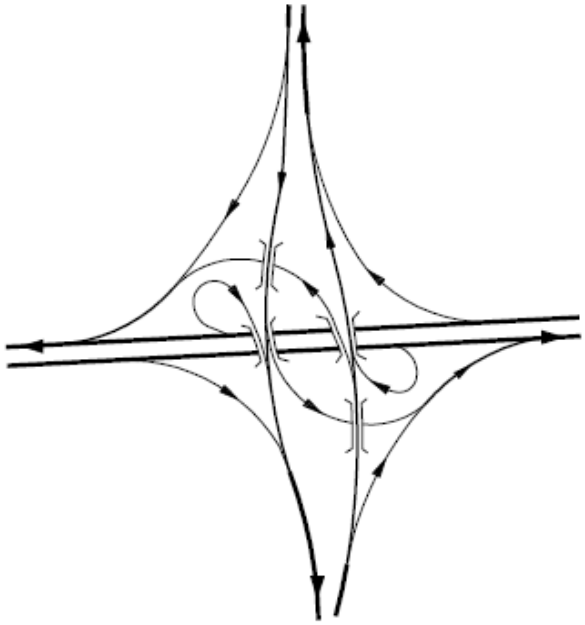


Fig. **5.7-S**

b) Una variante de la solución anterior recurre a transponer las calzadas de la vía de la que se desprenden los ramales semidirectos, mediante dos obras de paso más, bastante esviadas (Fig. **5.7-T**). El enlace resulta más compacto, y los radios de los ramales semidirectos pueden ser mayores.

[1] La entrada del lazo está muy próxima a la salida del ramal semidirecto: conviene separarlas todo lo posible aunque esto pueda complicar el tablero de la obra de cruce.

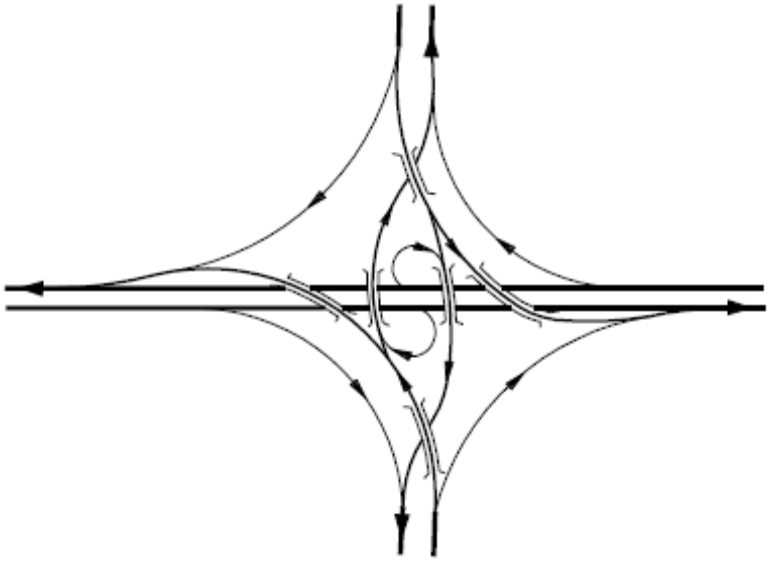


Fig. **5.7-T**

c) Si la intensidad de los dos movimientos predominantes de giro a la izquierda es superior a la de los movimientos de paso, tanto de los que divergen como de los que convergen después de haber recogido el giro a la derecha, esos movimientos predominantes se pueden resolver mediante dos ramales directos (Fig. **5.7-U**). Si también predominan sobre los movimientos de paso los movimientos de giro a la derecha opuestos a ellos, se pueden alojar conjuntamente ambos giros en sendas plataformas de doble sentido.

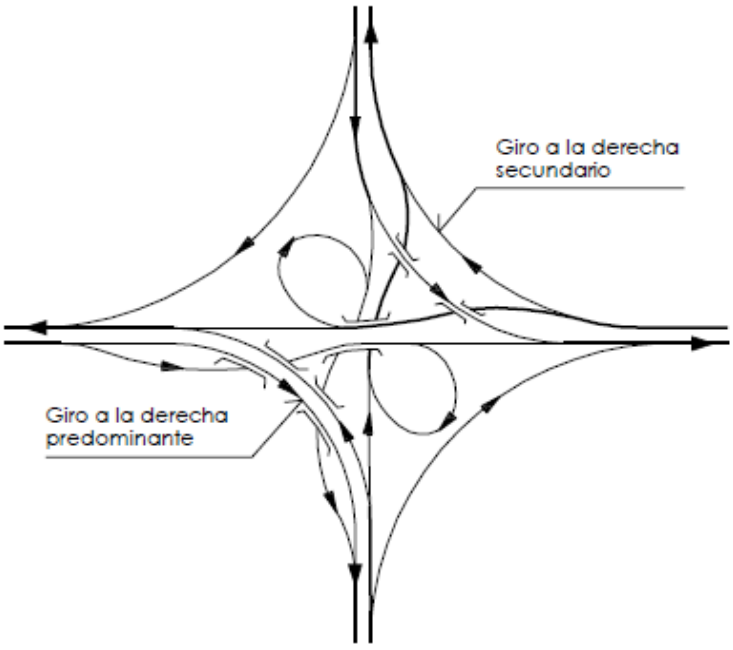


Fig. **5.7-U**

El número adicional de obras de paso es de cuatro[1], y se recomienda ensanchar ambas medianas para que no resulten muy esviadas.

5.7.3.3.3.2. En cuadrantes adyacentes

Si los tráficos de paso son más intensos que los de los giros, se pueden emplear:

a) Dos ramales contiguos *en círculo*[2] (enlace *en media turbina*), con cuatro obras de paso adicionales[3]. (Fig. **5.7-V**). Se ocupa más sitio que con un enlace *en trébol completo*.

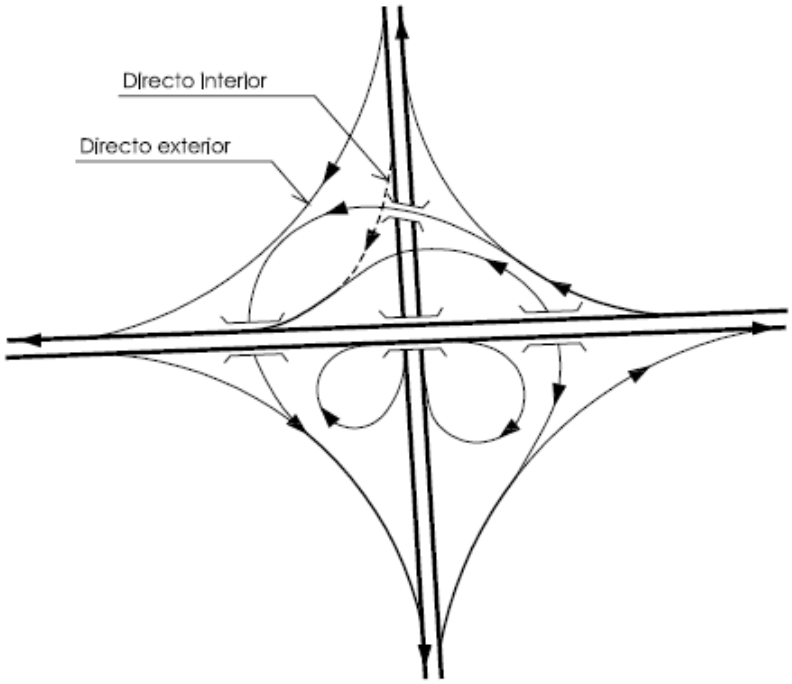


Fig. **5.7-V**

El ramal directo para el giro a la derecha que comparte un cuadrante con la parte central del más exterior de los ramales *en círculo* puede entrar al tronco:

- Directamente, por fuera del ramal *en círculo*, dando lugar a una segunda entrada en el tronco: la primera es la del ramal exterior *en círculo*. Conviene unificarlas mediante una vía colectora - distribuidora, de manera que la entrada al tronco sea única.

o A través del ramal exterior *en círculo*, por fuera de él, si la intensidad del giro a la derecha es menor que la del giro a la izquierda predominante que justifica el

---

[1] Aunque cada pareja de ellas se pueden agrupar en una sola obra de paso más larga.

[2] Cf. apartado **4.5.2.1.3**.

[3] Si los *lazos* son muy grandes y quedan bajo los *círculos*, o encima de ellos, hay otras cuatro obras de paso (dos por cada *lazo*).

ramal *en círculo* con el que converge antes de entrar en el tronco por una entrada única. Se ocupa menos terreno en ese cuadrante.

b) Un *ramal en círculo*[1] y un *asa interior*[2], con tres obras de paso adicionales, correspondiendo el ramal *en círculo* al giro más intenso. Según el tipo de *asa interior* que se emplee, en uno de los troncos hay dos salidas (Fig. **5.7-W**) o dos entradas (Fig. **5.7-X**), que conviene unificar mediante una vía colectora - distribuidora.

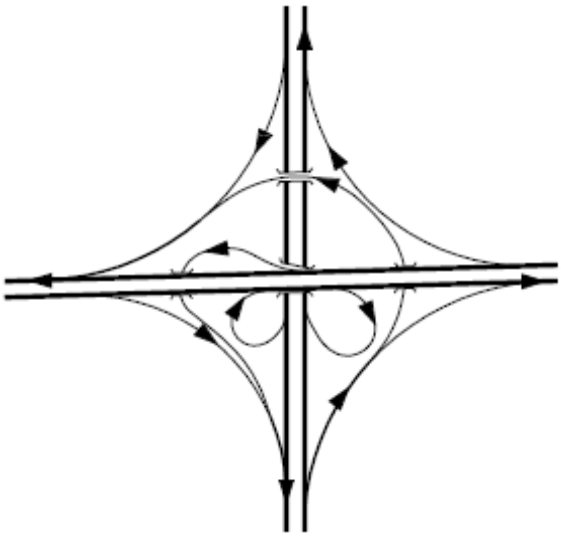


Fig. **5.7-W**

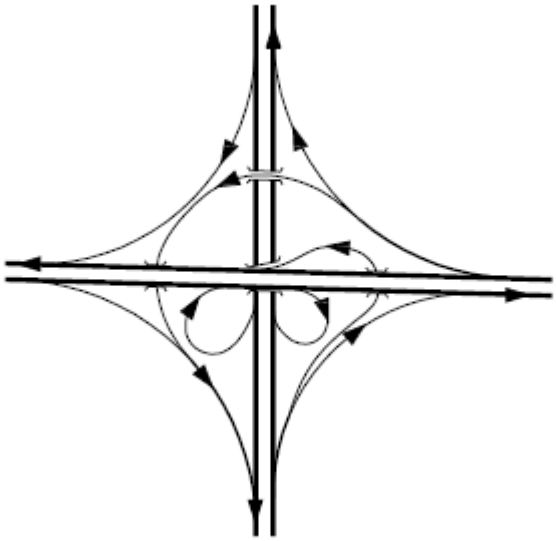


Fig. **5.7-X**

[1] Cf. apartado **4.5.2.1.3**.

[2] Cf. apartado **4.5.2.1.2**.

Con las soluciones descritas[1], si la intensidad en un ramal *en círculo*, sumada a la del giro a la derecha que comparte con él la entrada al tronco, fuera superior a la intensidad del movimiento de paso por éste, se recomienda que sea el tronco el que se incorpore por la derecha a estos giros combinados. Ello requiere una obra de paso más, bastante esviada.

c) Dos *asas interiores* (enlace *en medio molino*). Uno de los ramales *en lazo* tiene que compartir la entrada al tronco con un ramal directo para el giro a la derecha, lo cual eleva a tres el número de obras de paso adicionales; aunque la correspondiente a ese ramal en lazo puede consistir en un ensanche de la obra de cruce. Según el tipo de *asa interior* que se emplee, en uno de los troncos hay dos salidas (Fig. **5.7-Y**) o dos entradas (Fig. **5.7-Z**), que conviene unificar mediante una vía colectora - distribuidora.

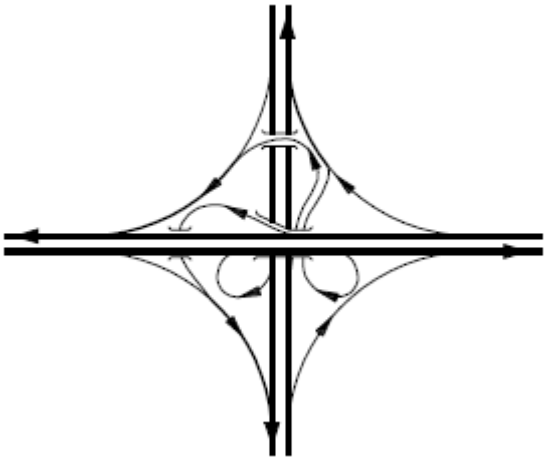


Fig **5.7-Y**

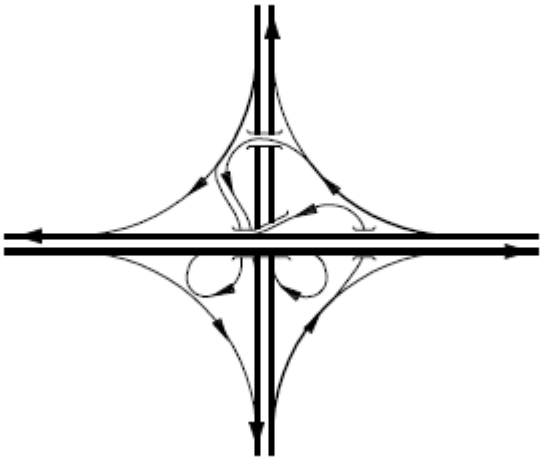


Fig. **5.7-Z**

[1] *Media turbina*, y un ramal *en círculo* más un *asa interior*.

d) Si la intensidad de los dos movimientos predominantes de giro a la izquierda es superior a la de los movimientos de paso, tanto de los que divergen como de los que convergen, esos movimientos predominantes se pueden resolver mediante dos ramales directos adyacentes (Fig. **5.7-AA**), transponiendo las calzadas de una de las vías mediante dos obras de paso bastante esviadas, y quedando los lazos entre las dos calzadas transpuestas. Además, el número de obras de paso adicionales es sólo de dos, aunque son bastante esviadas y conviene ensanchar la mediana de la vía que no se transpone para reducir la oblicuidad del cruce.

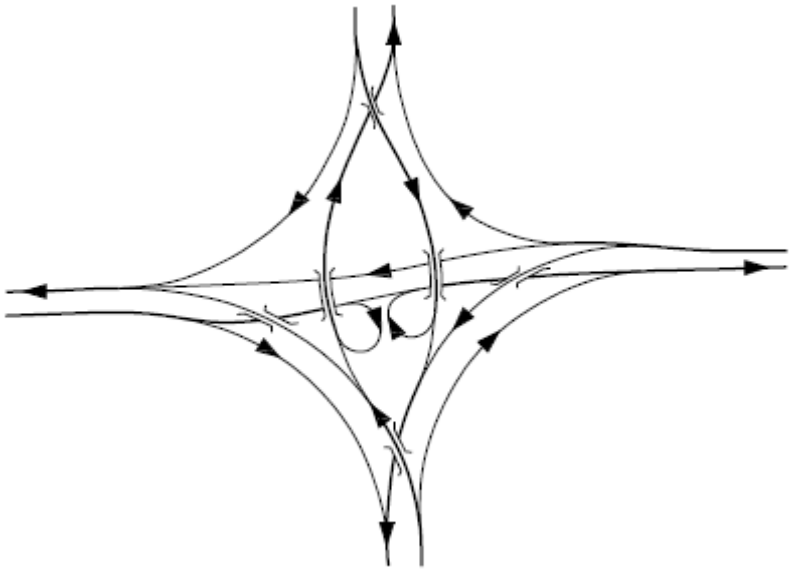


Fig. **5.7-AA**

5.7.3.3.4. Tres giros a la izquierda predominantes

Si los tráficos de paso son más intensos que los de los giros, se pueden emplear:

a) Tres ramales en círculo[1] (enlace *en triple turbina*), con diez obras de paso adicionales, aunque varias de ellas se pueden unificar (Fig. **5.7-AB**).Un ramal *en círculo* (para el giro a la izquierda opuesto al resuelto con el ramal *en lazo*) y dos *asas exteriores*[2] (Fig. **5.7-AC**). Hay seis obras de paso adicionales, y la de cruce pasa a tener tres niveles.

[1] Cf. apartado **4.5.2.1.3**.

[2] Cf. apartado **4.5.2.1.2**.

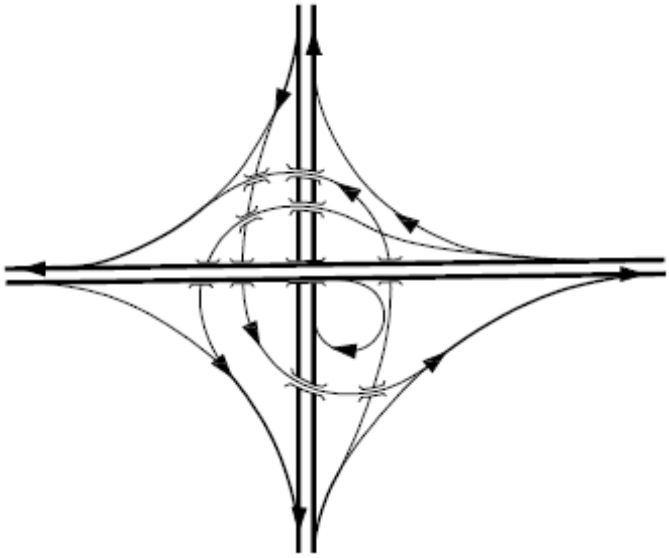


Fig. **5.7-AB**

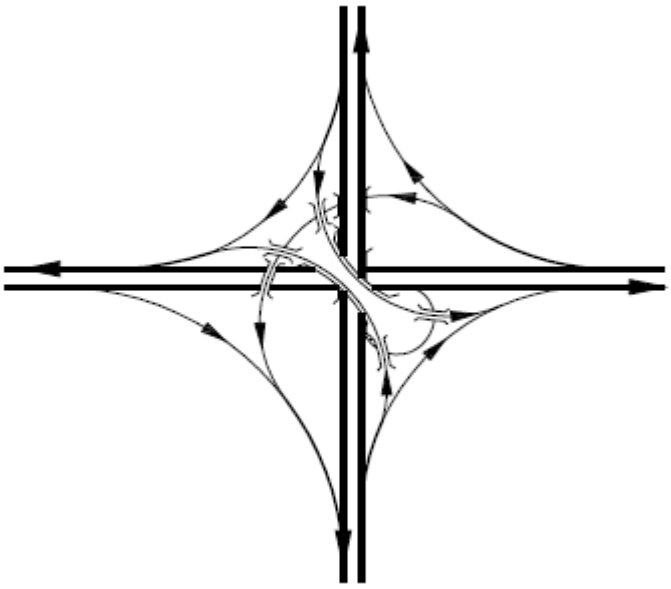


Fig. **5.7-AC**

b) Tres *asas exteriores*[1] (Fig. **5.7-AD**), dos de ellas en disposición *indonesia* sobre el cruce de las vías, cuya obra de paso pasa a tener tres niveles. Esto da origen a un enlace muy compacto.

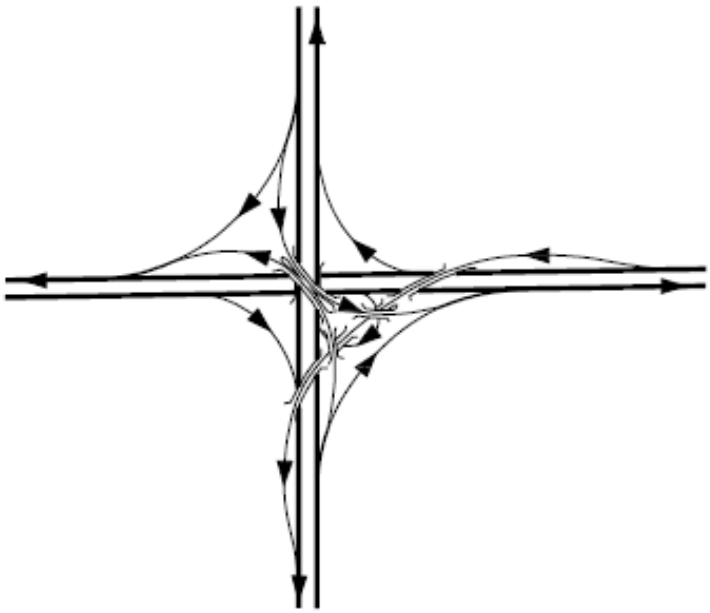


Fig. **5.7-AD**

El número de obras de paso adicionales es de cuatro (dos de ellas de tres niveles y las otras dos muy esviadas)[1].

Si la intensidad de dos de los movimientos predominantes de giro a la izquierda es superior a la de los movimientos de paso:

a) Si esos dos giros a la izquierda divergen de las dos calzadas de una misma vía, y su intensidad sólo es superior a la de los movimientos de paso de los que divergen, se pueden resolver mediante dos ramales *semidirectos* (Fig. **5.7-AE**). El número adicional de obras de paso es de tres[2], y se recomienda ensanchar la mediana para que no resulten muy esviadas. El tercer giro a la izquierda predominante, opuesto al ramal *en lazo*, se puede resolver con un *asa interior* que da origen a una segunda salida del tronco[3], que conviene unificar con la primera salida mediante una vía colectora - distribuidora.

[1] Se pueden unificar con las contiguas, y se pueden prolongar las obras de paso de las dos *asas exteriores indonesias*. Entonces la obra de paso adicional se reduce a una sola, correspondiente a la tercera *asa exterior*.

[2] Dos de ellas se pueden unificar.

[3] La primera corresponde al ramal directo para girar a la derecha.

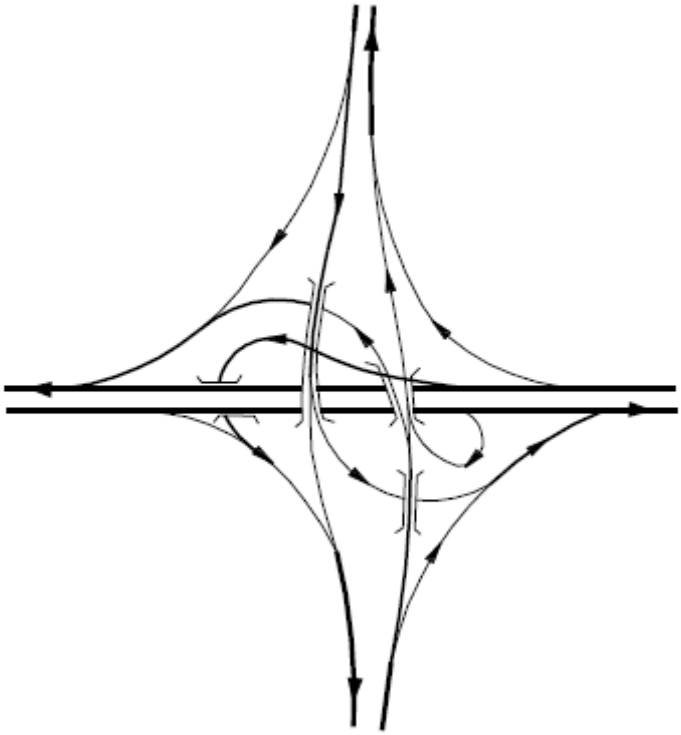


Fig. **5.7-AE**

b) Si dos de los movimientos predominantes de giro a la izquierda, que salgan y entren de la misma calzada de una de las vías, tienen una intensidad inferior a la del movimiento de paso en esa vía, pero dicha intensidad es superior a la de los movimientos de paso de la otra vía con la que convergen o divergen respectivamente, esos giros se pueden resolver mediante dos ramales *semidirectos* (Fig. **5.7-AF**), transponiendo las calzadas de la segunda vía mediante dos obras de paso bastante esviadas, y quedando el lazo entre las dos calzadas transpuestas. El tercer giro a la izquierda predominante se puede resolver mediante un ramal *en círculo*. Además, el número de obras de paso adicionales es sólo de cuatro[1], aunque bastante esviadas.

[1] Se pueden unificar las dos correspondientes al cruce del ramal *en círculo* con las calzadas transpuestas.

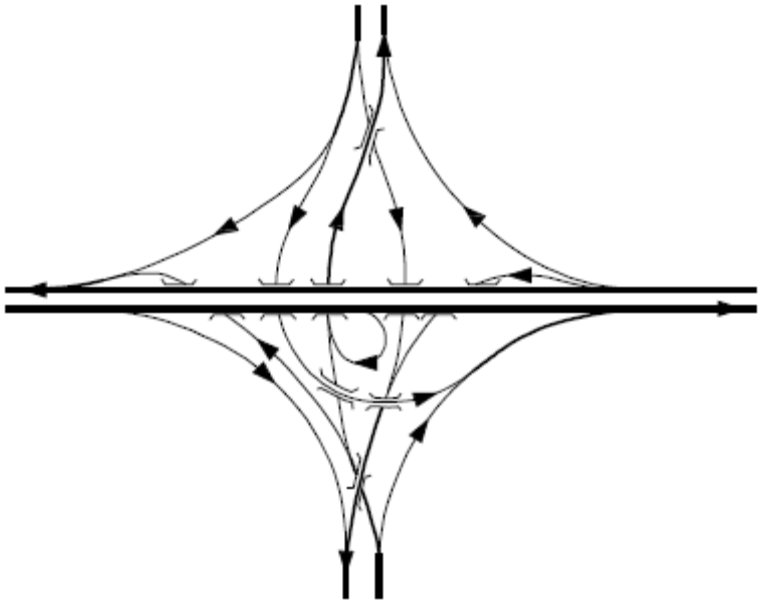


Fig. **5.7-AF**

5.7.3.3.5. Todos los giros a la izquierda predominantes

Si el tráfico de paso predomina sobre el de los giros, para resolver los giros a la izquierda se pueden emplear, por orden creciente de capacidad:

a) Unas *asas interiores*[1] (enlace *en molino completo*) (Fig. **5.7-AG**). El número de obras de paso adicionales es de cuatro. Según el tipo de *asa interior* que se emplee, se tendrán dos entradas o dos salidas en cada vía, que conviene unificar mediante una vía colectora - distribuidora.

[1] Cf. apartado **4.6.1.2.2**.

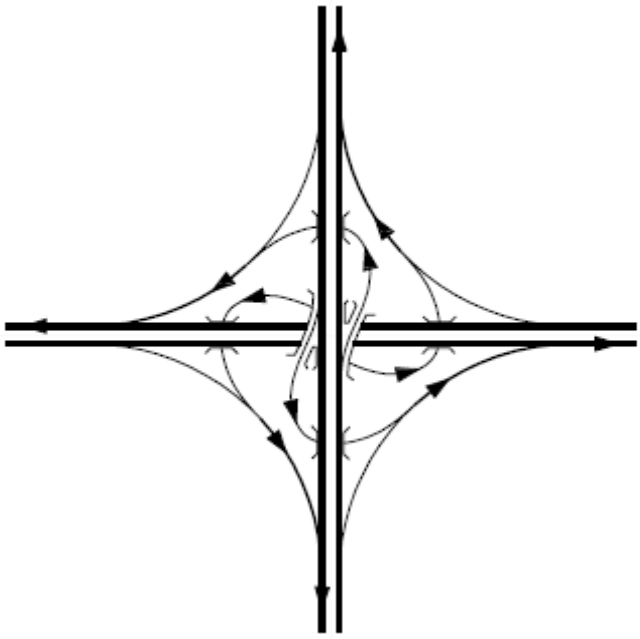


Fig. **5.7-AG**

b) Unos ramales *en círculo*[1] (*turbina completa*), con las conexiones compartidas con los ramales directos para girar a la derecha (Fig. **5.7-AH**) o no (Fig. **5.7-AI**); en este último caso, los ramales directos para girar a la derecha están dispuestos interiormente, y resulta casi imprescindible disponer unas vías colectoras - distribuidoras. El número de obras de paso adicionales es de dieciséis, aunque varias de ellas se pueden unificar.

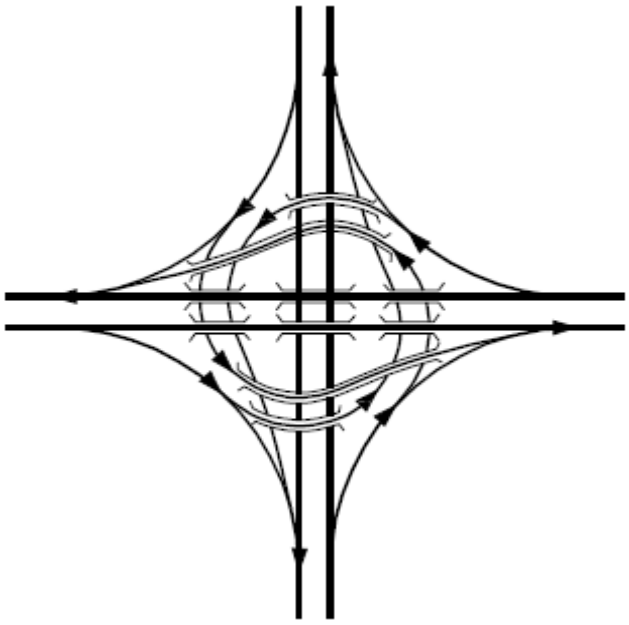


Fig. **5.7-AH**

[1] Cf. apartado **4.6.1.2.3**.

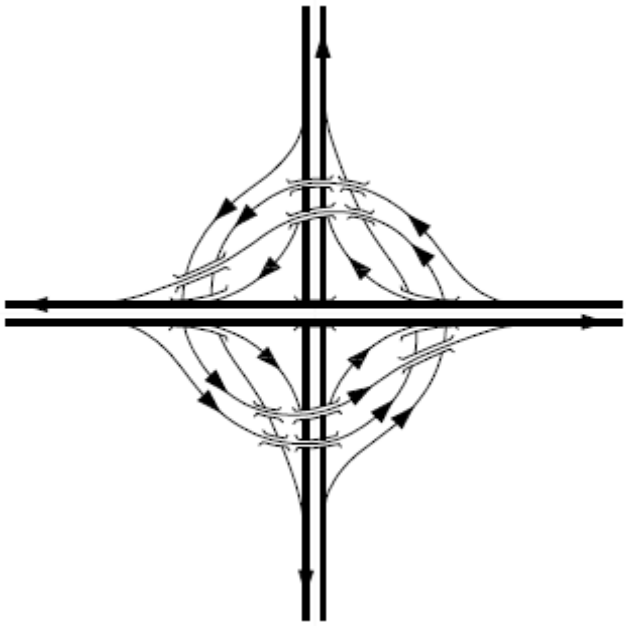


Fig. **5.7-AI**

c) Unas *asas exteriores* (enlace *en estrella indonesia*) (Fig. **5.7-AJ**), con una sola obra de paso de cuatro niveles, y un enlace muy compacto.

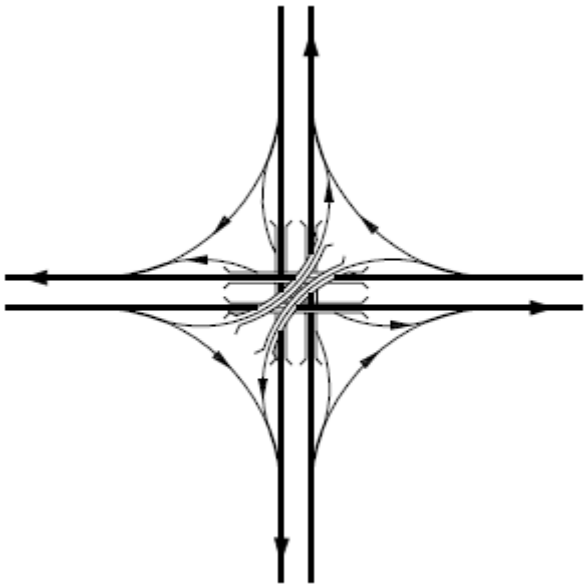


Fig. **5.7-AJ**

Donde la intensidad del tráfico de giro sea superior a la del tráfico de paso, se pueden emplear:

a) Si sólo es superior a la de los movimientos de paso de una de las vías[1], unos ramales semidirectos (enlace *en esvástica*), ensanchando las medianas para

[1] De la que divergen por la izquierda, o con la que convergen por la izquierda.

reducir la oblicuidad de los cruces; entonces la obra de cruce se escinde en cuatro. Según el tipo de ramal semidirecto, se tendrán dos entradas (Fig. **5.7-AK**) o dos salidas (Fig. **5.7-AL**) en cada calzada. El número de obras de paso adicionales es de cuatro.

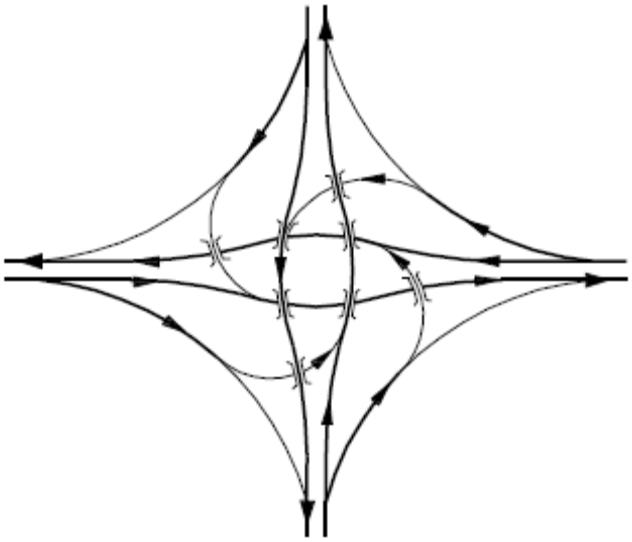


Fig. **5.7-AK**

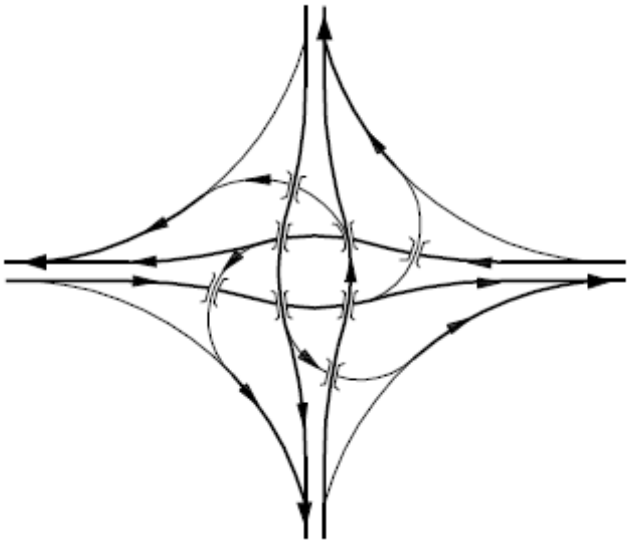


Fig. **5.7-AL**

b) Si la intensidad de los dos movimientos predominantes de giro a la izquierda es superior a la de los movimientos de paso, tanto de los que divergen como de los que convergen, unos ramales directos (enlace *omni-direccional*, Fig. **5.7-AM**).

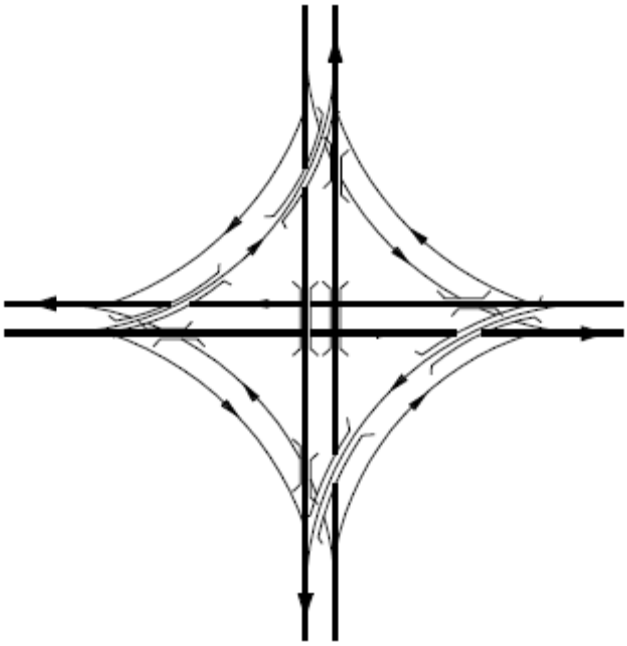


Fig. **5.7-AM**

El número de obras de paso adicionales es de doce, cuatro de ellas muy esviadas.

c) Una variante de la anterior transpone las calzadas de ambas vías, y mejora la implantación de las entradas y salidas, obteniendo una *estrella transpuesta* (Fig. **5.7-AN**). La obra de cruce se escinde en cuatro, pero no hay más adicionales que las cuatro necesarias para la transposición.

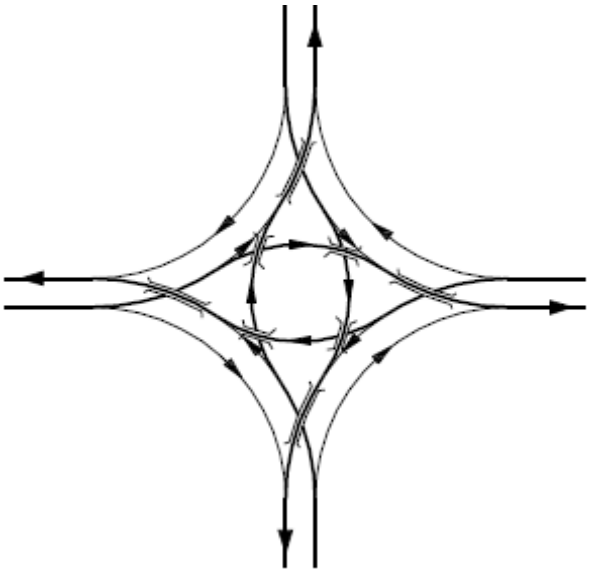


Fig. **5.7-AN**

5.8 Enlaces de más de cuatro patas

En el apartado **4.1** se ha indicado que se deben evitar los nudos de más de cuatro patas[1], modificando el trazado de alguna de ellas de forma que el nudo se transforme en un conjunto de nudos contiguos, cada uno de ellos con tres o cuatro patas (Fig. **4.1-A**). A los nudos que formen este conjunto, siempre que se haya concebido como tal y no como una yuxtaposición de nudos aislados[2], no les serán de aplicación las distancias mínimas entre enlaces preconizadas por el apartado **8.3** de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

Ello no obstante, puede haber situaciones donde sea necesario considerar la posibilidad de alojar más de cuatro patas en un mismo enlace, recurriendo a morfologías no convencionales que deberán ser objeto de un estudio especial, muy condicionado por las circunstancias locales y, sobre todo, por el espacio disponible. Entre esas morfologías no convencionales cabe citar, a título de ejemplo:

1. La utilización de enlaces *en biela*[3] con más de tres patas en cada uno de los nudos extremos de ésta.
2. La implantación de una vía anular de gran diámetro[4] (Fig. **5.8-A**) con la que se conecten sucesivamente algunas de las patas (o todas ellas). Esta vía anular puede ser de sentido único[5], y si las patas no la cruzan a nivel, el diseño puede resultar muy sencillo; si la vía anular tiene doble sentido de circulación, deberá tener una calzada para cada uno, separadas por una mediana provista de una barrera de seguridad.

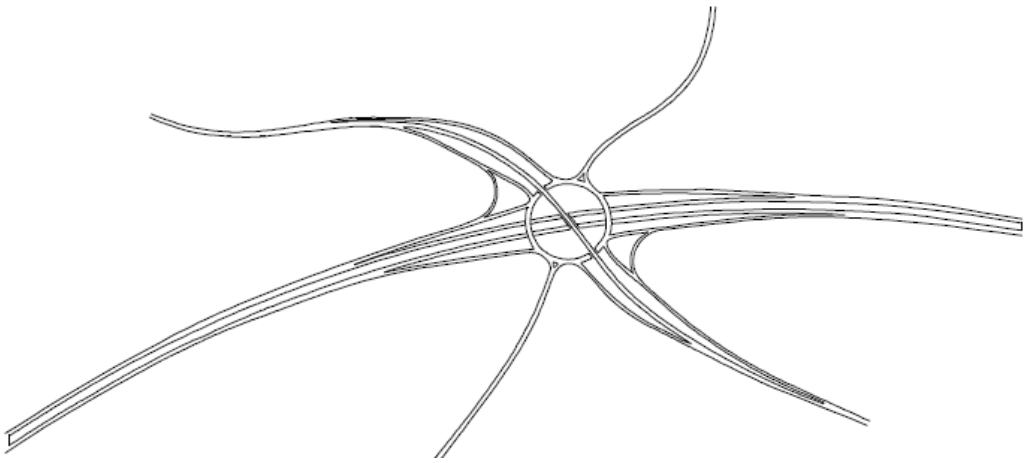


Fig. **5.8-A**

[1] Se exceptúan las glorietas, para las que el citado apartado **4.1** indica las condiciones en las que se pueden admitir hasta seis patas.

[2] Y así sea percibido por los conductores.

[3] Cf. apartado **5.7.3.2**.

[4] Más de 250 m.

[5] Análogamente al caso de las glorietas, este sentido debe ser antihorario.

5.9 Evolución de los nudos

Los tipos de nudo descritos en los apartados **5.2** a **5.7** pueden sufrir cambios a lo largo de su vida útil, generalmente por evolución de su entorno[1] y de la demanda que genera[2].

En estos casos, el nudo se deberá acondicionar[3] (con un diseño modificado y una nueva señalización). Se recomienda que la morfología inicial tenga en cuenta o, al menos, no impida ese acondicionamiento, y ello sin incurrir en diseños de difícil comprensión inicial.

[1] Como ocurre si se reordenan los accesos a una carretera.

[2] Por ejemplo, en el apartado **5.6.2.3** se ha mencionado la posibilidad de que un enlace de tres patas pase a tener cuatro.

[3] Cf. Capítulo **7**.

6 Criterios para la elección del tipo de nudo

6.1 Metodología

La elección del tipo de nudo más conveniente para un caso concreto, y los detalles de su diseño, dependen de un gran número de factores y de otras consideraciones. Los más importantes han sido reseñados en el apartado **2.1**. La importancia relativa de estos factores y consideraciones varía de un caso a otro, y debe ser analizada caso a caso.

En esta Guía se recomienda el empleo de la siguiente metodología por fases, para determinar la solución más adecuada según los factores más importantes, procediendo de lo general a lo particular:

1. Basándose en los datos de partida[1], se seleccionarán entre las morfologías descritas en el Capítulo **5** las soluciones que resulten funcionalmente viables, aplicando en su caso los criterios previos del apartado **6.2**.
2. A las soluciones seleccionadas se les hará un juicio crítico[2], que permita descartar las que claramente parezcan poco adecuadas. Para ello serán útiles las informaciones contenidas en el apartado **6.3**.
3. A las soluciones que hayan superado la fase **2** se les hará un dimensionamiento previo, adaptándolas a las circunstancias particulares del caso.
4. A las soluciones predimensionadas en la fase **3** se les hará un nuevo juicio crítico, el cual incluirá un análisis funcional[3] y un estudio de la viabilidad de su señalización.
5. De las soluciones que hayan superado la fase **4** se hará un estudio más detallado que permita deducir su seguridad, su coste y su impacto ambiental.
6. Un nuevo juicio crítico permitirá seleccionar la solución más adecuada.

Para simplificar la conducción se aconseja, siempre que sea posible, diseñar los enlaces de la forma más uniforme.

---

[1] Cf. Capítulo **2**.

[2] Ventajas e inconvenientes.

[3] Cf. apartado **6.4**.

6.2 Criterios previos

6.2.1. Clase de carretera

La morfología de los nudos que se pueden emplear en una vía sólo se puede elegir dentro de una gama compatible con la clase de aquélla.

Los tipos elegibles de nudo para las distintas clases de carretera son:

a) **Autopistas** (urbanas o interurbanas)[1] y carreteras convencionales interurbanas y periurbanas cuya **IMD** rebase[2] los 5000 veh.: sólo enlaces. No se pueden cruzar a nivel sus calzadas.

b) Carreteras convencionales interurbanas cuya IMD no rebase los 5000 veh.:

- **Intersecciones**:
  - En las vías secundarias de baja intensidad de circulación se pueden admitir intersecciones con prioridad a la derecha; en las vías principales no.
  - En las intersecciones con prioridad fija mediante señales, una solución habitual es disponer un carril central de espera en la vía prioritaria. Su transformación en glorietas, o incluso en unos enlaces de bajo coste[3], puede ser también una buena solución. En las vías secundarias de baja intensidad de circulación, hay que tener cuidado de que no se establezcan itinerarios prioritarios, pues esto aumenta la velocidad y disminuye la seguridad.
- **Glorietas**: la preservación de la continuidad del itinerario suele desaconsejar esta solución[4].
- **Enlaces**: en las vías secundarias no suelen estar justificados, ni siquiera desde el punto de vista de la seguridad; salvo en nudos con una siniestralidad elevada que no se pueda reducir por medio de cambios en su diseño o de la aplicación de sistemas de regulación de la circulación.

  Por el contrario, un **enlace** puede ser una buena solución en una vía principal de calzada única, siempre que se evite dar al conductor no familiarizado la impresión errónea de que está en una vía con calzadas separadas.

---

[1] Y, eventualmente, sus vías colectoras - distribuidoras.

[2] Artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

[3] Con características reducidas.

[4] A no ser que la carretera convencional esté funcionando como vía de servicio de una autovía especialmente en zonas urbanas y periurbanas.

c) Carreteras convencionales periurbanas cuya IMD no rebase los 5000 veh.

- **Intersecciones**:
  - En las variantes de población (al menos para las nuevas), en las que los tráficos transversales pueden ser importantes y las condiciones del entorno con frecuencia son desfavorables[1], los accidentes se concentran[2] en los nudos, y se recomienda:
    - Disponer glorietas en los nudos importantes: los extremos, el central en su caso. En los nudos extremos, si se acepta una intersección con prioridad fija, ha de ser *en **T*** y no *en **Y***.
    - Suprimir los nudos menores (trasladando el tráfico a otro cercano) o, si su tráfico transversal es importante, cruzar a desnivel pero sin conectar con la variante.
- **Glorietas**: salvo en las carreteras que tengan separadas sus calzadas y más de dos carriles en cada una, ya que se interrumpe su continuidad; a no ser que se busque precisamente ese efecto[3], en cuyo caso:
  - La presencia de la glorieta debe resultar muy evidente.
  - Se ha de cuidar especialmente la disminución de la velocidad en sus accesos.
- **Enlaces**: suelen ser una buena solución.

  En una vía de calzada única, hay que evitar dar al conductor no familiarizado la impresión errónea de que está en una vía con calzadas separadas.

d) Carreteras convencionales urbanas:

- Vías arteriales:
  - Glorietas. Desde el punto de vista de la seguridad en la circulación, en los nudos más importantes son preferibles; excepcionalmente se puede recurrir a un enlace.
  - Intersecciones reguladas por semáforos.
- Calles colectoras:
  - Glorietas.
  - Intersecciones reguladas por semáforos.

---

[1] Implantación en una curva, ambigüedades en los extremos de la variante.

[2] Un 70 % de los accidentes con víctimas.

[3] Porque el tráfico sea apreciable, o haya problemas de seguridad.

- Intersecciones con prioridad fija (a la derecha o mediante señales).

- Vías locales o residenciales:
  - Glorietas.
  - Intersecciones con prioridad a la derecha.

6.2.2. Ordenación de los cruces

6.2.2.1. Por prioridad a la derecha

En las vías interurbanas secundarias se pueden mantener las intersecciones existentes con prioridad a la derecha.

Ventaja:

- Resulta a menudo necesario emplear este tipo de intersección donde haya fuertes limitaciones de espacio, o en entornos que sean ambientalmente muy sensibles.

Inconveniente:

- Sólo es compatible con intensidades muy bajas[1], tanto de los giros como en la carretera prioritaria.

6.2.2.2. Por prioridad fija

No se pueden cruzar a nivel las calzadas de las autopistas[2], ni las de las carreteras convencionales interurbanas o periurbanas cuya **IMD** rebase los 5000 veh.[3].

6.2.2.3. Vías urbanas

En la Fig. **6.2-A** se indican, aproximadamente, las ordenaciones de la circulación en los cruces urbanos que convienen a distintas intensidades de los tráficos que se cruzan.

---

[1] En vías interurbanas, **IMD** < 500 veh. en la no prioritaria

[2] Y, eventualmente, las de sus vías colectoras - distribuidoras.

[3] De acuerdo y con las excepciones indicadas en el artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

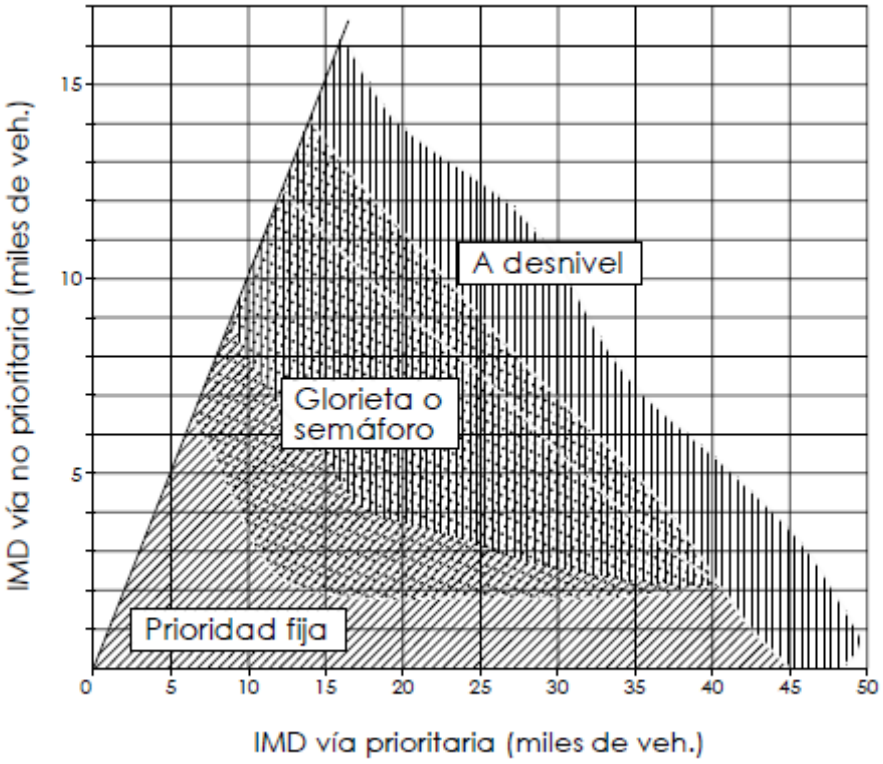


Fig. **6.2-A**

6.2.3. Capacidad

La Tabla **6.2-A** contiene unos valores aproximados de la capacidad por carril de distintos tipos de elemento viario.

Al emplear estos valores hay que tener en cuenta que, en general, no se puede considerar que un nudo funciona de una manera estable; sino que, al contrario, casi toda la circulación se realiza en régimen de transición. Por ejemplo, al llegar por una autopista a un ramal *en lazo* para girar a la izquierda se produce una primera deceleración en el tronco; una segunda deceleración en el carril con este nombre; una circulación a velocidad lenta por el *lazo*; y si las condiciones lo permiten en la carretera a la que se llega, una aceleración para incorporarse a ella. Si el *lazo* fuera muy largo se podría llegar a intensidades altas, superiores a 1500 veh./h; pero en la realidad esto no ocurre, porque el *lazo* suele ser corto.

Además, cuando la demanda se aproxima a la capacidad, cualquier pequeña perturbación en la circulación termina convirtiéndose en una alteración importante de la velocidad.

TABLA **6.2-A**

TIPO DE NUDO	CAPACIDAD APROXIMADA [(veh. lig. eq. / h) por carril]
Intersección con prioridad a la derecha	150
Intersección regulada por semáforos	900
Intersección con prioridad fija mediante señales	900 – 1200
Ramal de enlace *en lazo*	1000 - 1500[1]
Calzada anular de una glorieta (2 carriles)	< 1100
Calzada anular de una glorieta (1 carril)	1200
Ramal de enlace (*asas* o *círculos*)	1500 – 1800
Ramal de enlace (*directo*)	2500

Con una glorieta se puede alcanzar una capacidad incluso superior a la de una intersección con prioridad fija; y por lo tanto resultarán menores las demoras[2].

La relación entre la demanda del tráfico y la capacidad es uno de los criterios más concretos para justificar la construcción de un enlace, o la transformación de una intersección o glorieta existente en uno. Esta solución no es exclusiva de las autopistas.

6.2.4. Nivel de servicio

El nivel de servicio de un elemento de una vía depende del valor que adopten en la realidad ciertos parámetros relacionados con el tráfico. En una carretera existente esos valores se pueden medir, obteniendo de la medición una apreciación bastante exacta del nivel de servicio; pero si la carretera o el elemento que se estudia está todavía en fase de proyecto es preciso recurrir a estimaciones basadas, generalmente, en modelos físico-matemáticos del comportamiento del tráfico.

En las Tablas **6.2-B** a **6.2-H** se reseñan los valores de los parámetros que determinan el nivel de servicio de distintos elementos viarios, contenidos en el Manual de Capacidad 2010 del *Transportation Research Board* de los EE.UU. El nivel de servicio que se deberá alcanzar se indica en el apartado **1.7.3**.

---

[1] Condicionado no por su trazado, sino por las condiciones de su salida y su entrada. Cf. Tabla **4.6-M**.

[2] Fuera de las horas punta, la demora en una glorieta no semaforizada suele ser inferior a la mitad de la que se tendría en una intersección regulada por semáforos.

TABLA **6.2-B**

TRAMOS DE CARRETERA CON CALZADAS SEPARADAS
O CON MÁS DE UN CARRIL POR SENTIDO

NIVEL DE SERVICIO	**DENSIDAD MÁXIMA** (veh. lig. eq. / km por carril)	
	AUTOPISTAS	**CARRETERAS CONVENCIONALES**
A	7	
B	11	
C	16	
D	22	
E	28	25 - 28

TABLA **6.2-C**

TRAMOS DE CARRETERA CON CALZADA ÚNICA CON DOS CARRILES
a) CLASE **I**[1]

NIVEL DE SERVICIO	**PROPORCIÓN** (%) **DEL TIEMPO SIGUIENDO A OTRO VEHÍCULO**	**VELOCIDAD MEDIA** (km/h)
A	< 35	> 90
B	35 a 50	80 a 90
C	60 a 65	70 a 80
D	65 a 80	60 a 70
E	> 80	< 60

[1] Su función principal es la **movilidad**, como las que forman parte de una red principal.

b) CLASE **II**[1]

NIVEL DE SERVICIO	PROPORCIÓN (%) DEL TIEMPO SIGUIENDO A OTRO VEHÍCULO
A	< 40
B	40 a 55
C	55 a 70
D	70 a 85
E	> 85

TABLA **6.2-D**

INTERSECCIONES REGULADAS POR PRIORIDAD FIJA

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA MEDIA (s/veh.)
A	0 a 10
B	10 a 15
C	15 a 25
D	25 a 35
E	35 a 60
F	> 60

[1] Su función principal es la **accesibilidad**, como las que forman parte de las redes locales.

TABLA **6.2-E**

GLORIETAS[1] CON CALZADA ANULAR DE UN SOLO CARRIL

NIVEL DE SERVICIO	**DEMORA MEDIA** (s/veh.)
A	0 a 10
B	10 a 15
C	15 a 25
D	25 a 35
E	35 a 50
F	> 50

TABLA **6.2-F**

INTERSECCIONES REGULADAS POR SEMÁFOROS

NIVEL DE SERVICIO	**DEMORA MEDIA** (s/veh.)
A	0 a 10
B	10 a 20
C	20 a 35
D	35 a 55
E	55 a 80
F	> 80

[1] En el Manual de Capacidad 2000 no figura el nivel de servicio de las glorietas. Esta Tabla está propuesta en el *National Cooperative Highway Research Report #572 "Roundabouts in the United States"* (2007)

TABLA **6.2-G**

CONEXIONES EN AUTOPISTAS. DIVERGENCIAS Y CONVERGENCIAS

NIVEL DE SERVICIO	**DENSIDAD MEDIA EN LA ZONA PERTURBADA** (veh. lig. eq. / km por carril)
A	< 6
B	6 a 12
C	12 a 17
D	17 a 22
E	> 22
F	La demanda rebasa la capacidad

TABLA **6.2-H**

TRAMOS DE TRENZADO

NIVEL DE SERVICIO	**DENSIDAD MÁXIMA** (veh. lig. eq. / km por carril)	
	TRONCO DE AUTOPISTAS	**CARRETERAS CONVENCIONALES O VIAS COLECTORAS - DISTRIBUIDORAS**
A	< 6	< 8
B	6 a 12	8 a 15
C	12 a 17	15 a 20
D	17 a 22	20 a 23
E	22 a 27	23 a 25
F	> 27	> 25

Los parámetros establecidos en las Tablas 6.2-B a 6.2-H podrán no ser de aplicación en circunstancias climatológicas adversas de vialidad invernal.

6.3 Morfologías

6.3.1. Intersecciones

6.3.1.1. Generalidades

Los conceptos predominantes en el diseño de una intersección difieren entre las urbanas y las interurbanas. Por ejemplo, en las últimas muchos elementos de su diseño (canalización, carriles auxiliares) se relacionan con la seguridad; mientras que en las intersecciones urbanas se pone más acento en la explotación y la capacidad.

a) Las intersecciones (*en **T***[1] o *en cruz*[2]) **sin canalizar**:

Ventaja:

- A menudo son la única solución donde haya fuertes limitaciones de espacio, o en entornos que sean ambientalmente muy sensibles.

Inconveniente:

- Sólo son compatibles con intensidades muy bajas[3], tanto de los giros como en la carretera prioritaria.

b) A menudo se dan circunstancias que aconsejan la **canalización de los giros a la derecha** mediante isletas encauzadoras[4]. Entre esas circunstancias se pueden citar:

- El empleo de radios grandes en las vías de giro a la derecha.
- La inserción de una *lágrima* en la vía no prioritaria.
- El empleo de cuñas de cambio de velocidad, de carriles de deceleración[5] y de carriles laterales de espera.

Ventajas:

- Se evitan áreas pavimentadas de tamaño excesivo.
- Se separan los puntos de conflicto.
- Se pueden alojar en las isletas encauzadoras elementos de la señalización vertical.

---

[1] Cf. apartado **5.2.1**.

[2] Cf. apartado **5.3.1**.

[3] En vías interurbanas, **IMD** < 500 veh. en la no prioritaria.

[4] Cf. apartado **4.8.6**.

[5] En este tipo de intersección no suele haber carriles de aceleración.

Inconvenientes:

- Una isleta delimitada por bordillos necesita un tamaño mínimo[1] de 9 m^2.
- Las isletas delimitadas sólo por marcas viales no se ven de noche cuando llueve. Se puede remediar este inconveniente rodeándolas de balizas (captafaros, balizas cilíndricas, etc.).
- La presencia de bordillos puede dificultar el desagüe superficial de la plataforma.

c) En las intersecciones *en **T***, el campo de aplicación de las distintas soluciones para **resolver el giro a la izquierda** desde la vía prioritaria está indicado en la Fig. **6.2-B**. Además, se deben observar las limitaciones en la **IMD** de la vía prioritaria[2].

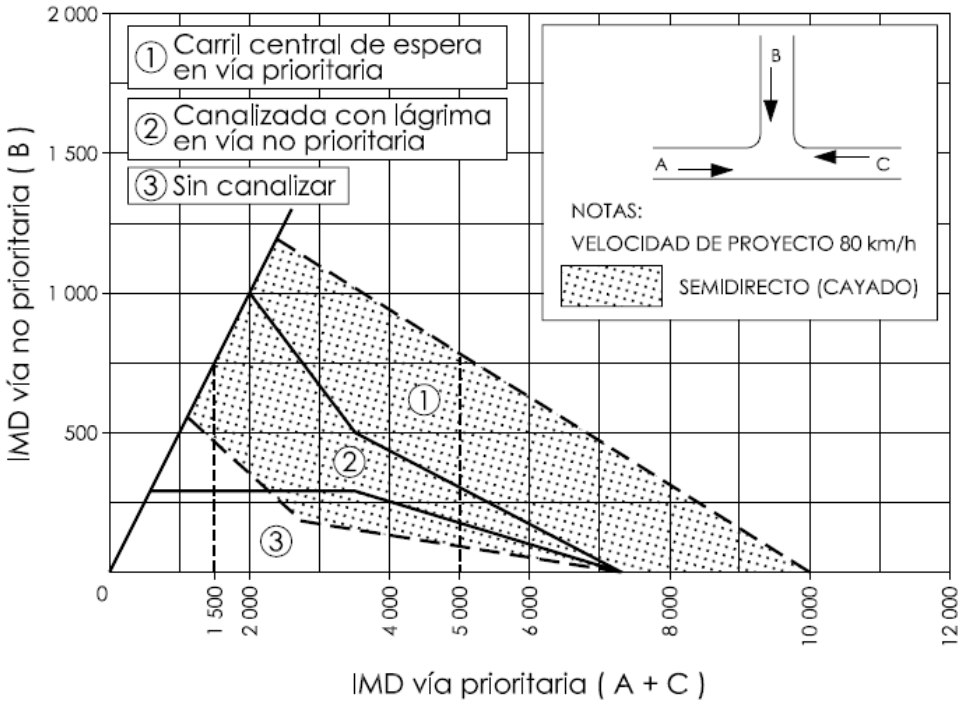


Fig. **6.2-B**

d) La **implantación de una *lágrima***[3] en la vía no prioritaria resulta interesante a partir de una **IMD** de 300 veh. en ella.

Ventajas:

- Separa los dos giros a la izquierda, evitando que se interfieran.
- Favorece la percepción de la intersección y de la pérdida de la prioridad.

---

[1] Cf. apartado **4.8.4** y **3.2.3.2**.

[2] Cf. apartados **3.2.4.5** y **6.3.1.1 e)**, **f)** e **i)**.

[3] Cf. apartado **4.8.5.2**.

- Reduce algo la velocidad, al introducir una tensión visual y una importante inflexión en la trayectoria.
- Disminuye los choques laterales[1].
- Permite una mejor localización de la línea de detención.
- Permite ubicar en ella elementos de señalización vertical.
- Sirve de refugio a los peatones.

Inconveniente:

- Si la canalización únicamente incluye una *lágrima* en la vía no prioritaria, sólo es compatible con intensidades relativamente bajas[2] en la vía prioritaria.

e) Las intersecciones *en* ***cayado***[3] y las ***glorietas partidas***[4].

Ventajas:

- Los vehículos que pretendan girar a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria no tienen que esperar en el carril de paso.
- Su ocupación es escasa.

Inconvenientes:

- Estos tipos de intersección son muy poco recomendables en vías no reguladas por semáforos y con una **IMD** superior a 3000 veh., porque en ellas es muy baja la probabilidad de que se produzcan simultáneamente dos huecos aceptables en las dos corrientes de tráfico que el vehículo no prioritario debe cruzar.
- En las glorietas partidas, no está claro si un vehículo procedente de la vía no prioritaria y que pretenda girar a la izquierda tiene que incorporarse a la vía prioritaria directamente[5] o rodeando la glorieta partida[6].

f) Si la intensidad de los vehículos que pretenden girar a la izquierda desde la vía prioritaria es grande, su espera puede estorbar al tráfico de paso; conviene que esperen fuera de los carriles de paso. Las intersecciones (*en* ***T*** [7] o *en cruz*[8]) con

---

[1] Entre un 30 y un 50 %.

[2] Las intersecciones *en* ***T*** *canalizada* sólo con una *lágrima* en la vía no prioritaria no resultan aconsejables si la vía prioritaria tiene una **IMD** superior a 1500 veh.

[3] Cf. apartado **5.2.1.4**.

[4] Cf. apartado **5.3.1.4**.

[5] En este caso, es posible que el tramo de vía prioritaria adyacente a la glorieta partida se sature si la glorieta está regulada por semáforos.

[6] Si la glorieta está regulada por semáforos, este vehículo tendría ventaja sobre otro que se incorporara directamente a la vía prioritaria.

[7] Cf. apartado **5.2.1**.

[8] C f. apartado **5.3.1**.

carril central de espera están justificadas donde se den las condiciones descritas en la Fig. **4.5-G**; y pueden funcionar bien mientras se cumplan simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- La intensidad del giro a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria es menor de 60 veh./h.
- La suma de ésta y de la intensidad del tráfico opuesto de paso que se corta es menor de 500 veh./h.

Ventajas:

- El giro a la izquierda desde la vía prioritaria hacia la no prioritaria sólo cruza una corriente de tráfico[1], en lugar de dos como ocurre en el *cayado* o en la *glorieta partida*.
- Si hay un segundo carril de espera, se puede efectuar en dos fases el giro a la izquierda desde la vía no prioritaria hacia la prioritaria.
- Si la longitud del carril central no resulta suficiente en las horas punta para alojar a todos los vehículos que pretendan girar a la izquierda, una *falsa isleta*, materializada solamente por marcas viales, permite utilizar la zona cebrada como reserva de almacenamiento, reduciendo el problema de que los vehículos que quieran girar invadan los carriles de paso.

Inconvenientes:

- Este tipo de intersecciones afecta a una gran distancia a lo largo de la vía prioritaria.
- Se perturban los accesos a la vía prioritaria, en la margen opuesta a la correspondiente a la vía no prioritaria.

g) Las intersecciones[2] *en **Y*** se deben evitar, especialmente fuera de poblado; se pueden sustituir con ventaja por intersecciones *en **T***. También se pueden utilizar glorietas, si su presencia es bien perceptible y no constituye una sorpresa, y si se cumplen los demás requisitos relativos a ellas.

h) Las intersecciones[3] *en **X*** comparten las características desfavorables que, en las intersecciones con tres patas, tenían las intersecciones *en **Y***: por lo que se deben evitar, especialmente fuera de poblado, si no se puede modificar el ángulo entre las parejas de patas. Se recomienda sustituirlas por:

- Una intersección *en cruz*.

---

[1] La prioritaria de sentido opuesto.

[2] Cf. apartado **5.2.2**.

[3] Cf. apartado **5.3.2**.

- Una glorieta, si su presencia es bien perceptible y no constituye una sorpresa, y si se cumplen los demás requisitos relativos a ella.
- Una pareja de intersecciones *en* ***T*** **desalineadas**[1], sobre todo si:
  - Una proporción significativa del tráfico que accede por la vía no prioritaria pretende cruzar la vía prioritaria, más que incorporarse a ella.
  - Los vehículos que acceden por la vía no prioritaria lo hacen a una velocidad superior a 50 km/h.

i) En una pareja de intersecciones *en* ***T*** ***desalineadas*** la configuración izquierda - derecha es preferible a la derecha - izquierda, pues en este último caso alcanzar el carril central de la vía prioritaria necesita un trenzado con el tráfico de paso de sentido propio. Este conjunto de intersecciones no se debe disponer donde la **IMD** de la vía prioritaria sea superior a 3000 veh., ni donde en ella haya un carril adicional para circulación lenta o rápida.

j) Desde el punto de vista de la seguridad en la circulación por ellas, las **intersecciones en cruz** sólo son favorables en vías de muy baja intensidad de circulación, o donde la mayor parte del tráfico que acceda por la vía no prioritaria gire hacia la principal en vez de cruzarla. Se pueden sustituir por parejas de intersecciones *en* ***T*** ***desalineadas***, en las condiciones expuestas.

6.3.1.2. Interurbanas

En las intersecciones interurbanas no se pueden dejar de tener en cuenta los siguientes temas:

- En las patas de acceso hay que evitar un trazado estricto (curvas de radio mínimo, rasantes muy inclinadas) en correspondencia con la intersección.
- Los carriles de cambio de velocidad se tienen que dimensionar a partir de una velocidad elevada en la vía prioritaria.
- Hay que disponer de visibilidad suficiente, tanto en los accesos como en la propia intersección.

Fuera de poblado:

- Las intersecciones **sin canalizar** (*en T* o *en cruz*) sólo se pueden aplicar en carreteras convencionales de calzada única cuyo nivel de servicio sea el **A**, donde la visibilidad sea suficiente y el trazado fácil, y donde no haya un mal historial de seguridad viaria.

---

[1] Cf. apartado **5.3.3**. La reducción de los accidentes con víctimas puede alcanzar un 35 %. Cf. Elvik, Rune; Vaa, Truls: El Manual de Medidas de Seguridad Vial. **ISBN**: 84-611-4309-4. Madrid, 2006.

- Las intersecciones *en* ***cayado***[1] y las ***glorietas partidas***[2], como un vehículo que pretenda cruzar la vía prioritaria tiene que ceder el paso a dos tráficos de paso prioritarios, pierden su eficacia si dichos tráficos son intensos[3], al ser difícil que coincidan los huecos en ambas corrientes.
- En las intersecciones con **carril central de espera** se desaconseja la *falsa mediana*, a menos que se disponga un alumbrado nocturno para destacar su presencia y configuración.
- Si la **IMD** en la vía prioritaria es superior a 5000 veh.[4] no se pueden emplear intersecciones en las que se crucen a nivel los carriles de paso[5].

6.3.1.3. Urbanas

En las intersecciones situadas en una zona urbana se deben considerar los siguientes aspectos:

- Maximizar la capacidad de los accesos, distribuyendo juiciosamente su sección transversal.
- Prever las actividades de los peatones.
- Ser sensibles a la presencia de otros tipos de usuario: ciclistas, transporte colectivo, etc.
- Solucionar los accesos contiguos a la intersección.
- Dimensionar suficientemente los carriles adicionales para que puedan funcionar independientemente de los de paso.
- Analizar más detenidamente el drenaje al existir bordillos y aceras.

Las intersecciones *en* ***cayado***[6] y las ***glorietas partidas***[7] pueden funcionar muy bien si están reguladas por semáforos.

En las vías exclusivamente **residenciales**, la accesibilidad prima sobre la movilidad de los vehículos. Entre las ventajas de una movilidad (y una velocidad) menor se cuentan:

- Una mayor seguridad para los peatones.

---

[1] Cf. apartado **5.2.1.4**.

[2] Cf. apartado **5.3.1.4**.

[3] **IMD** > 3000 veh. en la vía prioritaria (O.M. de 16/12/1997).

[4] De acuerdo y con las excepciones indicadas en el artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

[5] Artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

[6] Cf. apartado **5.2.1.4**.

[7] Cf. apartado **5.3.1.4**.

- Un menor nivel de ruido.
- Una menor contaminación del aire por las emisiones de los vehículos.
- Una mayor comodidad para los vecinos.

Las vías residenciales funcionan con un nivel aceptable de seguridad si se cumplen los requisitos siguientes:

- El número de conexiones directas con vías arteriales es limitado; se realizan indirectamente a través de calles colectoras.
- La red viaria en la zona residencial es discontinua o tortuosa, desanimando a los conductores que pretendan atajar a través de ella.

El empleo de intersecciones de tres patas, mejor que de cuatro, proporciona mayor seguridad y, además, reduce el potencial de conflictos en la propia vía.

6.3.2. Glorietas

6.3.2.1. Generalidades

La glorieta resulta especialmente indicada:

- Donde las intensidades de la circulación en todos los tramos que acceden a la glorieta sean del mismo orden de magnitud.
- Donde los tráficos de giro predominen sobre los de paso.
- Donde no importe que los vehículos disminuyan su velocidad (y aun se detengan) al acceder a la glorieta.
- Donde se quieran facilitar los cambios de sentido.
- Si la suma de las **IMD** de todas las patas que acceden a la glorieta rebasa los 8000 veh.

El tamaño importa: una glorieta no lo debe tener ni excesivo ni insuficiente.

Ventajas:

- Una glorieta permite:
  - Crear una ruptura en el comportamiento de los conductores: el límite entre dos clases de carretera, o entre la zona urbana y la interurbana, etc.
  - Cambiar de sentido. Esto puede llevar a eliminar algunos giros a la izquierda situados en una pata inmediatamente antes de una glorieta, que serán sustituidos por un cambio de sentido en ésta y un giro a la derecha.

- Moderar eficazmente la velocidad, por las condiciones de la entrada a ella y del recorrido por la calzada anular. Ello disminuye de forma muy apreciable la gravedad de los accidentes, que pasan a ser constituidos en su casi totalidad por siniestros sólo con daños materiales.
- Alojar hasta seis patas, siempre que la distancia entre ellas[1] sea suficiente y que el diámetro de la isleta central[2] no resulte demasiado grande. Ni esa distancia ni la anchura de la calzada anular tienen apenas influencia en el funcionamiento y en la capacidad de una glorieta. En las glorietas existentes a menudo es posible añadir una nueva *pata*, siempre que su distancia a las contiguas resulte suficiente[3].

- La sencillez y la uniformidad de funcionamiento de una glorieta facilitan su comprensión por el usuario, además de que resulta posible cambiar de sentido[4] y aun rectificar los errores de destino[5]. Algunos estudios han mostrado que más allá de una glorieta, los conductores tampoco experimentan deseos de recuperar el tiempo perdido en ella, y por lo tanto las aceleraciones y las velocidades no son especialmente altas.
- Un argumento a favor de disponer una glorieta es que la mayoría de las intersecciones del itinerario tengan ya esa morfología.
- Una glorieta ocupa mucha menos distancia a lo largo de una vía que una intersección con prioridad fija, apenas el tráfico prioritario por ésta sea superior a 1500 veh./día.
- En las carreteras de calzada única con dos carriles, donde sean limitadas las posibilidades de un adelantamiento, la implantación de glorietas puede concentrar en ellas los cambios de acimut de las patas, mucho más que lo harían unas curvas incluso de un radio inferior al mínimo; se consiguen así unas rectas más largas en las patas, que facilitan el adelantamiento.
- La capacidad de una glorieta resulta mayor que la de las intersecciones con prioridad fija, y menores las demoras (fuera de las horas punta).
- En las carreteras convencionales con calzadas separadas y una demanda equilibrada, una glorieta suele ser también preferible a una intersección regulada por semáforos.

---

[1] Cf. apartado **4.2.2**.

[2] Cf. apartado **4.6.4.2**.

[3] Es útil y suficiente el orden de magnitud de, al menos, 15 m.

[4] Algo que la mayoría de las intersecciones y de los enlaces no tienen resuelto.

[5] Dando otra vuelta a la calzada anular.

- En cuanto al impacto ambiental de una glorieta se pueden hacer las siguientes consideraciones:
    - Su intrusión visual suele ser menor que el de los demás tipos de nudo, en especial que el de los enlaces. También hay que tener en cuenta la posibilidad de revegetar la isleta central.
    - La contaminación por las emisiones de los vehículos es pequeña: la detención a la que obliga a veces un semáforo, y siempre la pérdida de la prioridad por una señal, es reemplazada por un movimiento casi continuo: lo cual reduce[1] el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.
- El coste de construcción y la ocupación de suelo de una glorieta son relativamente reducidos: por lo que puede ofrecer unas prestaciones interesantes frente los enlaces, que requieren mucho más suelo y más inversión, e incluso frente a algunas intersecciones. En ciertos casos, las disponibilidades de suelo ofrecidas por una glorieta pueden facilitar su evolución a un enlace[2]. Sin embargo, esta previsión no debe llevar a la implantación de una glorieta demasiado grande, nunca deseable desde el punto de vista de la seguridad de la circulación: es preferible disponer una glorieta normal aunque luego haya que demolerla.
- También los gastos de conservación y explotación son menores en una glorieta que en una intersección regulada por semáforos.

Inconvenientes:

- Si una de las entradas tiene un tráfico mucho más intenso que las situadas antes que ella, su acceso a la calzada anular se efectuará sin detenerse; y por consiguiente se verán muy demorados los vehículos que pretendan entrar a la glorieta desde las entradas situadas a continuación de ella. Para solucionar esta situación se puede recurrir a una regulación temporal, por un agente o por un semáforo, que interrumpa de cuando en cuando esa entrada para dar una oportunidad a las situadas posteriormente.
- Una excesiva proliferación de glorietas en un itinerario, aunque sea urbano, al eliminar la prioridad de éste disminuye la capacidad del conjunto.
- Al aumentar la intensidad de la circulación, se alarga el tiempo que se tarda en atravesar la glorieta; y para entrar en ella, se producen unas demoras que pueden llegar a ser muy importantes.

---

[1] La reducción puede alcanzar hasta un 15 %.

[2] Véase, al efecto, la transformación de las glorietas de la Vía de las Dos Castillas en Pozuelo de Alarcón (Madrid).

- En ocasiones puede ser exagerado utilizar una glorieta como un mero dispositivo limitador de la velocidad como, por ejemplo, donde faltan todas las conexiones secundarias (al menos, en una primera fase).
- Las glorietas ocupan más espacio que las intersecciones.
- Las glorietas se adaptan mal al tráfico agrupado por el efecto de intersecciones reguladas por semáforos; a no ser que también ellas se regulen por semáforos.
- Las variaciones de la inclinación transversal entre la calzada anular y los accesos, junto con la presencia de bordillos (isletas separadoras, aceras perimetrales, etc.) generan en ocasiones problemas de desagüe superficial.
- La glorieta es un tipo de nudo poco compatible con un tráfico intenso de peatones[1]:
    - En las entradas a la calzada anular, una atención permanente de los conductores a la presencia de peatones les hace perder la agilidad que caracteriza a una glorieta, basada en el aprovechamiento de pequeños intervalos entre vehículos en la calzada anular para insertarse en ésta.
    - En las salidas, una gran presencia de peatones puede provocar colas de vehículos que congestionen la calzada anular, impidiendo que antes de entrar se deje salir.
    - Las glorietas obligan a los peatones a recorridos más largos para cruzar las patas que en ellas concurren; aunque las isletas separadoras facilitan su conversión en refugios.
    - Las glorietas causan dificultades al transporte colectivo. Si éste discurre por una plataforma reservada, ésta se ha de interrumpir al llegar a una glorieta. Las paradas se deben disponer lejos de la glorieta, obligando a los peatones a recorridos más largos para llegar a los pasos para peatones.
- Las glorietas de nueva implantación en una vía existente requieren un período inicial de adaptación a su presencia.

6.3.2.2. Interurbanas

Ventajas:

- Una glorieta suele ser preferible a una intersección regulada por semáforos con elevadas velocidades de acceso, menores variaciones de la intensidad de la circulación, y pocas limitaciones del espacio.

[1] A no ser que la propia glorieta esté regulada por semáforos.

- En las carreteras convencionales con calzadas separadas las glorietas contribuyen a una moderación de la velocidad, y resultan favorables para los usuarios vulnerables (peatones, ciclistas).

Inconvenientes:

- No se deben emplear glorietas en vías interurbanas cuya **IMD** rebase los 5000 veh[1].
- La presencia de una glorieta interurbana debe ser suficientemente destacada; y debe estar iluminada de noche, lo cual resulta complicado y caro de instalar y mantener si no hay líneas eléctricas en las proximidades pudiendo estudiarse un adecuado balizamiento.
- Fuera de poblado, la pérdida de la prioridad que una glorieta impone al tráfico de paso disminuye su nivel de servicio: lo cual puede resultar poco conveniente en un itinerario principal.

6.3.2.3. Urbanas

Inconveniente:

- En una zona urbana o periurbana, con elevadas intensidades de la circulación frecuentemente asociadas a unas importantes variaciones a lo largo del día, y con limitaciones del espacio, una glorieta suele no resultar compatible con los sistemas urbanos para el control de la circulación, que mueven los vehículos en grupos coordinando las fases de los semáforos para permitir su avance. La autorregulación propia de una glorieta interfiere este tipo de movimiento agrupado, hasta el punto de que dichos sistemas no pueden predecir con precisión las intensidades más allá de ella. Además, imponen unos recorridos más largos a los peatones y a los ciclistas.

6.3.2.4. Glorietas normales

Ventaja:

- Las glorietas normales funcionan especialmente bien con 3 patas[2], siempre que la intensidad de la circulación esté equilibrada entre los accesos.

---

[1] No obstante de acuerdo con el artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras esto no sería de aplicación a las actuaciones destinadas a la reordenación o mejora de los accesos existentes.

[2] Mejor que las intersecciones reguladas por semáforos.

Inconveniente:

- Si el número de patas es mayor de 4[1], su comprensión por los conductores se puede ver afectada, y se necesita una glorieta mayor: por lo que las velocidades también resultan mayores. En estas circunstancias puede resultar más conveniente una glorieta doble[2].

6.3.2.5. Mini-glorietas

Ventajas:

- Ocupación muy reducida.
- Por su escaso coste, las mini-glorietas pueden resultar muy efectivas para la mejora de intersecciones urbanas existentes con problemas de capacidad y de seguridad.
- Aunque la inflexión que provocan en la trayectoria es escasa, la pérdida de la prioridad representa un considerable factor de seguridad.

Inconvenientes:

- Sólo se pueden usar si todos los accesos tienen su velocidad limitada a 50 km/h ó menos: por lo tanto se trata de una solución típicamente urbana.
- Las mini-glorietas implican unos giros cerrados que producen huellas de neumático en la isleta central: por ello se deben inspeccionar de una forma sistemática para asegurarse de que está intacta y es claramente visible.

6.3.2.6. Glorietas dobles

Las glorietas dobles pueden resultar especialmente útiles:

- Para unir dos carreteras paralelas separadas por un obstáculo lineal, como un río, un ferrocarril o una autopista.
- En los nudos muy asimétricos o de planta muy esviada, en los que una intersección requeriría una amplia remodelación de los accesos, y una glorieta normal requeriría una ocupación excesiva.
- Sustituyendo a una glorieta normal congestionada, porque se incrementa la capacidad al reducir la intensidad más allá de las entradas críticas.

---

[1] En especial si son de salida de la glorieta por su dificultad para señalizarlas y ser adecuadamente percibidas pos los usuarios.

[2] Cf. apartado **5.4.2.3**.

Ventajas:

- Ocupación reducida.
- Permiten alojar un número de patas superior a seis.
- En nudos de más de cuatro patas, una glorieta doble consigue una mayor capacidad con un nivel aceptable de seguridad y un uso eficiente del espacio disponible; mientras que las glorietas normales resultan grandes, y en ellas la velocidad es elevada, con la consiguiente pérdida de capacidad y seguridad.

Inconvenientes:

- Su señalización (y su comprensión por los conductores) no es fácil.
- Se trata, por lo tanto, de una solución típicamente urbana, en la que puede resultar muy útil emplear semáforos.

6.3.2.7. Glorietas en pesa

Ventajas:

- Constituyen un nudo muy seguro, al combinar las características favorables de las glorietas con las de los enlaces *en diamante*. Entrar en sentido contrario en un ramal resulta, por ejemplo, más difícil que con las parejas de intersecciones *en **T*** enfrentadas.
- Permiten alojar seis patas en cada glorieta: el tramo de unión y su prolongación en la vía secundaria; los dos ramales que conectan con la vía principal; y dos vías de servicio.

Inconveniente:

- El tratamiento del tramo de unión entre las glorietas puede presentar problemas si su titularidad es distinta de la que corresponde al resto del enlace[1].

6.3.3. Intersecciones y glorietas reguladas por semáforos

Ventajas:

- Pueden utilizar las posibilidades que tienen de separar temporalmente no sólo los cruces, sino también otros puntos de conflicto[2], sin más que disponer unas fases especiales para ciertos movimientos, frecuentemente combinadas con unos carriles reservados para ellos.

---

[1] Cf. apartado **1.4**.

[2] Relacionados con los giros (sobre todo a la izquierda).

- Debido a la separación temporal entre los puntos de conflicto, las intersecciones reguladas por semáforos pueden ser más compactas que las intersecciones con prioridad fija.

Inconvenientes:

- Su empleo en vías interurbanas puede representar una sorpresa peligrosa para los conductores.
- Se recomienda evitar que tengan muchas patas, pues obligan a emplear numerosas fases con la consiguiente pérdida de capacidad, dando lugar a soluciones muy complejas que dependen mucho de las circunstancias locales, sin que puedan ser objeto de reglas generales.
- Si se estudia la posibilidad de instalar semáforos en una intersección, resulta necesario estimar el nivel de servicio que se conseguirá, y comparar este medio de regulación con otras soluciones. Para ello se pueden hacer unas estimaciones del nivel de servicio que se puede conseguir suponiendo que el sistema de regulación sea el adecuado.

6.3.4. Enlaces

6.3.4.1. Generalidades

En las autopistas sólo se pueden emplear enlaces.

Las carreteras convencionales interurbanas cuya **IMD** sea superior a 5000 veh.[1] sólo se pueden cruzar a desnivel, dando lugar a un enlace.

Las intersecciones y las glorietas sometidas a una circulación muy intensa causan demoras a la mayoría de los usuarios, y a todos ellos cuando se saturan. Esto produce un coste adicional de explotación, representado por el tiempo perdido y por los consumos de los vehículos. La utilización de un enlace normalmente reduce este coste, aun cuando el recorrido de algunos movimientos sea incluso mayor. Este ahorro debe compararse con el aumento de la inversión para ver si la solución es rentable. Estudios realizados han mostrado que, fuera de poblado, los beneficios exceden de los costes apenas se alcanza una demanda que justificaría la implantación de semáforos; y la seguridad es mucho mayor, sobre todo donde no se pueda limitar la velocidad de una manera eficaz.

También se pueden emplear enlaces, en lugar de intersecciones o glorietas, donde el relieve del terreno impida un desarrollo correcto de éstas.

[1] De acuerdo y con las excepciones indicadas en el artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

Las investigaciones muestran que los tipos más seguros de enlace son:

- Para las conexiones con carreteras convencionales, los enlaces *en diamante*, sobre todo *con pesas*.
- Para las conexiones con autopistas, los enlaces que resuelven los giros a la izquierda con ramales del tipo círculo o asa exterior.

Son asimismo deseables, desde el punto de vista de la seguridad, las salidas únicas por la derecha, situadas antes de la obra de paso que materializa el cruce.

Los enlaces que presentan menor seguridad son:

- Los que tienen conexiones por la izquierda que no sean bifurcaciones ni confluencias.
- Los que tienen dos salidas seguidas del tronco, que pueden presentar problemas de orientación y señalización.
- Los que contienen ramales *en lazo* sin vías colectoras - distribuidoras.
- Los que, para girar a la izquierda, usan ramales semidirectos o directos.

Como obras de paso para el cruce de las dos vías de un enlace parecen preferibles los pasos superiores de dos vanos con un apoyo en la mediana[1]; y si ésta es estricta o la vía es de calzada única, los de una sola luz. Como las zonas de seguridad son de mayor anchura en el lado exterior de las curvas, a veces se pueden alejar más de la plataforma los apoyos de este lado sin aumentar la luz de la obra de paso, reduciendo la distancia por el lado interior de la curva.

Habida cuenta de que los enlaces tienen una zona de influencia[2], no conviene acumular riesgos en ella. Por ello hay que evitar disponer un enlace:

- Al final de una pendiente fuerte.
- En una zona de trazado difícil.
- Demasiado cerca[3] de otro enlace o de un área de servicio o de descanso.

6.3.4.2. Enlaces en trompa

Se utilizan tanto para el origen o la terminación de una autopista en otra, como para su unión con carreteras convencionales que no la cruzan. También son necesarios en las autopistas explotadas mediante sistemas cerrados de peaje, en sus conexiones con el resto de la red.

---

[1] Este apoyo representa un obstáculo y debe ser protegido con un sistema de contención de vehículos.

[2] Cf. apartado **3.4.2**.

[3] Cf. capítulo **7** de la Norma **3.1-IC** “Trazado”.

Ventajas:

- Sólo necesitan una obra de paso.
- En un enlace *en trompa*[1] del tipo **A**:
  - El carril de deceleración en la vía principal resulta menos largo que en el tipo **B**, porque corresponde al giro desde la vía secundaria, cuya velocidad específica suele ser menor que la de la principal.
  - El ramal *en lazo* no queda oculto por la obra de paso.

Inconvenientes:

- No se debe disponer un enlace *en trompa* para el caso, actual o futuro, de que el enlace evolucione a uno de cuatro patas[2]:
  - Si se pretende conectar a través del enlace con una vía de servicio situada al lado opuesto de la vía principal.
  - Si, en el futuro, la vía secundaria que ahora no cruza al otro lado del enlace va a ser prolongada y lo cruzará: no será una buena solución disponer una glorieta en medio de un ramal *en lazo*.
- No es recomendable conectar dos autopistas a través de un ramal *en lazo*, debido a su baja velocidad específica.
- En un enlace *en trompa* del tipo **A**, una limitación del espacio disponible puede aconsejar otra solución.
- En un enlace *en trompa* del tipo **B**:
  - El carril de deceleración en la vía principal resulta más largo que en el tipo **A**, porque corresponde al giro desde la vía principal, cuya velocidad específica suele ser mayor que la de la secundaria.
  - El ramal *en lazo* queda oculto por la obra de paso, sobre todo si ésta es superior.
  - En las bifurcaciones de autopistas este tipo resulta menos conveniente que el **A**.

6.3.4.3. Enlaces semidireccionales de tres patas

Ventajas:

- Permiten alojar intensidades que rebasan la capacidad de un ramal *en lazo*.

---

[1] Cf. apartado **5.6.2.2**.

[2] Normalmente, a un enlace *en diamante*.

- Si los ramales semidirectos se cruzan a desnivel, el enlace resulta bastante compacto.

Inconvenientes:

- Si sólo se emplea una obra de paso, el cruce de los dos ramales semidirectos para girar a la izquierda limita la capacidad. La situación mejora si se emplea un enlace *en media pesa*.
- En los demás casos, se necesitan al menos dos obras de paso o una sola de tres niveles:
  - Si los ramales semidirectos son independientes, hay que separar bastante las dos obras de paso, lo cual requiere disponer de más espacio. Para reducir la separación, se puede alojar en una de las obras de paso la entrada a la vía principal, aumentando su luz.
  - Si los ramales semidirectos se cruzan a desnivel, se necesita una tercera obra de paso, o prolongar una de las dos originales, o emplear una sola obra de paso pero de tres niveles.

6.3.4.4. Enlaces direccionales de tres patas

Ventaja:

- Permiten alojar intensidades que rebasan la capacidad de un ramal semidirecto.

Inconvenientes:

- Se necesitan tres obras de paso.
- Para evitar su percepción como una conexión por la izquierda, las intensidades de los giros a la izquierda, han de ser mayores que las de los giros a la derecha. En caso contrario, se deben plantear como bifurcaciones o confluencias.
- Si los tres giros a la izquierda se resuelven mediante ramales directos, y no se quiere ocupar mucho espacio, al menos uno de ellos ha de tener un radio más reducido que los demás.

6.3.4.5. Enlaces en diamante

Este tipo de enlace entre una vía principal y otra secundaria es bastante frecuente, y se puede aplicar en una amplia variedad de casos:

- Donde haya que conectar a una autopista una carretera convencional con poco tráfico.
- Fuera de poblado, con tráficos medios y velocidades altas.

- En zonas urbanas, con tráficos intensos, velocidades menores y circulación discontinua por la acción de los semáforos.

Ventajas:

- Es de comprensión sencilla por los conductores.
- La ocupación del terreno es similar en los cuatro cuadrantes, y puede ser bastante reducida.
- Su funcionamiento favorece a la vía principal, pues:
  - La salida está delante de la obra de paso, y la entrada detrás de ella.
  - No hay carriles de cambio de velocidad en correspondencia con la obra de paso.
  - Se simplifica la señalización de orientación: las salidas del tronco de la vía principal son únicas.
- Permiten el cambio de sentido en la vía principal.
- Si los ramales de salida de la vía principal se prolongan en los de entrada, permiten regresar a ella. De esta manera, se pueden alojar:
  - Los vehículos de tamaño o peso extraordinarios, que no puedan franquear la obra de paso.
  - Los desvíos de la circulación, por incidencias u operaciones de conservación en la vía principal.
  - El tráfico de paso, mientras se construye la obra de paso.
  - Los autobuses que abandonen la vía principal para cargar y descargar pasajeros, y luego vuelvan a ella.
  - Los conductores que hayan salido equivocadamente.
- Con un enlace *en diamante partido*[1] se evitan las perturbaciones entre salidas y entradas muy próximas en la vía principal. Su capacidad suele ser mayor que la de un *diamante normal*.
- Un enlace *en diamante compacto*[2]:
  - Resulta adecuado donde el uso del suelo sea muy intenso y el espacio disponible reducido, como ocurre en las zonas urbanas.
  - Además de reducir el número de los puntos de conflicto, proporciona unos radios amplios (60 – 90 m) a los ramales para el giro a la izquierda, los cuales

[1] Cf. apartado **5.7.2.1.3**.

[2] Cf. apartado **5.7.2.1.4**.

tienen una disposición *indonesia*[1]: esto resulta particularmente adecuado para los vehículos pesados, y permite unos carriles adicionales centrales de espera más largos que en un *diamante normal* (Fig. **6.2-C**).

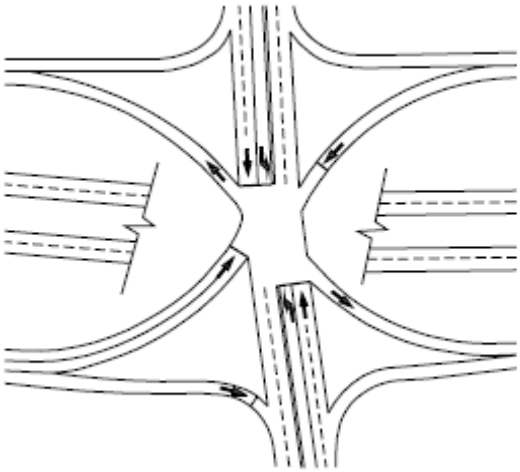


Fig. **6.2-C**

- Los enlaces *en diamante con pesas*[2]:
  - Constituyen un nudo muy seguro, al combinar las características favorables de las glorietas con las de los enlaces *en diamante*.
  - En ellos, entrar en sentido contrario a un ramal de salida de la vía principal resulta más difícil que con las parejas de intersecciones *en **T*** enfrentadas.
  - Permiten alojar seis patas en cada glorieta: el tramo de unión, su prolongación en la vía secundaria; los dos ramales que conectan con la vía principal; y dos vías de servicio.
  - Permiten el cambio de sentido en la vía secundaria.
  - Aminoran la velocidad en la vía secundaria.

Inconvenientes:

- En un enlace interurbano, la vía secundaria (donde están las intersecciones o las glorietas) no debe tener una **IMD** superior a 5000 veh[3].
- Todos los vehículos que giren a la izquierda se tienen que detener ante un cruce.

---

[1] Disposición de las trayectorias de dos giros a la izquierda opuestos en la que ambos se pueden realizar simultáneamente sin interferirse, pues las trayectorias no se cruzan y cada vehículo pasa por la derecha del otro.

[2] Cf. apartado **5.7.2.1.5**.

[3] De acuerdo y con las excepciones indicadas en el artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

- Se limita la capacidad de la vía secundaria, debido a la presencia de los nudos que conectan con ella y, sobre todo, de los giros a la izquierda desde los ramales de salida de la vía principal.
- A partir de una **IMD** de 3000 veh., en la vía secundaria suele ser necesario un carril central de espera para girar a la izquierda: lo cual aumenta la anchura de la obra de paso.
- En las intersecciones *en **T*** de la vía secundaria hay que disponer, además de una señalización adecuada, una canalización que impida las entradas en sentido contrario desde ella a los ramales de salida de la vía principal. También suele dar buen resultado iluminar los ramales de entrada más que los de salida. Las *pesas* son menos susceptibles a estos problemas.
- La ocupación se extiende a los cuatro cuadrantes.
- En los enlaces *en diamante* existentes, las intersecciones o glorietas situadas en la vía secundaria pueden presentar problemas de ocupación por parte de vehículos articulados o trenes de carretera, si no están dimensionadas para ellos.
- Ciertos elementos de la obra de paso (pretiles, pilas, estribos) pueden reducir la visibilidad en los nudos con la vía secundaria.
- En un enlace *en diamante partido*[1] hay dos obras de paso, aunque pueda resultar menor su anchura.
- En un enlace *en diamante compacto*[2]:
    - La obra de paso suele resultar más cara que en un enlace *en diamante normal*, y la regulación por semáforo es más compleja.
    - Si las dos vías no se cortan a menos de 30 gon de la perpendicular la visibilidad disminuye, a no ser que se dispongan unos despejes considerables.
    - No conviene disponer pasos para peatones en los ramales, pues consumen una parte del ciclo del semáforo y reducen la capacidad; es mejor que crucen en otro lugar.
- En un enlace e*n diamante con pesas*[3], la implantación de las glorietas y el tratamiento recomendado para el tramo de unión entre las glorietas pueden presentar problemas si su titularidad es distinta de la que corresponde al resto del enlace[4].

---

[1] Cf. apartado **5.7.2.1.3**.

[2] Cf. apartado **5.7.2.1.4**.

[3] Cf. apartado **5.7.2.1.5**.

[4] Cf. apartado **1.4**.

6.3.4.6. Enlaces en trébol parcial

Ventajas:

- Un enlace *en trébol parcial de dos cuadrantes*[1]:
  - Puede alojar en un solo cuadrante todos los movimientos entre cada una de las patas de la vía principal y ambas patas de la vía secundaria. Sólo se ocupan dos cuadrantes diagonalmente opuestos[2]. Esto lo hace especialmente adecuado donde las características o el uso del suelo impiden la utilización de los demás cuadrantes.
  - Las salidas de la vía principal, y las entradas a ella, se sitúan en la secuencia más favorable: y aunque en el tipo **B** la salida quede detrás de la obra de paso, se puede adelantar su *nariz* para que quede delante de ella.
  - Si es del tipo **A**:
    - Puede evolucionar fácilmente a uno *en trébol parcial de cuatro cuadrantes* del tipo **A**.
    - Favorece en su funcionamiento a la vía principal, pues:
      - La salida está delante de la obra de paso, y la entrada detrás de ella.
      - No hay carriles de cambio de velocidad en correspondencia con la obra de paso.
      - Se simplifica la señalización de orientación: las salidas del tronco de la vía principal son únicas.
  - Si es del tipo **B, l**as dos intersecciones canalizadas *en **T*** que se forman en la vía secundaria resultan más claras que en el tipo **A**, al no haber ningún giro a la derecha con una configuración semidirecta: todos los giros a la derecha son directos.
  - Si es del tipo **C**:
    - Comparte alguna de las ventajas de los tipos **A** y **B**.
    - Permite ocupar sólo dos cuadrantes adyacentes. Esto es aplicable a la presencia de un obstáculo lineal como un río o una vía férrea.
- En un enlace *en trébol parcial de cuatro cuadrantes*[3]:

---

[1] Cf. apartado **5.7.2.2.2**.

[2] En los del tipo **A**, anteriores a la obra de paso, según se avanza por la vía principal; en los del tipo **B**, posteriores.

[3] Cf. apartado **5.7.2.2.3**.

- Se suprime el poco evidente giro a la derecha mediante un ramal semidirecto que caracteriza al *trébol parcial de dos cuadrantes*.
- Los vehículos que giran a la izquierda desde la vía principal no se tienen que detener, ya que el ramal es *en lazo*.
- Los giros a la derecha desde la vía secundaria están aislados de las intersecciones *en **T*** para los giros a la izquierda: éstos sólo interfieren al tráfico opuesto de paso.
- Si las intersecciones están reguladas por semáforos, el ciclo puede tener sólo dos fases.
- Hay menos peligro de entradas en sentido contrario a los ramales de salida de la vía principal; las *pesas* son aún menos susceptibles a este problema.
- La capacidad es mayor que la del *trébol parcial de dos cuadrantes*; y para una misma superficie de la obra de paso, también que la del enlace *en diamante*.
- Se ocupan de forma neutra todos los cuadrantes.
- Los vehículos que salen de la vía secundaria[1] o de la vía principal[2] no se tienen que detener, ya que el ramal es directo o *en lazo*.

Inconvenientes:

- En un enlace interurbano, la vía secundaria (donde se ubican las intersecciones o las glorietas) no debe tener una **IMD** superior a 5000 veh[3].
- Se limita la capacidad de la vía secundaria, debido a la presencia de los nudos que conectan con ella y, sobre todo, de los giros a la izquierda desde los ramales de salida de la vía principal.
- Los vehículos que giren a la izquierda desde una de las vías se tienen que detener ante un cruce.
- A partir de una **IMD** de 3000 veh., en la vía secundaria a menudo es necesario un carril central de espera: lo cual aumenta la anchura de la obra de paso.
- En las intersecciones *en **T*** de la vía secundaria hay que disponer, además de una señalización adecuada, una canalización que impida las entradas en sentido contrario desde ella a los ramales de salida de la vía principal. También suele dar buen resultado iluminar los ramales de entrada más que los de salida. Las *pesas* son menos susceptibles a estos problemas.

---

[1] Si es del tipo **A.**

[2] Si es del tipo **B.**

[3] De acuerdo y con las excepciones indicadas en el artículo **102.8** del Real Decreto **1812/1994**, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras.

- La implantación de glorietas, y el tratamiento recomendado para el tramo de unión entre las dos intersecciones o glorietas puede presentar problemas si su titularidad es distinta de la que corresponde al resto del enlace[1].
- Ciertos elementos de la obra de paso (pretiles, pilas, estribos) pueden reducir la visibilidad en los nudos con la vía secundaria.
- En un enlace *en trébol parcial de dos cuadrantes*[2]:
  - Dos de los giros a la derecha se realizan mediante ramales semidirectos: una configuración no habitual. A este respecto, resulta más desfavorable el tipo **A** que el **B**.
  - Las razones para no ocupar simultáneamente dos cuadrantes deben ser cuidadosamente sopesadas; a menudo conviene ocupar todos los cuadrantes con vistas a futuros desarrollos.
  - Si las intersecciones están reguladas por semáforos, requieren un ciclo de tres fases[3].
  - Si es del tipo **B**:
    - Se favorece a la vía secundaria[4]: hay una única salida (la señalización de orientación es fácil) y una única entrada situada detrás de ella, ambas antes de la obra de paso.
    - Los ramales *en lazo* que resuelven los giros a la izquierda desde la vía principal requieren unos largos carriles de deceleración; y además, están situados detrás de la obra de paso.
    - La capacidad de las intersecciones *en **T*** resulta menor[5].
  - Si es del tipo **C**, comparte alguno de los inconvenientes de los tipos **A** y **B**.
- En un enlace *en trébol parcial de cuatro cuadrantes*[6]:
  - Se ocupan todos los cuadrantes.
  - Las dos entradas consecutivas a la vía principal, o las dos salidas consecutivas de ella, requieren su unificación mediante una vía colectora - distribuidora.
  - Los ramales *en lazo* para los giros a la izquierda desde la vía secundaria[1], o desde la vía principal[2], quedan ocultos detrás la obra de paso. Esto puede sor-

---

[1] Cf. apartado **1.6**.

[2] Cf. apartado **5.7.2.2.2**.

[3] En lugar de dos como en el trébol parcial de cuatro cuadrantes.

[4] Por ejemplo, por una mayor intensidad de los giros a la derecha procedentes de ella.

[5] Se puede aumentar el número de carriles de paso y de giro de la carretera convencional.

[6] Cf. apartado **5.7.2.2.3**.

prender a algunos conductores, aunque tengan una vía colectora - distribuidora para cambiar de velocidad.

6.3.4.7. Enlaces en trébol completo

Ventajas:

- Ningún movimiento se tiene que detener ante un cruce.
- Permiten fácilmente el cambio de sentido.
- Ocupación similar de todos los cuadrantes.
- Fuera de poblado, puede representar una solución aceptable para el cruce de dos autopistas con un tráfico no muy intenso, si ningún giro a la izquierda predomina sobre los demás ni sobre un tráfico de paso.

Inconvenientes:

- A no ser que el radio de los ramales *en lazo* se reduzca mucho, en detrimento de su capacidad, un enlace *en trébol completo* ocupa bastante superficie. Para reducirla, los ramales directos se pueden ceñir a los ramales *en lazo*.
- Se ocupan todos los cuadrantes.
- Si la suma de las intensidades de los tráficos que giran en ramales *en lazo* adyacentes no es muy baja[3], el tramo de trenzado suele funcionar mal, sobre todo en las zonas urbanas, pues los vehículos llegan agrupados por la acción de los semáforos cercanos (circulación discontinua): esta agrupación dificulta el trenzado.
- Es imprescindible disponer vías colectoras - distribuidoras, y éstas necesitan también obras de paso, con el consiguiente aumento del coste. A este respecto, es mejor disponer estructuras independientes para las vías colectoras - distribuidoras.

6.3.4.8. Glorietas a distinto nivel

Ventaja:

- Permiten fácilmente el cambio de sentido.

Inconvenientes:

- Necesitan dos obras de paso, generalmente de planta curva.

---

[1] Si es del tipo **A.**

[2] Si es del tipo **B.**

[3] Menos de 1500 veh./h.

- El gran diámetro de la calzada anular, necesario para franquear la vía principal, favorece una elevada velocidad en ella, reduciendo la autorregulación propia del mecanismo de inserción de una glorieta y favoreciendo los trenzados. Son preferibles los enlaces *en diamante con pesas*, que son muy compactos, tienen un coste menor, y proporcionan una muy buena seguridad.
- Si la calzada anular está elevada, los sistemas de contención necesarios para evitar la caída a la vía principal resultan muy agresivos para un vehículo procedente de la vía secundaria, que pierda el control a la entrada y choque de frente con ellos; y pueden limitar la visibilidad de los conductores que acceden a la glorieta.
- Si la calzada anular está deprimida, en la isleta central la presencia de las pilas o de los estribos de las obras de paso, o de terraplenes, puede originar problemas de implantación y pueden limitar la visibilidad de los conductores que acceden a la glorieta. Además, desde los ramales de entrada, la presencia de la glorieta puede resultar poco perceptible. Es preciso disponer de amplios despejes laterales.

6.3.4.9. Enlaces en biela

Ventaja:

- Permiten establecer un enlace de cuatro patas en lugares donde no se pueden establecer ramales en las proximidades del cruce de las dos vías[1].

Inconvenientes:

- Necesitan al menos dos obras de paso, además de la de cruce de las dos vías.
- Si la *biela* está situada más allá de la obra de paso, los conductores pueden tener la impresión de que han rebasado inadvertidamente el enlace.
- El terreno comprendido entre la *biela* y el cruce de las dos vías suele tener problemas de accesibilidad; lo cual puede dar lugar a incrementos sustanciales de las necesidades de expropiación.
- Puede resultar problemática la continuidad de las vías de servicio.

6.4 Análisis funcional

Tanto los nudos viarios como sus conexiones con las patas se deben someter a un análisis funcional que, además de estudiar su capacidad y su nivel de servicio, así como los aspectos relacionados con su diseño, se fije en la facilidad de su explotación y en la continuidad de los itinerarios desde el punto de vista de un conductor no familiarizado. La aplicación del concepto

[1] Por ejemplo por la existencia junto al cruce de las dos vías de un río, un canal, una vía ferroviaria, una instalación de gran interés, etc.

de *carga de trabajo del conductor* para valorar la consistencia del diseño del nudo debe contemplar los aspectos concretos siguientes:

- Situación, proximidad y secuencia de las conexiones (entradas y salidas) y demás convergencias y divergencias, bifurcaciones y confluencias.
- Presencia de trenzados.
- Facilidad de la señalización de orientación.
- Claridad de los destinos y visibilidad de los carteles que los representan.
- Claridad de las trayectorias que se deben seguir.

Se ensayará cada ruta aislando una trayectoria y examinándola sólo en relación con otros elementos del diseño que puedan afectar a un conductor que pretenda seguirla. Para esta labor conviene disponer de una planta general en la que figuren:

- El número de los carriles.
- Las intensidades de la circulación en las horas punta.
- Las velocidades esperadas.
- Las visibilidades disponibles.
- La señalización de orientación.

Este análisis funcional mostrará, por ejemplo, si resulta posible confundirse por la proximidad de las conexiones, o si va a haber conflictos debidos a los movimientos de trenzado. También debe indicar la claridad de las trayectorias y la factibilidad de la señalización de orientación: una trayectoria puede resultar fácil de seguir y de carácter directo, o suficientemente compleja y afectada de conflictos con otros elementos como para requerir algún ajuste.

El análisis funcional debe también incluir una comprobación de las características del diseño como, por ejemplo, las longitudes de los carriles de cambio de velocidad y los radios de las curvas. Esto resulta especialmente útil en los nudos que tengan configuraciones atípicas.

En los nudos cuya iluminación resulte recomendable, se debe comprobar:

- Que no existan zonas de sombra.
- Que ninguna luminaria produce deslumbramientos a los conductores.
- Que las luminarias resultan fácilmente accesibles para su mantenimiento.
- Que la implantación de los soportes de las luminarias no estropea el aspecto del conjunto, especialmente la de los pasos superiores.

7 Acondicionamiento de nudos existentes

7.1 Razones

Aun cuando se sigan construyendo nuevas infraestructuras viarias, una gran parte del esfuerzo inversor se dedica a aumentar la capacidad, fluidez y seguridad de la red viaria existente y a prolongar su vida útil. Uno de los principales rasgos de estas últimas actuaciones es la necesidad de mantener la circulación en condiciones aceptables de fluidez y de seguridad mientras se ejecutan.

Los nudos existentes se acondicionan:

- Para acomodarlos a cambios en la funcionalidad de alguna de las vías que en ellos concurren.
- Para responder a los cambios en la demanda del tráfico o en el uso del suelo colindante, aumentando su capacidad y mejorando el nivel de servicio.
- Para incorporar mejoras en su explotación que aumenten su fluidez y seguridad, eliminando o reduciendo las características desfavorables.

En particular, los acondicionamientos de los nudos existentes proporcionan una buena oportunidad de actualizar y mejorar las medidas de seguridad; así que su justificación se incluirá en la evaluación económica del acondicionamiento, como una reducción de los costes de la siniestralidad. El estudio de los accidentes que han tenido lugar en el nudo permite, a menudo, establecer un diagnóstico acerca de los elementos del diseño que han contribuido a la siniestralidad.

Las mejoras en este campo se centran en los siguientes aspectos:

- Reducción de los conflictos entre los vehículos[1] y, en las zonas urbanas, entre éstos y los peatones.
- Mejora de la información que permite a los usuarios tomar sus decisiones.
- Introducción de medidas para moderar la velocidad de la circulación.

Estas mejoras no se ciñen exclusivamente al nudo, sino también a su zona de influencia: un cambio en un elemento de la red viaria puede afectar negativamente a otro.

En un nudo existente cuyo historial de seguridad no sea bueno, su acondicionamiento no debe empeorarlo por empeñarse en mantener ciertos elementos añadiéndoles algunas “mejoras”. A menudo es preferible plantear *ex novo* cuál sería el nudo más adecuado, y ver qué se puede aprovechar del nudo existente.

[1] Incluyendo, en su caso, las motocicletas y los ciclos.

7.2 Tipos de actuación

El acondicionamiento de un nudo viario se hace mediante actuaciones que incluyen, entre otras, las siguientes:

- Adición de carriles auxiliares, o de carriles de cambio de velocidad.
- Introducción de isletas o modificación de las existentes.
- Modificación del diseño de los elementos que afecten desfavorablemente a la fluidez y a la seguridad de la circulación:
  - El ángulo entre las patas.
  - La curvatura de las patas en la zona del nudo.
  - Las limitaciones de la visibilidad.
  - La inclinación de la rasante, especialmente donde los vehículos se detienen y arrancan.
  - La anchura de los carriles.
  - La separación entre los puntos de conflicto.
  - La distancia que tienen que recorrer los peatones.
- Adición o supresión de movimientos.
- Toma en consideración de los usuarios vulnerables y del transporte colectivo.
- Mejora de las ayudas a la circulación (señalización, balizamiento, alumbrado). Si hay un cambio en la funcionalidad de la red viaria, sea cual fuere su titular, el presupuesto del acondicionamiento debe incluir la remodelación de la señalización de orientación situada en ámbitos exteriores a la actuación, de manera que quede reflejado dicho cambio.
- Implantación o remodelación de los sistemas de contención de vehículos.
- Transformación de un tipo de nudo en otro: en concreto, la de una intersección en una glorieta, o la de ambas en un enlace.

7.3 Necesidad de acondicionamiento

Determinados elementos o características existentes en un nudo viario necesitan ser acondicionados desde el punto de vista de la seguridad, como por ejemplo los que causen:

- Una falta de visibilidad suficiente para la decisión o, peor, para la detención.

- Confusiones o sorpresas: isletas inadecuadas, cambios bruscos de rumbo para cualquier movimiento permitido, interferencias debidas al uso del suelo colindante, etc.
- Conflictos potenciales frontales, o por entradas en sentido prohibido.
- La presencia inesperada de usuarios vulnerables.
- Inconsistencias del trazado: demasiado generoso en los accesos al nudo, pero estricto en él.
- La presencia de muchos elementos con características estrictas.

Otros elementos o características ausentes se pueden considerar deseables, y su inclusión a menudo forma parte de las mejoras:

- Una anchura de los carriles adaptada a la trayectoria y al vehículo patrón.
- Un peralte adaptado a la velocidad real.
- Unos acuerdos convexos con buena visibilidad.
- Unos acuerdos cóncavos cortos adaptados a la iluminación disponible y a las velocidades reales.
- En vías que cruzan una intersección con pérdida de la prioridad o con baja velocidad específica, el avisar de esa circunstancia mediante desplazamientos transversales (hasta 1,5 m) en el trazado en planta.
- La conveniencia de reubicar las paradas del transporte colectivo.

Para el acondicionamiento de un nudo existente suele ser necesario disponer de más espacio. Como esto suele ser difícil en las zonas urbanas y periurbanas, puede resultar preciso elegir las mejoras que hay que renunciar o demorar.

8 Seguridad de la circulación

8.1 Exposición al riesgo

8.1.1. Generalidades

En este Capítulo se repasan algunos aspectos de la seguridad de la circulación más directamente relacionados con el diseño y la explotación de la infraestructura viaria, prescindiendo en gran manera de otros factores primordiales como el comportamiento de los usuarios, las circunstancias ambientales y los relacionados con el vehículo y sus prestaciones. En general, se ha referido la seguridad a una situación de flujo libre en el tráfico[1], en la que la influencia de la infraestructura viaria resulta determinante; pero no se debe olvidar que en el diseño[2] de un nudo viario las interacciones entre los vehículos resultan más determinantes, incidiendo en el nivel de servicio y en el riesgo de accidentabilidad.

Al estudiar los accidentes de circulación que se producen en una red viaria, no basta con fijarse en su frecuencia absoluta, por ejemplo: el número anual de accidentes con víctimas, o de víctimas mortales. Aunque el número o frecuencia es significativo *per se*, conviene compararlo con un estimador de la exposición al riesgo, dando lugar a unos índices más significativos.

- El mejor estimador es el grado de empleo de la parte de la red viaria a la que se circunscribe el lugar con el que se relaciona el índice, normalmente medido en centenares de millones de vehículos · kilómetro. Para conocer estos volúmenes del tráfico es preciso disponer de aforos.
- Si no se dispone de aforos se emplean otros estimadores sustitutorios del anterior: el parque de vehículos, la longitud de la red, la superficie o la población de la zona estudiada, la tasa de motorización, etc.

En los tramos viarios, lejos de los nudos, se manejan principalmente los siguientes índices:

- **IP**: *índice de peligrosidad*: número total de accidentes con víctimas por cada 10^8 vehículos · km en un período determinado (usualmente un año).
- **IM**: *índice de mortalidad*: número total de víctimas mortales por cada 10^8 vehículos · km en un período determinado (usualmente un año).
- **IG**: *índice de gravedad*: número de víctimas mortales por cada 100 accidentes con víctimas en un período determinado.

Incluso empleando índices que consideren el volumen del tráfico, los valores obtenidos pueden no ser significativos estadísticamente dada la naturaleza aleatoria de los accidentes y de sus consecuencias.

---

[1] Definida por un intervalo mínimo de 5 s entre vehículos sucesivos.

[2] Y aún más la explotación.

La evolución de la aplicación de este tipo de índices a las carreteras españolas se ha ido volviendo cada vez más compleja: desde los llamados *puntos negros* (tramos de 1 km con más de 3 accidentes anuales con víctimas), hasta los *tramos de concentración de accidentes* (**TCA**) empleados por la Dirección General de Carreteras.

Los diagnósticos de seguridad de los nudos deberán realizarse teniendo en cuenta el Real Decreto 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado[1].

8.1.2. Aplicación a los nudos viarios

Los accidentes que tienen lugar en un nudo viario se pueden considerar como el resultado de la exposición al riesgo por parte de un cierto número de usuarios, la cual depende de:

- El diseño del nudo.
- Los principios en los que se basa su funcionamiento.
- Los comportamientos que se derivan de ese funcionamiento.

Dependiendo de cómo se divida la red viaria para la identificación de la parte de ella a la que se circunscribe el lugar con el que se relaciona el índice, los nudos pueden o no considerarse en categorías aparte. Es todavía habitual considerar a los nudos englobados en alguno de los tramos que en ellos concurren; pero si se separaran de ellos, se podrían realizar unos estudios más afinados. Esto tropieza con varias dificultades:

- Un tramo viario admite pocas descomposiciones: en cambio, en un nudo viario se deben considerar no sólo las patas que en él concurren, sino también las vías de giro y los ramales, amén de otros elementos específicos como las calzadas anulares de las glorietas, las vías colectoras - distribuidoras, etc.
- Aun cuando se pudieran hacer las distinciones a las que se refiere el punto anterior, resulta muy difícil atribuir un volumen de tráfico a cada uno de esos elementos: básicamente porque no se dispone de aforos diferenciados[2].

En algunos estudios se han empleado para los nudos viarios unos índices que prescinden de la longitud, y se refieren al número[3] de vehículos que penetran en el nudo.

---

[1] Y normativa que lo desarrolle como la Orden circular 30/2012, de 20 de junio de 2012, por la que se aprueban las directrices de los procedimientos para la gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

[2] A menudo la incertidumbre abarca también a la propia localización de los accidentes registrados.

[3] Generalmente expresado en millones.

8.2 Influencia del tipo de nudo

Para un mismo índice de peligrosidad y una misma demanda del tráfico, el número anual de accidentes con víctimas puede ser muy distinto según que el nudo sea de un tipo o de otro:

- No se recomiendan los tipos de nudo que puedan dar lugar a riesgos excesivos para algunos de sus usuarios, aunque éstos sean escasos. Por ejemplo, en una intersección en una carretera convencional interurbana con calzadas separadas, los movimientos que impliquen el cruce de la mediana tienen un nivel de riesgo más elevado.
- Si lo que se desea es reducir el número de accidentes, se recomienda que el riesgo (índice) de cada elemento del nudo se adapte a la intensidad del tráfico al que está sometido, de manera que los menores índices correspondan a las mayores intensidades.

Desde el punto de vista de la seguridad de la circulación, el tipo de nudo viario más satisfactorio es el **enlace**, propio de las vías de gran capacidad: sobre todo los enlaces más sencillos y de tipo habitual a los que se ha acostumbrado la mayoría de los conductores.

De los tipos de intersección que se pueden emplear en las carreteras convencionales[1] urbanas y periurbanas, la **glorieta** es la que presenta una menor gravedad en los accidentes.

Las intersecciones controladas por **semáforos**, propias de las zonas urbanas, también presentan un nivel de seguridad bastante satisfactorio.

Las **intersecciones controladas por prioridad fija**, en general, presentan un comportamiento adecuado desde el punto de vista de la seguridad si la intensidad de la circulación no es muy elevada[2] y disponen de una buena visibilidad.

A no ser que la señalización consiga compensar esa cualidad, el empleo de nudos **atípicos**, tanto por su funcionamiento como por su configuración, puede perjudicar a la seguridad, especialmente si se disponen ramales con carriles de deceleración situados a la izquierda (totalmente desaconsejados desde el punto de vista de la seguridad[3]).

No sólo hay que pensar en los ocupantes de los vehículos motorizados: también pueden intervenir los usuarios vulnerables (peatones y ciclistas). A menudo son las personas de edad las más perjudicadas.

Por otra parte la accidentalidad disminuye con una cierta uniformidad en la configuración de los nudos y de algunos aspectos de su concepción, sobre todo en itinerarios o en zonas donde la

---

[1] Con una **IMD** no superior a 5000 veh. de acuerdo y con las excepciones indicadas en el Artículo 102.8 del Reglamento General de Carreteras.

[2] Por ejemplo, con una **IMD** < 3000 veh.

[3] No admitidos en la Norma de Trazado 3.1-IC salvo para conectar calzadas laterales y centrales mediante ramales de transferencia (Ver 4.16.2.).

funcionalidad se percibe como constante. Viceversa, la aplicación indiscriminada[1] de soluciones prefijadas rara vez basta para garantizar una seguridad suficiente, tanto más cuanto más complejo (por ejemplo, urbano) sea el entorno.

8.3 Elementos del diseño

Algunos elementos de los nudos viarios pueden resultar desfavorables para la seguridad:

- Los que son poco frecuentes o de difícil utilización, como las bifurcaciones o las confluencias que se perciben como salidas o entradas por la izquierda.
- Los que resultan poco perceptibles, como las salidas situadas en una alineación curva.
- Los que imponen al conductor tareas demasiado complejas, como:
  - Los tramos de trenzado. Bajo este punto de vista, resultan particularmente desfavorables las entradas o salidas por la izquierda, respectivamente seguidas o precedidas de una salida o entrada por la derecha.
  - Los ramales cuya planta esté desprovista de curvas de transición o cuyas alineaciones rectas no tengan una longitud suficiente o nula.
  - Una sucesión de divergencias entre las que la distancia no resulte suficiente para tomar decisiones, en relación con la velocidad practicada, la visibilidad disponible, y las posibilidades de la señalización.
- Los que tienen un trazado muy estricto, es decir, cuya velocidad específica es muy inferior[2] a la del tronco, como ocurre con los ramales *en lazo*. Los conductores que circulan por una autopista se han acostumbrado a conducir a gran velocidad, y los cambios bruscos de ésta causan problemas de fluidez y de seguridad. La transición ha de resultar suave, con:
  - Una buena visibilidad de la situación que se avecina: de la señalización relacionada con la velocidad y, sobre todo, del propio ramal y, especialmente, de la curva de menor velocidad específica. La *nariz* debe estar situada en una rasante uniforme o cóncava, donde el trazado en alzado no impida ver el ramal.
  - Una señalización y un balizamiento adecuados.
  - Una distancia suficiente para decelerar. En los ramales *en lazo* cuyos carriles de deceleración resulten cortos, los vehículos articulados pueden tener problemas de estabilidad[3] al frenar para adaptar su velocidad a la específica del

[1] Es decir, sin un estudio particular de las condiciones específicas del nudo y de su utilización.

[2] Más de 30 km/h.

[3] Quiebro o "tijera".

lazo. En estos casos, además, no parece conveniente rebasar una pendiente descendente del 4 %.

Por el contrario, los siguientes elementos sencillos presentan una buena seguridad:

- Los ramales de los enlaces *en diamante*.
- Los que están separados del tronco por una vía colectora - distribuidora.
- Los que tienen una velocidad específica relativamente alta, como los ramales *directos* para girar a la derecha, los ramales *en círculo* o las *asas exteriores*.

8.4 Intersecciones reguladas por prioridad fija

Desde el punto de vista de la seguridad de la circulación, en una intersección *en **T*** hay que tener en cuenta los principios siguientes:

- Buscar la sencillez y la compacidad:
  - Un número adecuado de isletas.
  - El menor número posible de carriles reservados para girar a la derecha, con objeto de reducir al mínimo la anchura de la calzada que tiene que cruzar el tráfico transversal, tanto de vehículo como sobre todo de peatones.
- Disponer inflexiones en la trayectoria de los movimientos no prioritarios[1].
- Evitar ambigüedades en el funcionamiento de la intersección o en el trazado de sus patas. Las decisiones se deben tomar una a la vez.
- Mantener la coherencia entre el trazado y la prioridad. La trayectoria correcta debe resultar inmediatamente evidente, fácil de seguir y de una continuidad incuestionable.

En cualquier caso, la presencia de la intersección debe resultar especialmente perceptible para los conductores de los vehículos que se acercan a ella, tanto por la vía prioritaria como por la no prioritaria.

El número de accidentes depende mucho de la intensidad del movimiento no prioritario, y bastante poco de la del prioritario. El riesgo (índice) de los usuarios del movimiento no prioritario es elevado, con cierta independencia de cuál sea su intensidad; mientras que el riesgo (índice) de los usuarios del movimiento prioritario es proporcional a la intensidad en la vía no prioritaria y, en general, es más reducido.

En las carreteras convencionales interurbanas principales, las intersecciones reguladas por prioridad fija pueden presentar problemas de seguridad, debido a su funcionamiento: en ellas coinciden unos usuarios prioritarios, veloces y conscientes de su preferencia de paso, con otros

[1] Excepto, quizás, en los entornos urbanos muy densos en los que la intersección está regulada por semáforos.

no prioritarios para quienes resulta una tarea delicada atravesar la vía prioritaria. La toma de la información, su tratamiento, la decisión y la ejecución de una maniobra están sometidos a fuertes limitaciones temporales, a menudo combinadas con una visibilidad estricta.

En una intersección regulada por prioridad fija de paso, la velocidad del tráfico prioritario es uno de los principales elementos que determinan la siniestralidad del cruce.

En las carreteras convencionales principales con un tráfico muy intenso, especialmente donde haya un uso intenso del suelo colindante con un desarrollo lineal, suele ser elevada la siniestralidad en las intersecciones; la construcción de glorietas o incluso de unos enlaces de bajo coste, aunque sus características sean reducidas, puede ser una solución.

En los vehículos que giran a la izquierda desde la vía prioritaria, la afección a la seguridad se deriva no sólo de los conflictos con los vehículos opuestos, sino también de los alcances a vehículos detenidos que esperen girar, por parte de otros cuyos conductores que se hayan visto sorprendidos por la maniobra o no la hayan comprendido a tiempo. Suele resultar justificado disponer un carril central de espera para los giros directos a la izquierda: la reducción de los accidentes por alcance compensa los aumentos de los frontolaterales[1]. Se pueden admitir intersecciones existentes sin carril central de espera si su siniestralidad es suficientemente baja.

Una *falsa mediana*[2] proporciona una mayor seguridad que el empleo exclusivo de marcas viales:

- Se percibe mejor la presencia de la intersección.
- Se protege más eficazmente a los usuarios del carril central de espera.
- Se definen más claramente las trayectorias de los vehículos de paso y la zona de espera para los que giran a la izquierda, incluso cuando llueve y las marcas viales resultan menos visibles (sobre todo de noche).
- Si hay accesos próximos a la intersección, se reducen los conflictos debidos a ellos.

Sin embargo, no es aconsejable su implantación en las carreteras interurbanas, a menos que se disponga un alumbrado nocturno para destacar su presencia y configuración. Una buena solución puede ser utilizar para el carril central de espera un pavimento coloreado, siempre que éste proporcione una suficiente resistencia al deslizamiento[3].

---

[1] En las intersecciones *en* ***T***, las colisiones frontolaterales con los vehículos no prioritarios que ya han cruzado un carril son mucho menos frecuentes.

[2] Cf. apartado **4.5.3.2**.

[3] A base de lechada o de pintura que lleve una carga abrasiva.

8.5 Intersecciones reguladas por semáforos

8.5.1. Atropello de peatones

La mayoría de los atropellos de peatones en una intersección regulada por semáforos, y la casi totalidad de las víctimas mortales en esas mismas circunstancias[1], tienen lugar entre un vehículo que circula por un carril **de paso** y un peatón que intenta cruzarlo. El vehículo suele estar a la entrada de la intersección, más que a su salida; el peatón suele estar empezando a cruzar. En la mayoría de los casos, el peatón tiene el semáforo en rojo. Con menor frecuencia el vehículo está girando, y el semáforo deja pasar a ambos (vehículo y peatón) al estar en verde para el peatón y en ámbar intermitente para el vehículo.

Merecen una especial mención los atropellos de las personas mayores: su frecuencia es menor que la proporción de ese grupo de edad en la población; pero la mortandad es más elevada. La mayoría de esos accidentes tienen lugar:

- De día.
- Al iniciar un cruce, y con vehículos que giran a la izquierda, salen de la intersección, o giran a la derecha en ámbar intermitente.
- Con vehículos que retroceden.

Los atropellos se ven favorecidos por:

- Una gran anchura que cruzar de una sola vez[2], como por ejemplo la resultante de un número elevado de carriles de entrada a la intersección. Según algunos estudios, la presencia de 4 carriles en vez de 1 multiplica el riesgo por 2,5.
- Una visibilidad reducida al acercarse a la intersección. Puede ser debida a la presencia de vehículos detenidos o estacionados junto a la intersección[3].
- La pertenencia del semáforo a un sistema coordinado de regulación: la espera para los peatones es más larga, y terminan por cruzar en rojo.
- A menudo, el accionamiento manual del semáforo por parte de los peatones, que también conduce a una espera larga. Tanto en este caso como en el anterior, resultan interesantes los semáforos para peatones que les informan del tiempo que falta para la fase verde.
- Una gran distancia entre un paso para peatones y las intersecciones próximas.

---

[1] Que podrían disminuir si existiesen pasos peatonales a distinto nivel.

[2] Habida cuenta del tiempo disponible para ello y de la eventual presencia de refugios.

[3] Cf. el artículo 94 del Reglamento General de Circulación, aprobado por Real Decreto **1428/2003**, de 21 de noviembre (**BOE** del 23 de diciembre).

- Una deficiente conservación de los semáforos, especialmente de la información relativa a los peatones.
- La posibilidad de que los vehículos giren a la derecha con una fase ámbar intermitente.
- La falta de iluminación nocturna en las travesías urbanas.

8.5.2. Accidentes en giros a la izquierda

Los problemas principales relacionados con estos accidentes son:

- Las dificultades para situarse transversalmente en la calzada en el carril adecuado, por parte de un vehículo que pretende girar a la izquierda.
- Una zona de almacenamiento escasa, que se rebase de manera que se invade el carril contiguo.
- La falta de una percepción a tiempo de un vehículo que circule en sentido contrario, sobre todo si es de dos ruedas.
- Una mala estimación del tiempo que falta (distancia y velocidad) para que llegue ese mismo vehículo.
- Una elevada velocidad de los vehículos de paso. Resulta favorable su moderación.

El alargamiento de la fase "todo rojo" aumenta el riesgo de accidentes en los giros a la izquierda, al aumentar el número de los vehículos que giran en rojo.

8.5.3. Choques frontolaterales

Este tipo de accidente suele resultar muy grave, y corresponde a que uno de los vehículos pase en rojo[1], no siempre de forma deliberada. Se suelen producir en los cambios de fase: al principio de la fase roja o hacia su mitad; rara vez a su final.

Los problemas relacionados con los choques frontolaterales son:

- Mala percepción de la presencia de los semáforos, por culpa de la velocidad, del entorno o incluso, de un deslumbramiento.
- Velocidad demasiado elevada.
- Aprovechamiento extremo de la fase ámbar.
- Temor a un alcance.

[1] También puede ser debido a que los semáforos se hallan en ámbar intermitente, o incluso averiados.

- Falta de atención a las condiciones de una circulación con semáforos, especialmente por parte de los conductores de ciclos.

Estos accidentes se ven favorecidos por algunos diseños:

- Una gran anchura del acceso a la intersección.
- Una escasa duración de los ciclos del semáforo.

En cambio, tienen una influencia favorable:

- Algunos diseños que tienden a moderar la velocidad, como una ligera inflexión de las trayectorias de paso por retranqueo de los ejes de los accesos.
- La presencia de una isleta central de refugio.
- La reducción al mínimo de la fase "todo rojo". Conviene, además, que no se puedan ver los semáforos de la vía transversal, para no poder recibir de ellos información y no caer en la tentación de apurar el margen de seguridad que constituye esa fase.

8.6 Glorietas

Una glorieta permite atender con un buen nivel de seguridad a un número de patas más elevado que los demás tipos de intersección, especialmente en lo relativo a la gravedad de los accidentes.

En la seguridad de la circulación por una glorieta intervienen diversos aspectos de su diseño, no siempre compatibles entre sí; por lo que hay que llegar a un compromiso entre objetivos a veces contrapuestos, consiguiendo que los vehículos cambien de pata con suficiente seguridad y con poca demora. El logro de este compromiso se ve dificultado por intensidades o velocidades elevadas, y por la falta de espacio: esta última es, a menudo, el factor determinante, especialmente en zona urbana.

Las glorietas cuya isleta central es elíptica con una excentricidad inferior a 0,75 tienen una seguridad menor que las circulares[1]. No son aconsejables las glorietas en hipódromo[2].

El riesgo de los usuarios de una glorieta es siempre muy reducido. Los accidentes con víctimas son menos frecuentes que en una intersección. Los índices de mortalidad en una glorieta resultan menores que en una intersección.

Sin embargo, a pesar del buen historial[1] de las glorietas en cuanto a la seguridad de la circulación, se debe prestar una atención especial a ella en su diseño, especialmente en el de sus entradas:

---

[1] Cf. apartado **4.8.7**.

[2] Cf. apartado **5.4.1**.

- El factor más importante es la curvatura máxima de la trayectoria de los vehículos que entran.
- También es importante que las isletas separadoras tengan una longitud suficiente y se perciban bien[2].
- Las isletas centrales demasiado grandes (más de 50 m de diámetro) o en hipódromo propician una velocidad mayor en la calzada anular.
- La presencia de peatones o de vehículos de dos ruedas puede provocar problemas especiales.
- La presencia de paradas del transporte colectivo también puede resultar conflictiva.

En glorietas **interurbanas** y **periurbanas**, el tipo predominante de accidente es la pérdida del control del vehículo a la entrada de la glorieta, invadiendo la isleta central. Si el accidente es mortal, generalmente se habrá producido una brusca deceleración del vehículo en la isleta central, sobre todo si su diseño es agresivo[3]. También se dan:

- Choques entre los vehículos que entran y los que circulan por la calzada anular. La proporción de este tipo de accidente puede aumentar mucho si las entradas están demasiado abocinadas.
- Pérdidas del control en la calzada anular, sobre todo si ésta no es circular.

En las glorietas **urbanas**, el tipo predominante de accidente es el choque entre un vehículo que entra y otro que circula por la calzada anular (especialmente los ciclos que circulan por la calzada anular, o los vehículos pesados que entran). También se producen:

- Pérdidas del control a la entrada, sobre todo en los motociclistas.
- Pérdidas del control en la calzada anular, sobre todo en los ciclos.
- Atropellos de peatones. Casi una tercera parte se producen al intentar cruzar una entrada, generalmente de dos carriles; también hay algunos al cruzar una salida ancha y rápida. Otro tercio corresponde al cruce de la calzada anular, al intentar acortar el recorrido en una glorieta demasiado grande.
- Alcances en los accesos.

En las glorietas cuya calzada anular tiene **dos carriles**, si la marca vial que los separa se limita a dividir en dos la anchura de la calzada anular, se admite la posibilidad de trenzar trayectorias en ella: lo cual conlleva consecuencias nefastas para la seguridad, provocando el desconcierto

---

[1] Hay que tener en cuenta que en las glorietas urbanas donde se producen muchos accidentes se instalan semáforos, con lo que el nudo desaparece de las estadísticas relacionadas con las glorietas, al considerarse ya como una intersección regulada por semáforos.

[2] Cf. apartados **3.2.3.2** y **4.8.5.3**.

[3] Cf. apartado **4.8.7.1**.

de los usuarios ante la falta de una regulación y de un diseño claros, que se pone de manifiesto cuando el tráfico se incrementa con un aumento de las interacciones entre vehículos. Además, ello permite desarrollar unas mayores velocidades a los vehículos ligeros, lo cual es indeseable. El principio que se debe seguir para ordenar la circulación es que no se admitan maniobras de trenzado en la calzada anular (Fig. **8.6-A**):

- Los vehículos que seguirán la trayectoria roja se colocan en el carril derecho de la entrada, y se mantienen en el carril exterior de la calzada anular hasta salir también por el carril derecho de la salida. Estos vehículos pueden tanto girar a la derecha como seguir de frente.
- Los vehículos que seguirán la trayectoria azul se colocan en el carril izquierdo de la entrada; pasan al carril interior de la calzada anular y salen por el carril interior de la salida. Estos vehículos pueden tanto seguir de frente como girar a la izquierda, e incluso cambiar de sentido.

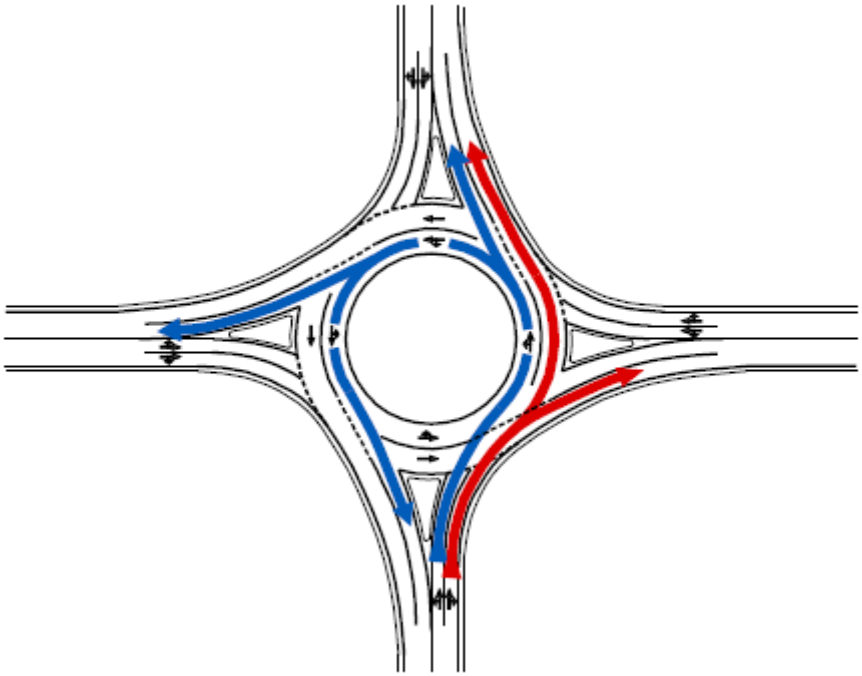


Fig. **8.6-A**

- En un acceso es necesario ceder el paso a todos los vehículos que se encuentran en la calzada anular, independientemente del número de carriles y del movimiento que se vaya a realizar[1].
- Es importante la colocación previa de los vehículos en los carriles del acceso, pues marca la trayectoria que se va a seguir.

[1] Cabría la excepción del giro a la derecha cuando se aproxima un vehículo por el carril interior de la calzada anular.

- No se considera admisible cambiar de trayectoria en la calzada anular (trenzar), ni al entrar ni al salir. Elegido un carril en el acceso, constituye una infracción invadir la trayectoria correspondiente a una colocación inicial en el carril contiguo.
- Para una mejor guía de cada maniobra, las marcas viales en la calzada anular no son continuamente concéntricas.

8.7 Enlaces

Aunque desaparece la necesidad de estar atento a los vehículos cuyas trayectorias se cruzan, puede seguir habiendo conflictos, no sólo en las intersecciones que conectan al enlace con el resto de la red, sino también en el propio enlace: salidas, ramales, entradas.

En los alrededores de un enlace, la perturbación de la circulación relacionada con sus conexiones produce una reducción de la seguridad en el tronco. Fuera de poblado, esa reducción es moderada después del enlace, y menor antes de él; pero en las zonas urbanas, esa reducción puede ser perceptible entre 1,0 km antes de la *nariz* de la salida, y 1,0 km después de la *punta* de la entrada.

Fuera de poblado, la seguridad es menor en las salidas; en las zonas urbanas, apenas hay diferencia.

- En las salidas, los accidentes consisten sobre todo en abandonos de la plataforma, así como en accidentes en los que intervienen problemas de orientación de los conductores. Desde el punto de vista de la infraestructura, se debe prestar atención a:
  - La implantación de la salida, en relación con el trazado del tronco.
  - La complejidad del enlace y de su señalización.
  - La señalización de orientación.

    Todos estos elementos pueden crear ambigüedades acerca de la trayectoria que se debe seguir.
- En las entradas los accidentes son, fundamentalmente, alcances favorecidos por la búsqueda de un hueco para insertarse.

En un enlace de una autopista con una carretera convencional, las intersecciones con ésta pueden contener cruces a nivel: éstos pueden provocar algunos problemas de seguridad:

- Si contienen movimientos que entrañen un riesgo, como los giros a la izquierda y los cruces.
- Si hay riesgo de entrar en sentido contrario a un ramal que acceda a la autopista; esto es especialmente importante de noche y con poca intensidad de la circulación.

Sin embargo, se pueden reducir mucho estos problemas evitando la contigüidad de ramales de sentidos opuestos de circulación, o utilizando para esos nudos secundarios un tipo más seguro, como las glorietas.

En los enlaces de cuatro patas situados en carreteras de calzada única hay algunos rasgos peculiares desde el punto de vista de la seguridad de la circulación:

a) Mucho más que en las carreteras con calzadas separadas, en los enlaces partidos (repartidos en distintos puntos del itinerario) puede ser más fácil entrar en sentido contrario a los ramales.

b) Si la calzada luego se va a duplicar, muchos de sus elementos se suelen disponer con su configuración definitiva, y proporcionan una percepción ambigua y la ilusión de circular por una carretera con calzadas separadas, lo cual favorece los choques frontales:

- Obras de paso definitivas.
- Explanaciones de gran anchura.
- Arcenes, barreras de seguridad y marcas viales asimétricos.

La mejor solución es construir un tramo de longitud suficiente con las calzadas separadas, en correspondencia con el enlace.

Otra solución es construir, de todos los elementos que luego se integrarán en la carretera con calzadas separadas, sólo los imprescindibles para la carretera de calzada única; y reducir las previsiones de ampliación a los aspectos exclusivamente relacionados con la expropiación.

c) En el caso de que se sustituya una glorieta por un enlace, por saturación de la primera[1] (más en un entorno periurbano que fuera de poblado), hay que cuidar de que el enlace tenga un aspecto diferente del que correspondería a una carretera con calzadas separadas:

- Evitando los ramales de giro a la derecha que no tengan su plataforma compartida con otro ramal.
- Adoptando una configuración como la de la Fig. **8.7-A**, en la que en cada una de las carreteras de calzada única que se cruzan a desnivel aparece una intersección o una glorieta[2]. Si se desea mantener una de las dos carreteras como prioritaria, no puede contener una glorieta ni intersecciones que impliquen cruces a nivel.

[1] Una intersección regulada por semáforos puede ser una solución con mayor capacidad.

[2] En cualquiera de los dos casos, siempre que su **IMD** no sea superior a 5000 veh. de acuerdo y con las excepciones indicadas en el Artículo 102.8 del Reglamento General de Carreteras.

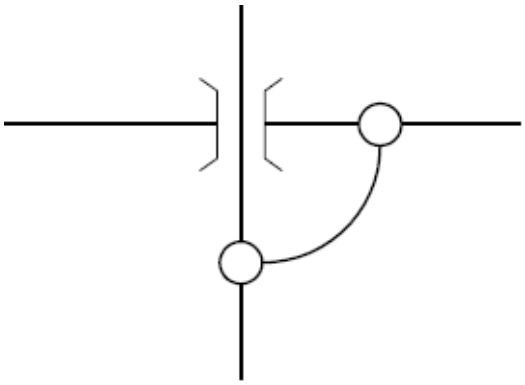


Fig. **8.7-A**

8.8 Zonas urbanas

En vías arteriales o colectoras con mucho tráfico, las experiencias en la transformación sistemática de intersecciones reguladas por prioridad a la derecha en otras reguladas mediante señales muestran un cierto aumento del número de los accidentes, especialmente si la vía es estrecha y la intensidad no es muy grande, o en las pequeñas travesías.

Los vehículos de dos ruedas (sobre todo las bicicletas) tienen un riesgo de accidente similar en las glorietas y en las intersecciones reguladas por semáforos; el riesgo es incluso superior en las primeras si la entrada en ellas se hace a una velocidad relativamente elevada.

Se cree generalmente que la regulación por semáforos reduce los accidentes frontolaterales, mientras que aumentan los alcances. Esto llevaría a no recurrir a esta solución donde el tráfico de la vía secundaria (y el de los peatones) no sea intenso: la reducción de los accidentes relacionados con él se vería compensada por el aumento de los alcances. Sin embargo, la gravedad de esos alcances parece limitada.

A igualdad del producto de las dos intensidades de la circulación, hay menos accidentes (y menos graves[1]) en una glorieta que en una intersección regulada por semáforos.

Por lo tanto, desde el punto de vista de la seguridad en la circulación, puede parecer conveniente transformar en glorietas las intersecciones que tengan mucho tráfico (especialmente en la vía no prioritaria) o, cuando menos, dotarlas de una regulación por semáforos. Si, por razones de capacidad, se dota a la glorieta de unas entradas muy amplias y con escasa inflexión, puede ser preferible una intersección regulada por semáforos.

Por las mismas razones, desde el punto de vista de la seguridad en la circulación se recomienda disponer glorietas en los nudos más importantes de las calles locales o residenciales. En los menos importantes se pueden conservar las intersecciones con prioridad a la derecha, que no introducen una jerarquía (a veces artificial) entre los tramos, y favorecen una atención más

[1] Excepto si la glorieta es grande (diámetro exterior mayor de 40 m).

constante y una menor velocidad que las intersecciones con señales **R-2** "*STOP*" o **R-1** "Ceda el paso".

Debido a la poca distancia que hay entre sus tramos, las mini-glorietas exigen que los conductores que pretenden entrar estén muy pendientes de la presencia de otros vehículos dentro de ellas, y que reaccionen rápidamente cuando se presente un hueco. En tales circunstancias, los ciclistas pueden no ser percibidos: por lo que, si su número es elevado, los semáforos probablemente representan una solución más segura.

Por último, en los nudos urbanos con mucho tráfico que presenten una siniestralidad elevada que no se pueda reducir por medios de cambios en su diseño o la aplicación de sistemas de regulación de la circulación, puede ser adecuado disponer un enlace como medida de seguridad.

8.9 Sistemas de contención de vehículos

8.9.1. Introducción

Estos sistemas tienen la finalidad de proporcionar un cierto nivel de contención cuando los vehículos se hallen fuera de control, de manera que se limiten los daños y lesiones tanto para sus ocupantes como para el resto de los usuarios de la carretera y otras personas u objetos situados en las proximidades.

El choque contra uno de estos sistemas constituye un accidente sustitutivo del que tendría lugar en caso de no existir aquél, y con unas consecuencias más predecibles y menos graves; pero no está exento de riesgos para los ocupantes del vehículo, sobre todo si éste es de dos ruedas. Por lo tanto, sólo se pueden instalar después de descartar soluciones alternativas[1], y de valorar los riesgos potenciales en uno y otro caso, teniendo en cuenta:

- El coste de instalación y mantenimiento del dispositivo.
- La probabilidad de un choque con él, relacionada con la intensidad de la circulación.
- La gravedad del accidente resultante de ese choque.
- La gravedad del accidente que se ha evitado.
- El coste de las soluciones alternativas.

En general, los accidentes de motociclistas se concentran donde se combinan fuertes deceleraciones con variaciones bruscas de la trayectoria del vehículo. En estas situaciones aumenta significativamente la probabilidad de que el conductor pierda el control de la motocicleta y como

[1] Como variar las características del trazado, realizar taludes más tendidos, definir bermas más amplias, disponer medianas de mayor anchura, desplazar o eliminar obstáculos, etc.

consecuencia, al caer el vehículo, el usuario se deslice por el pavimento, teniendo tendencia a salirse de la plataforma.

Los sistemas para la contención de los vehículos se regirán por las "Recomendaciones sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas"[1], y por las "Recomendaciones sobre criterios de aplicación de pretiles metálicos en carretera"[2]. En cualquier caso, se comprobará que su implantación no perjudica la visibilidad necesaria.

8.9.2. Intersecciones y glorietas

En general, ni en las intersecciones ni en las glorietas resulta adecuado el empleo de sistemas de contención de vehículos. Hay que tener en cuenta que, al ser acentuada la curvatura de las trayectorias de los vehículos, el ángulo de incidencia en dichos sistemas suele ser bastante mayor que el adecuado; y el desarrollo de las fuerzas de contacto durante el choque puede resultar distinto. En estos casos se recomienda considerar preferentemente la posibilidad de rellenar las isletas, suavizar los taludes[3] y eliminar los obstáculos.

8.9.3. Enlaces

8.9.3.1. Salidas y bifurcaciones

En la *nariz* de una divergencia de salida o de bifurcación de la calzada, donde no se disponga de una zona llana y sin obstáculos de al menos 60 m a partir de la *nariz*, se recomienda estudiar la instalación de un amortiguador de impacto.

En los bordes interiores de las plataformas que divergen de una *nariz*, donde resulte necesario instalar barreras de seguridad cuyo inicio no esté protegido por un amortiguador, hay que evitar:

- Que empiecen antes de que la distancia en planta entre dichos bordes resulte superior a 2,5 m.
- Unirlas en la *nariz* mediante piezas curvas poco clementes ante un impacto frontal.
- Abatir sus extremos frontales de forma convergente en un punto, ya que un vehículo se podría subir a ellos y rebasar la barrera.

8.9.3.2. Márgenes

Al ser grande la curvatura de las trayectorias de los vehículos en la mayoría de los ramales de enlace, el ángulo de incidencia en los sistemas de contención de vehículos suele ser bastante

[1] Aprobadas por la Orden circular **28/09**, de 19 de octubre.

[2] Aprobadas por Orden circular **23/08**, de 31 de julio, de la Dirección General de Carreteras.

[3] Muy especialmente los de las cunetas.

mayor que el máximo normalizado; y el desarrollo de las fuerzas de contacto durante el choque puede resultar distinto. Por ejemplo, en un ramal *en lazo* el choque con una barrera de seguridad paralela al borde exterior de la plataforma resulta prácticamente frontal; y resulta bastante inútil disponer una barrera en el borde interior.

En estos casos se recomienda considerar preferentemente la posibilidad de rellenar los espacios entre los ramales[1] y el tronco, suavizar taludes[2] y eliminar obstáculos.

8.9.3.3. Accesos a obras de paso

8.9.3.3.1. Pasos superiores

Los vehículos que transitan por pasos superiores requieren que se dispongan pretiles para evitar la caída por el borde de su tablero: un accidente generalmente muy grave. Pero estos pretiles constituyen un punto delicado desde el punto de vista de la seguridad de la circulación:

- Su longitud no se debe limitar exclusivamente al tablero, sino que se recomienda que se prolongue en los accesos a éste, al menos con una barrera de seguridad con una adecuada transición de rigidez. Incluso si la margen de la carretera no necesitase por sí misma una barrera de seguridad, se debe instalar una, provista de un anclaje suficiente, de manera que se evite que la trayectoria de un vehículo fuera de control pueda alcanzar el desnivel salvado por la estructura.
- Muchos pretiles, aun cuando sean adecuados desde un punto de vista puramente estructural, no funcionan bien en cuanto a la reducción de la gravedad de un accidente. Sólo se deben emplear tipos homologados.
- En las obras de paso existentes, la presencia de aceras puede agravar las condiciones de seguridad, actuando como una rampa de lanzamiento. Si no se puede eliminar la acera, hay que disponer una barrera de seguridad enrasada con ella.

Los pasos superiores con tableros separados deben estar dotados de unos sistemas de contención de vehículos en la mediana, que eviten que un vehículo fuera de control penetre en el lucernario comprendido entre ambos tableros.

Hay que cuidar la continuidad entre los pretiles de la obra de paso y las barreras de seguridad del acceso a ella: su trazado debe ser uniforme y, si tuvieran distinta rigidez, el cambio de una a otra debe ser gradual, empleando las disposiciones contempladas en la normativa vigente.

---

[1] Eventualmente combinando ese relleno con la implantación de una capa de gravilla a manera de lecho de frenado.

[2] Muy especialmente los de las cunetas.

8.9.3.3.2. Pasos inferiores

Los vehículos que transitan por pasos inferiores requieren que se dispongan bajo ellos unos sistemas de contención de vehículos[1]: pues el choque con una pila, un estribo, una aleta o un muro de acompañamiento es un accidente generalmente muy grave. En relación con ello, resulta determinante la distancia, tanto vertical como horizontal, entre el borde de la plataforma y la estructura del paso inferior. Se recomienda que dicha distancia sea suficiente para dar origen a una berma de seguridad.

Donde no se pueda disponer de una zona de seguridad de suficiente anchura, se deben colocar unas barreras de seguridad que protejan las pilas, los estribos, las aletas o los muros de acompañamiento. La elección del tipo depende del sitio disponible para la deformación de la barrera[2] sin tocar la estructura: en definitiva, de la distancia entre ésta y el borde de la plataforma.

Las barreras de seguridad necesitan una distancia mínima a un obstáculo o a un desnivel[3].

La longitud de la barrera debe ser suficiente para evitar que:

- Un vehículo fuera de control pueda alcanzar la zona situada detrás de ella y chocar con las pilas, el estribo, la aleta o el muro de acompañamiento.
- Se pueda atravesar una cuneta que no sea de seguridad.
- El vehículo vuelque sobre un talud excesivamente inclinado, excesivamente alto, o ambas cosas.

[1] Generalmente, unas barreras de seguridad.

[2] Anchura de trabajo (W) a consecuencia de un choque. Cf. apartado 3.2 de la Orden circular 28/2009 sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas.

[3] Cf. Tabla 1 de la Orden circular 28/2009 sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas.

9 Ayudas a la conducción

9.1 Definición

En una carretera moderna, los conductores ven facilitada su tarea por un conjunto de **ayudas a la conducción**, entre las que cabe enumerar:

La **señalización vertical**, que informa a los conductores y ordena la circulación. Se puede distinguir entre la tradicional señalización fija y la señalización de mensaje variable.

La **señalización horizontal**, que delimita las zonas de la plataforma y complementa a la vertical.

Los **semáforos**, que asignan la prioridad según un esquema secuencial cíclico.

El **balizamiento**, que resalta la presencia de ciertos elementos y sirve de guía.

El **alumbrado** exterior, que suple a la iluminación proporcionada de noche por los faros de los vehículos.

Y algunas otras **dotaciones viarias**.

Estas materias están regladas en distintos textos[1]. En este Capítulo éstos se suponen conocidos, y se destaca la parte que es específica de los nudos viarios; se complementan en caso necesario; y se matizan algunos aspectos de su aplicación. Se ha puesto especial atención en llamar la atención sobre prácticas no convenientes.

9.2 Principios básicos

9.2.1. Prioridad

El artículo **132** del Reglamento General de Circulación[2] dispone que todos los usuarios de las vías están obligados a obedecer las señales de circulación que establezcan una obligación o una prohibición, y a adaptar su comportamiento al mensaje del resto de las señales reglamentarias que encuentren en las vías por las que circulan.

Dado que en algunas circunstancias pueden entrar en contradicción dos ayudas a la circulación, el artículo **133** del Reglamento General de Circulación fija la siguiente prioridad entre ellas:

---

[1] Y actualizadas con diversa frecuencia.

[2] Aprobado por Real Decreto **1428/2003**, de 21 de noviembre (**BOE** del 23 de diciembre), y modificado por Real Decreto **965/2006**, de 1 de septiembre (**BOE** del 5), y por Real Decreto **303/2011**, de 4 de marzo, (**BOE** del 5).

1. Señales y órdenes de los agentes de circulación.
2. Señalización circunstancial que modifique el régimen normal de utilización de la vía, y señales de balizamiento fijo.
3. Semáforos.
4. Señales verticales de circulación.
5. Marcas viales.

9.2.2. Claridad

La *claridad* exige:

- Que los mensajes transmitidos resulten de fácil comprensión por parte de los usuarios.
- Que se evite recargar la atención de los usuarios reiterando mensajes evidentes.
- En cualquier caso, que se impongan las menores restricciones posibles a la circulación, eliminando las ayudas a la conducción requeridas para definir determinadas circunstancias de la carretera o las restricciones en su uso, apenas cesen de existir esas condiciones o restricciones. La colocación de ayudas inútiles desprestigia a las ayudas a la conducción en general, e incita a ignorarlas.

9.2.3. Sencillez

La *sencillez* exige:

- Que se emplee el mínimo número de elementos que permita a un conductor atento, aunque no esté familiarizado con la carretera, tomar con comodidad las medidas o efectuar las maniobras necesarias. La proliferación de ayudas a la conducción fatiga la atención del conductor, quien tiende entonces a desinteresarse de sus indicaciones o, incluso, a no percibirlas ni comprenderlas.
- Que se adapte el mensaje a las circunstancias de la situación. Por ejemplo, una curva de 100 m de radio no se señaliza y baliza en el ramal de un enlace de la misma manera que si se hallara al final de una recta de 2 km de longitud: el riesgo que representa es distinto.

Donde resulte necesario que varias ayudas a la conducción sean percibidas simultáneamente, se deben colocar de forma que el conductor las pueda ver de un solo vistazo, tanto de día como de noche.

Este principio se aplica, principalmente, a la señalización de orientación. En una divergencia, es preciso que las distintas opciones (o sea, los carteles que las indican) estén cerca unas de otras, de manera que se eviten vacilaciones.

9.2.4. Legibilidad

Los conductores disponen de poco tiempo para leer, comprender y retener los mensajes que les transmiten las ayudas a la conducción. En efecto, no se debe exigir al usuario un esfuerzo excesivo de lectura o de memoria. Si el número o la complejidad de los mensajes son excesivos, se pueden repartir entre varios dispositivos escalonados.

Este criterio limita, por ejemplo, el número de destinos que se pueden mencionar en un cartel de orientación. Además, el límite sólo se debería alcanzar de forma excepcional; de lo contrario, un usuario puede comportarse de forma sorpresiva (frenazo brusco o detención) para los demás, con los consiguientes problemas de inseguridad.

De forma general, la lectura de los distintos mensajes se tiene que efectuar en buenas condiciones: esto también tiene que ver con el tamaño de los símbolos o leyendas y su ubicación.

9.2.5. Uniformidad

La *uniformidad* se refiere a los elementos que componen una ayuda a la conducción. No se deben emplear otros distintos de los normalizados, ni inscripciones o mensajes diferentes de ellos. Los conductores aprenden un único lenguaje viario cuando se preparan para obtener su permiso de conducción, e integran muchos actos reflejos en su tarea diaria; los extranjeros esperan encontrar un sistema que puedan entender.

Por otro lado, las ayudas a la conducción han sido diseñadas, a lo largo de muchos años[1], por especialistas de la comunicación. Las improvisaciones, aunque a veces puedan ser necesarias[2], resultan poco serias y pueden ser peligrosas: en presencia de una ayuda desconocida, un conductor necesita más tiempo para descifrarla y obrar en consecuencia.

9.2.6. Homogeneidad

La *homogeneidad* se refiere a la implantación de las ayudas a la conducción, y a los criterios que la guían: en circunstancias idénticas, dichas ayudas deberían también ser idénticas y estar dispuestas de la misma manera. La identidad de las circunstancias es importante: no es lo mismo trabajar en un entorno rústico, en el que un usuario generalmente rápido y poco familiarizado con él recibe pocos mensajes, que en uno urbano, donde en general la situación es la inversa.

El objeto de la homogeneidad es doble:

---

[1] La Convención sobre la señalización vial (Viena, 8 de noviembre de 1968).

[2] La normalización no lo cubre todo.

- Por un lado, se pretende inducir algunos reflejos condicionados en los conductores, de manera que identifiquen situaciones tipificadas como, por ejemplo, las salidas del tronco, o los peligros no evidentes cuya presencia se advierte mediante señales. Es preciso que todas las salidas y todos los peligros estén tratados de la misma manera...
- Por otro lado, se intenta disminuir el número de variables que un conductor tiene que manejar simultáneamente en su tarea de conducir.

En una red viaria no faltan los ejemplos de falta de homogeneidad. Sin embargo, en la casi totalidad de los casos sería apresurado atribuirlos, sin más, a que "las cosas se hacen mal". Toda situación concreta tiene una historia, a veces muy larga, en la que han intervenido muchos actores y factores que a veces incluyen hasta un cambio de la normativa; y la naturaleza del sistema administrativo de gestión de las infraestructuras viarias no favorece una rápida corrección de la situación, casi siempre debido a restricciones presupuestarias.

No obstante lo anterior, el impacto de las faltas de homogeneidad en las ayudas a la conducción puede tener un efecto muy pernicioso a largo plazo sobre la seguridad, si estas se producen de forma extensiva, ya que coadyuva a la desobediencia de la señalización lo que a su vez trae desorden e inadecuación en la circulación.

9.2.7. Continuidad

Es muy importante que haya *continuidad* en las orientaciones dadas a los conductores no familiarizados con un itinerario, para evitar que duden o realicen maniobras incorrectas. Salvo que la elección resulte muy evidente, una vez que un destino ha aparecido en una señal de orientación debe aparecer[1] en las de **todas** las divergencias siguientes hasta que se alcance.

La continuidad se debe extender al conjunto de la red viaria, con independencia de su titularidad. En el caso de varios itinerarios concomitantes para un mismo destino, hay que elegir e indicar sólo uno[2] para guía de los conductores no familiarizados con la red viaria; los demás elegirán su camino en función de su experiencia.

Las consecuencias sobre la seguridad de una falta de continuidad en la señalización de orientación son de varios tipos:

- Falta de comprensión de la señalización de orientación en las divergencias, por parte del usuario: vacilaciones que estorban a los demás, maniobras bruscas, olvido de otras ayudas como los semáforos, olvido de la presencia de los demás, retrocesos o cambios de sentido prohibidos que entran en conflicto con los usuarios familiarizados, etc.

[1] Muy especialmente en las divergencias.

[2] Distinguiendo, en su caso, si tiene peaje o no.

- Elección de un itinerario equivocado por parte del usuario: vacilaciones para volver luego al buen camino, intentos de consultar un mapa mientras se conduce, o de retroceder una vez rebasada una salida, etc.
- Imposición de un itinerario no óptimo por parte de los gestores de la carretera: los conductores locales, más expertos, siguen otro que les resulta más conveniente, y hay conflictos donde ambos itinerarios se vuelven a unir.

9.2.8. Coherencia

Las ayudas a la conducción deben estar en armonía con la propia vía (tamaños, etc.) y con su nivel general de servicio (intensidad, número de carriles, calzada única o separadas). Hay que recordar que estas ayudas, y especialmente la señalización de orientación, forman parte integrante del diseño del nudo y no son un añadido posterior a éste; la eficacia del funcionamiento del nudo depende de ellas en gran medida.

Sin embargo, no faltan ejemplos de lo contrario:

- Al estudiar un nudo, encontrarse con dificultades en su señalización es a menudo un indicio de la presencia de problemas de diseño o de trazado, o en sus elementos complementarios (pantallas acústicas, coberturas, etc.). En este caso suele ser conveniente volver al principio del estudio del nudo.
- La utilización incorrecta del fondo azul, propio de las autopistas, en los carteles de orientación de carreteras que no reúnen todos los requisitos de aquéllas: hay carreteras convencionales con calzadas separadas...

9.2.9. Seguridad

Suponiendo que una ayuda a la conducción sea realmente útil y no se pueda suprimir, se puede lograr que su soporte material no resulte peligroso para la circulación por una o varias de las medidas siguientes:

- Disponiéndolo en un lugar protegido.
- Alejándolo lo más posible de la calzada.
- Dotándolo de un fusible estructural (pie deslizante).
- Utilizando más soportes pero menos rígidos. Si están a más de 2 m entre sí, es difícil que un coche pueda chocar con varios a la vez.
- Instalando sistemas de contención de vehículos. Esto es obligatorio para los soportes de los carteles de la señalización previa, para los pórticos y para las banderolas. Su longitud debe ser suficiente, conforme a su normativa específica, no sólo para proteger dichos soportes, sino también para proporcionar un anclaje resisten-

te[1] que resista las solicitaciones causadas por un impacto, especialmente en el caso de las barreras metálicas.

En las *narices* de las salidas hay que evitar colocar cualquier tipo de dotación viaria y, en especial, los soportes de pórticos o banderolas. Donde resulte inevitable su colocación, hay que protegerlos mediante amortiguadores de impacto. Las ayudas a la conducción que haya que situar en la *nariz* deben tener una naturaleza que no resulte peligrosa en caso de chocar con ellas.

En las zonas urbanas, los soportes de las ayudas a la conducción no deben constituir un peligro ni un impedimento a la circulación de los peatones. La altura mínima del borde inferior de una señal debe ser de 2,2 m; y la deseable, de 2,5 m.

9.3 Señalización vertical

9.3.1. Generalidades

A la señalización vertical de mensaje fijo le será de aplicación la Norma **8.1-IC** "Señalización vertical".

El diseño de las señales, carteles y paneles complementarios se atendrá al Anexo **I** al Reglamento General de Circulación y, en particular, al Catálogo de señales de circulación publicado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

No obstante, para resolver algunos casos planteados por la señalización de ciertas conexiones incluidas en esta Guía[2], se han desarrollado diseños de señalización no recogidos en los documentos citados, y que deben ser considerados como una propuesta.

En cualquier caso, como el fin inmediato de la señalización vertical es aumentar la seguridad, la eficacia y la comodidad de la circulación, es necesario que se tenga en cuenta en cualquier actuación vial como parte integrante del diseño inicial, y no como un mero añadido posterior a su concepción.

9.3.2. Señales de advertencia de peligro

No se instalarán señales **P-1c** ó **P-1d** en la vía principal para avisar de la presencia de una entrada:

- Si ésta resultase claramente visible desde al menos 200 m antes de llegar a la convergencia.
- En las configuraciones del tipo[1] **1-P** y **2-PP**.

[1] Tanto antes como después de la protección estricta.

[2] Por ejemplo, la señalización de los carriles bífidos de salida.

En las autopistas o en las vías reservadas para automóviles no se colocará una señal[2] **S-1** ó **S-3** donde la única posibilidad que le quede al conductor de un vehículo no autorizado a circular por aquéllas sea la de retroceder. La señal se colocará[3] donde haya oportunidad de tomar un itinerario alternativo.

9.3.3. Señales de regulación

9.3.3.1. Indicación de la falta de prioridad

Para no trivializar la señal **R-2** "*STOP",* se recomienda el empleo de la señal **R-1** "Ceda el paso":

- En intersecciones urbanas secundarias, con una visibilidad de cruce suficiente, y una velocidad de aproximación (percentil 85) no superior a 40 km/h.
- En las intersecciones existentes con prioridad a la derecha, si su siniestralidad es suficientemente baja[4].

Se recomienda el empleo de la señal **R-2** "*STOP*":

- Donde la visibilidad disponible en el acceso por la vía no prioritaria requiera que la velocidad de aproximación no sea superior a 20 km/h.
- En las intersecciones existentes con prioridad a la derecha, si su siniestralidad no es suficientemente baja[5], y otras medidas no han sido eficaces para reducirla.

En las intersecciones interurbanas reguladas por prioridad fija (Fig. **9.3-A**):

- El giro a la izquierda desde un carril central de espera se debe regular con una señal **R-1** "Ceda el paso" en vez de con una **R-2** "*Stop*". De esta forma el vehículo que espere girar permanecerá menos tiempo en una situación de riesgo para él y para los demás.
- El giro a la izquierda desde la vía no prioritaria debe estar siempre regulado por una señal **R-2** "*Stop*". Si este giro se pudiera hacer en dos fases, por haber otro carril de espera más allá del correspondiente al otro giro a la izquierda, la segunda fase estará regulada por una señal **R-1** "Ceda el paso".

---

[1] Cf. Figs. **3.2-E** y **3.2-F**.

[2] Ni señales que prohíban la circulación de determinados vehículos.

[3] Eventualmente complementada con un cajetín indicador de la distancia.

[4] Por ejemplo, en algunos países de nuestro entorno se considera que la siniestralidad es suficientemente baja si ocurren menos de 2 choques frontolaterales anuales.

[5] Por ejemplo, en algunos países de nuestro entorno se considera que la siniestralidad es suficientemente baja si ocurren menos de 2 choques frontolaterales anuales.

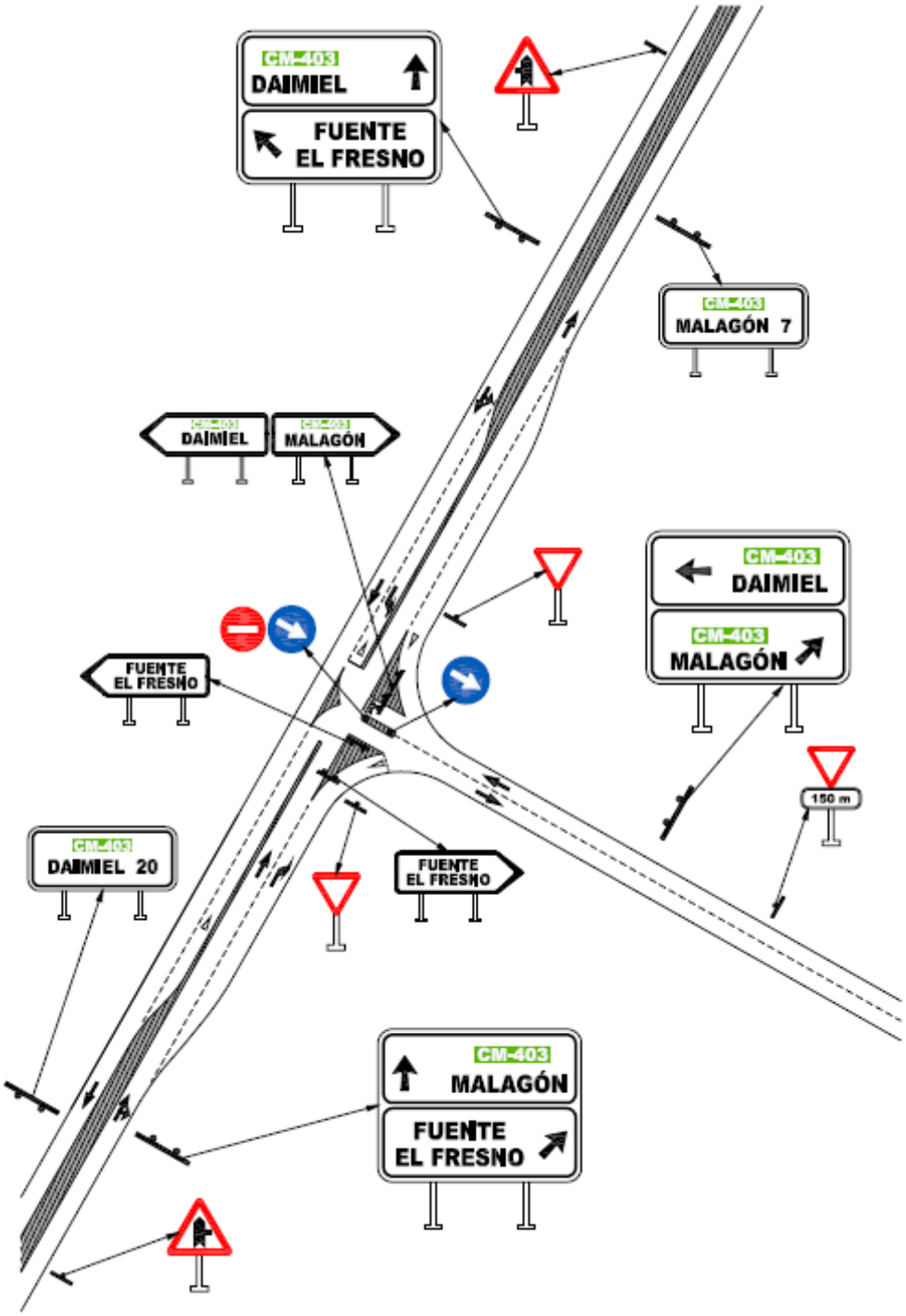


Fig. **9.3-A**

- Si el giro a la derecha desde la vía no prioritaria está dotado de un carril lateral de espera, se recomienda que esté regulado por una señal **R-1** "Ceda el paso". Donde no se pueda disponer ese carril de espera:
    - Si la **IMD** de la vía prioritaria es inferior a 1000 veh. y la visibilidad disponible desde la vía no prioritaria es mayor que la distancia recorrida en 8 s por un vehículo que circule por la vía prioritaria a la velocidad específica [**V85**] de

ésta, el giro a la derecha puede estar regulado solamente por una señal **R-1** "Ceda el paso".

- En caso contrario, el giro debe estar regulado por una señal **R-2** "*Stop*".

- El giro a la derecha desde la vía prioritaria no debe tener prioridad sobre los vehículos que giren a la izquierda desde la vía prioritaria (procedentes del sentido opuesto).

Antes de una entrada desde un ramal de enlace, y sólo en el margen derecho del tronco, lo más cerca posible de la punta dentro de la isleta, se colocará una sola señal **R-400c**.

9.3.3.2. Limitación de velocidad

Las reducciones de la velocidad necesarias en cada acceso a un nudo en el que pueda ser necesario detenerse ante una falta de prioridad, un semáforo o la entrada a una glorieta, deben tener en cuenta la posibilidad de que se formen colas de vehículos que pueden obligar a adelantar el punto de detención. En su caso, se recomienda implantar una señal **P-31**.

En la calzada anular de una glorieta no se indicará limitación alguna de la velocidad; se seguirá aplicando la limitación indicada en los accesos.

9.3.4. Señales de orientación

9.3.4.1. Generalidades

Una señalización de orientación inadecuada o ausente causa errores en la tarea de la conducción, que no sólo hacen perder mucho tiempo, sino que también contribuyen a la confusión o pérdida de atención de los conductores, y a maniobras incontroladas.

Al diseñar un nudo viario, no sólo se debe tener en cuenta la señalización de orientación desde un principio, sino también la ubicación de los dispositivos que la sustentan, sus necesidades de cimentación y su interferencia con el desagüe superficial y, en su caso, con el drenaje subterráneo.

Donde resulten necesarios, se instalarán sistemas de contención de vehículos para evitar choques con los soportes de carteles laterales, banderolas y pórticos, conforme a la normativa específica.

9.3.4.2. Salidas del tronco de autopistas

9.3.4.2.1. Salidas aisladas

Cartel de salida inmediata:

a) En las salidas de **un solo carril**:

- Si la configuración fuera la **1-N** ó la **1-D** de la Fig[1]. **3.2-E**, el cartel de salida inmediata se colocará colgado sobre la calzada, donde la cuña del carril de deceleración alcance una anchura de 1,5 m (Figs. **9.3-B** y **9.3-C**). El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; el subcartel de la derecha, con una flecha del tipo **F-2**, mostrará el destino que se alcanza por la salida.

- Si la configuración fuera la **1-B** ó la **1-P** de la Fig.[2] **3.2-E**, el cartel de salida inmediata se colocará colgado sobre la calzada, al principio de la marca vial[3] **M-2.4a** (Figs. **9.3-D** y **9.3-E**). El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; el subcartel de la derecha, con una flecha del tipo **F-1**, mostrará el destino que se alcanza por la salida.

  Se recomienda disponer otro cartel igual al de salida inmediata 250 m antes de ésta; para la configuración **1-B** la flecha del subcartel derecho será del tipo **F-2**.

b) En las salidas de **dos carriles**:

- Si la configuración fuera la **2-PN** de la Fig.[4] **3.2-F**, se colocará colgado sobre la calzada un cartel de salida inmediata al principio de la marca vial[5] **M-2.4a** (Fig. **9.3-F**). El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes[6], habrá otros dos subcarteles a la derecha, uno encima de cada carril de salida, cada uno indicando el destino al que se llega por él, sobre una flecha del tipo **F-1**; en caso contrario habrá un solo subcartel a la derecha, que abarque los dos carriles de salida e indique el destino único sobre dos flechas del tipo **F-1**, cada una centrada sobre su carril.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[3] Cf. apartado **9.4.2**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[5] Cf. apartado **9.4.2**.

[6] Una circunstancia que también deberá ser advertida posteriormente mediante un cartel colgado sobre la calzada, ya en el ramal, encima de la *nariz* propia de esa divergencia, provisto de dos subcarteles en cada uno de los cuales se indicará el destino, y bajo éstos una flecha del tipo **F-1** (flecha del tipo **F-1** en el subcartel izquierdo y también flecha del tipo **F-1** en el subcartel derecho).

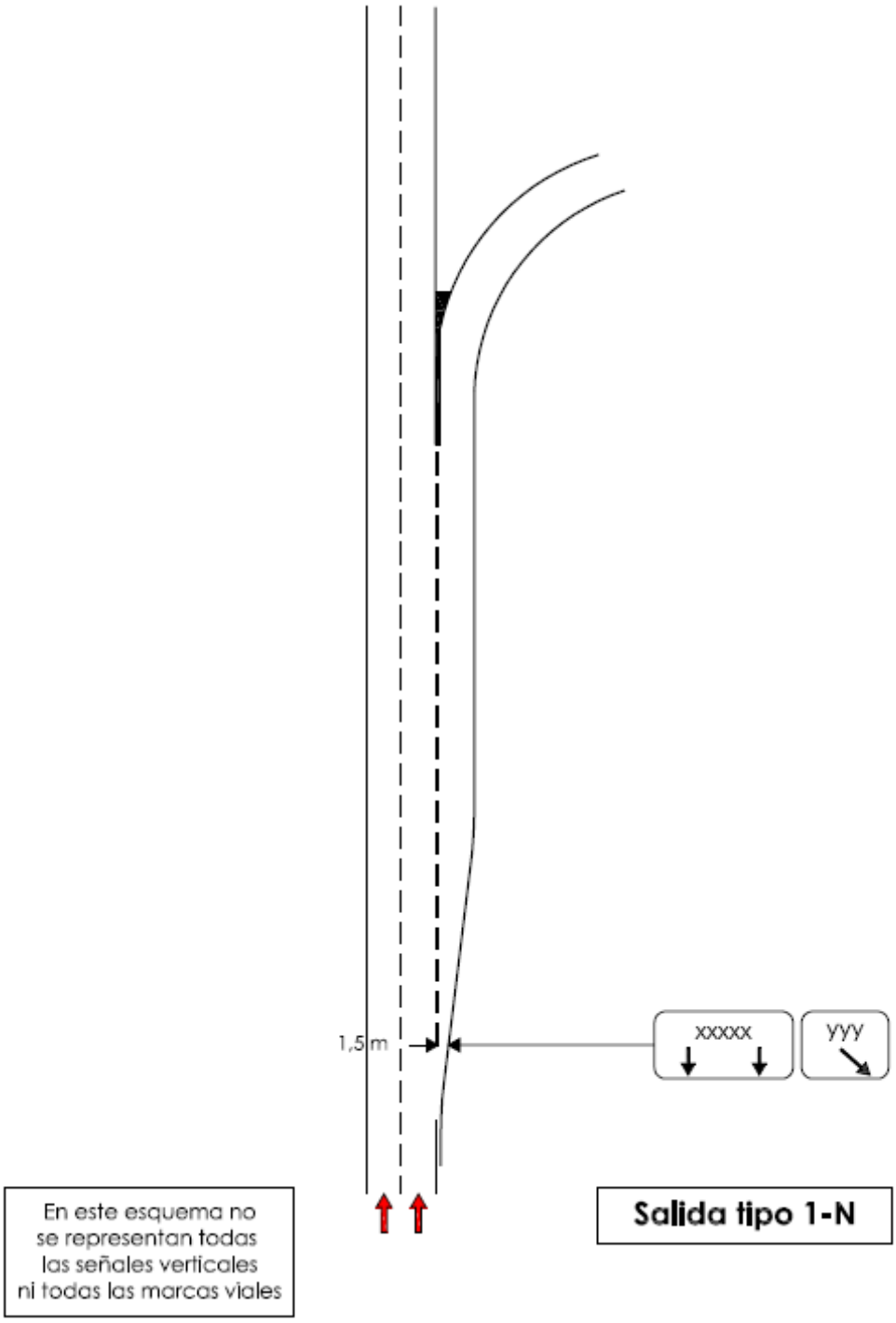

1,5 m
xxxxx
yyy
En este esquema no
se representan todas
las señales verticales
ni todas las marcas viales
Salida tipo 1-N

Fig. **9.3-B**

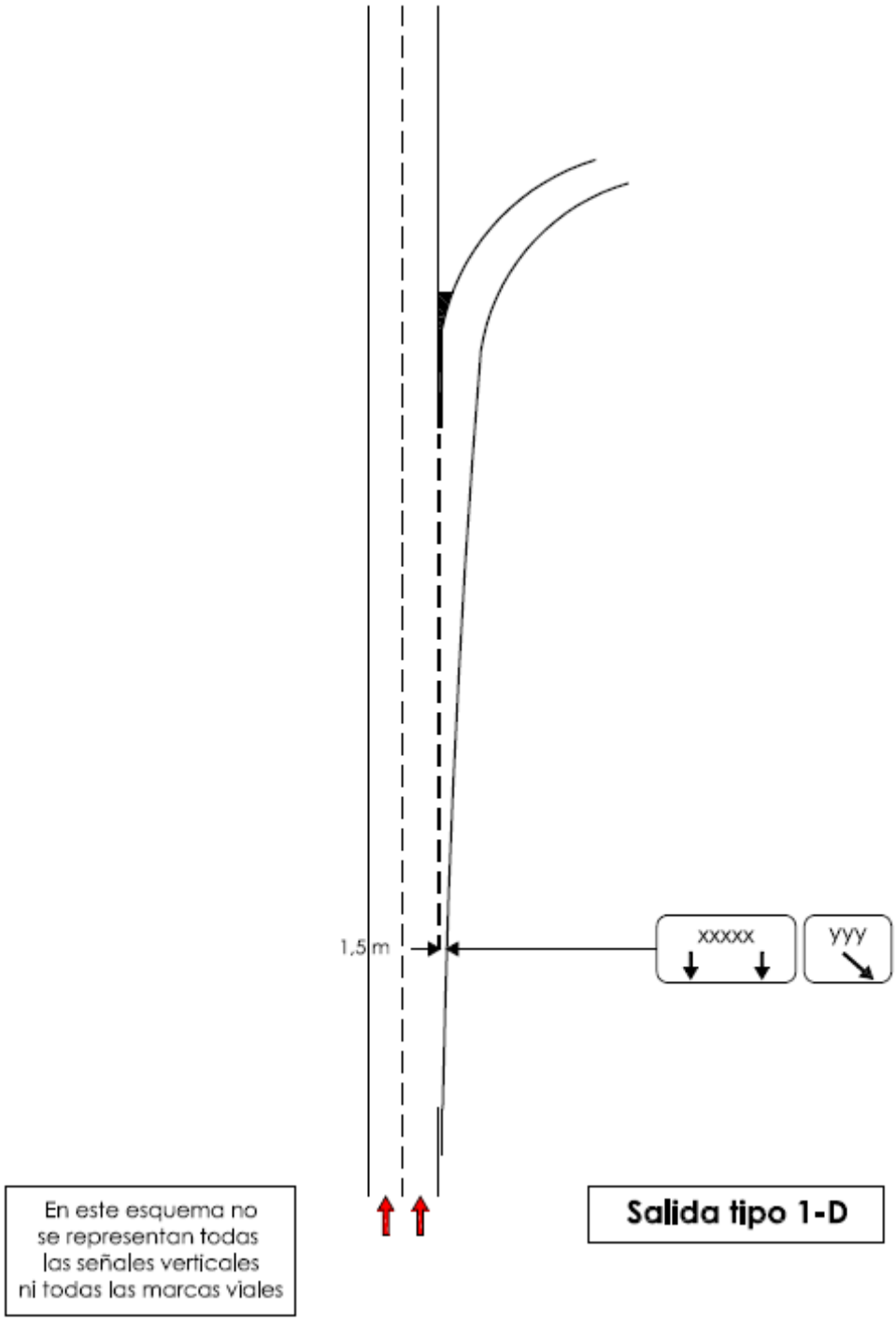
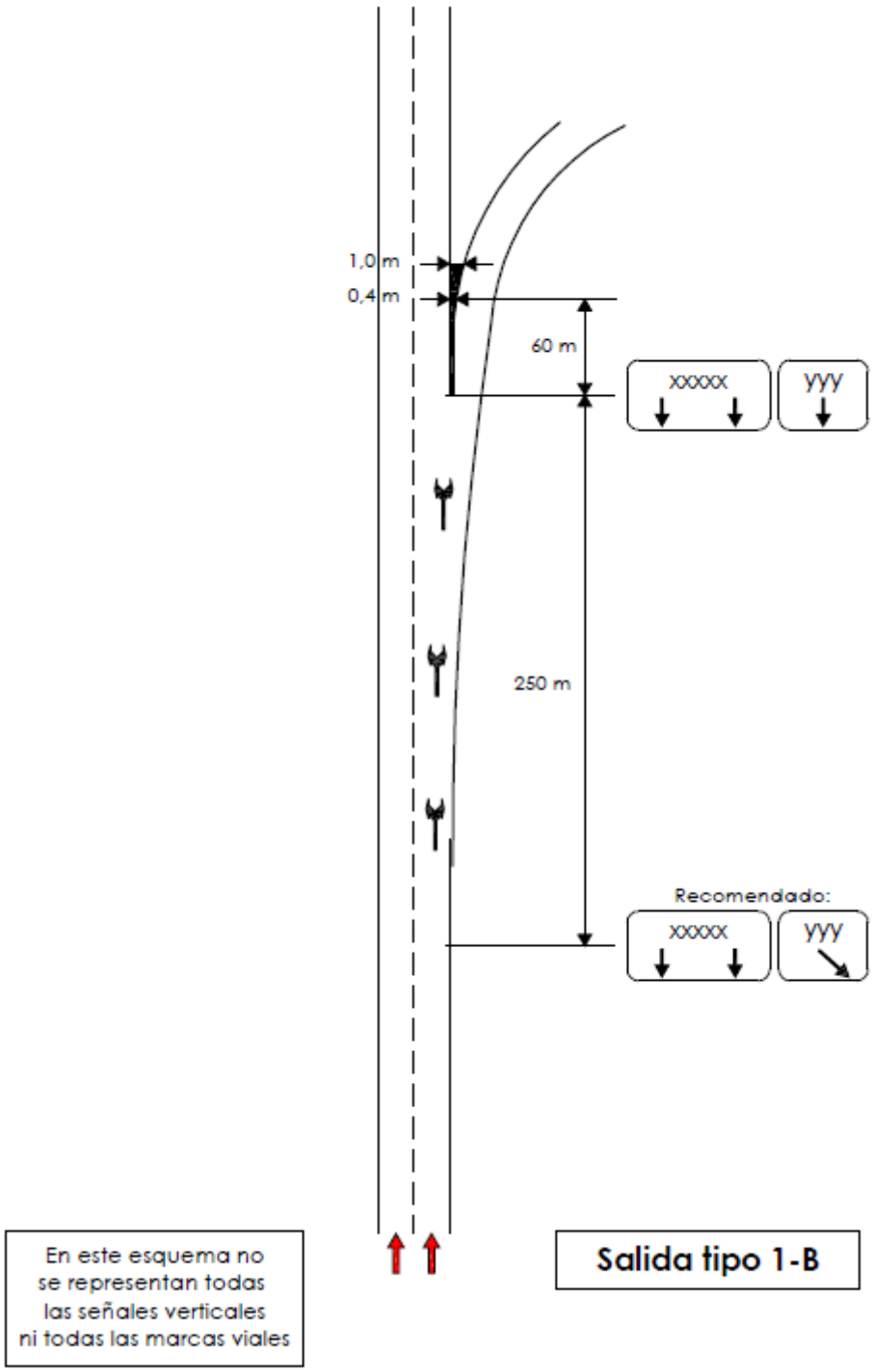
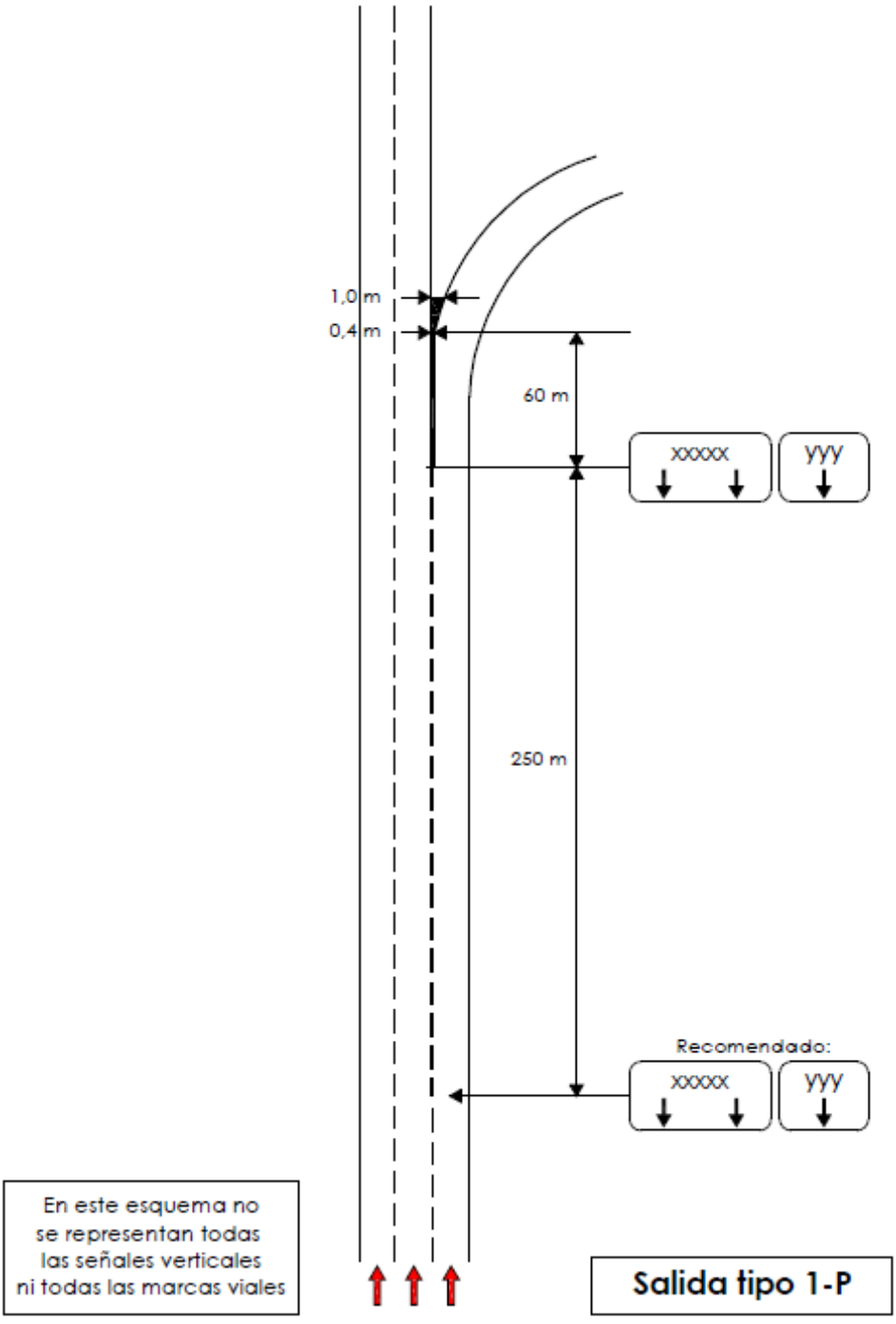

1,5 m
xxxxx
yyy
En este esquema no
se representan todas
las señales verticales
ni todas las marcas viales
Salida tipo 1-D

Fig. **9.3-C**



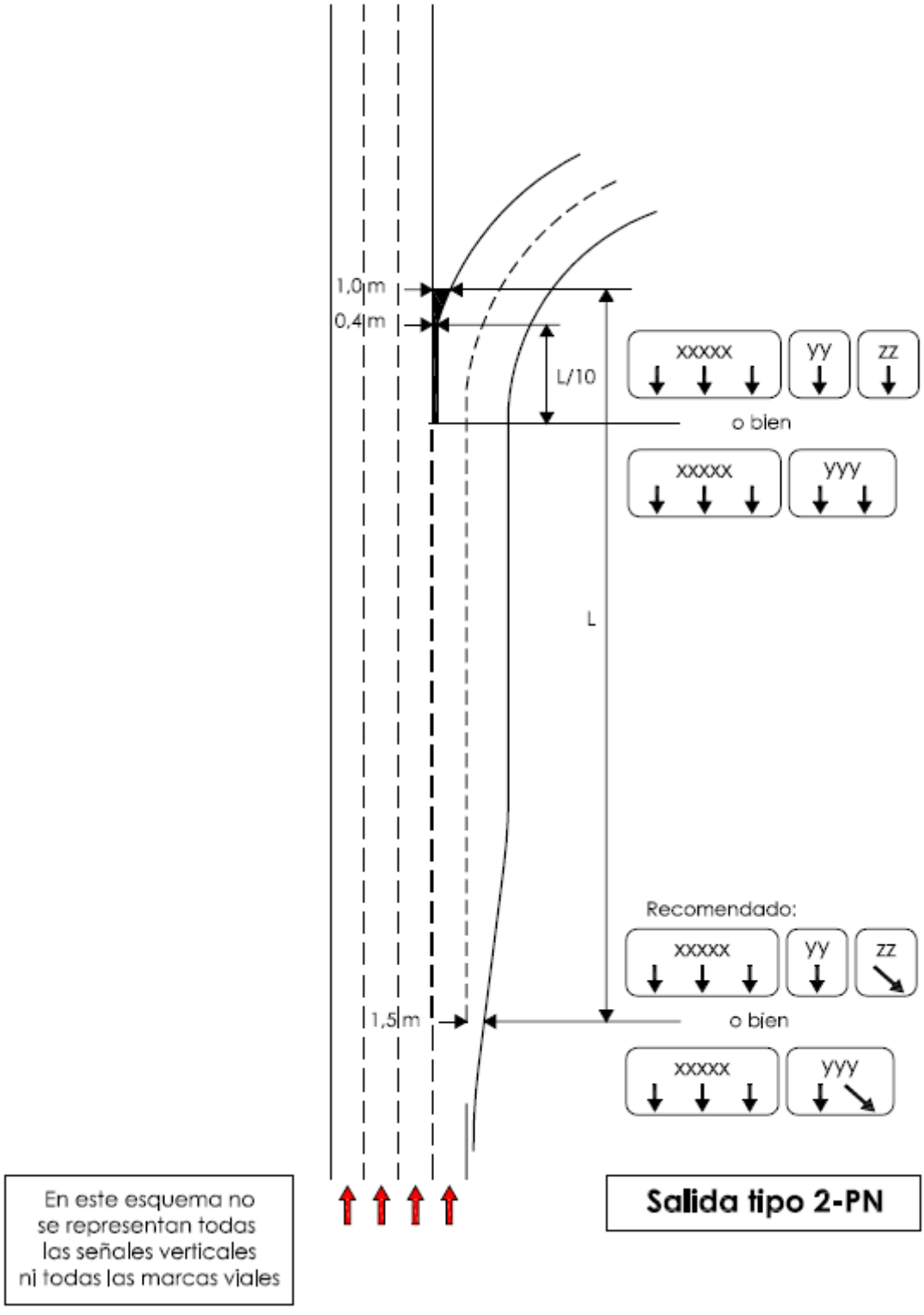
La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-D**



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-E**



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-F**

Se recomienda disponer previamente otro cartel igual donde la cuña del carril nuevo alcance una anchura de 1,5 m; excepto que la última flecha de la derecha será del tipo **F-2**.

- Si la configuración fuera la **2-BP** de la Fig.[1] **3.2-F**, se colocará colgado sobre la calzada un cartel de salida inmediata al principio de la marca vial[2] **M-2.4a** (Fig. **9.3-G**). El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes[3], habrá otros dos subcarteles a la derecha, uno encima de cada carril de salida, cada uno indicando el destino al que se llega por él, sobre una flecha del tipo **F-1**; en caso contrario podrá haber un solo subcartel a la derecha, que abarque los dos carriles de salida e indique el destino único sobre dos flechas del tipo **F-1**.

  Se recomienda disponer previamente otro cartel 250 m antes de la salida inmediata:

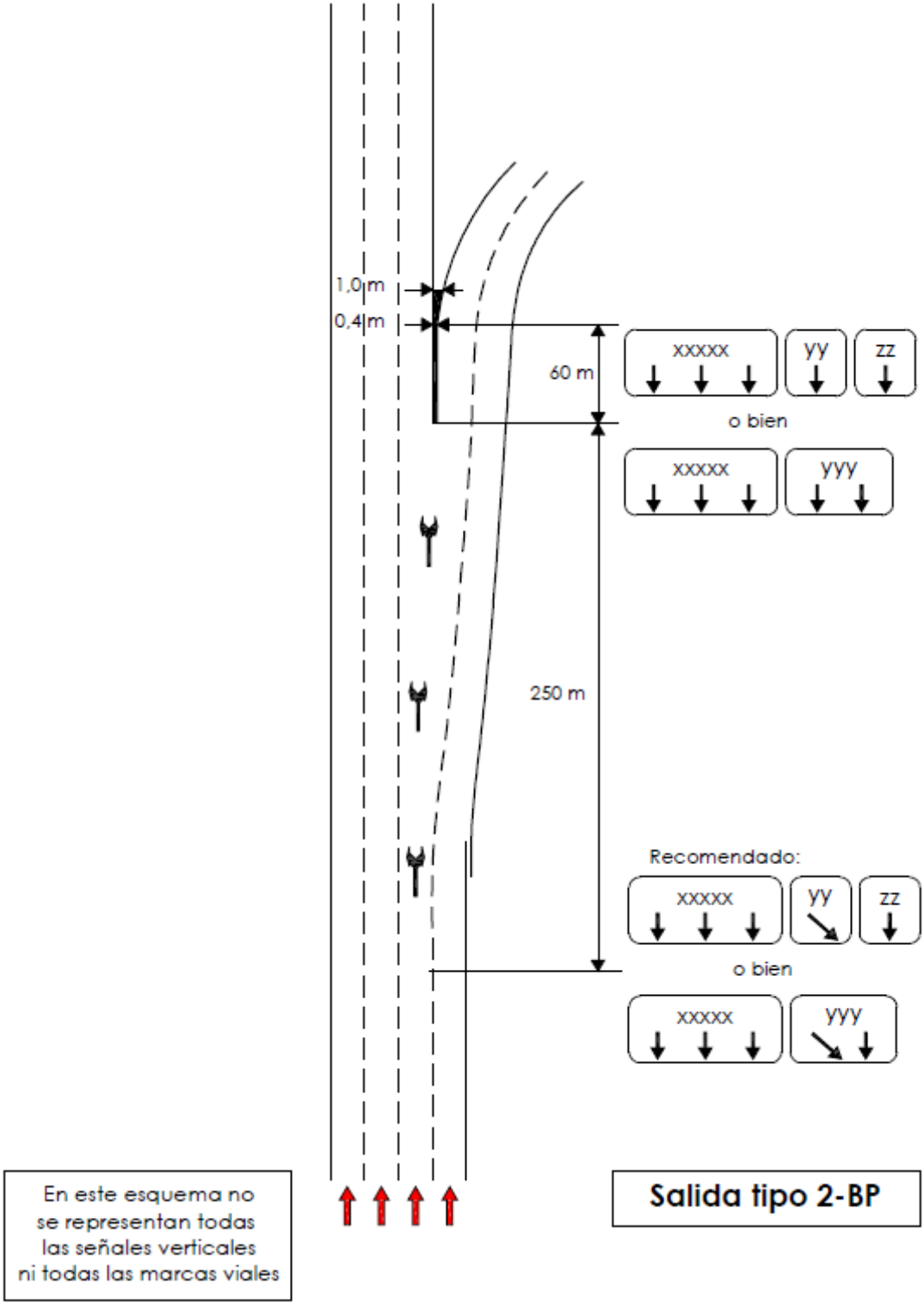
  - El subcartel de la izquierda, sobre los carriles situados a la izquierda del bífido y sobre la parte izquierda de éste, integrará la señalización de destino propio, sobre flechas del tipo **F-1**.
  - Si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes[3], habrá otros dos subcarteles a la derecha, cada uno indicando el destino al que se llega por él. En el subcartel situado sobre la parte derecha del carril bífido habrá una flecha del tipo **F-2**; en el subcartel situado sobre el carril perdido habrá una sola flecha del tipo **F-1**.
  - En caso contrario, habrá un solo subcartel a la derecha, que indique el destino único. La flecha izquierda será del tipo **F-2**, y la derecha del tipo **F-1**.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[2] Cf. apartado **9.4.2**.

[3] Una circunstancia que también deberá ser advertida posteriormente mediante un cartel colgado sobre la calzada, ya en el ramal, encima de la *nariz* propia de esa divergencia, provisto de dos subcarteles en cada uno de los cuales se indicará el destino, y bajo éstos una flecha del tipo **F-1** (flecha del tipo **F-1** en el subcartel izquierdo y también flecha del tipo **F-1** en el subcartel derecho).



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-G**

- Si la configuración fuera la **2-S** de la Fig[1]. **3.2-F**, los carteles de salida inmediata se colocarán, colgados sobre la calzada:

  1. En la primera divergencia[2]:

     - Si esta primera salida es del tipo **1-N** de la Fig[3]. **3.2-F**, donde la cuña del carril nuevo alcance una anchura de 1,5 m (Fig. **9.3-H**). El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; el subcartel de la derecha, con una flecha del tipo **F-2**, mostrará el (los) destino(s) que se alcanza(n) por la salida.

     - Si la salida es del tipo **1-P** de la Fig.[4] **3.2-E**, los carteles de salida inmediata se colocarán al principio de la marca vial[5] **M-2.4a** (Fig. **9.3-I**). El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; el subcartel de la derecha, con una flecha del tipo **F-1**, mostrará el destino (los destinos) que se alcanza(n) por la salida.

       Se recomienda disponer otro cartel igual al de salida inmediata 250 m antes de ésta.

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[2] En el sentido de la marcha.

[3] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[5] Cf. apartado **9.4.2**.

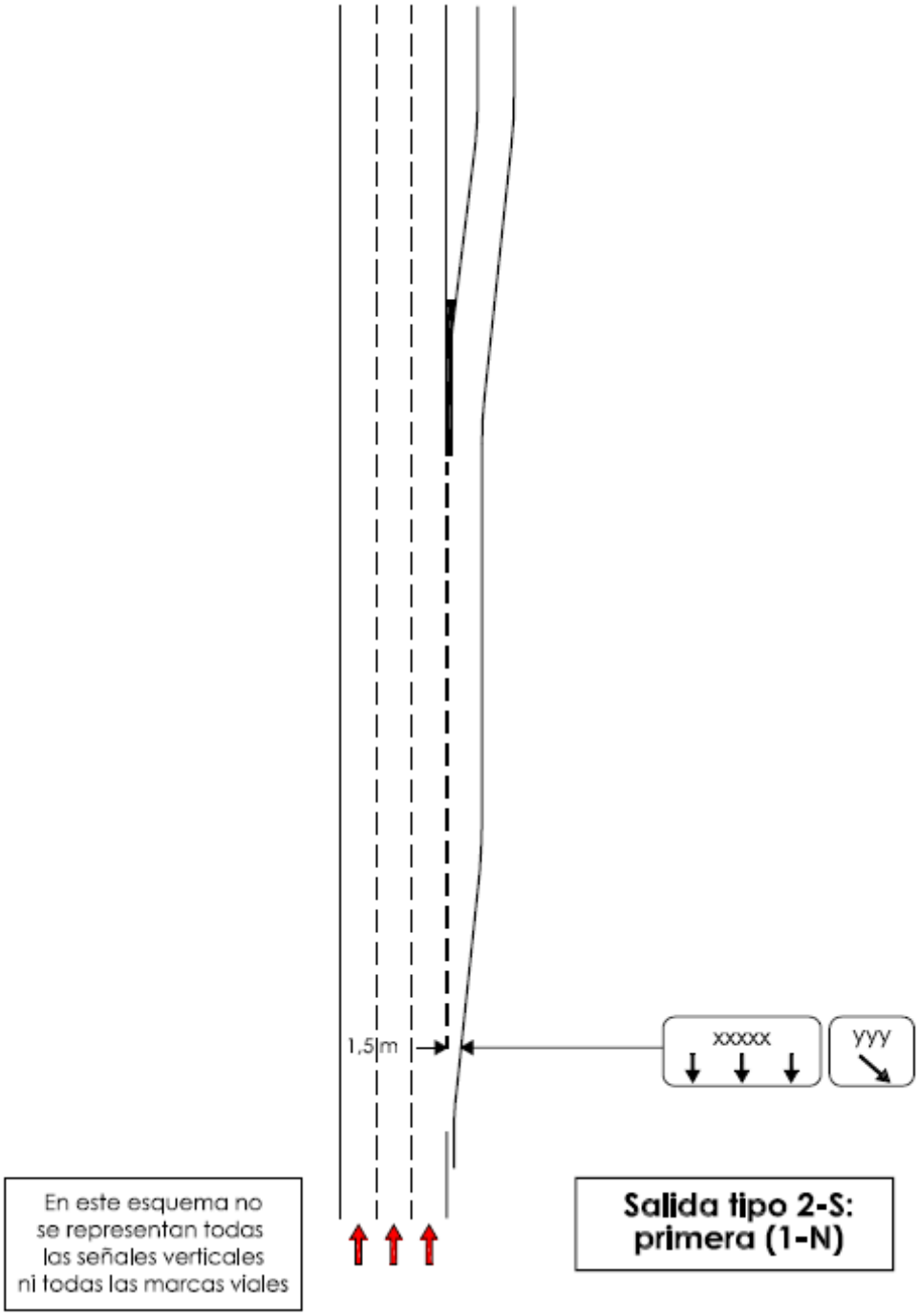
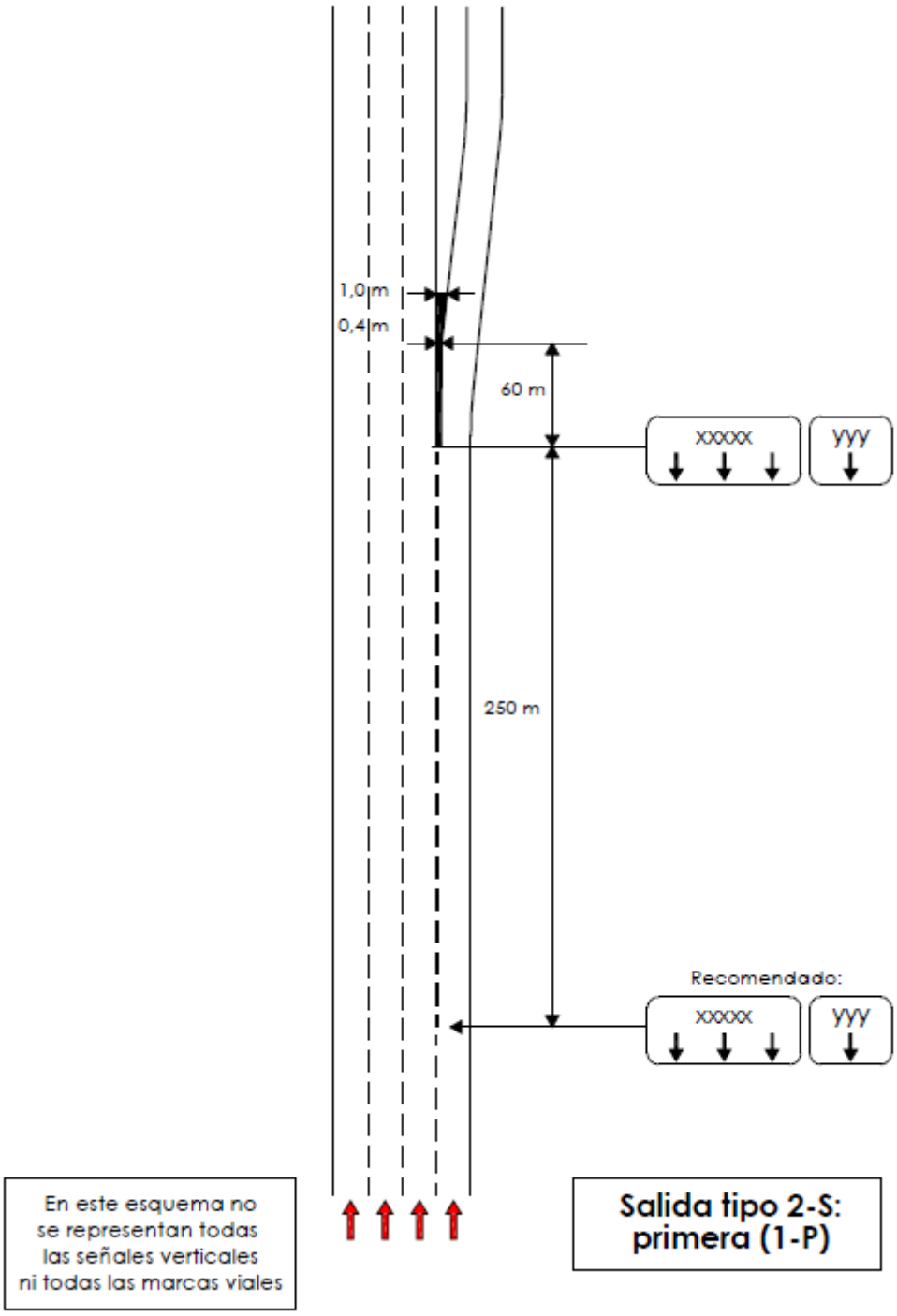

1,5 m
xxxxx
yyy
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-S: primera (1-N)

Fig. **9.3-H**



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-I**

2. En la segunda divergencia[1], los carteles de salida inmediata se dispondrán colgados sobre la calzada al principio de la marca vial[2] **M-2.4a**. El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes[3], habrá otros dos subcarteles a la derecha[4], cada uno indicando el destino al que se llega por él, sobre una flecha del tipo **F-1**; en caso contrario habrá un solo subcartel a la derecha, que abarque los dos carriles de salida[5] e indique el destino único sobre dos flechas del tipo **F-1**.

   - Si la configuración de la segunda salida fuera del tipo **1-N** de la Fig[1]. **3.2-E**, se recomienda disponer otro cartel donde el carril nuevo alcance una anchura de 1,5 m (Fig. **9.3-J**). En este cartel:

     - El subcartel de la izquierda, sobre los carriles situados sobre el tronco, integrará la señalización de destino propio, con flechas del tipo **F-1**.

     - Si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes[4], habrá un subcartel en el centro, indicando el destino al que se llega por carril izquierdo del ramal, sobre una flecha del tipo **F-2**; y otro subcartel a la derecha, sobre una flecha del tipo **F-1**, sobre el carril segregado procedente de la primera salida, indicando el destino al que se llega por el carril derecho del ramal.

---

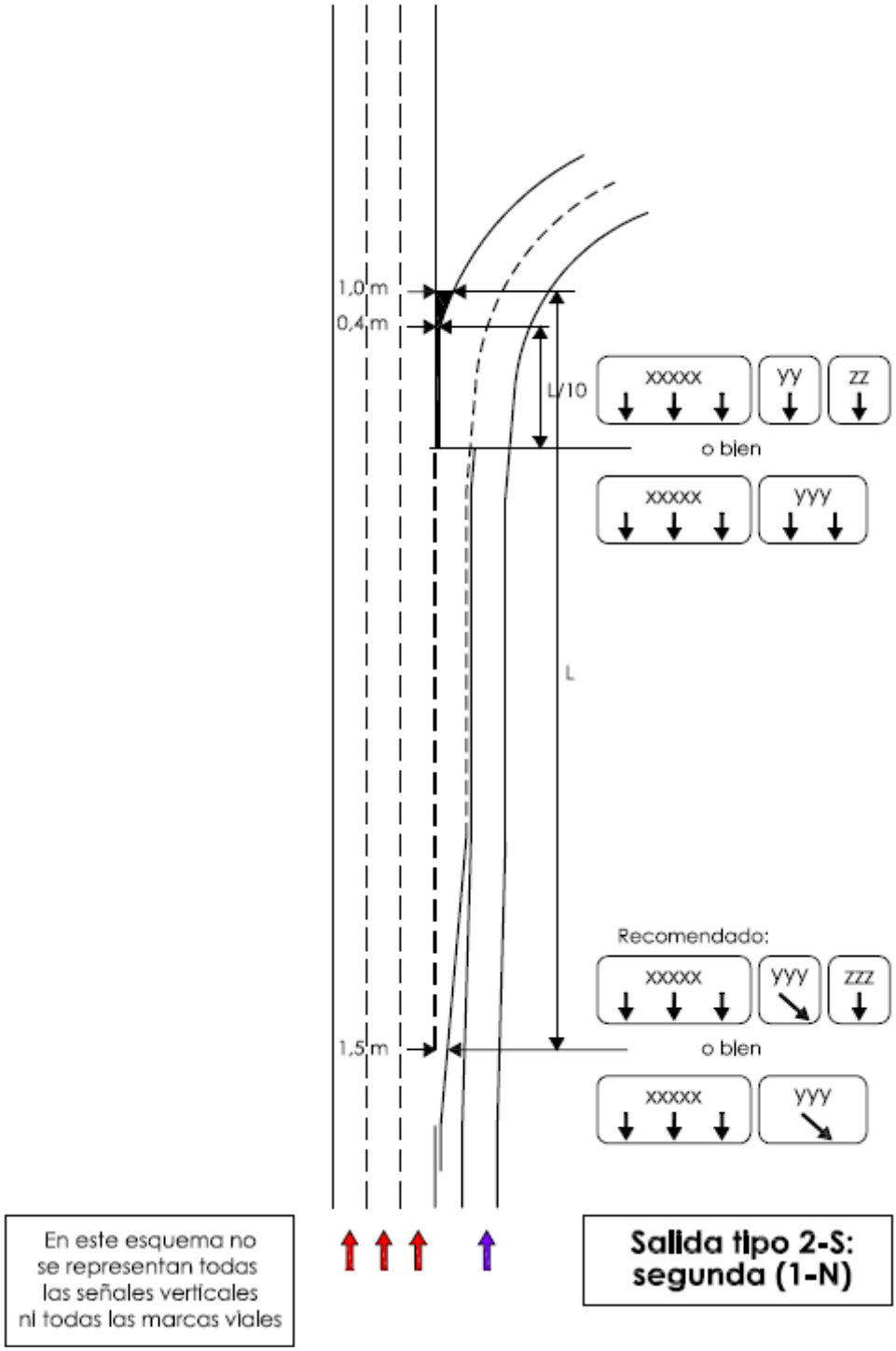
[1] En el sentido de la marcha.

[2] Cf. apartado **9.4.2**.

[3] Una circunstancia que también deberá ser advertida posteriormente mediante un cartel colgado sobre la calzada, ya en el ramal, encima de la *nariz* propia de esa divergencia, provisto de dos subcarteles en cada uno de los cuales se indicará el destino, y bajo éstos una flecha del tipo **F-1** (flecha del tipo **F-1** en el subcartel izquierdo y también flecha del tipo **F-1** en el subcartel derecho).

[4] El subcartel de la izquierda corresponderá al carril nuevo de la segunda salida; y el de la derecha, al carril procedente de la primera salida.

[5] El carril de la izquierda procedente de la segunda salida, y el de la derecha de la primera.



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-J**

- En caso contrario, el subcartel de la derecha indicará el destino único, sobre una flecha del tipo **F-2**; y no se dispondrá subcartel sobre el carril segregado procedente de la primera salida. Si la configuración de la segunda salida fuera del tipo **1-B** de la Fig.[1] **3.2-E**, se recomienda disponer otro cartel 250 m antes de aquélla (Fig. **9.3-K**). En este cartel:
  - El subcartel de la izquierda, sobre los carriles situados a la izquierda del bífido y sobre la parte izquierda de éste que coincide con el tronco, integrará la señalización de destino propio, con flechas del tipo **F-1**.
  - Si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes[2], habrá un subcartel en el centro, indicando el destino al que se llega por carril izquierdo del ramal, sobre una flecha del tipo **F-2**; y otro subcartel a la derecha, sobre una flecha del tipo **F-1**, sobre el carril segregado procedente de la primera salida, indicando el destino al que se llega por el carril derecho del ramal.
  - En caso contrario, el subcartel de la derecha indicará el destino único, sobre una flecha del tipo **F-2**; y no se dispondrá subcartel sobre el carril segregado procedente de la primera salida.
- Si la configuración de la segunda salida fuera la **1-P** (Fig. **9.3-L**) de la Fig.[3] **3.2-E**, se recomienda disponer otro cartel 250 m antes de aquélla. En este cartel:
  - El subcartel de la izquierda, sobre los carriles situados sobre el tronco y sobre el carril izquierdo del ramal, integrará la señalización de destino propio, con flechas del tipo **F-1**.
  - Si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes, habrá un subcartel en el centro, indicando el destino al que se llega por carril izquierdo del ramal, sobre una flecha del tipo **F-1**; y otro subcartel a la derecha, sobre el carril segregado procedente de la primera salida, también sobre una flecha

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[2] Una circunstancia que también deberá ser advertida posteriormente mediante un cartel colgado sobre la calzada, ya en el ramal, encima de la *nariz* propia de esa divergencia, provisto de dos subcarteles en cada uno de los cuales se indicará el destino, y bajo éstos una flecha del tipo **F-1** (flecha del tipo **F-1** en el subcartel izquierdo y también flecha del tipo **F-1** en el subcartel derecho).

[3] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

del tipo **F-1**, indicando el destino al que se llega por el carril derecho del ramal.

- En caso contrario, el subcartel de la derecha indicará el destino único, sobre una flecha del tipo **F-1**; y no se dispondrá subcartel sobre el carril segregado procedente de la primera salida.

o Si la configuración fuera la **2-PP** de la Fig[1] **3.2-F**, los carteles de salida inmediata se colocarán colgados sobre la calzada, al principio de la marca vial[2] **M-2.4a** (Fig. **9.3-M**). El subcartel de la izquierda, con flechas del tipo **F-1**, integrará la señalización de destino propio; si a continuación de la *nariz* el ramal tuviera otra divergencia hacia dos destinos diferentes[3], habrá otros dos subcarteles a la derecha, uno encima de cada carril de salida, cada uno indicando el destino al que se llega por él, sobre una flecha del tipo **F-1**; en caso contrario habrá un solo subcartel a la derecha, que abarque los dos carriles de salida e indique el destino único sobre dos flechas del tipo **F-1**.

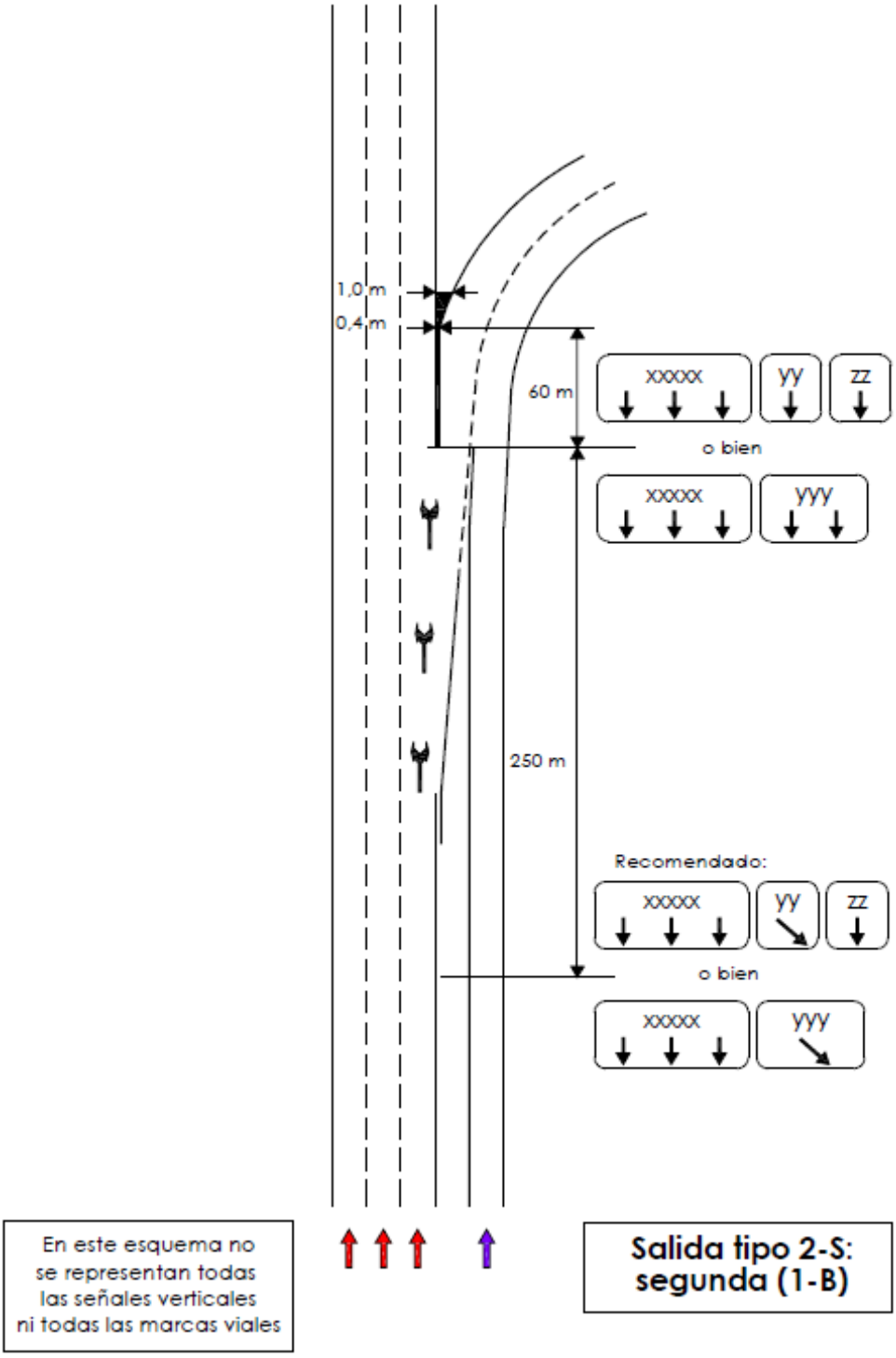
Se recomienda disponer otro cartel igual al de salida inmediata 250 m antes de ésta.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.4**

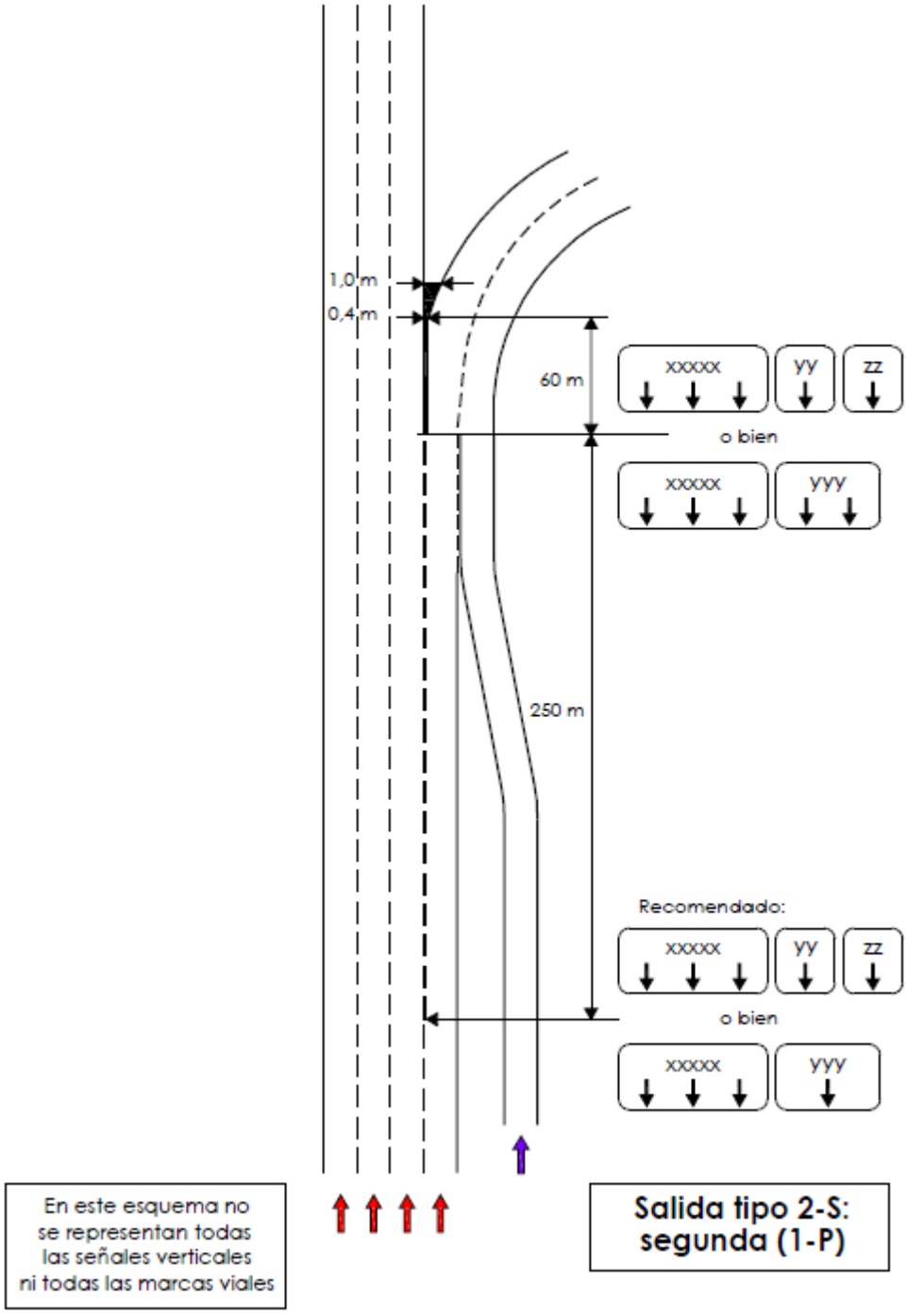
[2] Cf. apartado **9.4.2**.

[3] Una circunstancia que también deberá ser advertida posteriormente mediante un cartel colgado sobre la calzada, ya en el ramal, encima de la *nariz* propia de esa divergencia, provisto de dos subcarteles en cada uno de los cuales se indicará el destino, y bajo éstos una flecha del tipo **F-1** (flecha del tipo **F-1** en el subcartel izquierdo y también flecha del tipo **F-1** en el subcartel derecho).



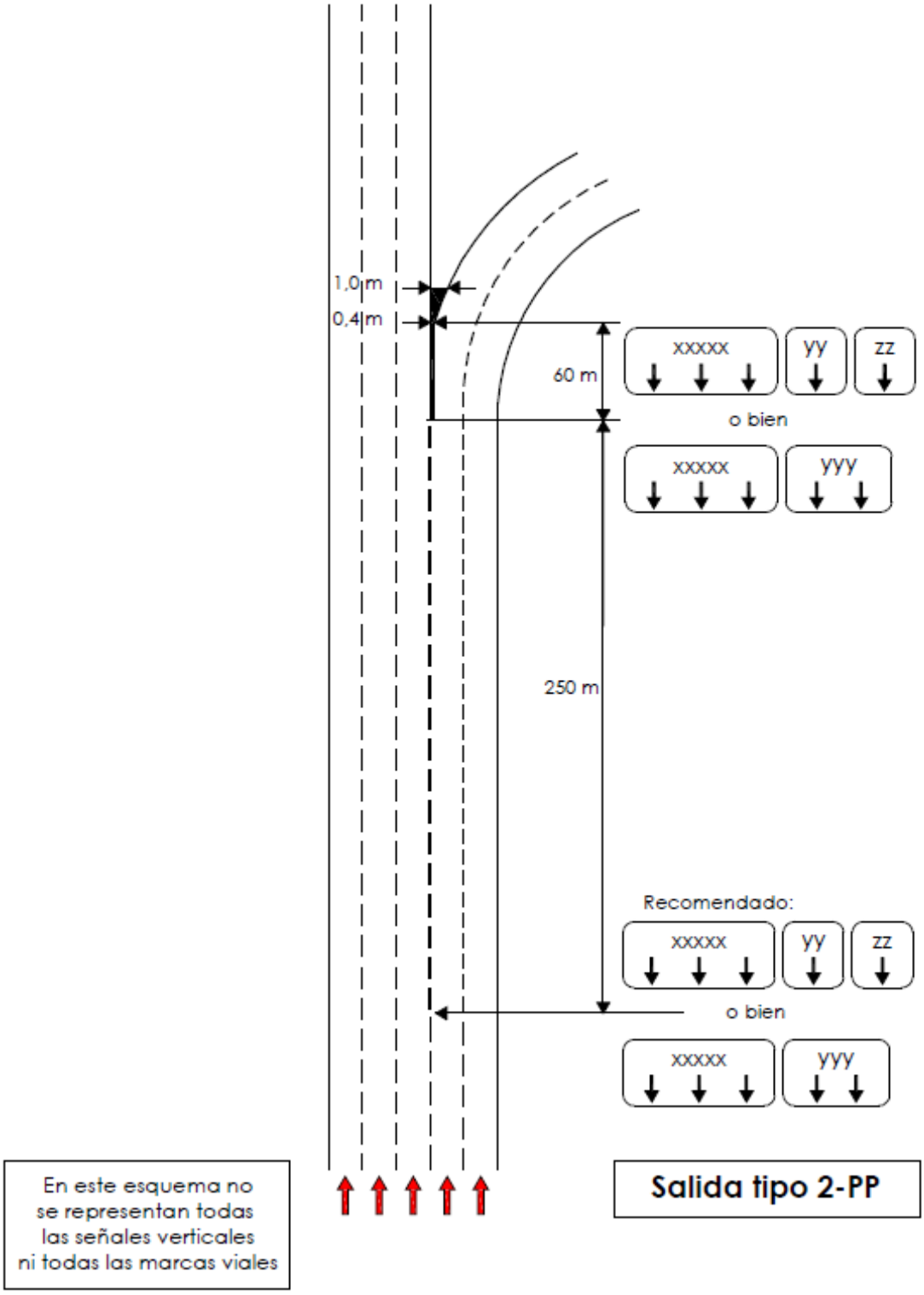
La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-K**



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-L**



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-M**

Carteles de preseñalización:

Conviene tener en cuenta que en el tronco de las autopistas[1] los conductores están acostumbrados a circular a velocidades relativamente elevadas; y que las salidas que requieran una brusca disminución de la velocidad pueden causar problemas de fluidez y de seguridad. La preseñalización de la presencia de tales salidas desempeña un papel muy importante.

Las distancias de los dos carteles de preseñalización al cartel de salida inmediata[2] serán aproximadamente de 1000 y 500 m. En las circunstancias previstas en el apartado **1.2** de esta Guía, o en las salidas existentes donde mantener esas distancias resulte imposible o induzca a confusión, se podrán reducir justificadamente, ambas en la misma proporción.

En las salidas de dos carriles la preseñalización estará colgada sobre la calzada.

Adicionalmente, donde la visibilidad sea reducida[3], donde la identificación de la divergencia no resulte clara[4] o, en general, en las divergencias con una siniestralidad anormalmente elevada, se pueden adoptar medidas tales como:

- Disponer señales **S-61**, **S-62** ó **S-63**, destacando el hecho de que el carril exterior no es de paso, sino que los vehículos que por él circulen tendrán que tomar la salida (Fig. **9.3-N**). Esto se recomienda especialmente donde la salida tenga la configuración **1-P** de la Fig. **3.2-E**, o la **2-PP** de la Fig. **3.2-F**.
- Disponer balizas cilíndricas[5] antes de la *nariz*. En este caso se debe suprimir el hito de vértice[6].

[1] Sobre todo de las interurbanas.

[2] En el caso de la configuración **2-S** de la Fig. **3.2-F**, las distancias se referirán al primero (en el sentido de la marcha) de los dos carteles de salida inmediata.

[3] Por ejemplo, por la presencia de una estructura.

[4] Porque haya varias divergencias muy seguidas como, por ejemplo, la salida a una vía colectora - distribuidora y la primera de ésta a un ramal.

[5] Cf. apartado **9.6.3**.

[6] Cf. apartado **9.6.4**.

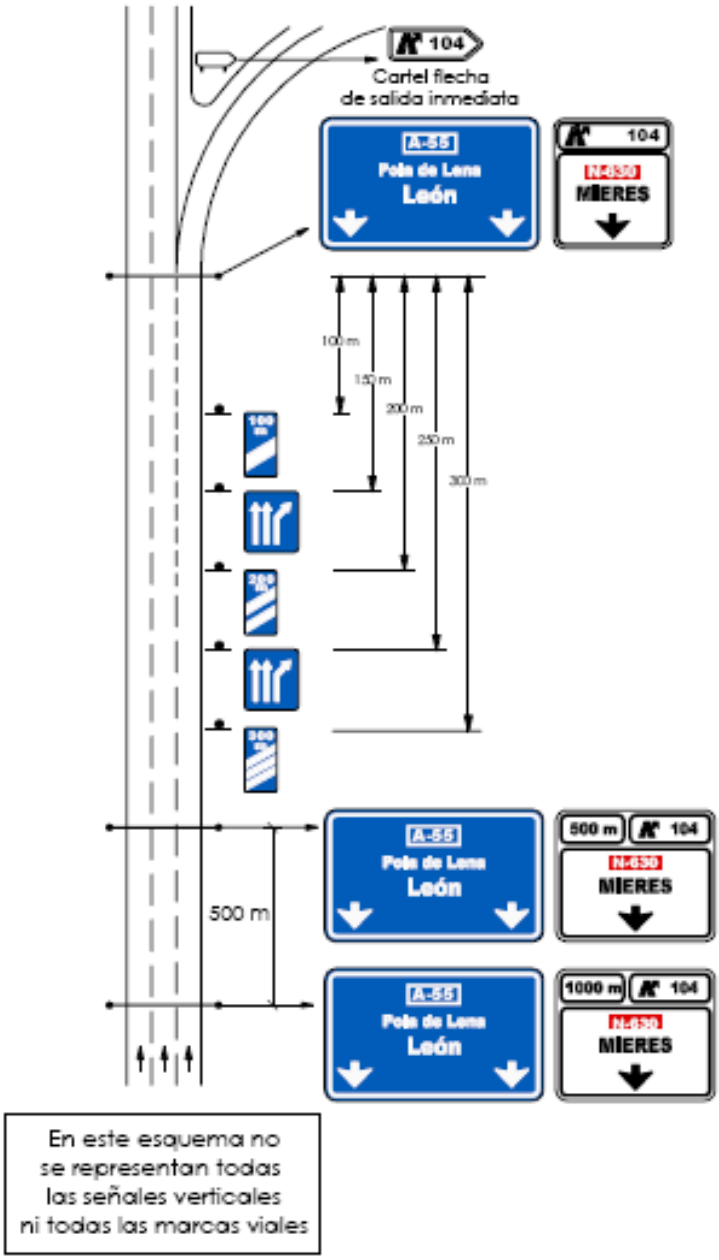

104
Cartel flecha
de salida inmediata
A-55
Pola de Lena
León
104
N-630
MIERES
100 m
150 m
200 m
250 m
300 m
500 m
A-55
Pola de Lena
León
500 m
104
N-630
MIERES
A-55
Pola de Lena
León
1000 m
104
N-630
MIERES
En este esquema no
se representan todas
las señales verticales
ni todas las marcas viales

Fig. **9.3-N**

9.3.4.2.2. Salidas sucesivas

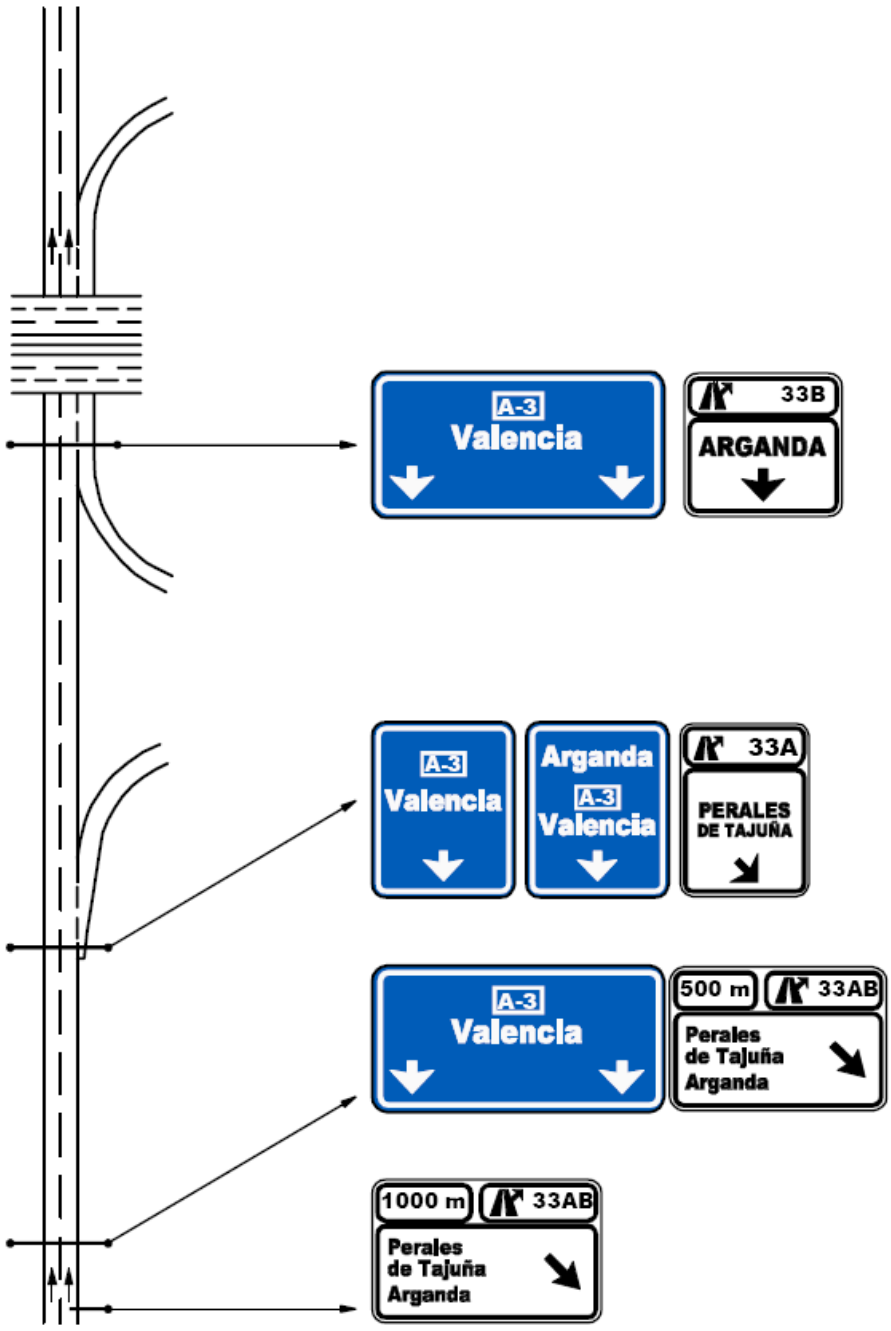
Se seguirán los mismos criterios que en el caso de una salida aislada, con las particularidades que se indican a continuación, y procurando evitar que un mismo destino aparezca en más de un subcartel.

- Donde dos o más nudos se hallen próximos, la solución correcta para el tronco es disponer vías colectoras - distribuidoras.
- Donde lo anterior resulte imposible se dispondrá, en el cartel de salida inmediata correspondiente a la primera salida y encima de la parte derecha del subcartel de dirección propia, un subcartel de preaviso de la segunda salida (Fig. **9.3-Ñ**), con su número y distancia.
- En la propia vía colectora - distribuidora se seguirán, en lo posible, los mismos criterios (Fig. **9.3-O**). Entre la salida a la vía colectora - distribuidora y la primera entrada a ésta no será preciso señalizar el destino propio que se alcance al volver a incorporarse al tronco.

Un caso particularmente delicado lo constituyen los ramales que, una vez rebasada la *nariz* de salida pero aún cerca de ella[1], presenten una segunda divergencia. Se recomienda que la distancia entre las dos *narices* consecutivas sea la mayor posible. A veces no hay sitio suficiente para colocar una señalización normal, como la que correspondería a una salida aislada: por lo que los carteles que se colocan encima de la segunda nariz son las primeras ayudas que reciben los conductores para elegir su destino[2]. En este caso, se recomienda disponer la señalización de manera que, de los carriles que tiene la salida, los conductores tiendan a situarse sobre el más adecuado.

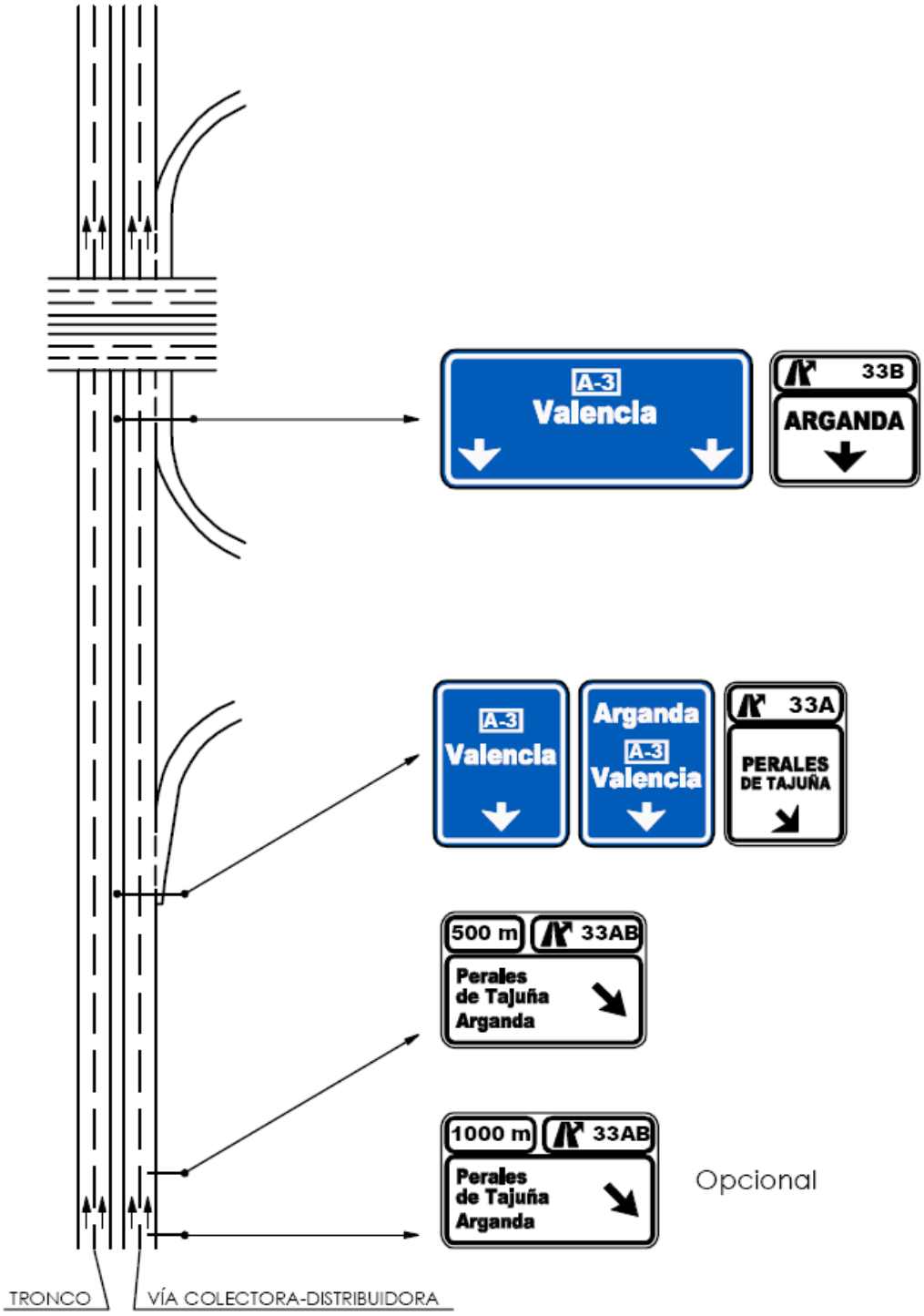
[1] Sobre todo, por debajo de los 250 m que menciona la Norma **3.1-IC** "Trazado".

[2] Si la primera salida tuviera una configuración **2-PN** ó **2-PP**, en su cartel de salida inmediata se habrán indicado los destinos a los que lleva cada carril.



En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales

Fig. **9.3-Ñ**



En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales

Fig. **9.3-O**

9.3.4.3. Bifurcaciones

En las bifurcaciones se dispondrá preseñalización, carteles de salida inmediata y señales de confirmación. Además, se complementará esa señalización mediante señales **S-60**, **S-61**, **S-62** ó **S-63**, a 750 y 250 m antes de la *nariz*.

a) Si el número de carriles básicos que hay antes de la bifurcación es **uno**[1]:

- Si se ha añadido un carril adicional antes de la *nariz*, sobre ella se dispondrán en un pórtico dos subcarteles de salida inmediata, cada uno de los cuales indicará, mediante flecha del tipo **F-1**, el destino que se alcanza por la correspondiente pata de la bifurcación.
- Si se ha planteado una salida del tipo[2] **1-N**, **1-D** ó **1-B**, la bifurcación se señalizará como ese tipo de salida[3].

b) Si el número de carriles básicos que hay antes de la bifurcación es **dos**[3]:

- Si cada pata después de ella tiene un solo carril, sobre la *nariz* se dispondrán en un pórtico dos subcarteles de salida inmediata, cada uno de los cuales indicará, mediante flecha del tipo **F-1**, el destino que se alcanza por la correspondiente pata.
- Si alguna de las patas tiene más de un carril, se habrá añadido al menos un carril adicional antes de la bifurcación[3], y se señalizará ésta como en el caso **c)** descrito a continuación.

c) Si el número de carriles básicos que hay antes de la bifurcación es **tres**[3] **o cuatro**, la señalización de bifurcación inmediata se colocará sobre un pórtico donde empiece la marca vial[4] **M-2.8** (Figs. **9.3-P** y **9.3-Q**). Se recomienda disponer otra igual 250 m antes de la bifurcación.

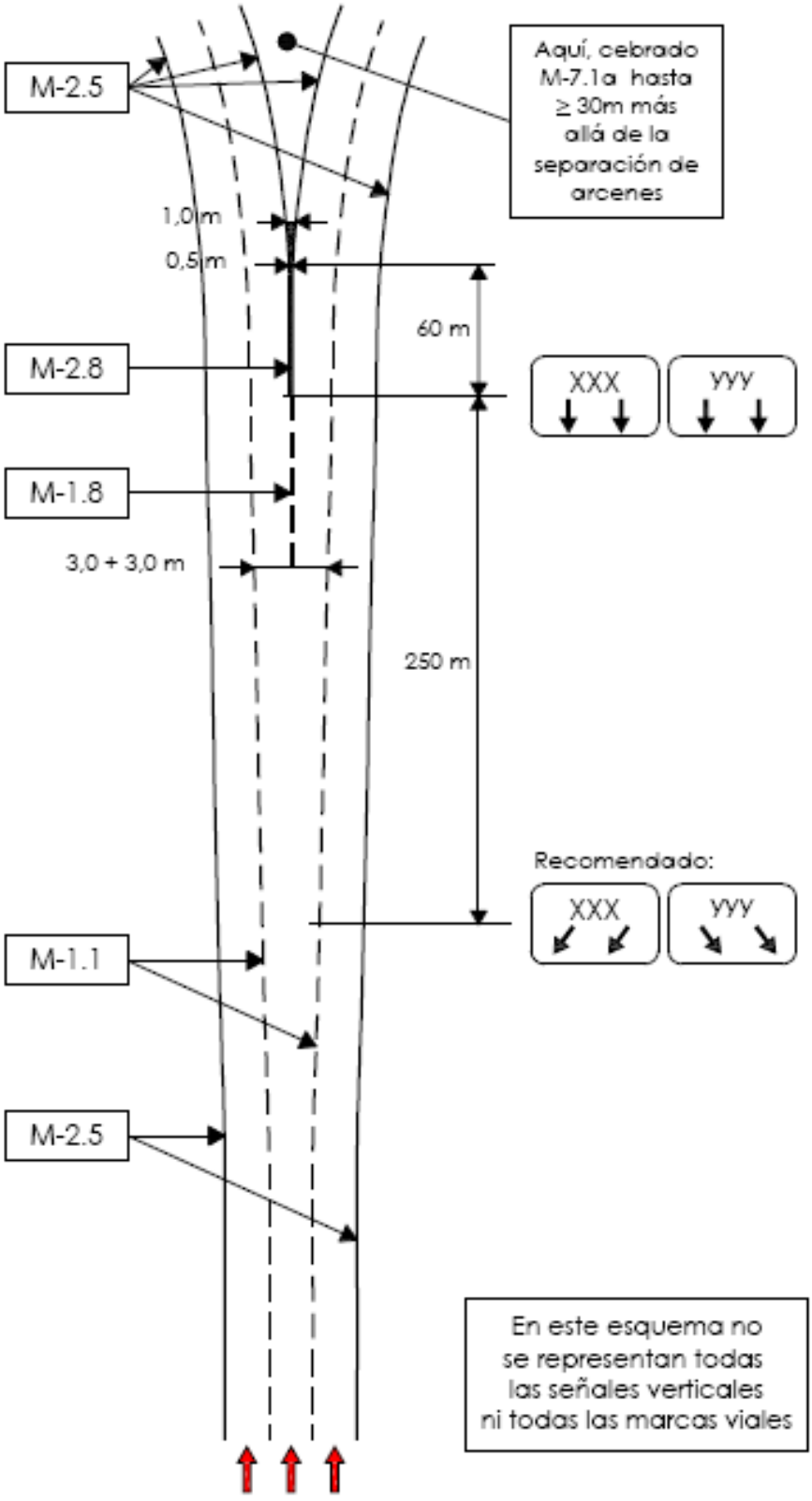
---

[1] Cf. apartado **4.12.2**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

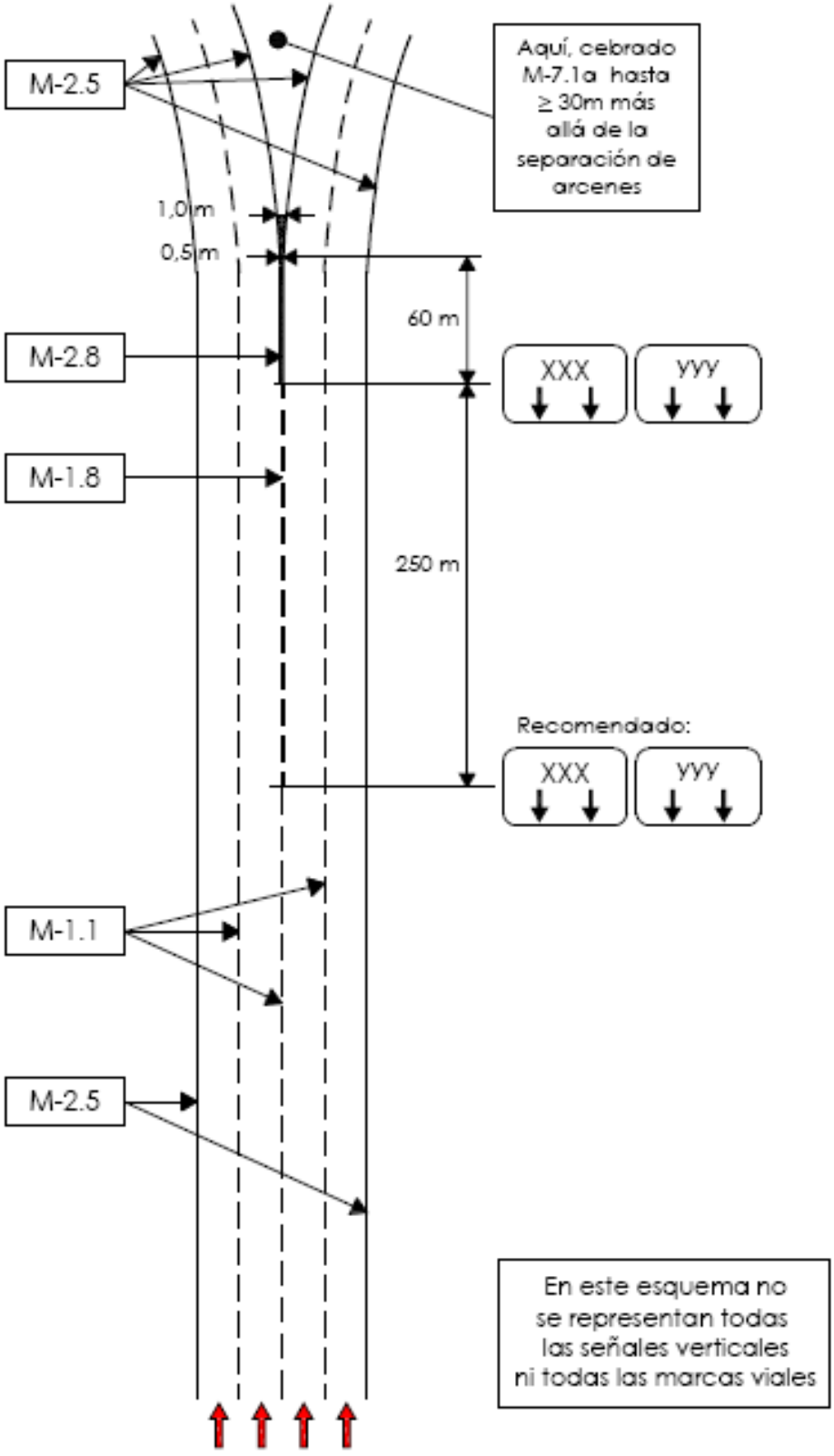
[3] Cf. apartado **9.3.4.2**.

[4] Cf. apartado **9.4.3**.



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-P**



La instalación del pórtico de preaviso a 250 m es únicamente recomendada.

Fig. **9.3-Q**

9.3.4.4. Salidas en carreteras convencionales

En la última salida por la que los vehículos que tengan prohibida la circulación por autopista no puedan evitar ir a ésta si la toman, se colocará una señal **S-1**. También se dispondrá un preaviso antes de dicha salida.

Especialmente donde sea elevada la intensidad del giro a la izquierda, se recomienda que los carteles de orientación que correspondan a un carril central de espera estén dispuestos encima de él.

9.3.5. Señalización de mensaje variable

9.3.5.1. Definición y mensajes

La señalización vertical convencional no permite informar a los usuarios de circunstancias que tienen una incidencia en la circulación y que estén sujetas a variaciones a lo largo del tiempo[1]. El avance de las tecnologías de tratamiento y de transmisión de la información ha facilitado el desarrollo de los carteles de mensaje variable que resuelven este problema, ya que permiten cambiar el mensaje transmitido según de las necesidades de cada instante.

Los mensajes más utilizados son:

- Alfanuméricos y gráficos, que permiten informar de cualquier incidencia mediante leyendas, gráficos o pictogramas.
- Límite de velocidad, informando del establecido o recomendado en función del estado de la circulación en cada momento.
- *Aspa/flecha*, que puede mostrar dos o tres imágenes:
  - Un aspa de color rojo para indicar que un carril se encuentra cerrado.
  - Una flecha verde para indicar que el carril se encuentra abierto.
  - Eventualmente, una flecha amarilla para indicar que se despeje el carril.
- Ambientales, que permiten informar de las condiciones climáticas que afectan a la vía.
- Itinerarios alternativos recomendados según el estado de la circulación.
- Otros que permiten transmitir informaciones de diversos tipos como, por ejemplo, la del grado de ocupación de los estacionamientos.

[1] Como, por ejemplo, la ocurrencia de un accidente o la presencia de niebla.

La utilización de paneles de mensaje variable se ajustará a los criterios establecidos en el Manual de Señalización Variable aprobado por la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior[1]. En los supuestos establecidos en el Anexo II a la Resolución de aprobación, será obligatoria la utilización de los mensajes expresamente contenidos en dicho Anexo, quedando prohibido el uso de cualquier otro pictograma o texto.

9.3.5.2. Tipos

Se pueden distinguir los siguientes tipos de cartel de mensaje variable:

- **Eléctricos** o **electrónicos**: los mensajes son mostrados por fuentes de luz, sin ningún movimiento mecánico para desplegar o cambiar el mensaje.
- **Mecánicos**: los mensajes son desplegados o cambiados por medio del movimiento físico de alguna de las partes que componen el cartel. En este tipo, cuyo uso es actualmente escaso, se incluyen:
  - Los carteles con bisagras.
  - Los que tienen unos prismas giratorios de 3 caras.
  - Los que llevan unas láminas deslizantes a modo de corredera.
  - Los que tienen una cinta enrollada.
  - Los que presentan una matriz de elementos planos con dos caras de colores diferentes.

El diseño de un cartel de señalización de mensaje variable puede ser:

- **Continuo**, si es análogo al de una señal convencional, con líneas y superficies.
- **Discontinuo**, si se compone de elementos separados que se pueden ordenar en la cara frontal del cartel para producir los mensajes. Dentro de esta categoría se encuentran los paneles de fibra óptica y todos los de diseño matricial, ya sean luminosos o reflectantes.

Por último, los carteles de mensaje variable también se pueden clasificar atendiendo a su flexibilidad de almacenamiento de mensajes.

- En la mayoría de los tipos solamente se puede desplegar un número fijo de mensajes, contenidos dentro del propio cartel (en el caso de los mecánicos) o de sus circuitos (en los eléctricos). Para reemplazarlos hay que cambiar esas partes del cartel o de su electrónica.
- En otros tipos la versatilidad es mayor, pues los mensajes se graban en la memoria del ordenador de control y pueden ser borrados o reemplazados por un operador.

[1] Resolución de 1º de junio de 2009 (**BOE** del 13).

Los carteles eléctricos de mensaje variable pueden revestir varias formas:

1. Carteles de **luz de fondo**, en los que los mensajes están recortados en una lámina y se ven cuando se encienden unas luces internas. Se usan en las zonas urbanas más que en las interurbanas.

2. Paneles con una matriz de **lámparas de incandescencia**. En este tipo, cuyo uso es actualmente muy escaso, la cara vista del panel está formada por un conjunto ordenado de lámparas de incandescencia fijadas a una superficie de fondo oscuro. La disposición de las lámparas puede ser en un campo continuo, o en un número fijo de módulos (pequeñas baterías de bombillas, con zonas entre ellas sin bombillas); cada módulo está formado normalmente por 7 filas y 5 columnas y es utilizado para desplegar un solo carácter. La disposición matricial no permite la presentación de figuras exactas ni mostrar tipos de letra más pequeños. El uso del color suele estar limitado a dos: las bombillas emiten una luz blanca y la superficie del fondo es negra. Los caracteres suelen tener entre 30 y 50 cm de altura, aunque en algunos casos pueden ser mayores. Normalmente hay hasta cuatro líneas para el mensaje; el número de caracteres alfanuméricos por línea varía entre 12 y 20.

3. Paneles de **fibra óptica**, en los que el panel recibe por ese medio la energía luminosa de un conjunto de lámparas halógenas de bajo voltaje. En la cara vista del panel, los extremos de las fibras transmisoras se disponen en las celdas de una placa reticular, para dar lugar a unos puntos luminosos que forman los caracteres gráficos o alfanuméricos del mensaje. Actualmente se utilizan celdas de ocupación múltiple: cada celda puede ser iluminada por varias fuentes de luz (una sola cada vez), formando distintos mensajes. Los mensajes pueden ser estáticos o destellantes. Todos los mensajes almacenados en el panel deben ser construidos previamente. Los colores se logran por la interposición de filtros.

4. Paneles con matrices de **diodos emisores de luz**. Estos diodos, generalmente designados por el acróstico inglés[1] ***LED***, contienen una pastilla semiconductora (*chip*) envuelta en resina: al aplicarle una tensión suficiente (entre 1 y 4 V), los electrones contenidos en el sector negativo cruzan la frontera hacia el sector positivo y, al combinarse con las cargas de éste, se emite una luz cuyo color depende del material de la pastilla. La cara vista del panel consiste en un conjunto ordenado de ***LED*** dispuestos matricialmente sobre una superficie de fondo oscuro. Las clavijas de los ***LED*** se sueldan a unas placas con circuitos impresos. La configuración puede ser continua, modular o mixta. Cada elemento, denominado *pixel*, está formado por varios diodos emisores de luz. En este tipo de paneles se pueden mostrar todos los colores, y cambiar el color según el tipo de información. También se pueden programar y desplegar los mensajes en el momento que sean necesarios

[1] *Light Emitting Diode.*

(almacenamiento variable), por medio de un ordenador de control conectado al panel.

De noche, los carteles eléctricos de mensaje variable emiten luz y por ello son más visibles que los mecánicos, cuya visibilidad es análoga a la de una señal vertical. Durante el día hay tres tipos de situación:

a) Cuando la luz solar incide en la parte frontal del cartel, se produce un desvanecimiento del contraste causado por la reflexión especular de la luz en la cara del cartel; esta reflexión se puede atenuar mediante celdillas y viseras metálicas.

b) Cuando la luz solar incide en la parte trasera del cartel[1] hay un altísimo nivel de contraste entre el cartel y el entorno: la visibilidad se puede volver crítica, a no ser que se aumente la emisión de luz.

c) Durante el resto de las horas del día, para evitar deslumbrar a los conductores también hay que adaptar, mediante unas células fotoeléctricas, la emisión de luz a la luminosidad ambiental.

En los carteles luminosos es muy importante conocer cómo se perciben los mensajes desde un ángulo de observación distinto de la normal al cartel: el ángulo de perceptibilidad suele ser pequeño, debido a que es necesario concentrar la luz emitida para poder obtener, en la normal al cartel, una alta intensidad luminosa que permita aumentar la distancia de legibilidad. Sin embargo, esto pequeño ángulo de perceptibilidad no supone un grave inconveniente en las vías con circulación rápida, ya que el ángulo de observación del conductor que se aproxima también es pequeño hasta que se encuentra muy cerca del cartel. Para cuantificar este efecto de angularidad se emplea el concepto de *ángulo de apertura*, que es el máximo para el que la intensidad luminosa no baja del 50 % del valor en la normal al cartel.

- En los paneles de fibra óptica el ángulo de apertura de la luz es de unos 40º; en estas condiciones la intensidad luminosa no es grande. Instalando una óptica de aproximación (con unos reflectores en forma de cono), el ángulo de apertura se reduce (hasta unos 6º), pero la intensidad luminosa que se obtiene en el eje es mayor (hasta 30 cd por cada punto luminoso).
- Con ***LED*** de alta luminosidad se consiguen en el eje intensidades de hasta 5 cd por cada uno, con ángulos de apertura de 12 a 25º.

9.3.5.3. Implantación

La implantación de los carteles de mensaje variable debe responder siempre a un plan previo de explotación, en cuya elaboración se debe:

[1] Lo cual se puede detectar mediante unas células fotoeléctricas.

- Comprobar que existe la necesidad de transmitir informaciones sujetas a cambios.
- Establecer las funciones que debe cumplir el sistema. Entre éstas tiene especial importancia la de desviar la circulación en casos de emergencia, por lo que muchos de los carteles de mensaje variable se ubican antes de los nudos viarios.
- Seleccionar la ubicación y los tipos de carteles más adecuados para estas funciones.
- Diseñar unos procedimientos de explotación destinados a lograr el eficaz desempeño de éstas.

9.4 Señalización horizontal

9.4.1. Generalidades

Será de aplicación la Norma **8.2-IC** "Marcas viales" de la Dirección General de Carreteras.

No obstante, para resolver algunos casos planteados por la señalización de ciertas conexiones incluidas en esta Guía[1], se han desarrollado diseños de señalización no recogidos en los documentos citados, y que deben ser considerados como una propuesta.

Como el fin inmediato de las marcas viales es aumentar la seguridad, la eficacia y la comodidad de la circulación, es necesario que se tengan en cuenta en cualquier actuación vial como parte integrante del diseño inicial, y no como un mero añadido posterior a su concepción.

También se consideran señalización horizontal los captafaros que se fijan en el pavimento. De noche, y sobre todo cuando llueve, complementan la acción de guía óptica de las marcas viales, especialmente en puntos difíciles como los nudos viarios.

9.4.2. En salidas

Inmediatamente antes de la *nariz* de una salida:

a) Con las configuraciones del tipo **1-N** (Fig. **9.4-A**) ó **1-D** (Fig. **9.4-B**) de la Fig.[2] **3.2-E**, la marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b** que separa el borde derecho de la calzada del tronco del borde izquierdo de la calzada del ramal, se iniciará a una distancia[3] **L**/10 antes de donde dichos bordes disten 40 ó 30 cm, respectivamente.

---

[1] Por ejemplo, la señalización de los carriles bífidos de salida.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[3] **L** será igual a la longitud del carril de deceleración en las circunstancias propias de la salida, dada por la Tabla **4.10-A** (Cf. apartado **4.10.1**).

Antes de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** junto al borde de la calzada del tronco, a partir de donde el carril de deceleración haya alcanzado una anchura de 1,5 m.

b) Con la configuración del tipo **1-B** (Fig. **9.4-C**) de la Fig[1]. **3.2-E**, se dispondrá una marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b**, que separe el borde derecho de la calzada del tronco del borde izquierdo de la calzada del ramal, entre la sección donde el borde derecho del ramal esté a una distancia del borde derecho del tronco, igual a 3,9 ó 3,8 m, respectivamente; y la sección donde esté a 4,4 ó 4,3 m, respectivamente. La longitud de esta marca vial no será inferior a 60 m.

Entre el principio de la separación de las trayectorias y el principio de la marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b**, en el centro del carril bífido se dispondrá una serie de tres conjuntos equidistantes[2] de una combinación de las flechas del tipo **M-5.1.2** y **M-5.1.4**.

c) Con la configuración del tipo **1-P** (Fig. **9.4-D**) de la Fig.[3] **3.2-E**, la marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b** que separe el borde derecho de la calzada del tronco del borde izquierdo de la calzada del ramal, se iniciará 60 m antes de donde dichos bordes disten 40 ó 30 cm, respectivamente.

Antes de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** se dispondrá, a partir de una distancia de 250 m antes de la salida, una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** junto al borde de la calzada del tronco. A una mayor distancia de la *nariz*, la marca vial será del mismo tipo que las que separan los carriles de paso.

d) Con la configuración **2-PN** (Fig. **9.4-E**) de la Fig.[4] **3.2-F**, la marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b** que separe el borde derecho de la calzada del tronco del borde izquierdo de la calzada del ramal, se iniciará a una distancia[5] **L**/10 antes de donde dichos bordes disten 40 ó 30 cm, respectivamente.

Antes de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** junto al borde derecho de la calzada del tronco, a partir de donde el carril nuevo (el derecho) haya alcanzado una anchura de 1,5 m. La marca del tipo **M-1.2** ó **M-1.3** que separe ambos carriles del ramal se iniciará en la misma sección.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[2] Los centros de los conjuntos se dispondrán a los cuartos de la distancia indicada.

[3] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[5] **L** será igual a la longitud del carril de deceleración en las circunstancias propias de la salida, dada por la Tabla **4.10-A** (Cf. apartado **4.10.1**).

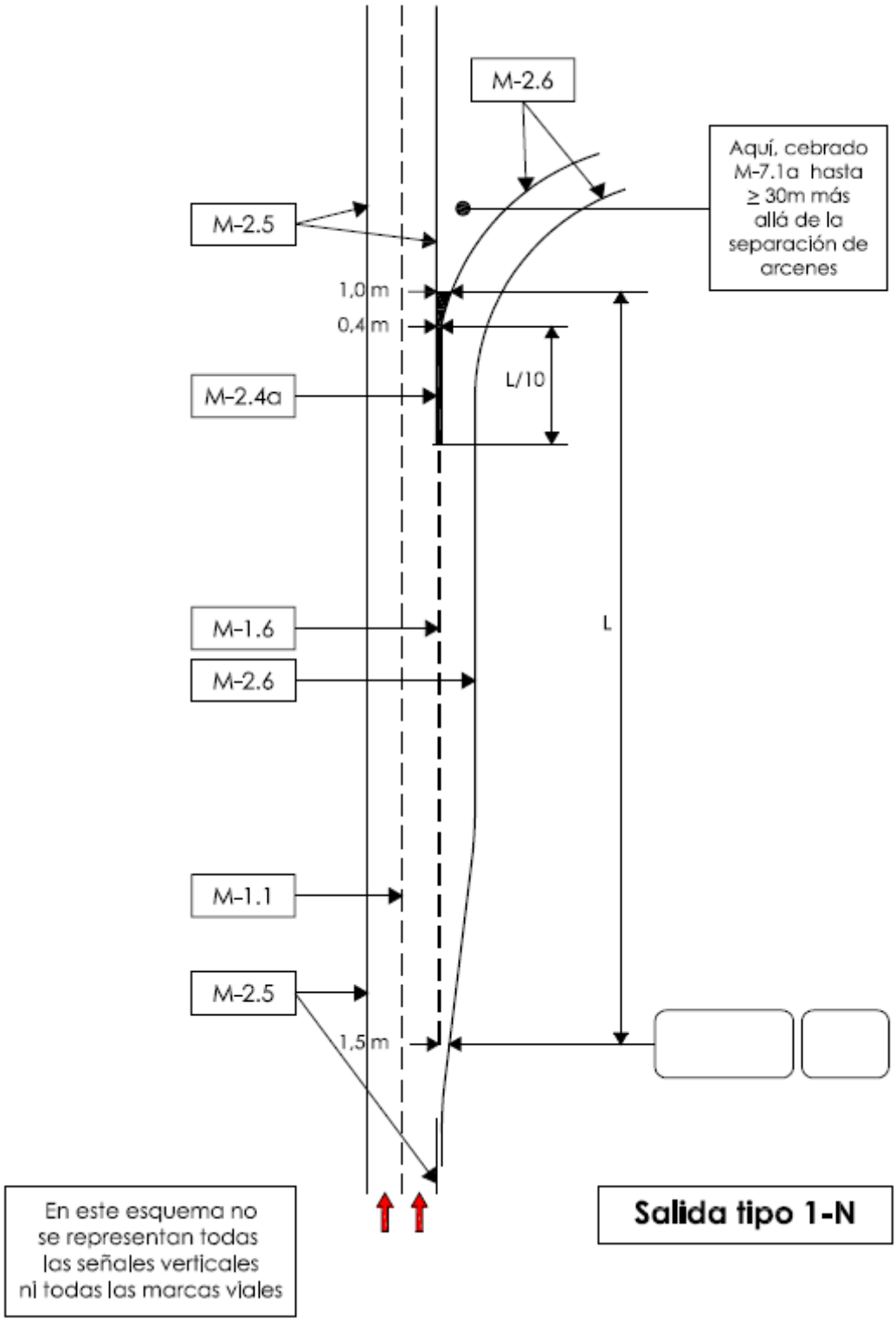

M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
M-2.5
1,0 m
0,4 m
L/10
M-2.4a
L
M-1.6
M-2.6
M-1.1
M-2.5
1,5 m
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 1-N

Fig. **9.4-A**

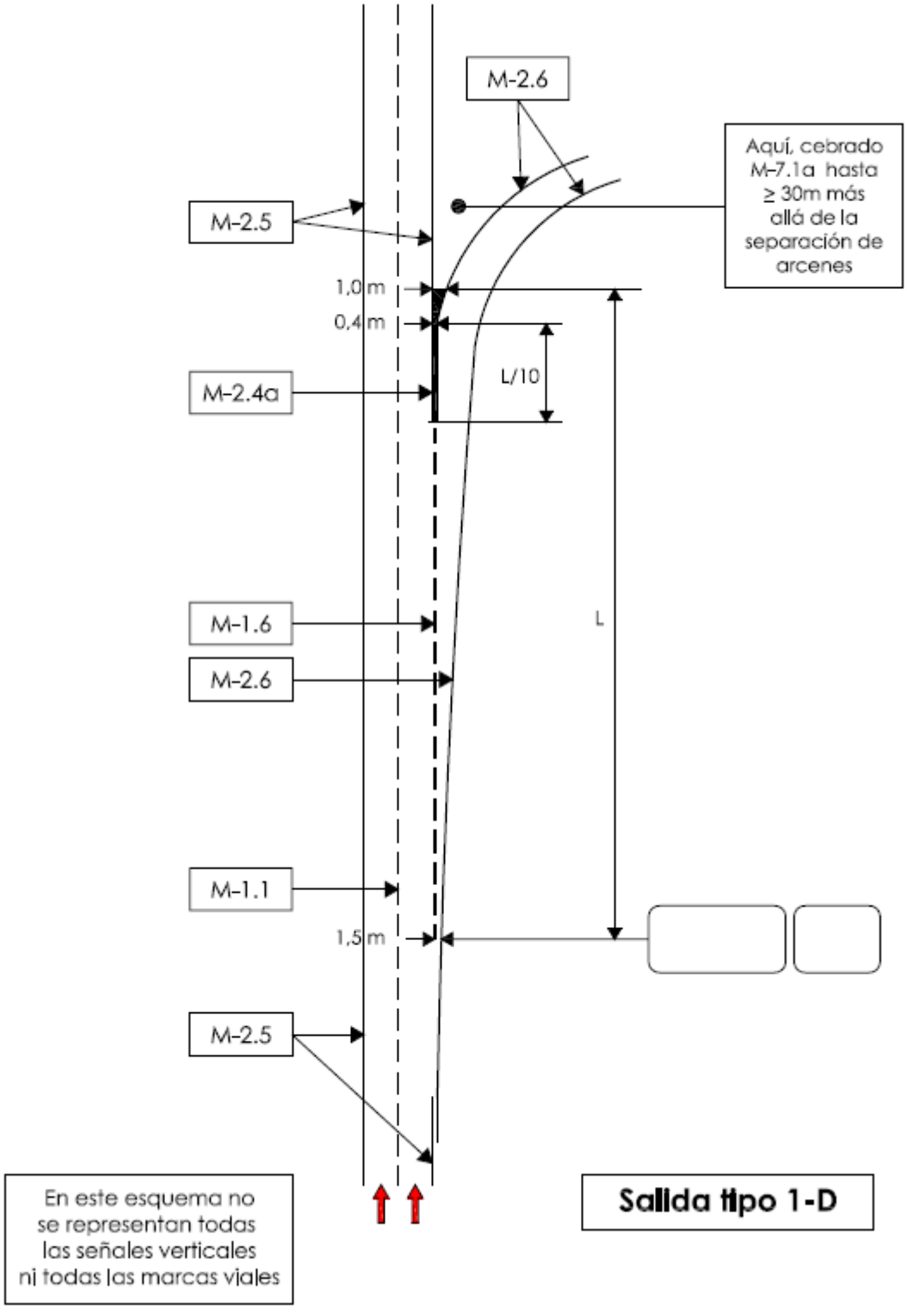

M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
M-2.5
1,0 m
0,4 m
L/10
M-2.4a
L
M-1.6
M-2.6
M-1.1
1,5 m
M-2.5
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 1-D

Fig. **9.4-B**

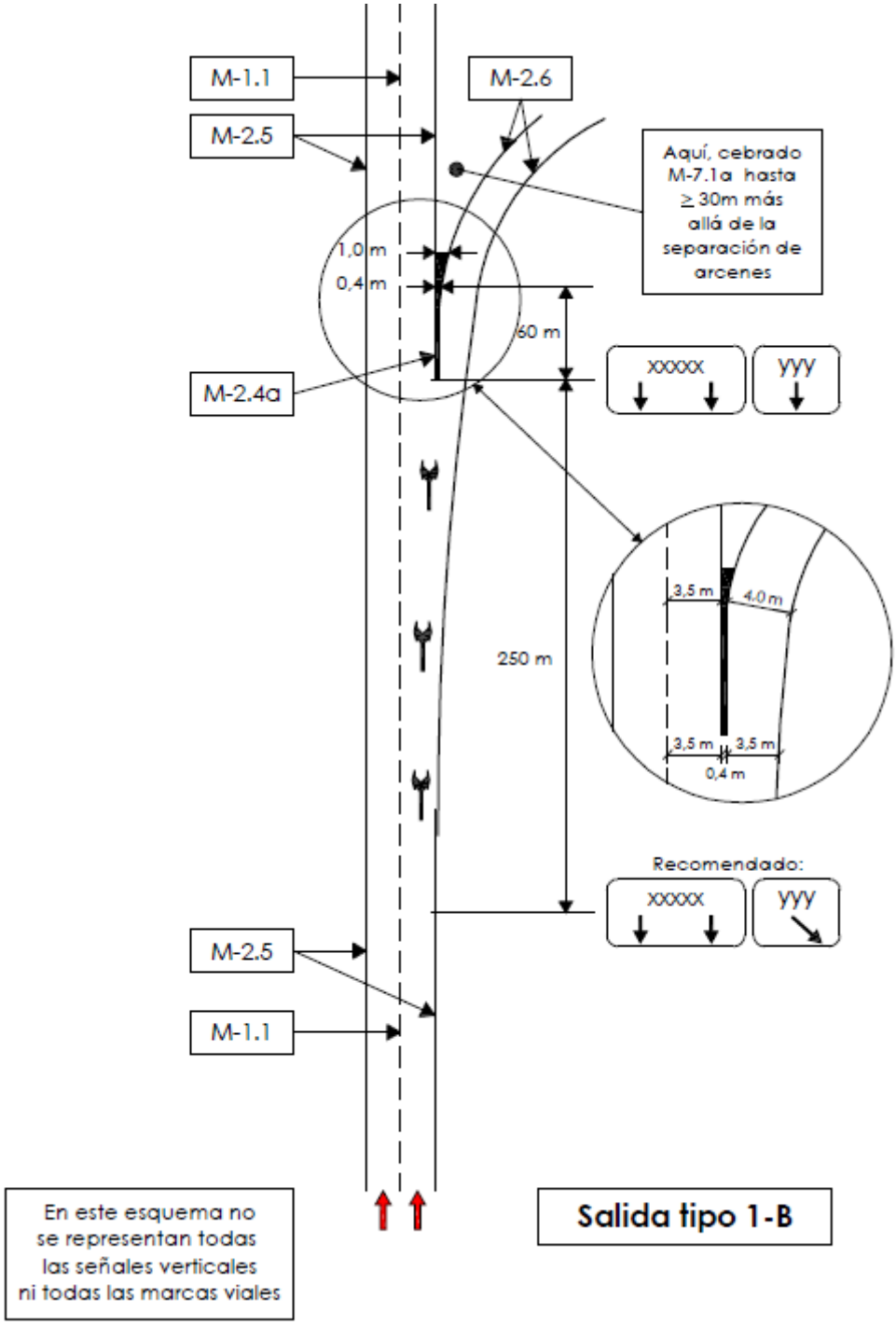

M-1.1
M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
1,0 m
0,4 m
60 m
M-2.4a
xxxxx
yyy
250 m
3,5 m
4,0 m
3,5 m
3,5 m
0,4 m
Recomendado:
xxxxx
yyy
M-2.5
M-1.1
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 1-B

Fig. **9.4-C**

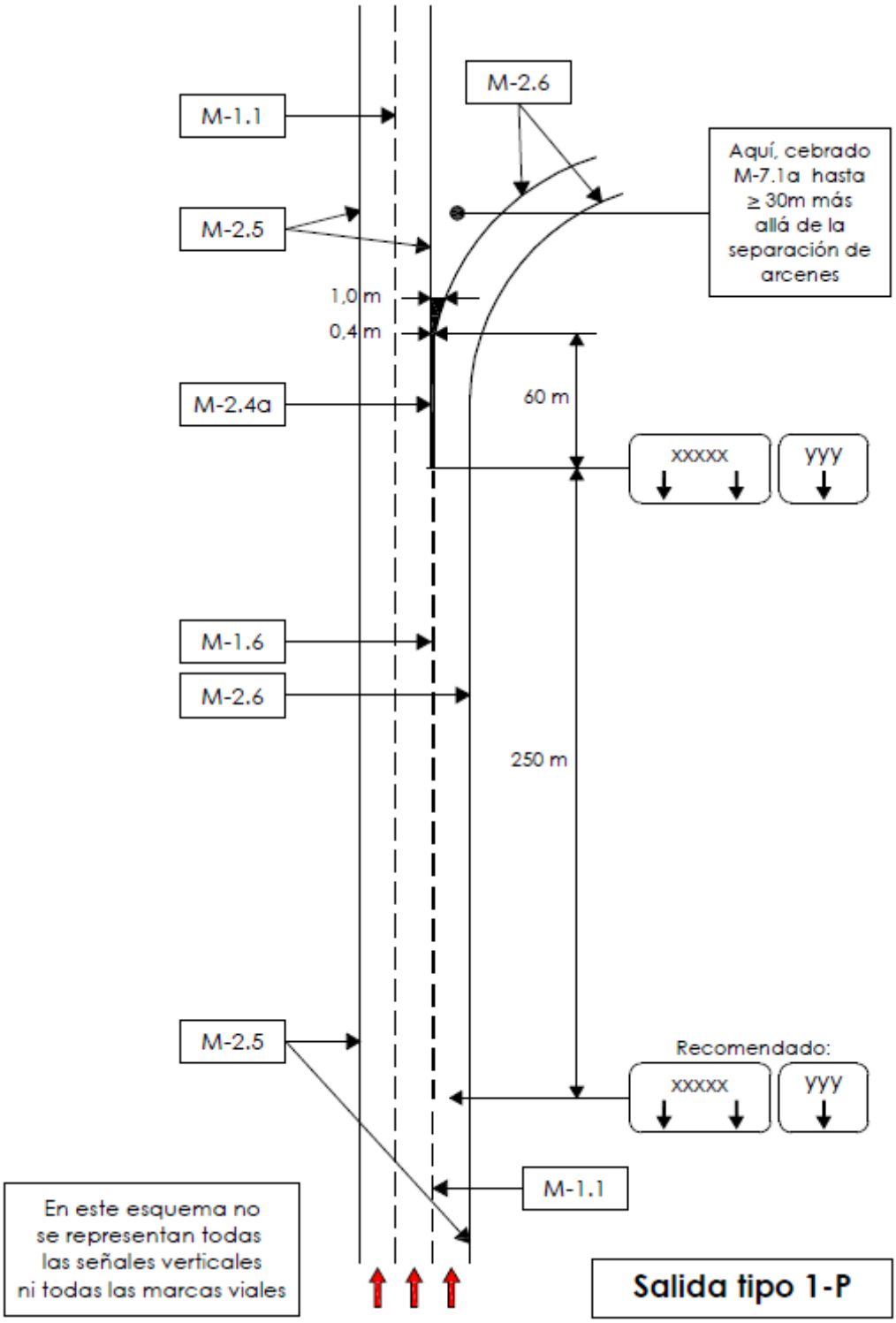

M-1.1
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
M-2.5
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
60 m
xxxxx
yyy
M-1.6
M-2.6
250 m
M-2.5
Recomendado:
xxxxx
yyy
M-1.1
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 1-P

Fig. **9.4-D**

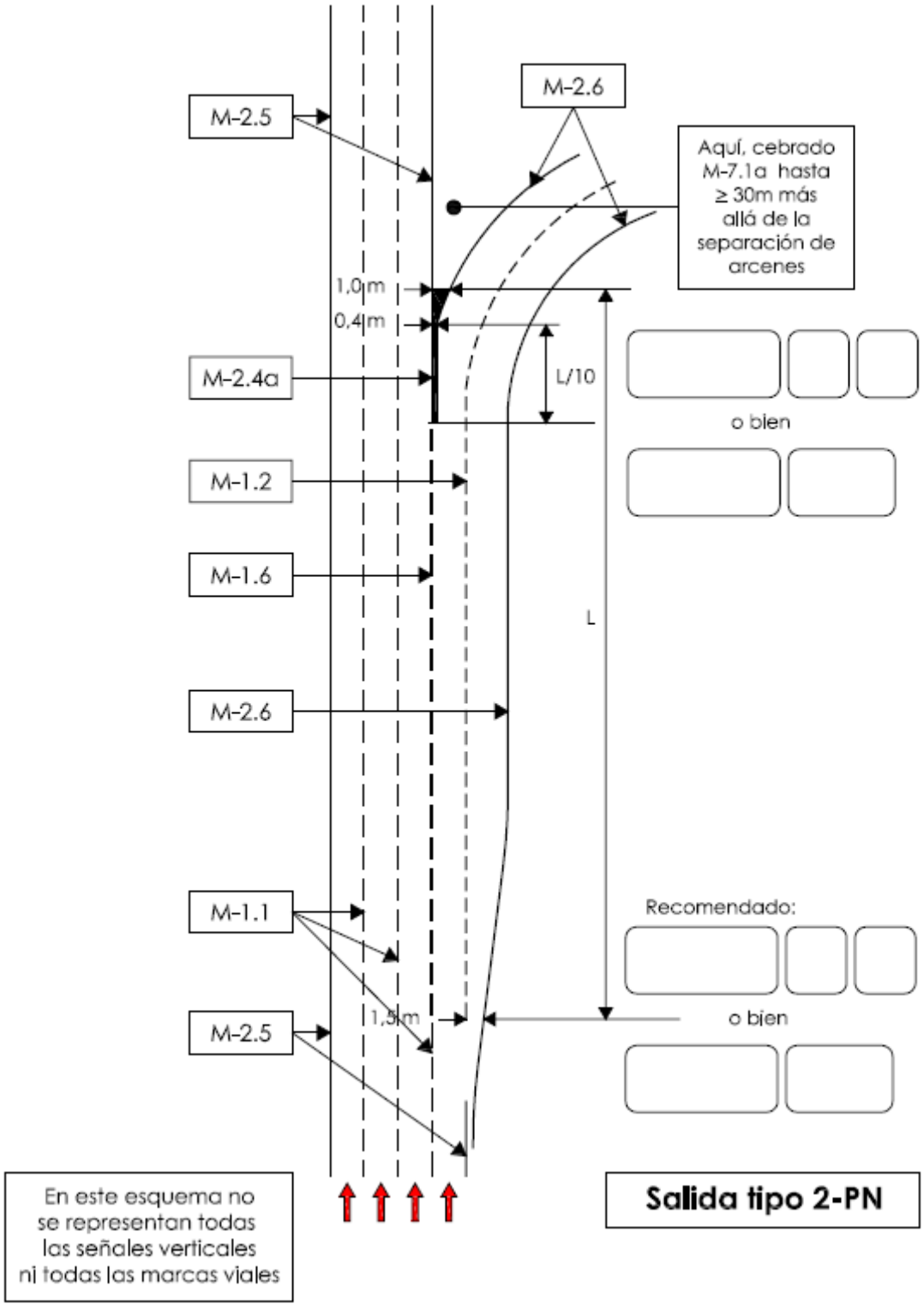

M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
1,0m
0,4m
L/10
M-2.4a
o bien
M-1.2
M-1.6
L
M-2.6
Recomendado:
M-1.1
1,5m
o bien
M-2.5
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-PN

Fig. **9.4-E**

e) Con la configuración **2-BP** (Fig. **9.4-F**) de la Fig.[1] **3.2-F** se dispondrá una marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b** que separe el borde derecho de la calzada del tronco del borde izquierdo de la calzada del ramal, entre la sección donde el borde derecho del carril izquierdo del ramal esté a una distancia del borde derecho del tronco, igual a 3,9 ó 3,8 m, respectivamente; y la sección donde esté a 4,4 ó 4,3 m, respectivamente.

Entre el principio de la separación de las trayectorias y el principio de la marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b**, en el centro del carril bífido se dispondrá una serie de tres conjuntos equidistantes[2] de una combinación de las flechas del tipo **M-5.1.2** y **M-5.1.4**. La marca del tipo **M-1.1** que separe al carril perdido del resto de los del tronco se transformará en otra del tipo **M-1.2** ó **M-1.3** que separe ambos carriles del ramal, a partir de la sección donde se separen las trayectorias.

f) Con la configuración[3] **2-S** de la Fig.[4] **3.2-F** se definen dos divergencias consecutivas:

- La primera[5] se señalizará como la configuración **1-N** (Fig. **9.4-G**) ó **1-P** (Fig. **9.4-H**) de la Fig.[6] **3.2-E**, prolongando la salida hasta que la isleta separadora alcance su anchura normal.
- La segunda se señalizará como la configuración **1-N** (Fig. **9.4-I**), **1-B** (Fig. **9.4-J**) ó **1-P** (Fig. **9.4-K**) de la Fig. **3.2-E**.
- Entre ambas *narices*, la isleta que separa el carril segregado del tronco se rellenará con un cebrado[7] del tipo **M-7.1a**. Más allá de la isleta, a la marca vial del tipo **M-1.2** que separa al carril segregado del contiguo se le adosará otra marca vial del tipo **M-3.1**, que prohíba que un vehículo procedente del carril segregado acceda al contiguo, y que se mantendrá hasta la sección donde comienza la marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4.b**.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[2] Los centros de los conjuntos se dispondrán a los cuartos de la distancia indicada.

[3] Esta configuración es más propia del acondicionamiento de una salida existente por la que salgan muchos vehículos pesados, y donde no se disponga de sitio para una vía colectora - distribuidora.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[5] En el sentido de la marcha.

[6] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[7] La "*cola del tigre*".

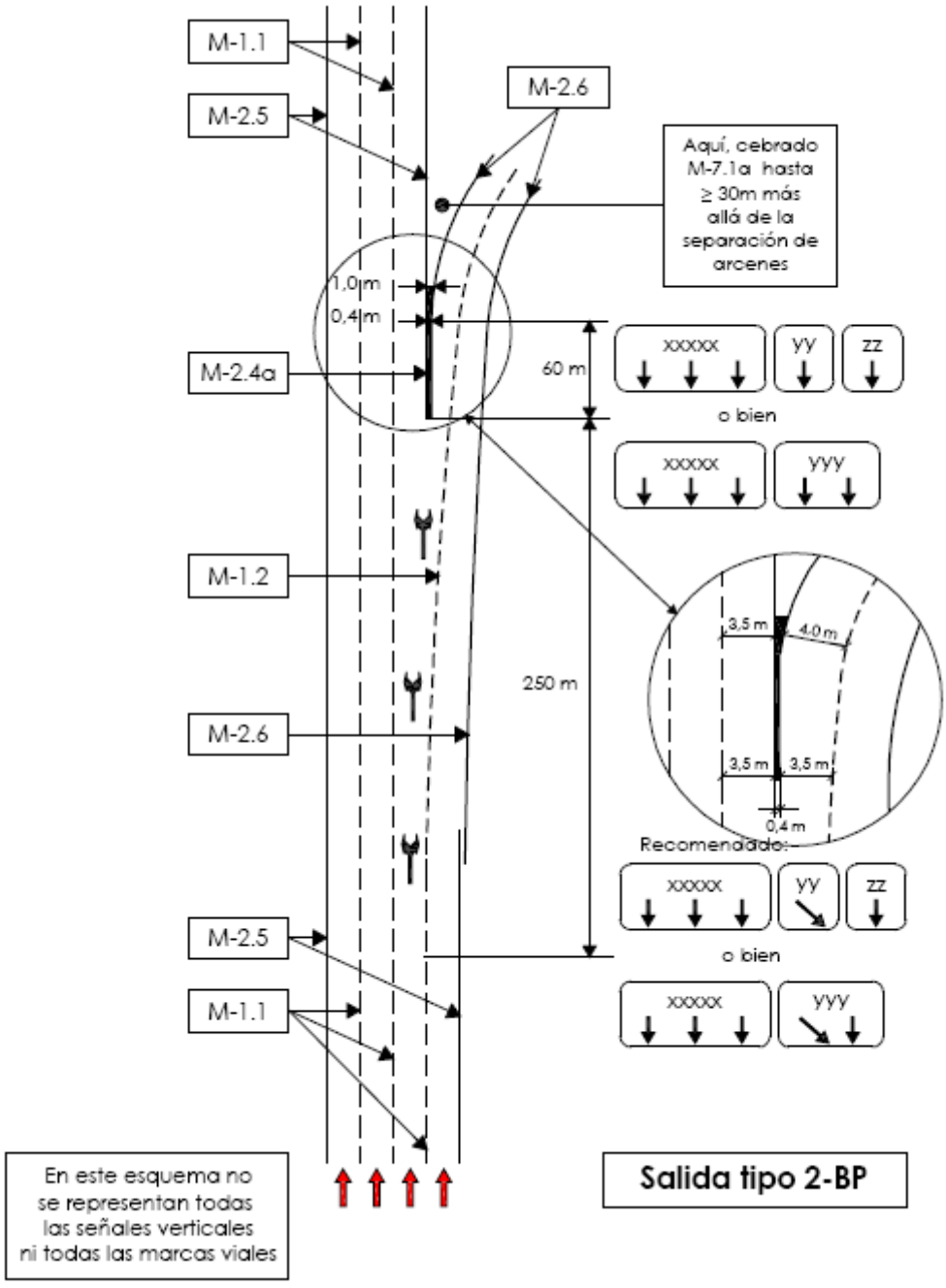

M-1.1
M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
60 m
xxxxx
yy
zz
o bien
xxxxx
yyy
M-1.2
3,5 m
4,0 m
250 m
M-2.6
3,5 m
3,5 m
0,4 m
Recomendado:
xxxxx
yy
zz
M-2.5
o bien
M-1.1
xxxxx
yyy
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-BP

Fig. **9.4-F**

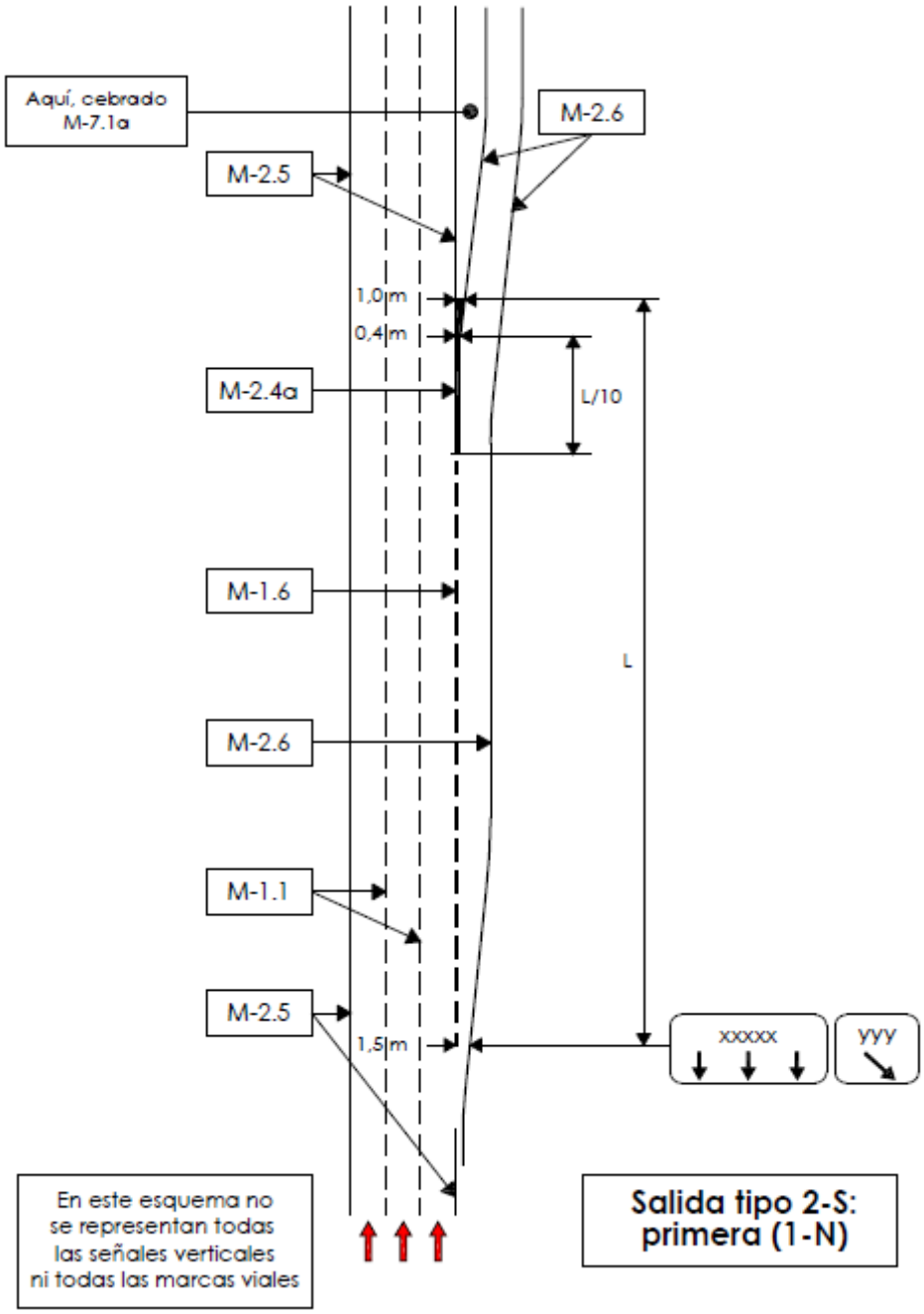

Aquí, cebrado
M-7.1a
M-2.6
M-2.5
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
L/10
M-1.6
L
M-2.6
M-1.1
M-2.5
1,5 m
xxxxx
yyy
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-S: primera (1-N)

Fig. **9.4-G**

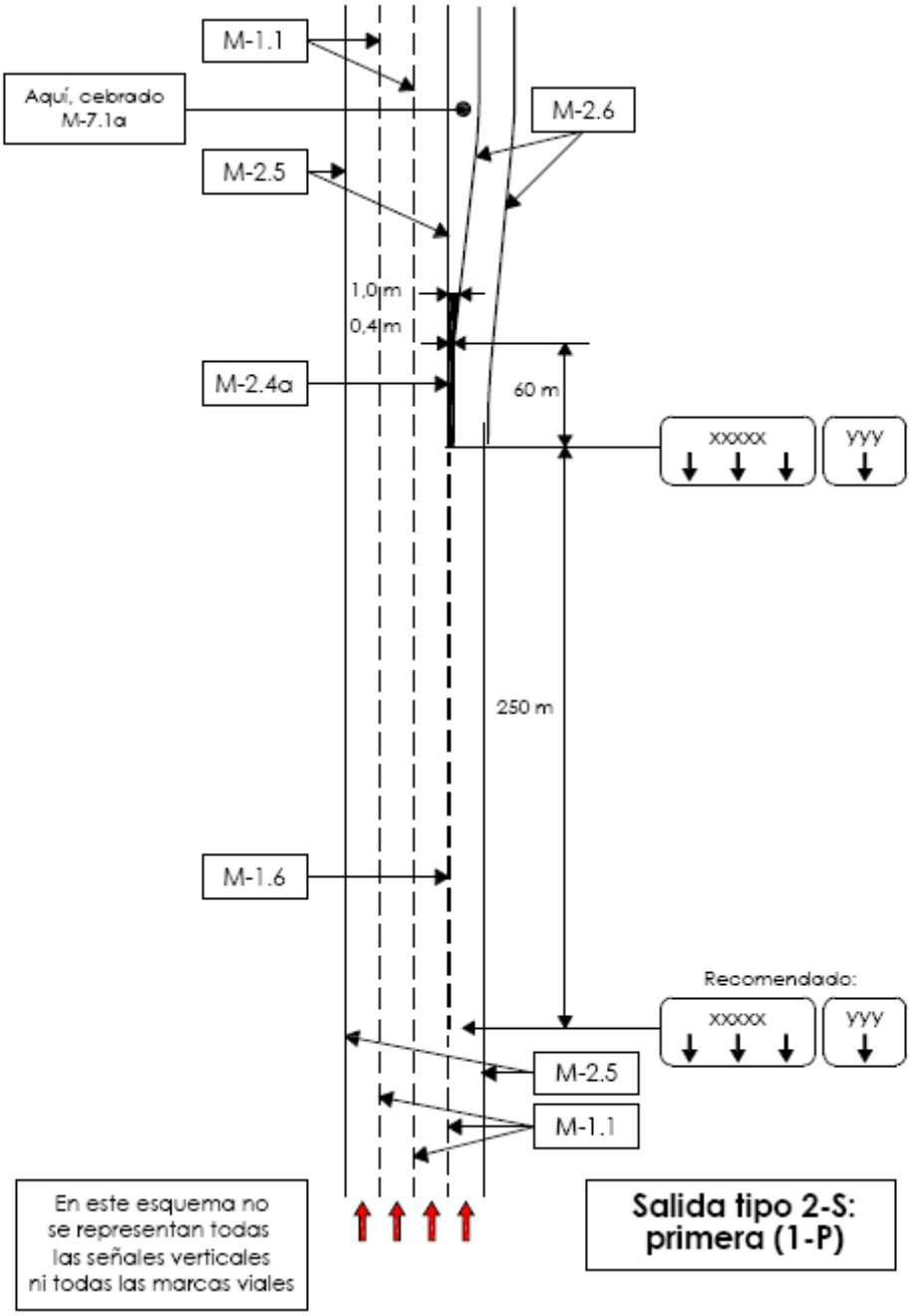

M-1.1
Aquí, cebrado
M-7.1a
M-2.6
M-2.5
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
60 m
xxxxx
yyy
250 m
M-1.6
Recomendado:
xxxxx
yyy
M-2.5
M-1.1
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-S: primera (1-P)

Fig. **9.4-H**

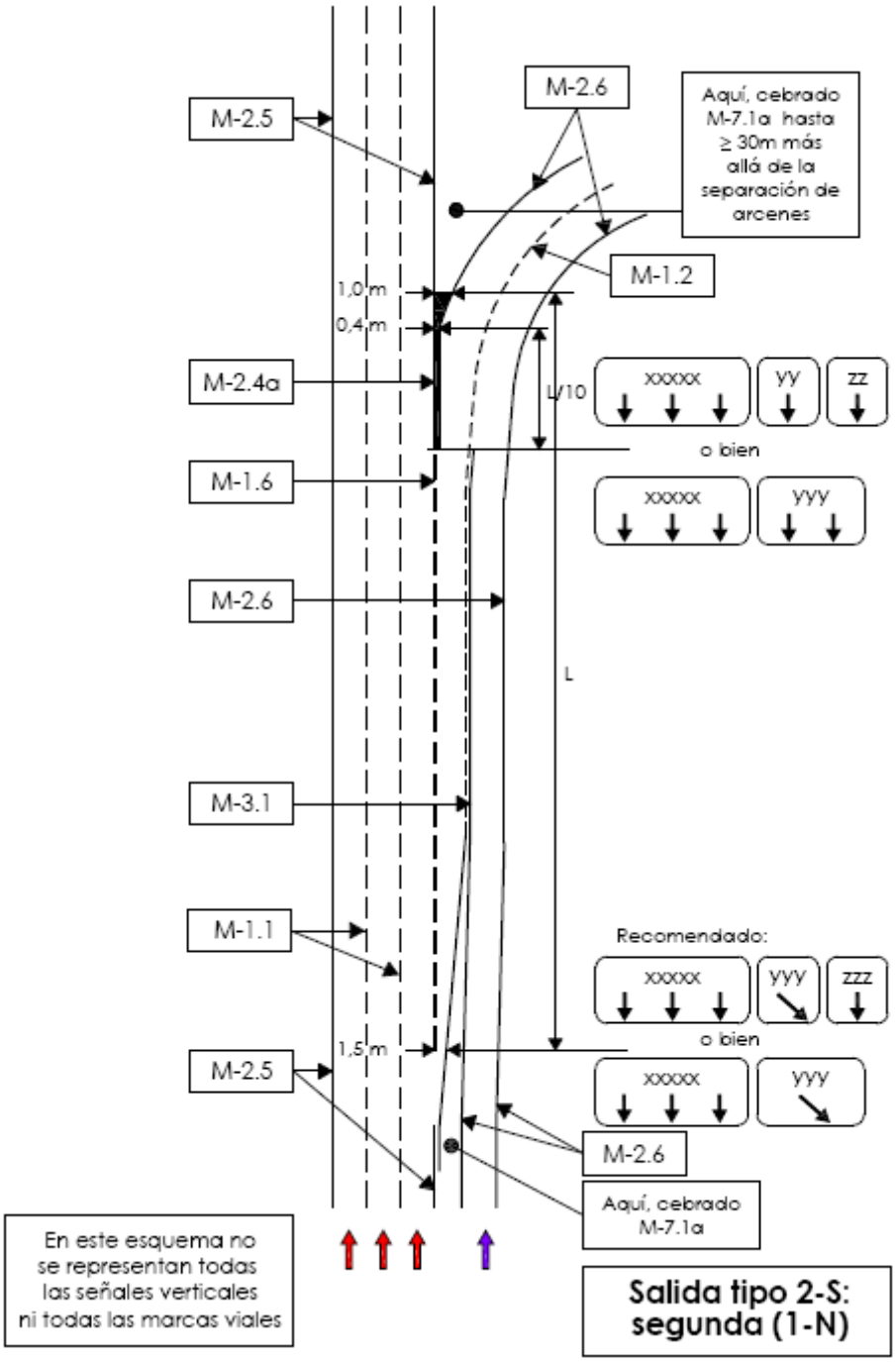

M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
M-1.2
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
L/10
xxxxx
yy
zz
o bien
M-1.6
xxxxx
yyy
M-2.6
L
M-3.1
M-1.1
Recomendado:
xxxxx
yyy
zzz
o bien
1,5 m
M-2.5
xxxxx
yyy
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-S: segunda (1-N)

Fig. **9.4-I**

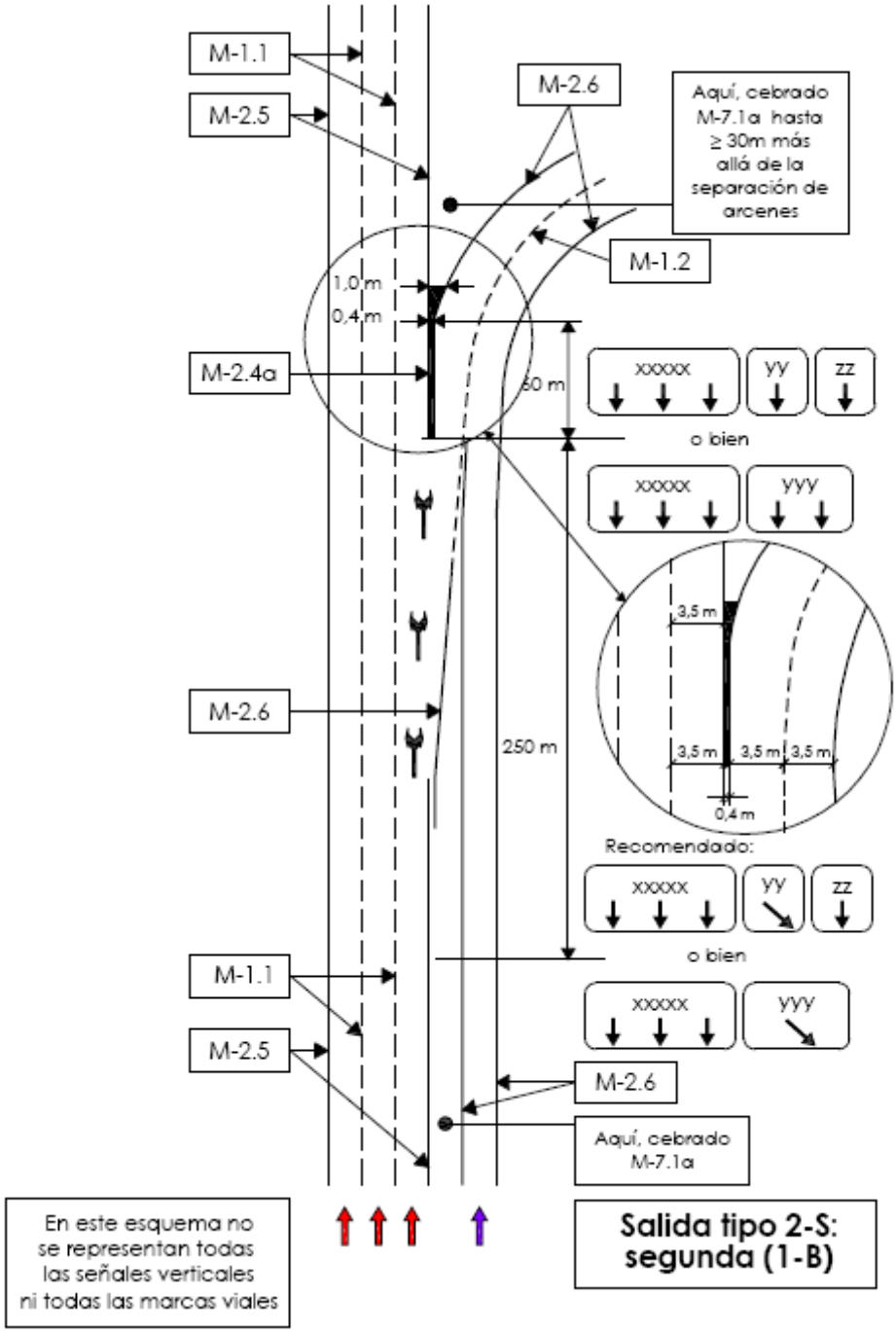

M-1.1
M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
M-1.2
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
60 m
xxxxx
yy
zz
o bien
xxxxx
yyy
3,5 m
M-2.6
250 m
3,5 m
3,5 m
3,5 m
0,4 m
Recomendado:
xxxxx
yy
zz
o bien
M-1.1
xxxxx
yyy
M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-S: segunda (1-B)

Fig. **9.4-J**

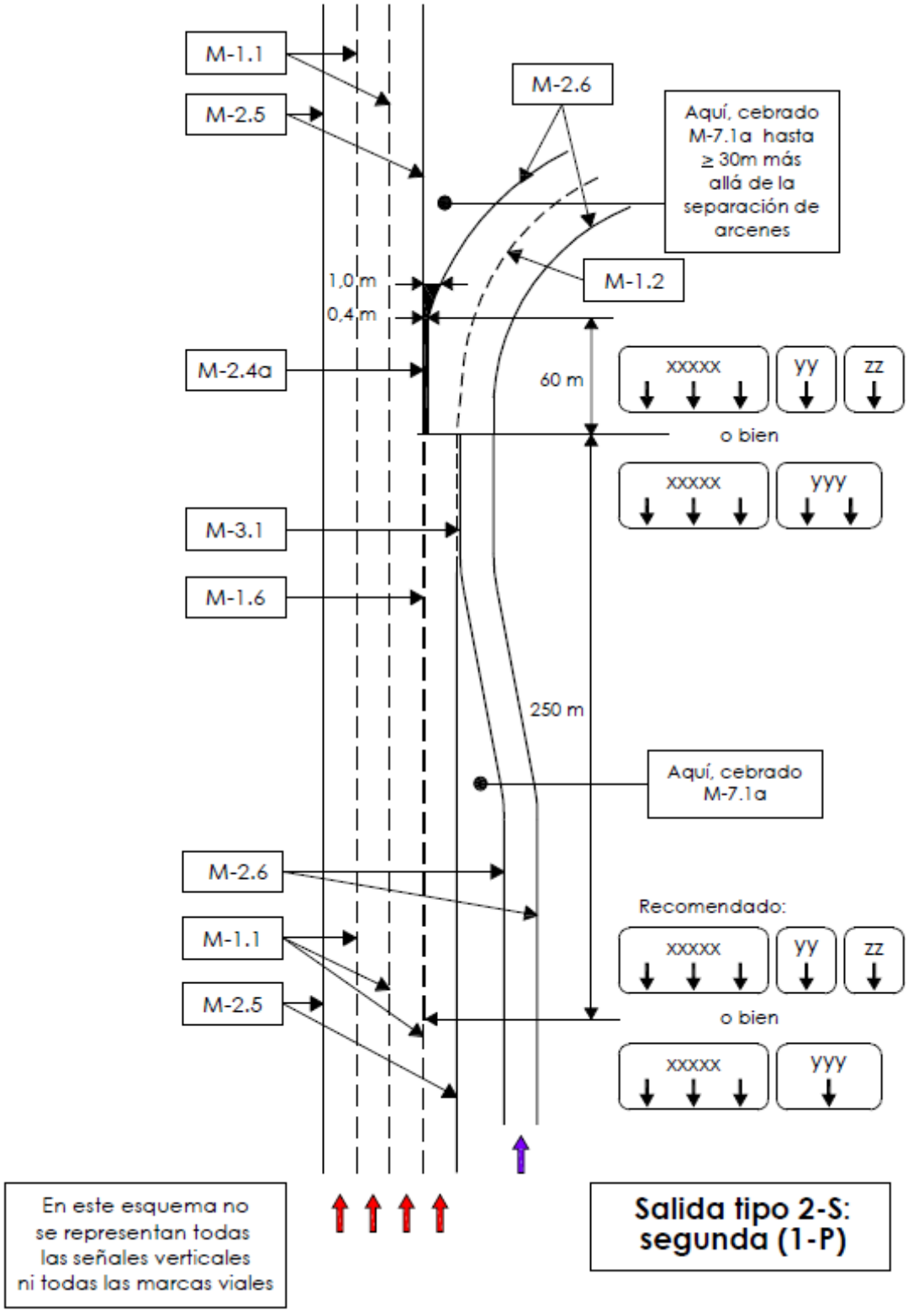

M-1.1
M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
M-1.2
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
60 m
xxxxx
yy
zz
o bien
xxxxx
yyy
M-3.1
M-1.6
250 m
Aquí, cebrado M-7.1a
M-2.6
M-1.1
M-2.5
Recomendado:
xxxxx
yy
zz
o bien
xxxxx
yyy
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-S: segunda (1-P)

Fig. **9.4-K**

g) Con la configuración del tipo **2-PP** (Fig. **9.4-L**) de la Fig.[1] **3.2-F**, antes de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** se dispondrá, a partir de una distancia de 250 m antes de la salida, una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** junto al borde de la calzada del tronco; a una mayor distancia de la *nariz*, la marca vial será del mismo tipo que las que separan los carriles de paso. La marca del tipo **M-1.1** que separe al carril perdido exterior del resto de los del tronco se transformará en otra del tipo **M-1.2** ó **M-1.3** que separe ambos carriles del ramal, a partir de la sección donde aparezca la marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7**.

En cualquier caso, se recomienda que las marcas del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** empiecen en una alineación recta: para lo cual se adelantará su comienzo en caso necesario. Excepcionalmente, también se podrá adelantar su comienzo donde la visibilidad sea reducida[2], donde la identificación de la divergencia no resulte clara[3] o, en general, en las divergencias con una siniestralidad anormalmente elevada.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[2] Por ejemplo, por la presencia de una estructura.

[3] Porque haya varias divergencias muy seguidas como, por ejemplo, la salida a una vía colectora - distribuidora y la primera de ésta a un ramal.

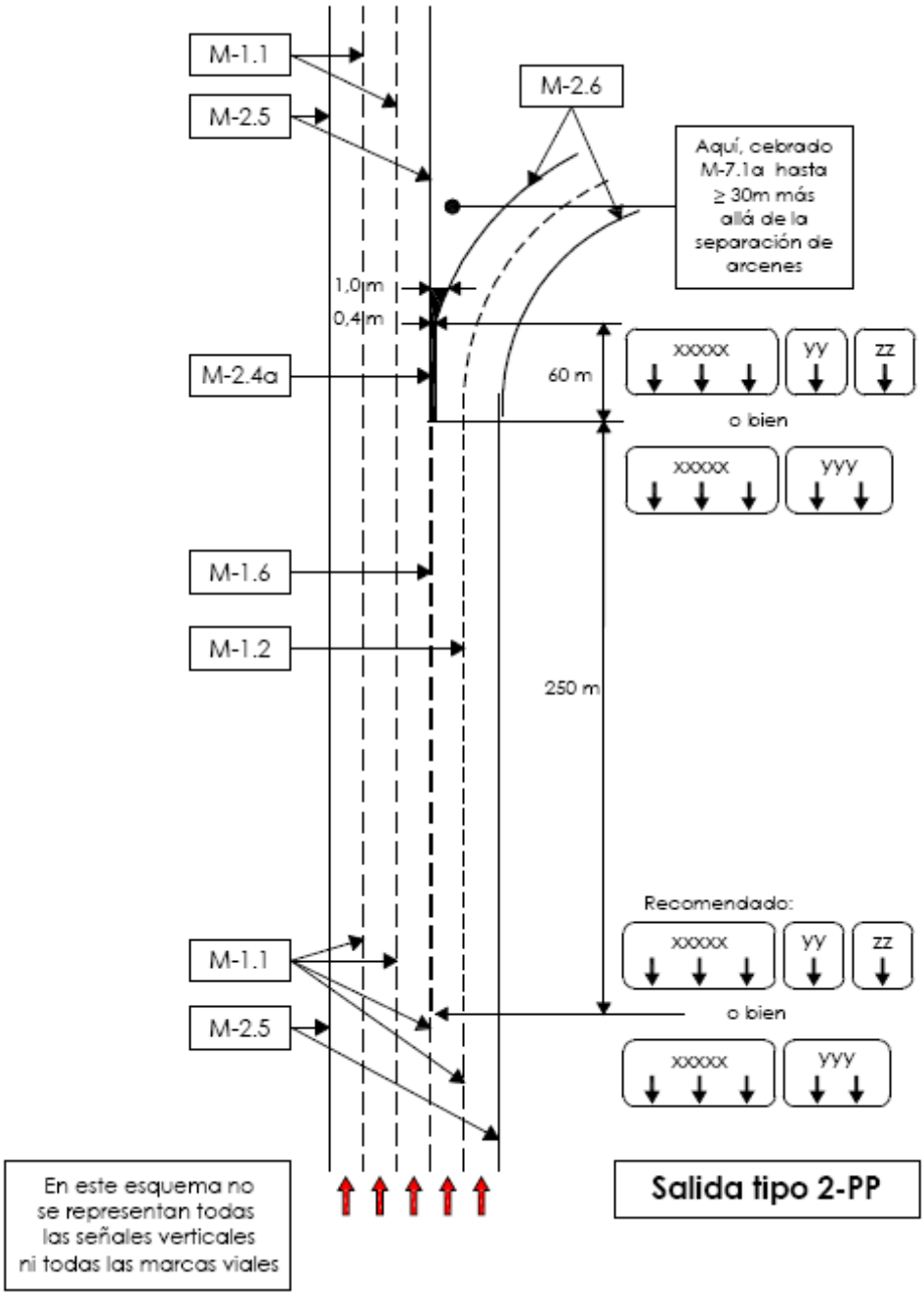

M-1.1
M-2.5
M-2.6
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
1,0 m
0,4 m
M-2.4a
60 m
xxxxx
yy
zz
o bien
xxxxx
yyy
M-1.6
M-1.2
250 m
Recomendado:
xxxxx
yy
zz
o bien
xxxxx
yyy
M-1.1
M-2.5
En este esquema no se representan todas las señales verticales ni todas las marcas viales
Salida tipo 2-PP

Fig. **9.4-L**

9.4.3. En bifurcaciones

Si el número de carriles básicos que hay antes de la bifurcación es de **uno**[1]:

- Si se ha añadido un carril adicional antes de la *nariz*:
  - La marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b** que separa el borde derecho de la pata izquierda del borde izquierdo de la pata derecha, se iniciará a una distancia de 60 m antes de donde dichos bordes disten 40 ó 30 cm, respectivamente.
  - Antes de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b**, entre ambos carriles se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** en una longitud de 200 m.
  - Antes de la marca vial **M-1.6** ó **M-1.7**, la separación entre ambos carriles se realizará mediante una marca vial del tipo **M-1.1** a partir de donde el carril adicional alcance una anchura de 1,5 m.
- Si se ha planteado una salida del tipo[2] **1-N**, **1-D** ó **1-B**, la bifurcación se señalizará como ese tipo de salida[3].

Si el número de carriles básicos que hay antes de la bifurcación es de **dos**[3]:

- Si cada pata después de ella tiene un solo carril:
  - La marca vial del tipo **M-2.8** que separa el borde derecho de la pata izquierda del borde izquierdo de la pata derecha, se iniciará a una distancia de 60 m antes de donde dichos bordes disten 50 cm.
  - Antes de la marca vial **M-2.8**, entre ambos carriles se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.8** en una longitud de 200 m.
  - Antes de la marca vial **M-1.8**, la separación entre ambos carriles se realizará mediante una marca vial del tipo **M-1.1**.
- Si alguna de las patas tuviera más de un carril, se habrá tenido que añadir al menos un carril adicional antes de la bifurcación[1], y se señalizará ésta como en el caso de tres carriles básicos, descrito a continuación.

Si el número de carriles básicos que hay antes de la bifurcación es de **tres**[1]:

- En las configuraciones del tipo **1** y **2** de la Fig[1]. **4.12-A**, que tienen un carril central bífido (Fig. **9.4-M**):

---

[1] Cf. apartado **4.12.2**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[3] Cf. apartado **9.4.2**.

- La marca vial del tipo **M-2.8** que separa el borde derecho de la pata izquierda del borde izquierdo de la pata derecha, se iniciará a una distancia de 60 m antes de donde dichos bordes disten 50 cm.
- Antes de la marca vial **M-2.8**, separando el carril de paso del carril bífido se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.8** a partir de donde la anchura total de este último sea de 6,0 m. Además, a ambos lados del carril bífido y a todo lo largo de su longitud[1], se interpondrán sendas marcas viales del tipo **M-3.1** que prohíban cambiar de carril hacia la otra pata.

- Si la configuración fuera del tipo **3** de la Fig.[2] **4.13-A** (Fig. **9.4-N**):
  - La marca vial del tipo **M-2.8** que separa el borde derecho de la pata izquierda del borde izquierdo de la pata derecha, se iniciará a una distancia de 60 m antes de donde dichos bordes disten 50 cm.
  - Antes de la marca vial **M-2.8**, entre ambas patas se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.8** en una longitud de 250 m.

Se recomienda que la marca **M-1.8** empiece siempre en una alineación recta: para lo cual se anticipará su comienzo en caso necesario. Excepcionalmente, también se podrá adelantar su comienzo donde la visibilidad sea reducida[3], donde la identificación de la divergencia no resulte clara[4] o, en general, en las bifurcaciones con una siniestralidad anormalmente elevada.

---

[1] A partir de donde empiece a aumentar su anchura.

[2] Cf. apartado **4.12.2**.

[3] Por ejemplo, por la presencia de una estructura.

[4] Porque haya varias divergencias muy seguidas como, por ejemplo, la salida a una vía colectora - distribuidora y la primera de ésta a un ramal.

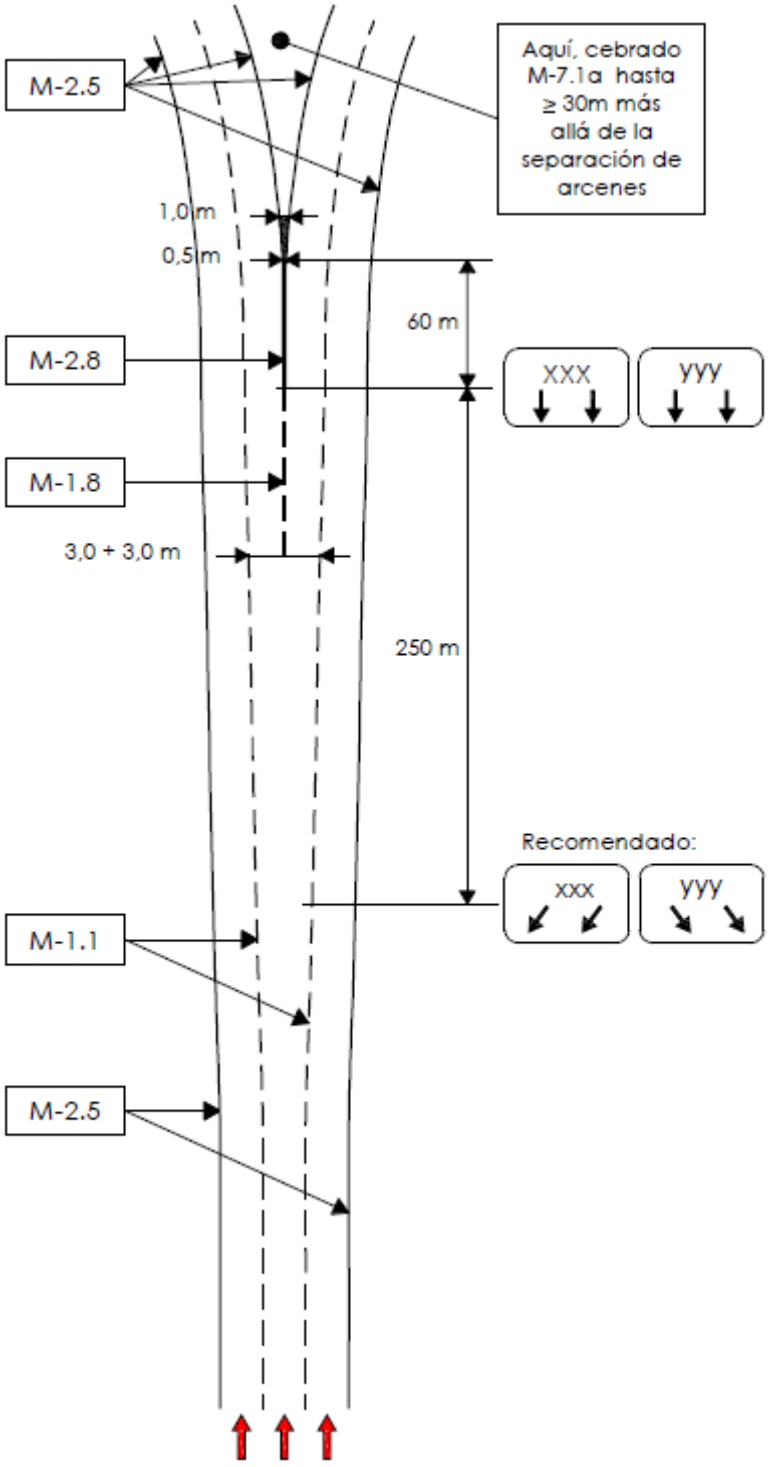

M-2.5
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
1,0 m
0,5 m
60 m
M-2.8
XXX
yyy
M-1.8
3,0 + 3,0 m
250 m
Recomendado:
xxx
yyy
M-1.1
M-2.5

Fig. **9.4-M**

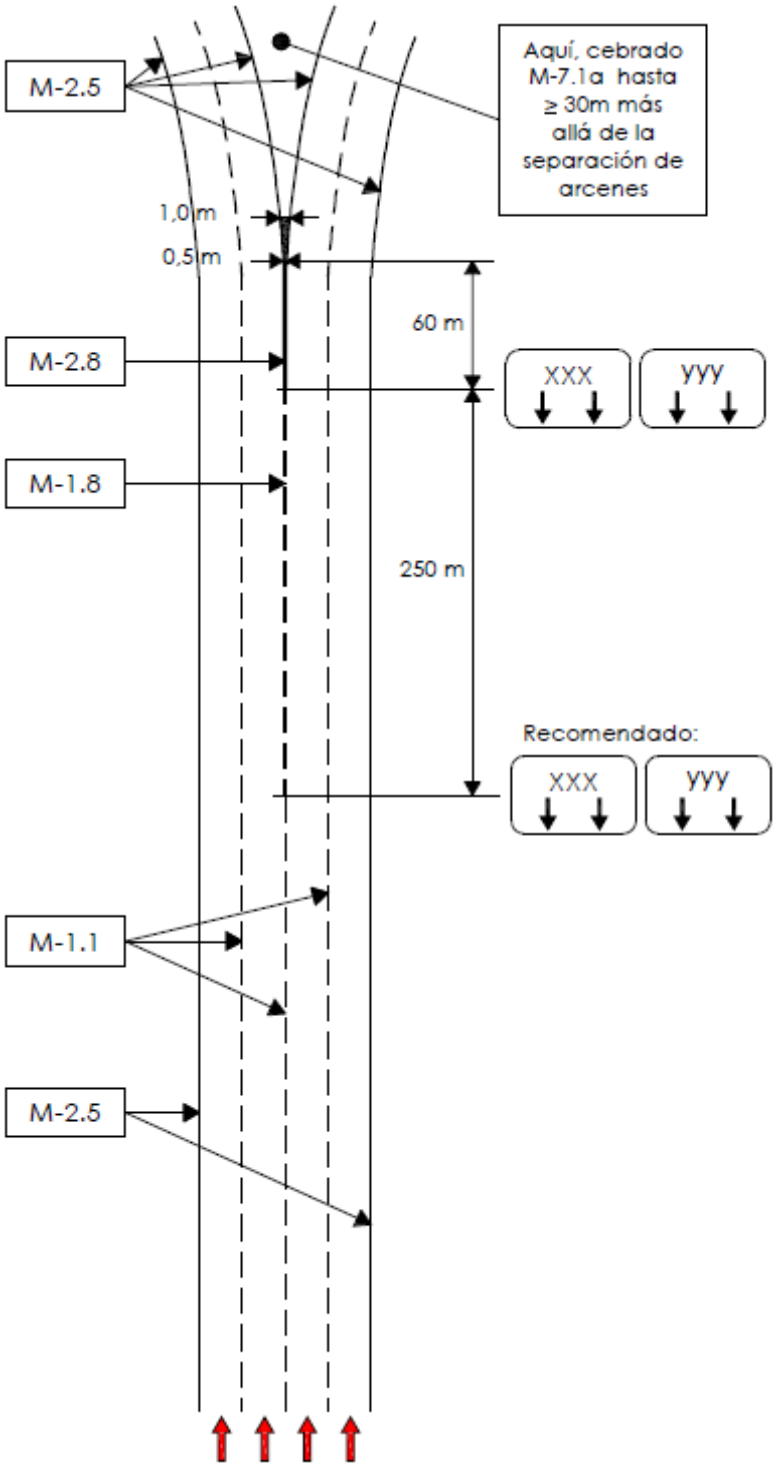

M-2.5
Aquí, cebrado M-7.1a hasta ≥ 30m más allá de la separación de arcenes
1,0 m
0,5 m
60 m
M-2.8
XXX
yyy
M-1.8
250 m
Recomendado:
XXX
yyy
M-1.1
M-2.5

Fig. **9.4-N**

9.4.4. En entradas

Inmediatamente después de la *punta* de una entrada:

a) Si la configuración es del tipo **1-N** de la Fig.[1] **3.2-E**, la marca vial del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b** que separe el borde derecho de la calzada del tronco del borde izquierdo de la calzada del ramal, se terminará a una distancia[2] **L**/10 después de donde dichos bordes disten 40 ó 30 cm, respectivamente. Con las demás configuraciones, esa distancia será de 60 m. Si la configuración es del tipo **1-N** de la Fig.[3] **3.2-E**, después de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** junto al borde derecho de la calzada del tronco, hasta donde la cuña final del carril de aceleración baje de una anchura de 1,5 m.

b) Si la configuración es del tipo **1-P** de la Fig.[4] **3.2-E**, después de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** de 60 m de longitud se dispondrá, junto al borde derecho de la calzada del tronco, una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7**, de al menos 100 m de longitud. A una mayor distancia de la *punta*, la marca vial será del mismo tipo que las que separan los carriles de paso.

c) Si la configuración es del tipo **2-PN** de la Fig.[5] **3.2-F**, la marca vial del tipo **M-1.2** ó **M-1.3** que separe ambos carriles del ramal se terminará donde la cuña final del carril nuevo (el derecho) baje de una anchura de 1,5 m. Después de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** de 60 m de longitud se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7** junto al borde derecho de la calzada del tronco, hasta donde se termine la marca vial tipo **M-1.2** ó **M-1.3**; a una mayor distancia de la *punta*, la marca vial será del mismo tipo que las que separan los carriles de paso.

d) Si la configuración es del tipo **2-PP** de la Fig.[6] **3.2-F**, después de la marca vial **M-2.4a** ó **M-2.4b** de 60 m de longitud se dispondrá, junto al borde de la calzada del tronco, una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7**, de al menos 100 m de longitud; a una mayor distancia de la *punta*, la marca vial será del mismo tipo que las que separan los carriles de paso. La marca vial del tipo **M-1.2** ó **M-1.3** que separe ambos carriles del ramal se transformará en otra del tipo **M-1.1**, a partir de la misma sección.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[2] **L** será igual a la longitud del carril de aceleración en las circunstancias propias de la entrada, dada por la Tabla **4.10-B** (Cf. apartado **4.10.3**).

[3] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[5] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

[6] Cf. apartado **3.2.5.4.4**.

Donde sea de temer que algún conductor entre en sentido prohibido a un ramal o vía de giro de sentido único, cerca de su final se dispondrán marcas viales del tipo **M-5.2.1** de manera que indiquen claramente dicho sentido.

9.4.5. En tramos de trenzado

a) En un tramo de trenzado del tipo[1] **A** en el que la distancia entre la *punta* y la *nariz* sea inferior a la necesaria para disponer cómodamente la señalización vertical de preaviso, la línea de separación de carriles que una la *punta* de la entrada y la *nariz* de la salida se materializará mediante una marca vial del tipo **M-1.6** ó **M-1.7**. En las cercanías de la *punta* y de la *nariz* será sustituida por sendas marcas viales del tipo **M-2.4a** ó **M-2.4b**, a partir de (o hasta) donde el borde derecho de la calzada del tronco diste 40 ó 30 cm, respectivamente, del borde izquierdo de la calzada del ramal; a una mayor distancia de la *punta* o de la *nariz*, la marca vial será del mismo tipo que las que separan los carriles de paso.

Cada una de estas marcas **M-2.4a** ó **M-2.4b** tendrá la siguiente longitud mínima:

- Si la distancia entre la *punta* y la *nariz* es inferior a 300 m: 0 m.
- Si la distancia entre la *punta* y la *nariz* está comprendida entre 300 y 600 m: el 10 % de dicha distancia.
- Si la distancia entre la *punta* y la *nariz* es superior a 600 m e inferior a 1500 m: 60 m.

Si la distancia entre la punta y la nariz fuera superior a 1500 m, cada una de las conexiones se podrá considerar aislada y señalizarse en consecuencia.

b) En un tramo de trenzado del tipo[2] **B** en el que la distancia entre la *punta* y la *nariz* sea inferior a la necesaria para disponer cómodamente la señalización vertical de preaviso, la entrada se señalizará como si su configuración fuera del tipo **2-PP** de la Fig.[3] **3.2-F**; mientras que la salida se señalizará como si su configuración fuera del tipo **2-BP** de la misma Figura.

Si la distancia entre la punta y la nariz fuera superior a 1500 m, cada una de las conexiones se podrá considerar aislada y señalizarse en consecuencia.

c) En un tramo de trenzado del tipo[1] **C** en el que la distancia entre la *punta* y la *nariz* sea inferior a la necesaria para disponer cómodamente la señalización vertical de preaviso, la entrada se señalizará como si su configuración fuera del tipo **2-PP** de

---

[1] Cf. apartado **3.2.6.1**.

[2] Cf. apartado **3.2.6.1**.

[3] Cf. apartados **3.2.5.4.4** y **9.4.2**.

la Fig.[1] **4.12-D**; mientras que la salida se señalizará como si su configuración fuera del tipo **1-P** de la Fig.[2] **3.2-E**.

Si la distancia entre la punta y la nariz fuera superior a 1500 m, cada una de las conexiones se podrá considerar aislada y señalizarse en consecuencia.

9.4.6. En confluencias

Si el número de carriles después de la confluencia es igual a la suma de los números de carriles antes de ella[3]:

- La marca vial del tipo **M-2.8** que separa el borde derecho de la pata izquierda del borde izquierdo de la pata derecha, se prolongará un mínimo de 60 m después de la sección donde dichos bordes disten 50 cm.
- Después de la marca vial **M-2.8**, entre esos mismos dos carriles se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.8** de una longitud de 250 m.
- Más allá de la marca vial **M-1.8**, la separación entre los carriles, incluidos los antes mencionados, se realizará mediante una marca vial del tipo **M-1.1**.

Si el número de carriles después de la confluencia es igual a la suma de los números de carriles antes de ella, menos uno[4]:

- La marca vial del tipo **M-2.8** que separa el borde derecho de la pata izquierda del borde izquierdo de la pata derecha, se prolongará hasta una distancia mínima de 60 m después de la sección donde dichos bordes disten 50 cm.
- Después de la marca vial **M-2.8**, en el centro del carril bífido se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.8** hasta donde la anchura de dicho carril sea de 6,0 m. Además, a ambos lados del carril bífido y a todo lo largo de su longitud[4], se interpondrán sendas marcas viales del tipo **M-3.1** que prohíban cambiar de carril hacia el borde opuesto.
- Más allá de la marca vial **M-1.8**, la separación entre los carriles, incluidos los antes mencionados, se realizará mediante una marca vial del tipo **M-1.1**.

---

[1] Cf. apartados **3.2.5.4.4** y **9.4.2**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4.3**.

[3] Cf. apartado **4.12.3**.

[4] Hasta donde termine de disminuir su anchura.

9.4.7. En glorietas

En las calzadas anulares:

- En correspondencia con las salidas, no se dispondrá ninguna marca vial de borde (exterior) de calzada.
- Sea cual fuere su anchura, en las calzadas anulares de un solo carril no es necesario diferenciar carriles mediante marcas viales discontinuas.
- En las calzadas anulares que tengan dos carriles concéntricos[1], entre cada salida y la siguiente se dispondrá una marca vial del tipo **M-1.3**, la cual empezará en el centro de la calzada anular y terminará en el centro de la salida siguiente, prolongándose hacia ella (Fig. **9.4-Ñ**).

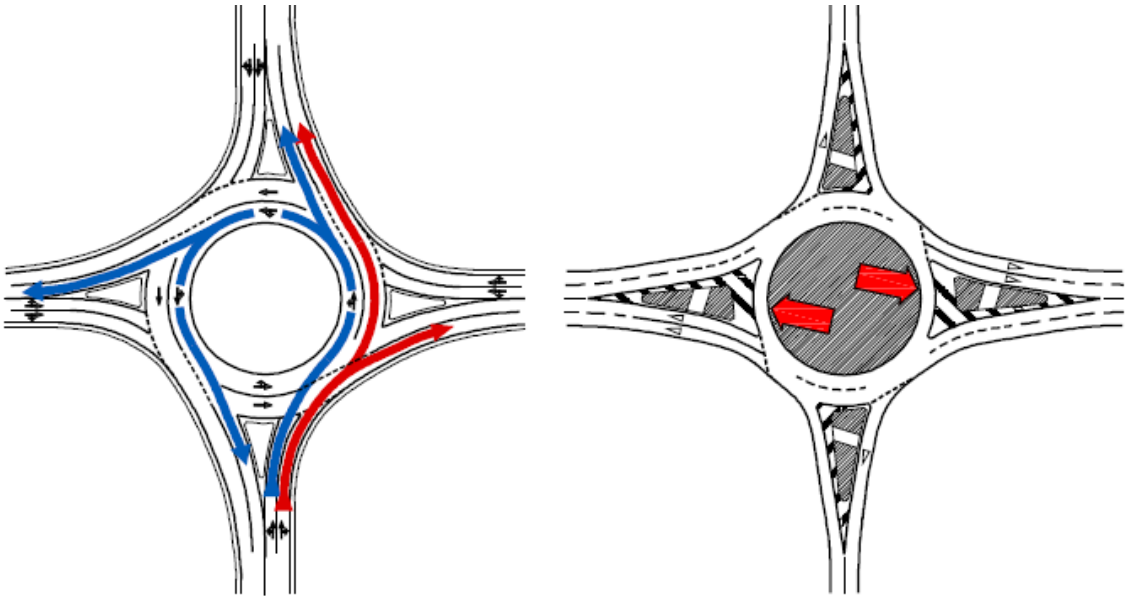


Fig. **9.4-Ñ**

- En las calzadas anulares que tengan dos carriles en turboglorieta[1], los bordillos montables que los separan (Fig. **4.6-U**) llevarán a cada lado una marca vial del tipo **M-2.1b**; donde no haya bordillo, los carriles irán separados por una marca vial **M-1.12** (Fig. **4.7-T**).

Donde haya un carril segregado para girar a la derecha:

- Los vehículos que vayan a utilizarlo serán canalizados hacia él por medio de marcas viales del tipo **M-5.2.3**.
- La señalización de su final debe indicar claramente a los conductores que tienen que ceder el paso a los vehículos que abandonan la glorieta.

[1] Cf. apartado **4.6.4.2.2**.

9.4.8. Captafaros

Los captafaros colocados sobre el pavimento forman parte del balizamiento, complementando a las marcas viales.

Los captafaros cumplirán las prescripciones de la Norma **UNE-EN** 1463-1 y 2, y están constituidos por:

1. Unos elementos retrorreflectantes de la luz incidente de los faros, unidireccionales[1] o bidireccionales. Pueden ser:
   - Código 1: de vidrio.
   - Código 2: orgánico de naturaleza polimérica.
   - Código 3: orgánico de naturaleza polimérica, pero con una superficie resistente a la abrasión.
2. Un cuerpo que aloja los elementos retrorreflectantes y soporta el paso de las ruedas. En el cuerpo de un captafaro se pueden emplear distintos materiales (plástico, caucho artificial, cerámico o metálico). Su superficie superior ha de ser resistente al deslizamiento. Su diseño puede ser substancialmente rígido, para no deformarse bajo la acción del tráfico, o estar compuesto de una o más partes que se deforman bajo dicha acción y, una vez eliminada la presión, regresan a su forma original. En los captafaros formados por dos o más piezas, cada una de éstas se desmonta para su sustitución. El contorno del captafaro no debe presentar bordes afilados que constituyan un peligro para la seguridad de la circulación.
3. Un sistema de fijación permanente al pavimento, por adherencia, por anclaje (uno o más vástagos) o por incrustación, que en caso de arrancamiento o rotura no produzcan peligro alguno para el tráfico, ni por causa del captafaro arrancado, ni por los elementos del anclaje que puedan permanecer sobre el pavimento.

La orientación de los elementos retrorreflectantes ha de ser paralela a la marca vial a la que complementan si es recta, y tangente a ella si es curva. No obstante, donde dicha marca vial forme un ángulo mayor de 20º con la trayectoria de los vehículos que se acercan a ella, se recomienda orientar los elementos retrorreflectantes según la dirección de dicha trayectoria.

En una salida, se recomienda que la distancia habitual[2] entre los captafaros que refuerzan la marca vial de borde de calzada se disminuya progresivamente:

- Primero a la mitad, a partir de la aparición de la marca vial de borde **M-2.6**.

[1] Sólo para vías con calzadas separadas.

[2] En el borde derecho de la calzada, entre 24 y 25 m.

- Luego a la cuarta parte, a partir de la aparición (antes de la *nariz*) de la marca vial **M-2.4a**.
- Eventualmente, a la octava parte, a partir de la *nariz*, si fuera fuerte la curvatura del ramal.

El borde izquierdo de la calzada del ramal de salida se subrayará también con captafaros a partir de la aparición de la marca vial **M-2.4a**., situados a las mismas distancias que los captafaros situados en el borde derecho. También se destacará el borde derecho de la calzada del tronco, en correspondencia con el borde izquierdo de la calzada del ramal de salida.

9.5 Semáforos

9.5.1. Definición

Un semáforo es un dispositivo de regulación del tráfico que asigna de forma secuencial el derecho de paso a los distintos movimientos o grupos de movimientos que concurren en una intersección. Además de los semáforos principales, se emplean otros destinados a los peatones y a los movimientos secundarios. Los cambios de luces del semáforo están controlados por un dispositivo regulador.

La aplicación principal de los semáforos es regular el paso de las distintas corrientes de tráfico a través de una intersección así regulada. Su empleo permite ordenar los movimientos y, en determinados casos, aumentar la capacidad de la intersección. También puede resultar necesario instalarlos para permitir a los peatones, o incluso a los vehículos procedentes de un acceso secundario, cruzar corrientes de tráfico intensas. En algunos casos se consigue con ellos reducir la frecuencia de los accidentes, en particular los choques frontolaterales y los atropellos.

Sin embargo, en las vías prioritarias la instalación de semáforos supone una disminución de la preferencia de paso que puede originar unas demoras excesivas. Por otra parte, el empleo de semáforos donde no se den las condiciones adecuadas puede tener inconvenientes, ya que los conductores tienden a no respetar sus indicaciones e incluso puede aumentar la frecuencia de los accidentes por alcance. Por ello sólo se deben emplear si contribuyen efectivamente a mejorar la fluidez y seguridad de la circulación.

9.5.2. Funcionamiento

En la cabeza de cada semáforo aparecerán tres luces (roja, ámbar y verde) que se encenderán sucesivamente. Las luces verde y roja significan, respectivamente, autorización y prohibición de paso:

- Con la luz roja, los vehículos deben detenerse inmediatamente antes de la línea de parada (si existe), o junto al semáforo en caso contrario.

- La luz ámbar advierte del cambio inminente de verde a rojo o viceversa.

En un momento determinado, en unos accesos los semáforos tendrán encendidas las luces rojas y en otros las luces verdes, de forma que se eviten los conflictos de prioridad.

Se denomina **fase** a cada uno de los estados o combinaciones de luces rojas y verdes que pueden estar simultáneamente encendidas en el conjunto de los semáforos que regulan una intersección.

Las fases se van produciendo sucesivamente, denominándose **ciclo** del semáforo al tiempo necesario para que se pase por todas ellas. En el ciclo, además de la duración de las fases, se incluyen los períodos intermedios en los que se encienden las luces ámbar, o en los que todos los semáforos se encuentran en rojo para permitir que los vehículos que se encuentran en la intersección, al final de una fase en la que tienen permitido el paso, salgan de ella y se pueda dar paso a los flujos procedentes de otros accesos. Este tiempo se denomina **tiempo de despeje**, y su adecuada calibración es fundamental para evitar que se produzca el bloqueo de la intersección.

Para asegurar un correcto funcionamiento de los semáforos hay que resolver dos problemas principales:

1. En primer lugar, para cada semáforo hay que determinar la duración del ciclo y de cada una de las fases.

2. En segundo lugar, donde haya varios semáforos próximos es necesario coordinar su funcionamiento para evitar en lo posible que los vehículos se vean obligados a detenerse en los distintos semáforos sucesivos o, incluso, favorecer la progresión del flujo a una velocidad determinada a lo largo de un eje (*onda verde*).

9.5.3. Aplicaciones y criterios de implantación

En general, el criterio principal que determina si se deben instalar semáforos en una intersección urbana se basa en las intensidades en las vías que se cruzan (Tabla **9.5-A**). Se colocará al menos un semáforo en cada uno de los accesos a la intersección. Salvo especial justificación, no se dispondrán semáforos en intersecciones no urbanas.

En algunos casos, aunque las intensidades de las vías no prioritarias no alcancen los mínimos indicados, puede ocurrir que el tráfico se vea obligado a esperar durante largos períodos de tiempo para franquear la intersección. Si las demoras superan un cierto límite y los semáforos no perturban gravemente la progresión del tráfico prioritario, está justificado instalarlos aunque no se alcancen las intensidades mínimas.

TABLA **9.5-A**

INTENSIDADES MÍNIMAS (veh./h) MANTENIDAS DURANTE AL MENOS 8 h DE UN DÍA MEDIO, QUE JUSTIFICAN LA INSTALACIÓN DE SEMÁFOROS EN UNA INTERSECCIÓN[1]

NÚMERO DE CARRILES EN CADA ACCESO		**EN LA VÍA PRINCIPAL** (suma de los dos sentidos)		**EN EL ACCESO MÁS CARGADO DE LA VÍA SECUNDARIA**	
VÍA PRINCIPAL	**VÍA SECUNDARIA**	**≤ 70 km/h**	**> 70 km/h**	**≤ 70 km/h**	**> 70 km/h**
1	1	500	350	150	105
> 1	1	600	420	150	105
> 1	> 1	600	420	200	140
1	> 1	500	350	200	140

También puede ser necesario instalar semáforos donde haya un flujo peatonal importante que cruce una vía. Como orientación, se recomienda considerar la instalación de semáforos para permitir el cruce de peatones si, al menos durante 4 horas de un día normal, la frecuencia de cruces supera los 100 peatones/h; o si al menos durante 1 hora es superior a 190 peatones. Si el cruce está cercano a una escuela y es utilizado por niños, estas condiciones mínimas se podrán rebajar.

Por otra parte, en determinados casos puede estar indicado instalar semáforos para mejorar el nivel de seguridad de una intersección. Para ello se debe haber registrado un índice de peligrosidad significativamente superior al medio y, además, los accidentes registrados deben tener relación con el incumplimiento de la regulación de la preferencia de paso.

Finalmente, es posible que resulte conveniente instalar semáforos en una intersección para permitir el funcionamiento de un sistema de coordinación a lo largo del itinerario donde está situada, con el fin de mantener la velocidad de progresión y las agrupaciones de vehículos (*onda verde*).

9.5.4. Componentes

Los semáforos circulares para los vehículos están compuestos por:

- Un elemento de sustentación, que puede ser:

[1] Fuente: *Federal Highway Administration (2000): Manual of Uniform Traffic Control Devices.*

- Una **columna** de acero galvanizado o de fundición de hierro, con una altura de 2,00 ó 2,40 m.

- Un **báculo** o dispositivo de suspensión sobre la calzada, de acero galvanizado y generalmente constituido por dos elementos rectos unidos por uno curvo. Se utilizan donde es necesario que los semáforos se vean a gran distancia, o donde las columnas puedan quedar poco visibles por el arbolado o por vehículos de grandes dimensiones estacionados o simplemente detenidos delante de ellas: su altura es de 4,50 m y el voladizo, denominado *brazo*, oscila entre 3,50 y 5,50 m. Con el brazo se consigue ubicar la cabeza del semáforo centrada en el carril al que va dirigida.

- Una **cabeza** o armadura que contiene las partes visibles del semáforo, y en la que se alojan unas luces orientadas en diversas direcciones. Cada conjunto de luces orientadas en la misma dirección constituye una **cara** del semáforo. En cada cara se disponen como mínimo dos o usualmente tres **unidades ópticas** circulares que están formadas por un foco, un reflector cóncavo (que permite concentrar el haz luminoso en una sola dirección) y un vidrio difusor circular (denominado *lente*) de un color codificado (verde, ámbar o rojo)[1]. El diámetro del difusor es generalmente de 21 cm, y excepcionalmente de 30 cm si se pretende reforzar el efecto del semáforo. Encima o alrededor de las unidades ópticas se suele colocar una **visera**, pintada interiormente de negro mate para evitar que los rayos del sol incidan directamente sobre aquéllas y den la impresión de que están iluminadas cuando no lo están; y además, para impedir que la unidad sea percibida desde una dirección distinta a aquélla hacia la que está enfocada.

Además de los semáforos descritos para los vehículos se emplean otros, también circulares, para los movimientos secundarios; y también unos cuadrados, cuyas indicaciones afectan exclusivamente a los vehículos que circulen por el carril sobre el que están situados. Asimismo hay semáforos destinados exclusivamente a los ciclistas o a los peatones.

La parte inferior de la cabeza del semáforo debe respetar el gálibo mínimo exigido en la zona. Además, en la altura **H** de un semáforo influyen la distancia en planta **L** entre su cabeza y la línea de detención y el ángulo α de visibilidad vertical del parabrisas del automóvil, el cual depende de las características del conductor en cuanto a su altura **h** sobre el pavimento y a su distancia horizontal **l** al parabrisas:

$$\mathbf{L} = \frac{\mathbf{H} - \mathbf{h}}{\mathbf{tg}\,\alpha} - \mathbf{l}$$

[1] Actualmente se utilizan preferentemente fuentes luminosas a base de diodos emisores de luz (***LED***), que son menos propicios a averías e incluso pueden seguir funcionando durante breves interrupciones del suministro eléctrico.

Admitiendo que es **α** = 20º; **l** = 1,50 m; y **h** = 1,25 m, con el tipo de semáforo más corriente (**H** entre 3,20 y 3,50 m), la mínima distancia **L** debe ser del orden de 4,5 m. Esto no se logra a no ser que haya por medio un paso para peatones: por lo que es frecuente instalar semáforos repetidores para los vehículos a una altura de poco más de 2 m.

Los cambios de las luces de un semáforo están controlados por un dispositivo denominado **regulador**, instalado dentro de un armario metálico, y que puede ser:

- **Autónomo**, si funciona aislado sin enviar señales a ningún otro regulador ni recibirlas de él.
- **Sincronizable**, capaz de enviar y de recibir señales de sincronismo a otros reguladores.
- **Centralizado**, equipado con una conexión y un protocolo de comunicaciones adecuados para recibir y enviar unas señales de control y de información a un control centralizado.

9.5.5. Regulación

9.5.5.1. Objetivo

La regulación de una intersección por semáforos debe lograr en su explotación tanto eficiencia como seguridad. Si la regulación está mal diseñada, colocada o conservada, el resultado serán demoras excesivas, desobediencia a sus indicaciones, intentos de evitarlos, y aumento de los accidentes.

Una regulación por semáforos bien diseñada puede proporcionar uno o varios de los siguientes beneficios:

- Permitir un movimiento ordenado y eficiente de los usuarios de la intersección.
- Maximizar los volúmenes de vehículos y, en su caso, peatones a los que atiende.
- Reducir la frecuencia y la gravedad de ciertos tipos de accidente.
- Proporcionar una accesibilidad adecuada a los peatones y al tráfico de calles adyacentes.

9.5.5.2. Modalidades

Se distinguen tres modalidades de funcionamiento de los reguladores:

1) Con tiempos fijos o **preprogramados**. Los reguladores contienen una serie de planes de regulación, que fijan la duración del ciclo y su reparto entre las fases para cada uno de los semáforos que regulan una intersección. De esta manera, se tiene un conjunto

de programas fijos para varias situaciones de tráfico típicas y previsibles, que se aplican automáticamente a determinadas horas del día en función de las condiciones de la circulación estimadas *a priori* por los responsables del control.

Los planes de regulación se establecen previamente por procedimientos manuales de cálculo, o con el apoyo de programas de ordenador, independientes del regulador. Es relativamente fácil acelerar o retardar el ciclo o prolongar alguna de las fases: si hay varios reguladores, cada uno de ellos funcionará cuando sea seleccionado manualmente o por medio de un reloj.

Por su sencillez, este tipo ha sido el más utilizado en las zonas urbanas, especialmente donde se emplean varios semáforos próximos entre sí. Fuera de poblado, donde los semáforos suelen estar aislados, tiene el inconveniente de adaptarse mal a las variaciones de tráfico a lo largo del día.

2) **Accionados por el tráfico**. Estos reguladores hacen que las duraciones de las distintas fases se adapten automáticamente a las variaciones de tráfico en los accesos a la intersección. El regulador recibe una información sobre el número de vehículos que llegan por los accesos, a través de unos detectores que se instalan en ellos. El equipo de regulación está dotado de un programa que analiza la información recibida en cada momento. Teniendo en cuenta las intensidades del tráfico[1], un algoritmo establece si se debe cambiar la fase. Para evitar esperas excesivamente largas, hay unas limitaciones a la duración máxima y mínima de cada fase.

   Son los más indicados en las intersecciones situadas en carreteras interurbanas, aunque también se emplean en zonas urbanas.

3) Con un **control centralizado**. En este caso el regulador de una intersección se limita a recibir órdenes de un computador central, que es el encargado de controlar todos los semáforos de una zona. Este computador recibe información acerca del tráfico a través de unos detectores colocados en puntos escogidos y, a través de un programa, decide lo que conviene realizar en cada momento. Este tipo de control es el más indicado en grandes zonas urbanas, o a lo largo de corredores de tráfico importante.

9.5.5.3. Número de fases

El número de las fases de un semáforo está determinado principalmente por el tratamiento que se dé a los giros a la izquierda. Hay que tener en cuenta las condiciones en las que se realizan estos giros, distinguiendo entre[2]:

- Los que se realizan mientras la fase esté verde para el tráfico de paso transversal.

---

[1] Y en algunos modelos, el número de vehículos que esperan en los accesos.

[2] Cf. apartado **4.5.2.3**.

- Los giros **permitidos**: son los que se realizan mientras se mueve el tráfico que circula en sentido opuesto y que tiene preferencia de paso, aprovechando los huecos entre los sucesivos vehículos. Esta disposición es mejor que la anterior. Este tipo de giro se puede hacer desde una vía de giro reservada o desde un carril compartido con el movimiento de paso, lo cual puede producir retenciones en dicho carril.
- Los giros **protegidos**: son los que se realizan desde una vía de giro reservada, en una fase especial que detiene a los demás vehículos que podrían entrar en conflicto con los que giran. Esta disposición es todavía mejor que la anterior, pero el ciclo resulta más largo y se presta a faltas de observancia. Además, hay que tener cuidado si, por falta de capacidad, se pasa a funcionar como un giro permitido.
- Los giros **sin oposición**: son los que se realizan sin una fase especial del semáforo, pero que no tienen que ceder el paso al tráfico en sentido opuesto, como puede ocurrir en las intersecciones en **T** o en las vías de sentido único, o donde se emplean fases independientes del semáforo para cada acceso a la intersección.

Para los giros permitidos a la izquierda, en primer lugar es necesario comprobar si es posible realizarlos sin recurrir a una fase especial. Como criterio para decidir la utilización de una fase especial para girar a la izquierda se pueden emplear los siguientes:

a) Se emplea una vía de giro reservada con más de un carril.

b) La intensidad del giro a la izquierda es mayor de 240 veh./h.

c) El producto de la intensidad horaria del giro a la izquierda por la intensidad horaria del tráfico opuesto al que tiene que ceder el paso sobrepasa los límites siguientes:

- 50000 si el tráfico opuesto dispone de un carril
- 90000 si el tráfico opuesto dispone de dos carriles
- 110000 si el tráfico opuesto dispone de tres carriles

Si no se sobrepasan los límites indicados y se decide no emplear fases especiales, hay que tener en cuenta que los vehículos que giran a la izquierda y deben esperar un hueco en el tráfico en sentido opuesto reducirán la capacidad de los movimientos de paso. Para tener en cuenta este efecto se necesita conocer los factores de equivalencia de los vehículos que giran a la izquierda en esas condiciones.

Si no se emplean fases especiales para ningún giro a la izquierda, bien porque no se puedan realizar, bien porque se realicen aprovechando los huecos entre los vehículos del sentido contrario (*giros permitidos*), en una intersección *en cruz* bastan dos fases, una para cada una de las vías que confluyen en ella. Pero si alguno de los giros a la izquierda tiene importancia puede ser necesario emplear una fase especial para ellos. Mientras un giro a la izquierda tiene luz verde, se pueden realizar otros movimientos que no interfieran con él, por lo que son posibles distintas combinaciones de movimientos.

El número de fases no parece tener influencia sobre el número total de atropellos de peatones; pero sí parece que si el número es superior a dos disminuyen algo los atropellos por los vehículos que giran, al parecer porque sus conductores pueden concentrar mejor su atención sobre la presencia de los peatones.

Por lo tanto, no hay que rehuir el empleo de tres fases (dos separadas para una pareja de tramos opuestos, y la tercera para la vía transversal): aunque puedan parecer más complejas y problemáticas para los conflictos con los peatones, su seguridad es algo mayor. Las razones para ello pueden ser:

- Se evitan casi totalmente los accidentes por girar a la izquierda.
- Se reducen los riesgos para los demás accidentes (peatones / giros).
- Se moderan las velocidades, porque los vehículos se acumulan a la entrada de la intersección.

9.5.5.4. Duración del ciclo

Un ciclo demasiado corto tiene una influencia negativa sobre los accidentes frontolaterales, e incluso sobre el conjunto de los accidentes.

La utilización de un ciclo de longitud variable según la intensidad de la circulación favorece la seguridad, salvo quizás en lo relativo a los peatones, no siempre detectados ni considerados en estos sistemas, y que tienden a cruzar en rojo si su espera resulta demasiado larga.

9.5.5.5. Planes de fases

En una intersección *en cruz* en la que concurran dos vías que se denominarán convencionalmente N-S y E-O, hay cuatro accesos que se denominarán N, S, E y O. Los movimientos se denominarán según el acceso de entrada y salida en la intersección. Así, el movimiento de paso desde el acceso N será el NS; el giro a la derecha desde el mismo acceso el NO; y el giro a la izquierda el NE.

Con esta denominación se pueden describir cuatro posibles distribuciones o **planes de fases** para cada una de las vías.

a) Para la vía N-S:

1. Plan 1: no se emplean fases especiales para los giros a la izquierda. Los movimientos son, en una fase única:
    - NS, NO, <u>NE</u>[1], SN, SE y <u>SO</u>

[1] Los giros subrayados son **permitidos**: los que se efectúan aprovechando los huecos en el tráfico de sentido opuesto.

2. Plan 2: hay un solo giro a la izquierda con una fase especial, el NE. Los movimientos son:
    - En la fase 1: NS, NO y NE
    - En la fase 2: NS, NO, SN, SE y SO
3. Plan 3: hay una fase especial de giro para los dos giros a la izquierda. Suponiendo que el giro NE es más intenso que el giro SO, los movimientos son:
    - En la fase 1: NE y SO
    - En la fase 2: NS, NO y NE
    - En la fase 3: NS, NO, SN y SE
4. Plan 4: hay una fase especial de giro para los dos giros a la izquierda NE y SO, y todos los movimientos tienen intensidades parecidas. Los movimientos son:
    - En la fase 1: NS, NO y NE
    - En la fase 2: SN, SE, y SO

Si los giros principales fueran distintos de los señalados, los movimientos en cada fase se modificarían según la importancia de los distintos giros.

b) Para la vía E-O se pueden desarrollar unos planes similares, y luego se escoger para cada vía el plan de fases que parezca más conveniente.

Dado que las pautas de la demanda del tráfico cambian a lo largo del tiempo, para mantener la seguridad y la eficiencia de una intersección su plan de fases debe ser periódicamente actualizado.

9.5.5.6. Duración de las fases

Incluso aunque se vayan a emplear semáforos accionados por el tráfico, se recomienda hacer unas estimaciones previas de cuáles serían las duraciones de las fases y el nivel de servicio que se lograría, suponiendo que el semáforo funcionase como uno de tiempos fijos con un ciclo constante y largo (120 s). Si en estas condiciones el nivel de servicio resultase inadecuado, habría que modificar el diseño de la intersección, o utilizar un enlace.

Para estimar la duración necesaria de las fases, hay que determinar para cada fase las intensidades máximas que se moverán en ella. Empleando los planes de fases descritos en el apartado **9.5.3.5**, las intensidades críticas para cada fase serían:

a) Para la vía N-S:

1. Plan 1: fase única: máx [$\mathbf{i_T}$ **(N)**, $\mathbf{i_T}$ **(S)**, $\mathbf{i_l}$ **(N)**, $\mathbf{i_l}$ **(S)**]
2. Plan 2:

- Fase 1: $\mathbf{i_l\ (N)}$
- Fase 2: máx [$\mathbf{i_T\ (N)}$ - $\mathbf{i_l\ (N)}$, $\mathbf{i_l\ (S)}$]

3. Plan 3:
   - Fase 1: $\mathbf{i_l\ (S)}$
   - Fase 2: $\mathbf{i_l\ (N)}$ - $\mathbf{i_l\ (S)}$
   - Fase 3: máx [$\mathbf{i_T\ (S)}$, $\mathbf{I_T\ (N)}$ - $\mathbf{I_l\ N)}$ + $\mathbf{I_l\ (S)}$]
4. Plan 4:
   - Fase 1: máx [$\mathbf{i_T\ (N)}$, $\mathbf{i_l\ (N)}$]
   - Fase 2: máx [$\mathbf{i_T\ (S)}$, $\mathbf{i_l\ (S)}$]

b) Análogamente se determinan las intensidades críticas para las distintas fases de la vía E-O.

Una vez conocidas las intensidades críticas ($\mathbf{i_c}$) para cada fase se obtiene la intensidad crítica total sumando las correspondientes a cada fase en las dos vías.

$$\mathbf{CR = \sum_i i_c\ (i)}$$

La duración de la luz verde para una fase es:

$$\mathbf{V_i = \frac{(C - A)}{CR}\, i_c\ (i)}$$

siendo: **C** la duración del ciclo (120 s)

A el tiempo en ámbar:

- 4 s en cada vía con el Plan 1.
- 8 s en cada vía con los demás planes.

Para estimar el grado de saturación de la intersección se utiliza la relación siguiente:

$$\mathbf{X = \frac{CR}{1700\ (1 - \frac{A}{C})}}$$

El grado de saturación está dado por la Tabla **9.5-A**.

TABLA **9.5-A**

X < 0,85	Por debajo de la capacidad
0,85 < **X** < 0,95	Cerca de la capacidad
0,95 < **X** < 1,00	En capacidad
X > 1	Congestionada

Para reducir los accidentes por giros a la izquierda debidos a una mala interpretación de la fase de los semáforos, por orden de eficiencia creciente, se pueden citar las siguientes medidas correctoras:

- Desfase del cierre: la anticipación del paso del verde al rojo en el tramo opuesto. Es preciso cuidar de los peatones (por ejemplo, con una isleta de refugio).
- Desfase de la apertura: el retraso del paso del rojo al verde en el tramo opuesto. Para evitar confusiones, esta medida no debe coexistir con la anterior; en algunos países se opina que aumenta los atropellos de los peatones.
- Fases separadas para los dos tramos opuestos. También es preciso cuidar de los peatones (por ejemplo, con una isleta de refugio).

El objetivo de la fase ámbar es facilitar una transferencia segura de la prioridad de un movimiento a otro. Esa seguridad se logra con mayor certeza cuando la duración de esta fase se corresponde con las necesidades de los conductores que se acercan a la intersección al principio de aquélla; necesidades relacionadas con su capacidad para percibir el semáforo en ámbar y pararse antes de la marca vial de detención, o para franquear la intersección con seguridad. La decisión de detenerse o proseguir depende de varios factores, entre los que destaca la velocidad. Unas fases ámbar bien asignadas reducen los choques en la intersección.

La fase de despeje "todo rojo" para los peatones no se debe calcular para una velocidad superior a 1 m/s donde haya personas mayores. No constituye una buena solución el alargamiento de esta fase, pues también aumenta el riesgo de accidentes en los giros a la izquierda, al aumentar el número de los vehículos que girarán en rojo.

9.5.5.7. Giros a la derecha durante la fase roja

Aunque su efecto sobre la capacidad es bajo, es frecuente permitir girar a la derecha durante la fase roja para el movimiento de paso, interfiriendo con los peatones que cruzan la vía transversal. Hay, sin embargo, sólo una forma correcta de hacerlo: el empleo de un semáforo intermitente con una flecha ámbar.

9.5.5.8. Regulación en ámbar intermitente

Se ha recurrido a esta regulación, en general, de noche en algunos lugares. Su efecto sobre la seguridad es malo, porque se comprende mal el régimen de prioridades en esa situación; y debe por lo tanto ser evitada.

9.5.5.9. Semáforos coordinados

Los efectos en la seguridad de la coordinación de los semáforos a lo largo de un itinerario (*onda verde*) varían según la evolución de las velocidades provocada por esa coordinación: son positivos si las reducen, y posiblemente negativos si las aumentan como ocurre, por ejemplo, si la onda se regula para una velocidad superior a 50 km/h.

Los alcances pueden disminuir, por haber menos caravanas cortadas por una fase roja; pero la espera de los peatones puede aumentar, incitándoles a cruzar en rojo.

9.5.5.10. Semáforos de accionamiento manual

Estos dispositivos reducen las esperas de los vehículos cuando no hay peatones. El pulsador de accionamiento debe ser visible y accesible, y hay que informar al peatón de que su petición ha sido registrada, animándole a esperar su fase verde y, si es posible, informándole también de cuánto tiempo le queda. Sin embargo, se ha observado una mayor frecuencia de cruces en rojo: por lo que conviene limitar la espera de los peatones.

9.5.6. Dosificación de entradas

La utilidad principal de la dosificación de entradas es reducir la congestión en el tronco y mejorar las convergencias en las entradas a las autopistas urbanas y periurbanas. Se ha demostrado que se pueden mejorar la circulación por el tronco y la seguridad en la zona de convergencia, por medio de una separación uniforme de los vehículos que entran.

Los sistemas de dosificación de las entradas a un tronco constan de un semáforo instalado en el ramal de entrada antes de su *punta*, para asignar el momento en el que los vehículos pueden entrar al tronco, y el número de los que lo hacen (aisladamente o en grupos). El semáforo puede tener una regulación previa, o ser accionado por los vehículos.

Un sistema de dosificación de entrada suele constar de los siguientes elementos:

- Unas señales en el ramal de entrada que adviertan de la presencia del sistema.
- Un bucle detector de colas al principio del ramal de entrada, inmediatamente después de su última intersección con otra vía.
- Unos bucles magnéticos situados antes de la marca vial transversal de detención, que detecten la demanda de entrada.
- Una marca vial transversal de detención, situada antes de la *punta*.

- Un semáforo situado junto a la marca vial transversal de detención.
- Un bucle magnético situado más allá de la marca vial transversal de detención, para detectar los vehículos liberados.
- Un bucle detector en el tronco, antes de la entrada del ramal, para determinar la presencia de huecos entre los vehículos.

Donde se hayan puesto en práctica medidas para conferir prioridad a los vehículos de alta ocupación, se tienen que disponer en el ramal carriles auxiliares para rodear el sistema de dosificación, siempre que haya sitio para ello.

9.6 Balizamiento

9.6.1. Definición y aplicaciones

Según el Diccionario de la Real Academia Española, las balizas son unas señales fijas o móviles que se ponen de marca para indicar los lugares peligrosos o para la orientación del navegante; se extiende esta definición a otras señales utilizadas con fines semejantes en el tráfico aéreo o terrestre. Esta definición es perfectamente aplicable a lo que se entiende comúnmente por balizamiento viario.

Las **balizas** son unos elementos, generalmente discontinuos, instalados con carácter permanente sobre la plataforma, fuera de ella, o sobre los sistemas de contención de vehículos, con el fin de reforzar la guía visual que proporciona la señalización horizontal y vertical, así como para diferenciar las corrientes de circulación. Contribuyen a evitar las vacilaciones y las maniobras equivocadas, facilitando la percepción del trazado de la carretera. Su carácter es más intuitivo que el de las señales y las marcas viales, las cuales son fruto de una convención[1]: no sólo deben ser vistos sino también entendidos.

Las principales aplicaciones de las balizas son los siguientes:

a) Reforzar la señalización de advertencia de peligro en las curvas con una velocidad específica inferior a las de las alineaciones contiguas[2]. Ni en las salidas del tronco, ni en la isleta central de una glorieta se deberían emplear paneles direccionales.

b) Delimitar los bordes de las carreteras para facilitar su localización por los conductores, en especial durante la noche, mediante la instalación de hitos de arista.

c) Canalizar los flujos de tráfico en los nudos viarios, mediante la instalación de balizas cilíndricas e hitos de vértice[3] para complementar las marcas viales longitudina-

---

[1] La Convención sobre la señalización vial (Viena, 8 de noviembre de 1968).

[2] Cf. Capítulo 6 de la Norma **8.1-IC** "Señalización vertical".

[3] En las *narices* de las salidas.

les y el cebrado de las isletas que delimitan los carriles destinados a los distintos movimientos y las zonas entre ellos. El balizamiento de estas zonas facilita el reconocimiento del itinerario, y previene en cierta medida las maniobras antirreglamentarias de cambio de carril una vez sobrepasada la divergencia. En algunas situaciones, una hilera de balizas cilíndricas puede subrayar eficazmente la prohibición de rebasar una marca vial continua.

d) Complementar las marcas viales longitudinales, mejorando su visibilidad en condiciones meteorológicas desfavorables y durante la noche, para lo que se disponen captafaros. Hay que tener en cuenta que pueden ser arrancados por los vehículos o por los equipos quitanieves, perdiendo entonces su efectividad.

9.6.2. Hitos de arista

9.6.2.1. Función

Los hitos de arista refuerzan la guía visual que proporcionan los bordes de la plataforma o la presencia de barreras de seguridad, facilitando la conducción nocturna. Sirven también para materializar la posición de los hectómetros, con lo que se aumenta la precisión de las referencias para los datos sobre accidentes, los inventarios, etc.

No se emplearán hitos de arista:

- En las vías de giro de las intersecciones.
- En las calzadas anulares de las glorietas.
- En ramales de enlace cortos.

9.6.2.2. Características

Son unos postes de policloruro de vinilo (**PVC**) rígido, dotados de uno o varios elementos retrorreflectantes[1], y que se atienen a la Norma **UNE** 135362.

En las carreteras convencionales de calzada única, tendrán una sección en forma de "A"; mientras que en las carreteras con calzadas separadas, tendrán una sección formada por dos líneas paralelas unidas en sus extremos por dos semicircunferencias.

Su longitud dependerá del elemento de anclaje.

Los elementos retrorreflectantes que correspondan a la margen derecha de la plataforma serán de color amarillo; y de color blanco los que correspondan a la margen izquierda.

[1] De nivel mínimo de retrorreflexión igual a 3 (**UNE** 135340).

9.6.2.3. Implantación

Los hitos de arista deben, en primer lugar, coincidir con los hectómetros inscribiendo, en ese caso, en ellos un número del 1 al 9 que indique el hectómetro de que se trata; no se colocarán hitos coincidentes con los kilómetros. Una vez colocados todos los hectómetros, se procederá a colocar entre dos hectómetros sucesivos un número variable de hitos de arista entre 1 y 9, según el criterio definido en la Tabla **9.6-A**.

TABLA **9.6-A**

NÚMERO DE HITOS DE ARISTA[1]

RADIO (m)	**EN UNA CIRCUNFERENCIA** por hm	**EN UNA TRANSICIÓN**			
		1er hm contiguo	**2o hm contiguo**	**3er hm contiguo**	**4o hm contiguo**
< 100	9	7	5	3	1
100-150	7	5	3	1	1
151-200	5	3	1	1	1
201-300	4	2	1	1	1
301-500	3	2	1	1	1
601-700	2	1	1	1	1
> 700	1	-	-	-	-

Para obtener una transición desde los hectómetros que forman parte de una curva al tramo recto contiguo[2] se implantarán transiciones con hectómetros completos, en que sucesivamente se vayan adoptando las distancias de la Tabla **9.6-A**.

Por ejemplo, si un hectómetro corresponde a una curva de radio 140 m, se colocarán hitos a 12,5 m (7 hitos entre los dos hitos hectométricos); y en el siguiente hectómetro cada 16,67 m (5 hitos entre los dos hectométricos); en el siguiente cada 25 m (3 hitos entre los dos hectométricos) y en el siguiente cada 50 m (1 hito entre los dos hectométricos, valor mínimo).

En curvas enlazadas, se implantarán en los hectómetros que correspondan a cada una según su radio; y en los hectómetros intermedios se irán espaciando de acuerdo con el criterio del párrafo anterior. Sin embargo puede ocurrir que, por la diferencia de radios y por la proximidad de las curvas, si se empieza a aumentar la separación desde la curva de menor radio se llegue

[1] Sobre todo con radios reducidos, puede que la aplicación de esta Tabla conduzca a una acumulación de hitos de arista. En estos casos, se aligerará el balizamiento de manera que se evite ese efecto.

[2] O curva con radio > 700 m.

a la de mayor radio con una separación menor que la que le correspondería por su propio radio. En este caso se adoptará la solución que suponga mayor número de hitos.

La disposición de los hitos será la misma por el interior y exterior de la curva, colocándolos enfrentados en un mismo radio. Sin embargo, donde la curva tenga radio inferior a 100 m, en su interior sólo se colocarán la mitad de los hitos[1].

Los hitos de arista se colocan verticalmente en la margen de la plataforma. La altura de un hito de arista sobre el borde exterior más próximo de la calzada deberá estar comprendida entre 99 y 105 cm, por lo que su longitud dependerá del lugar de anclaje:

- Si el anclaje se efectúa en tierra, se recomienda que el hito se aloje en una base prefabricada de hormigón recibida en el terreno.
- Si el anclaje se efectúa en hormigón u otro material de características semejantes, el hito se asegura por medio de una pieza metálica galvanizada que garantice su inmovilidad.
- Si el anclaje se efectúa sobre una barrera metálica, el hito se asegura por medio de una pieza metálica en su extremo inferior.
- Si el hito se ancla a cualquier otro elemento (muros, barreras rígidas, etc.) tiene que disponer de una pieza de fijación apropiada.

9.6.3. Balizas

9.6.3.1. Función

Las balizas subrayan la presencia de una divergencia o de una convergencia, reforzando el mensaje de las marcas viales y, en su caso, del hito de vértice; y provocan un efecto disuasorio del franqueamiento del cebrado, sobre todo si el tráfico es intenso.

9.6.3.2. Características

Las balizas cumplirán las prescripciones de la Norma **UNE** 135363, y estarán fabricadas en un material de naturaleza polimérica, flexible y muy resistente al desgarro, acondicionado para garantizar su estabilidad y su resistencia frente a la intemperie y, en especial, frente a las radiaciones ultravioleta, y con capacidad para recuperar su forma inicial cuando es sometido a esfuerzos deformantes.

Se definen dos formas de balizas: cilíndricas y planas.

[1] Uno de cada dos.

- Las balizas cilíndricas podrán presentar o no estrangulamiento. El diámetro del cuerpo de la baliza será de 20 cm, y su altura de 75 cm.
- Las balizas planas serán rectangulares, con 20 cm de base y 75 cm de altura, pudiendo ser nervadas para aumentar su consistencia y rigidez.

Sus características de masa total y flexibilidad serán tales, que puedan ser franqueadas por un vehículo sin daño notable para éste ni para sus ocupantes. Su altura estará comprendida entre 70 y 80 cm, y su diámetro será igual a esa altura dividida por 3,75. (Fig. **9.6-A**).

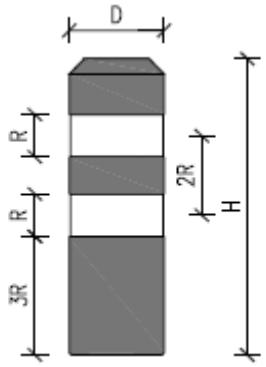


Fig. **9.6-A**

El carácter retrorreflectante[1] de las franjas blancas se conseguirá mediante unas láminas adheridas, cuya anchura será igual al 13 % de la altura de la baliza, estando separadas por igual distancia y estando el borde inferior de la franja inferior a una distancia del suelo igual al triple de su anchura.

Los elementos de anclaje deben asegurar la fijación de la baliza por su base; en caso de arrancamiento, rotura o deformación, no debe haber peligro para el tráfico rodado, ni por causa de la baliza arrancada ni por los elementos del anclaje que puedan permanecer sobre el pavimento. Algunos tipos de baliza permiten que ésta vuelva a su posición vertical después de un impacto por un vehículo.

9.6.3.3. Implantación

La implantación de balizas en una divergencia depende de la superficie disponible, la cual viene determinada por curvatura relativa entre el ramal y el tronco. Se pueden distinguir dos situaciones (Fig. **9.6-B**):

[1] De nivel mínimo de retrorreflexión igual a 3 (**UNE** 135340).

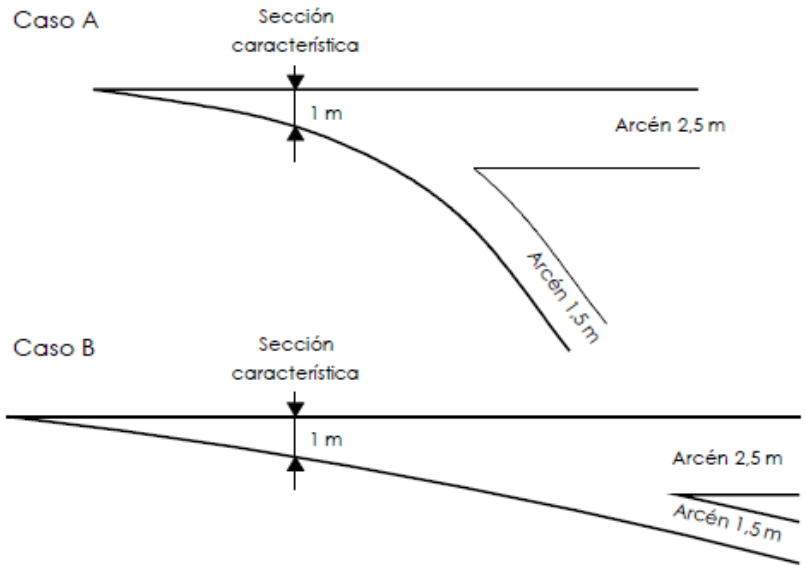


Fig. **9.6-B**

a) En las autopistas más antiguas, con salidas a baja velocidad precedidas de carriles de deceleración, se dispone de una superficie reducida para colocar los elementos del balizamiento. En este caso se recomienda disponer primero un hito de vértice, y utilizar las balizas para realizar una guía visual del aumento de curvatura del ramal, prolongándolas balizas a lo largo del arcén izquierdo del ramal hasta que los vehículos se acomoden a la nueva trayectoria (Fig. **9.6-C**).

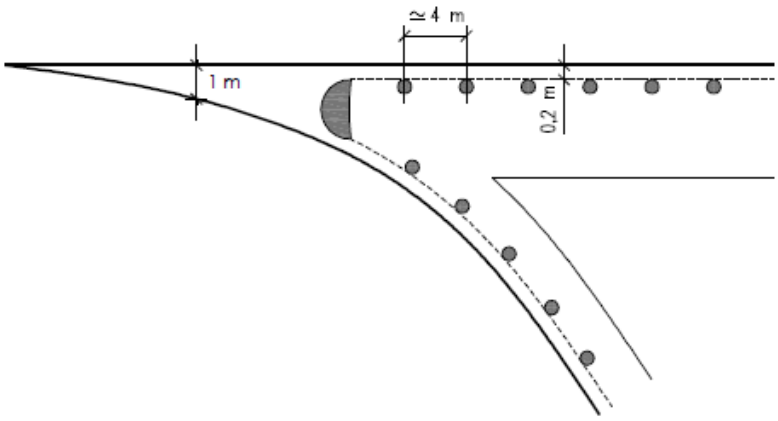


Fig. **9.6-C**

Se recomienda que el número mínimo de balizas en cada fila sea de 5. La primera baliza se dispondrá a 2,0 m de la cara trasera del hito de vértice, y la equidistancia de las demás balizas será de unos 4 m.

b) En autopistas más recientes, con salidas a velocidad elevada precedidas por carriles bífidos o perdidos, la superficie disponible es notablemente más larga. Se recomienda que el número mínimo de balizas en cada fila sea de 5. La pri-

mera baliza se dispondrá a 2,0 m de la cara trasera del hito de vértice, y la equidistancia de las demás balizas será de unos 4 m.

Puede ocurrir que el hito de vértice se distancie excesivamente de la *nariz*, situación que no es aconsejable donde la presencia de niebla pueda ser un condicionante. En este caso, se recomienda que las balizas se sitúen también por delante de hito de vértice (Fig. **9.6-D**).

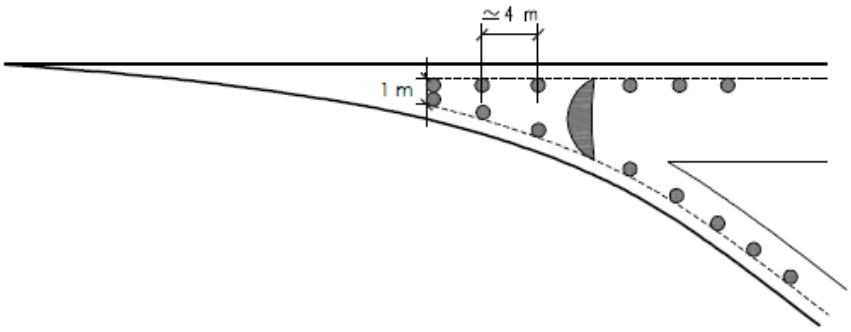


Fig. **9.6-D**

También puede ocurrir que la salida sea prácticamente paralela al tronco[1], y que se disponga de una reducida separación entre ambos, incluso menor que la anchura del hito de vértice más sus resguardos. En este caso se recomienda suprimir el hito de vértice y disponer las balizas a partir de la propia *nariz* (Fig. **9.6-E**) Las balizas deben mantener un resguardo mínimo de 0,2 m respecto de los bordes de calzada.

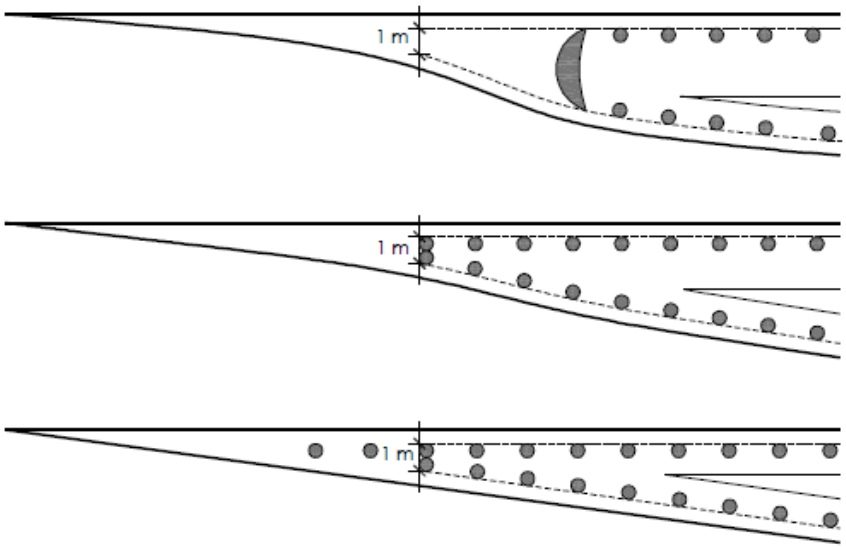


Fig. **9.6-E**

[1] Como ocurre si se ha adelantado la salida para que esté en un tramo recto del tronco, en vez de en curva.

Donde la visibilidad sea reducida[1], donde la identificación de la divergencia no resulte clara[2], donde el cebrado resulte demasiado corto, o donde alguna otra circunstancia lo justifique, también se puede optar por disponer las balizas antes de la *nariz*, suprimiendo el hito de vértice[3].

En zonas periurbanas y urbanas puede resultar interesante mantener los arcenes libres para el paso de vehículos de emergencia y aun de bicicletas. Para ello se recomienda adelantar las balizas cilíndricas y disponer el hito de vértice donde se separan las plataformas.

En las convergencias y confluencias donde interese evitar una convergencia prematura, se recomienda colocar una fila de balizas en el arcén izquierdo del ramal, a 1,5 m de su marca vial de borde de calzada, desde 1,0 m antes del comienzo del cebrado hasta el final de éste.

Donde coincidan con el cebrado, las balizas se colocarán en correspondencia con el centro del vano (zona no pintada) de aquél.

9.6.4. Hitos de vértice

9.6.4.1. Función

Los hitos de vértice son unas balizas especiales, que indican las dos direcciones de circulación posibles al alcanzar una divergencia en una carretera con calzadas separadas, gracias a dos triángulos simétricamente opuestos, a modo de flecha, que sugieren al conductor la posibilidad de tomar una de las dos direcciones indicadas.

Los hitos de vértice se pueden colocar en las salidas y divergencias del tronco de las vías con calzadas separadas, donde no haya un atenuador de impactos[4] ni hayan sido sustituidas por balizas[5] dispuestas antes de la *nariz*.

9.6.4.2. Características

Los hitos de vértice tendrán una forma semicilíndrica en su cara frontal, la cual estará provista de unos triángulos isósceles de un material retrorreflectante[6] blanco, simétricamente opuestos

---

[1] Por ejemplo, por la presencia de una estructura.

[2] Porque haya varias divergencias muy seguidas como, por ejemplo, la salida a una vía colectora - distribuidora y la primera de ésta a un ramal.

[3] Cf. apartado **9.6.4**.

[4] En este último caso, éste hará las veces del hito de vértice, y se balizará con elementos retrorreflectantes a la manera de éste.

[5] Cf. Fig. **9.6-E**.

[6] De nivel mínimo de retrorreflexión igual a 2 (**UNE** 135334). En lugares de siniestralidad anormalmente elevada, o donde la presencia de un alumbrado exterior dificulte su percepción, se estudiará la conveniencia de disponer los hitos de vértice con un nivel de retrorreflexión igual a 3 (**UNE** 135340).

por su base y unidos por una franja vertical de menor anchura que dichas bases (Fig. **9.6-F**). Dichos triángulos podrán estar sobre la propia superficie semicilíndrica, o sobre una paralela y ligeramente deprimida[1] con respecto a ella. Los hitos de vértice estarán rematados en su parte superior por unas aristas paralelas al lado superior de los triángulos. El cuerpo del resto del hito será de color verde, o podrá estar recubierto de un material retrorreflectante verde.

Los hitos de vértice se atendrán a la Norma **UNE** 135360. Los materiales que se utilizan en su fabricación son parecidos a los que se emplean para las balizas cilíndricas: un sustrato de material polimérico, flexible y muy resistente al desgarro, a la intemperie y, en especial, a las radiaciones ultravioleta. Sobre él se adhieren unas láminas retrorreflectantes con la forma de los triángulos.

Los hitos de vértice se suelen lastrar con arena hasta una altura de unos 20 cm, para evitar su desplazamiento por el viento.

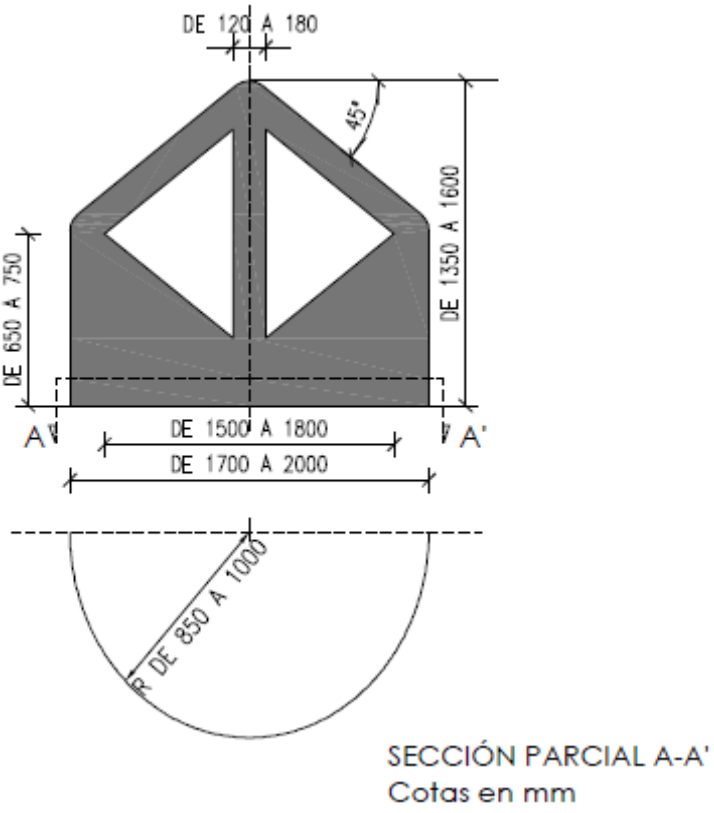


Fig. **9.6-F**

9.6.4.3. Implantación

Los hitos de vértice se dispondrán al final del cebrado, pero no a más de 20 m del comienzo de éste. Su situación transversal deberá dejar libre los arcenes interiores tanto del tronco como del

[1] Máxima depresión: 1 cm.

ramal de salida. La plataforma exenta de cualquier obstáculo deberá alcanzar, como mínimo, a 1,0 m de la parte trasera del hito de vértice.

Si la divergencia se halla en un tramo recto, el hito de vértice se dispondrá perpendicular al eje del tronco; si se halla en un tramo curvo, se dispondrá perpendicular a la bisectriz aparente de la divergencia.

Su interacción con las balizas se ha descrito en el apartado **9.6.3.3**.

9.6.5. Captafaros

9.6.5.1. Función

Los captafaros, además de un elemento de la señalización horizontal[1] son unas balizas de guía que se fijan sobre los sistemas para contención de vehículos, destacando su presencia.

9.6.5.2. Características

Los captafaros cumplirán las mismas prescripciones que los empleados en señalización horizontal[1].

9.6.5.3. Implantación

La orientación de los elementos retrorreflectantes ha de ser paralela a la marca vial a la que complementan si es recta, y tangente a ella si es curva. No obstante, donde dicha marca vial forme un ángulo mayor de 20º con la trayectoria de los vehículos que se acercan a ella, se recomienda orientar los elementos retrorreflectantes según la dirección de dicha trayectoria.

9.6.6. Paneles direccionales

9.6.6.1. Función

Los paneles direccionales son unas balizas que se disponen en la parte exterior de las curvas, para indicar su peligrosidad en relación con la reducción de velocidad que se tenga que llevar a cabo para abordarlas con seguridad[2]; a la vez que, con su presencia, facilitan a los conductores la apreciación de su trazado. No se debe abusar de ellos en los nudos viarios, si se prestan a subrayar trayectorias secundarias en detrimento de las principales, generalmente menos balizadas.

---

[1] Cf. apartado **9.4.8**.

[2] Con arreglo a lo dispuesto en el Capítulo **6** de la Norma **8.1-IC** “Señalización vertical”.

9.6.6.2. Características

Los paneles direccionales serán planos, generalmente de chapa de acero galvanizada, y sus características se atendrán a la Norma **UNE** 135365. El fondo de color azul oscuro de su cara vista no es retrorreflectante; pero las franjas blancas sí, por el empleo de láminas[1] adheridas al sustrato.

En función del número de franjas de color blanco o galones, los paneles direccionales pueden ser largos o cortos, según cuenten con cuatro o dos galones, respectivamente. En general, se emplearán paneles direccionales de cuatro galones. De forma excepcional, podrán instalarse paneles con un único galón en zonas de espacio muy reducido.

Por otro lado, atendiendo al número de paneles colocados en una misma sustentación, es decir, en un mismo plano pero a diferente altura, los paneles direccionales se clasifican en simples, dobles o triples. El panel doble estará formado por dos paneles simples superpuestos y el triple por tres paneles simples igualmente superpuestos, separados entre ellos, en ambos casos, una distancia de 10 cm.

Los anclajes, la tornillería y los perfiles empleados como postes de sustentación de los paneles serán de acero galvanizado, y sus características se atendrán a las Normas **UNE** 135311 y 135312.

9.6.6.3. Implantación

El primer panel podrá ser simple, doble o triple, y los restantes serán siempre simples.

- En carreteras con un carril por sentido, el primer panel se colocará perpendicular a la alineación recta anterior a la curva, tomando como referencia la marca vial del borde derecho de la calzada, desplazando el centro del panel dos metros (2 m) hacia el eje de la calzada. En el caso de curvas enlazadas, se considerará como alineación recta anterior la tangente común a ambas curvas.

- En carreteras con dos o más carriles por sentido, el criterio para la colocación del primer panel será el mismo que para las carreteras con un carril por sentido; aunque si la curva es a la derecha, se tomará como referencia la marca vial del borde izquierdo.

La separación entre paneles será tal, que un conductor cuya visión abarque 10 gon a cada lado de la visual tangente a su trayectoria[2] siempre vea al menos tres paneles.

---

[1] De nivel mínimo de retrorreflexión igual a 2 (**UNE** 135334). En lugares de siniestralidad anormalmente elevada se estudiará la conveniencia de disponer los paneles direccionales con un nivel de retrorreflexión igual a 3 (**UNE** 135340).

[2] A falta de datos más precisos, se podrá suponer que dicha trayectoria se halla a 2,0 m del borde derecho de la calzada.

Los paneles deben ser visibles sólo en el sentido de la circulación para el que están dispuestos. En una carretera convencional, se recomienda agrupar los paneles de ambos sentidos de modo que formen ángulo.

La altura mínima del borde inferior del panel direccional sobre el borde más próximo de la calzada será de 1,0 m; y el panel se deberá percibir desde una distancia que permita adaptar la velocidad de aproximación a la curva. Donde se empleen paneles múltiples superpuestos, la separación mínima entre dos contiguos será de 15 cm.

El extremo de un panel direccional más próximo a la plataforma distará del borde exterior de ésta un mínimo de 70 cm en autopistas, y de 50 cm en carreteras convencionales. La orientación del panel será perpendicular a la visual que pase por él.

9.6.7. Jalones para nieve

9.6.7.1. Función

Los jalones para nieve son unas balizas que se disponen en las carreteras de montaña donde pueda haber problemas de acumulación de nieve[1], para facilitar la orientación de los equipos de limpieza[2] y subrayar la guía visual.

9.6.7.2. Características

Los jalones para nieve están formados por un poste de 3 m de altura, generalmente de acero galvanizado y sección circular. Tendrán cuatro franjas rojas de 30 cm de altura, y otras cuatro blancas reflectantes[3], de igual altura y alternadas con ellas: la superior será roja.

Se hincarán en el terreno 60 cm, aunque también se podrán colocar dentro de fundas metálicas a su vez hincadas en el terreno.

9.6.7.3. Implantación

Los jalones para nieve se dispondrán en correspondencia con el borde exterior de la plataforma, con los mismos criterios considerados para los hitos de arista[4]. Si una curva estuviera balizada con paneles direccionales, los jalones para nieve coincidirán longitudinalmente con ellos.

---

[1] En España, normalmente a altitudes superiores a 1500 m.

[2] Por ejemplo, en correspondencia con las juntas de las obras de paso, para que los operadores de las máquinas quitanieves levanten la cuchilla al pasar por ellas evitando su arrancamiento.

[3] De nivel mínimo de retrorreflexión igual a 2.

[4] Cf. apartado **9.6.2**.

9.6.8. Bandas transversales de alerta

9.6.8.1. Función

Las bandas transversales de alerta son unos dispositivos modificadores de la superficie de rodadura de la calzada, cuyo objetivo es transmitir al conductor la necesidad de extremar la atención en su aproximación a un tramo en el que existe un riesgo vial superior al percibido subjetivamente, empleando para ello la transmisión de vibraciones o ruidos derivados de su acción sobre el sistema de suspensión y amortiguación del vehículo.

Su función es actuar como señal de advertencia acústica y vibratoria, y alertar a los conductores de que puede ser necesario realizar alguna acción preventiva. Dicha acción preventiva deberá deducirse de la señalización que se dispondrá en las proximidades, y que, gracias a la combinación con las bandas transversales de alerta cumplirá su misión con mejores resultados.

9.6.8.2. Características

Si bien existe gran variedad de dispositivos cuyas características y fines se ajustan al concepto expuesto, las bandas transversales de alerta se pueden clasificar en tres grupos:

- Fresadas. Quedan por debajo de la rasante del pavimento.
- Resaltadas. Quedan por encima de la rasante del pavimento.
- A nivel. Con distinta textura a la del pavimento, quedan sensiblemente al mismo nivel del pavimento.

Se atendrán a lo dispuesto en la *Instrucción técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en carreteras de la Red de Carreteras del Estado*[1].

9.6.8.3. Implantación

Las bandas transversales de alerta sólo se podrán colocar donde se considere conveniente advertir al conductor de que se aproxima a un lugar donde es aconsejable una disminución de la velocidad o un incremento de la atención, como por ejemplo (en lo relativo a los nudos viarios):

- Proximidad de intersecciones conflictivas.
- Necesidad de cambio de carril, ya sea por disminución de su número o por existir un desvío temporal.
- Cambios recientes en los dispositivos de regulación del tráfico, o donde haya una variación poco perceptible en el régimen de prioridad de la vía.

[1] Aprobada por Orden ministerial **FOM/3053/2008**, de 23 de septiembre (**BOE** del 29 de octubre).

Las bandas transversales de alerta se señalizarán siempre.

Si se previera su instalación, antes habrá que realizar un estudio técnico que incluya un análisis de los siguientes aspectos:

- El peligro.
- La señalización.
- Las velocidades reales de los vehículos.
- La intensidad y composición del tráfico.
- Los accidentes ocurridos.
- El comportamiento de los usuarios.

No se instalarán bandas transversales de alerta en la proximidad de zonas habitadas, ya que pueden producir molestias a causa del ruido que ocasionan al circular sobre ellas. En caso de duda se realizará previamente un análisis del impacto acústico en las viviendas cercanas.

9.7 Alumbrado exterior

9.7.1. Fuentes de iluminación en una carretera

La información visual imprescindible para conducir procede principalmente de la superficie de la plataforma, y debe incluir la presencia de obstáculos en ella o en sus inmediaciones. Excepto cuando se dan unas circunstancias meteorológicas muy adversas (niebla, lluvia intensa, nieve), la luz solar[1] es suficiente para que los conductores dispongan de una información visual suficiente, sólo limitada por su propia capacidad visual y por la eventual presencia de obstáculos que interfieran su área de visión.

En cambio, de noche es preciso recurrir a un alumbrado:

- Los **faros** de los vehículos son una fuente de iluminación siempre disponible, pero que tiene unas limitaciones derivadas de su escaso alcance[2], de la fuerte direccionalidad de la luz que proyectan, y de la necesidad de no deslumbrar a los conductores que circulen en sentido contrario. Disminuyen tanto la agudeza visual como la sensibilidad diferencial al contraste, se estrecha el campo visual, y se altera la percepción de las distancias. Además, en una curva los faros no iluminan bien el lado interior de la plataforma; y en un acuerdo vertical cóncavo, el alcance de los faros puede quedar limitado.

---

[1] Que proporciona una luminancia del orden de 5000 a 7000 cd/m^2.

[2] No se puede contar con un alumbrado eficaz procedente de los faros más allá de unos 150 a 200 m. Esta distancia es considerablemente menor, del orden de 50 m, si las circunstancias del tráfico obligan a circular con las luces de cruce.

- Aunque su establecimiento, su conservación y su explotación resultan caros, en algunos lugares resulta justificado un **alumbrado exterior** formado por unas fuentes de luz, fijas y puntuales (luminarias), dispuestas generalmente sobre unos soportes (báculos) situados en las márgenes de la plataforma o en la mediana. El objetivo de este alumbrado es iluminar la plataforma más que a los eventuales obstáculos, de manera que éstos se destaquen por contraste[1] negativo sobre aquélla, como siluetas oscuras sobre un fondo claro. Además, para la comodidad de los conductores, la luminancia del pavimento debe presentar una cierta uniformidad.

Los niveles de luminancia en el pavimento requeridos para que un conductor disponga de la información visual necesaria para su tarea no superan, en general, los 1 – 2 cd/m^2: aunque no se recuperan en su totalidad las prestaciones visuales correspondientes a la luz diurna, la agudeza visual, la amplitud del campo visual y la percepción de las distancias vuelven prácticamente a la normalidad, y la sensibilidad diferencial al contraste, sin ser del todo satisfactoria, resulta suficientemente eficaz.

Cuando el pavimento está mojado, su superficie refleja la luz de una forma mucho más especular o dirigida que difusa (la luminancia es la misma en todas las direcciones), y la uniformidad de la luminancia del pavimento queda degradada, afectando negativamente a la percepción de los obstáculos.

En un nudo viario, es particularmente importante la cantidad de luz que reciben las superficies verticales de los objetos, de forma que puedan distinguirse del fondo sobre el que son divisados.

Se tendrán en cuenta las *Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles*[2], de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

9.7.2. Componentes

9.7.2.1. Luminarias

Según una clasificación establecida por la ***CIE***[3], cada tipo de luminaria se puede definir a través de tres parámetros que figuran en los catálogos de los fabricantes:

1. Su **alcance**, que es la distancia a la que su luz queda distribuida a lo largo de la plataforma.
2. Su **dispersión**, que es la distribución luminosa transversal a la plataforma.
3. El **control del deslumbramiento** que produce la luminaria.

---

[1] Diferencia de brillo o de luminancia.

[2] O normativa que la sustituya.

[3] *Commission Internationale de l'Éclairage*: Comisión Internacional del Alumbrado.

Hay luminarias enfiladas, semienfiladas, desenfiladas y fuertemente desenfiladas. En las últimas, como las que tienen plano el cierre de vidrio, son prácticamente nulas las intensidades radiadas hacia las direcciones situadas por encima de un ángulo de 90 ó 95º con la vertical descendente.

Los tipos de luminaria más empleados son de descarga:

- Las lámparas de mercurio a alta presión.
- Las lámparas de sodio a alta presión.
- Las lámparas de sodio a baja presión.
- Diodos emisores de luz (***LED***)

No se suelen utilizar para el alumbrado viario lámparas de incandescencia y los tubos fluorescentes.

En un nudo viario, un cambio del tipo de fuente de luz a un color diferente del de los tramos viarios que en aquél concurren, puede ser una ayuda a la guía visual.

Para asegurar una distribución uniforme de la luz sobre el pavimento, en una curva es muy importante una correcta orientación de las luminarias. Asimismo, si la rasante de la vía es inclinada, se recomienda orientar las luminarias de manera que los haces luminosos proyectados sobre el pavimento resulten simétricos respecto del apoyo.

9.7.2.2. Soportes

Las variables relativas a los soportes de una instalación de alumbrado son:

- La **disposición**.
- La **altura** de la luminaria. Cuanto menor sea, más barata resultará la instalación, pero aumentará el deslumbramiento perturbador.
- El **saliente** respecto del báculo. Es una consecuencia de la necesidad de colocar los báculos fuera de la zona de seguridad contigua a la plataforma; donde no pueda ser así, los báculos que no estén provistos de un fusible estructural deben ser protegidos por una barrera de seguridad. Se puede modificar el saliente para obtener una mejor guía visual, cuidando de que las luminarias queden con una alineación suave dentro del campo visual del conductor.
- La **separación** entre dos luminarias contiguas. Debe ser la mayor posible, siempre que sea suficiente la uniformidad de la luminancia.
- La **inclinación** de la luminaria. Se puede variar para aumentar la anchura de la zona iluminada, para una misma altura de la lámpara; pero aumenta el deslumbramiento y resulta más difícil lograr una buena guía visual.

Se recomienda que los soportes de igual altura instalados en un nudo viario sean del mismo modelo o, cuando menos, presenten la misma silueta.

En el Capítulo 5 de las *Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles* se indican diversos tipos de distribución de los puntos de luz:

a) **Unilateral**, por la izquierda o por la derecha (sólo para plataformas de escasa anchura, como los ramales de un enlace[1]). La guía visual es buena. También conviene esta disposición en las curvas de radio inferior a 1000 m.

b) **Bilateral**:

- Pareada. En las vías con calzadas separadas se puede emplear esta disposición si la anchura de la mediana es superior al 35 % de la de la calzada[2], o si en ella hay vegetación.
- Al tresbolillo. A veces esta disposición crea una impresión algo confusa del trazado de la carretera. Se debe evitar si la anchura de la calzada es superior a 1,5 veces la altura de las luminarias.
- Suspendidas, en oposición o al tresbolillo, de catenarias tendidas entre soportes situados de gran distancia[3] uno del otro.

c) **Central**, en una mediana no muy ancha[4]. Esta disposición resulta ventajosa porque disminuye el número de los báculos y reduce la longitud de los cables de alimentación; además, se mejora la visibilidad en los carriles de circulación rápida. Las luminarias se pueden montar:

- Sobre báculos (con o sin brazo), los cuales resulta inevitable proteger con barreras de seguridad a no ser que estén provistos de un fusible estructural. Los báculos con brazo resultan menos esbeltos, y provocan un cierto efecto de túnel: por lo que se tiende a utilizar báculos rectos.
- Suspendidas de una catenaria tendida entre soportes situados de gran distancia[1] uno del otro. La altura de la luminaria puede ser menor del 70 % de la anchura de la calzada. La razón entre la separación y la altura de las luminarias debe ser del orden de 1,5. Permite una buena guía visual, y su comportamiento con el pavimento mojado es muy bueno; pero las luminarias se mueven fácilmente por la acción del viento, perdiendo gran parte de su efectividad.

---

[1] En una curva de menos de 300 m de radio, si la anchura de la calzada es menor de 1,5 veces la altura de las luminarias, éstas se deben implantar en el lado exterior de la curva; la separación debe ser tanto menor cuanto mayor sea el radio, variando entre el 50 y el 75 % de la correspondiente a un tramo recto.

[2] O si, en una carretera de calzada única, la anchura de la calzada es superior a 1,3 veces la altura de las luminarias.

[3] 50 – 100 m.

[4] No más de 3 m entre bordes interiores de calzada.

d) **Central** en una vía de calzada única, **suspendida** de cables transversales. No se debe confundir con la suspensión de una catenaria en una mediana. La altura de la luminaria es relativamente pequeña, de 6 a 8 m.

Hay que evitar situar báculos o columnas de alumbrado en isletas de pequeñas dimensiones. Los báculos montados detrás de barreras de seguridad se deben retranquear suficientemente para reducir el peligro de un contacto con vehículos altos. También se debe dejar espacio para la deformación de las barreras en caso de un choque.

También es preciso cuidar de que el alumbrado no interfiera la visibilidad de las señales de orientación, especialmente de las situadas sobre la calzada en pórticos o banderolas, ni se vea interferido por ellas.

En una **intersección**, para obtener una elevada iluminancia vertical de los vehículos que circulan por el tramo iluminado, suele ser necesario reducir la separación entre las luminarias que enmarcan la intersección.

En una **glorieta**:

- Si los báculos se sitúan en el borde exterior de la plataforma de la calzada anular con la luminaria orientada perpendicularmente a ésta, se recomienda que la altura de las luminarias sea igual a la que hay en los tramos que concurren en aquélla. El empleo de luminarias desenfiladas reduce el deslumbramiento.
- En el caso anterior, si la calzada anular es muy ancha[1] hay que instalar luminarias en su borde interior.
- Si la isleta central tiene un diámetro mayor de 15 m y no está ocupada, se puede disponer en su centro una columna o báculo de brazos múltiples, cuy altura no sea inferior al 75 % del radio del centro de la calzada anular si las luminarias no son desenfiladas, y al 50 % si lo son.

En un **enlace**:

- La guía visual desempeña un papel preponderante.
- Las luminarias de una calzada de nivel inferior no deben deslumbrar a los usuarios de una calzada de nivel superior, y viceversa.
- Los pasos inferiores se iluminarán como túneles cortos, y los superiores como puentes o viaductos.
- Se debe considerar la posibilidad de disponer un alumbrado mediante postes de gran altura.

[1] Más de 15 m.

9.7.2.3. Alumbrado mediante postes de gran altura

Se puede colocar un conjunto de luminarias sobre uno o varios postes de más de 16 m de altura, para iluminar un espacio viario bidimensional o tridimensional, como es un nudo viario. Esto tiene la ventaja de que deja la zona iluminada exenta de báculos, permitiendo una visión exenta de confusiones.

Las luminarias se suelen montar en una de las tres disposiciones siguientes:

- **Simétrica en un plano**. Es una disposición que tiene mucho de común con el alumbrado convencional, y se emplea donde la zona que se pretende iluminar es lineal, pero muy ancha.
- **Simétrica radial**. Se trata de un alumbrado compacto[1], que intenta distribuir la luz uniformemente en todas las direcciones. La razón entre la altura de las luminarias y la separación de los postes es del orden de 1/3.
- **Asimétrica**. Cada luminaria se enfoca individualmente para conseguir una mejor utilización de la luz disponible. La razón entre la altura de las luminarias y la separación de los postes es del orden de 1/4. El deslumbramiento para ciertas direcciones críticas se puede evitar empleando unas rejillas especiales o apantallando las luminarias.

Hay que comprobar cuidadosamente el deslumbramiento. No se recomienda esta solución si en la zona son frecuentes las nieblas.

Este tipo de postes requiere un estudio estructural y de cimentación[2].

9.7.3. Criterios de implantación

Se seguirán los criterios indicados en las *Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles*[3] de la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Se recomienda dejar construidas las canalizaciones para el paso de los cables del alumbrado, y sus arquetas: especialmente las correspondientes a los cruces de plataformas y a los tableros de las obras de paso, aunque el nudo no se vaya a iluminar en un futuro próximo.

---

[1] Por ejemplo, en una glorieta, en el medio de la isleta central.

[2] Con su estudio geotécnico correspondiente analizándose la compactación en casos de rellenos.

[3] O normativa que la sustituya.

10 Adecuación ambiental de los nudos

10.1 Generalidades

El diseño de los nudos debe facilitar su integración en el entorno. Especialmente las glorietas y los enlaces pueden resultar excesivamente perceptibles, a no ser que su emplazamiento haya sido correctamente elegido y la escala de sus explanaciones sea adecuada. Además de mejorar su aspecto, un tratamiento paisajístico puede también ofrecer algunas ventajas a la circulación:

- Destacar la presencia del nudo, especialmente en la transición entre un entorno rústico y otro urbano.
- Favorecer la orientación hacia las trayectorias correctas.
- Sin detrimento de la visibilidad necesaria, evitar distracciones y confusiones causadas por la percepción de trayectorias o ayudas a la circulación que no importan a los conductores que siguen otras trayectorias.

El mejor emplazamiento para un enlace es un terreno más bien ondulado, que permita por su relieve ocultarlo de los observadores exteriores.

Las técnicas relacionadas con el paisajismo comprenden diversas medidas:

1. Un diseño de las **explanaciones** y, en especial, el de sus taludes, que:
    - Tenga en cuenta la geomorfología local, y la posibilidad de revegetar los taludes.
    - No perturbe la visibilidad disponible.
    - Ponga un cuidado especial en cómo se recoge el desnivel entre las vías principales y los ramales: por ejemplo, rellenando las isletas que quedan entre ellos, adoptando taludes más tendidos que los habituales, y redondeando y desvaneciendo las aristas.
    - Permita una remodelación del terreno que vaya más allá del concepto habitual de su explanación, por medio de superficies alabeadas, banquetas, terrazas, escarpes, falsos desmontes para controlar el ruido, etc.
    - Permita el empleo de isletas de gran tamaño como préstamos o vertederos.
2. Un diseño de los elementos del **desagüe superficial** que llame la atención lo menos posible y requiera muy poca conservación. Hay que evitar el empleo de cunetas triangulares con cajeros inclinados.

3. La conservación de la **vegetación** existente, y la siembra o plantación de una nueva, que proporcionan algunas ventajas adicionales:
    - Unas pantallas que oculten al nudo de la vista de las zonas cercanas.
    - Una reducción del deslumbramiento por los faros de los vehículos que circulan en sentido contrario.
    - Una guía acerca de los cambios de dirección.
    - Un telón de fondo para las ayudas a la conducción.
    - En su caso, un control de los ventisqueros.
4. La posibilidad de alojar en las isletas, sin detrimento de la seguridad viaria:
    - Algunos elementos del desagüe superficial, como las balsas de decantación, los pozos de infiltración, etc.
    - Depósitos de agua para el riego de las plantaciones, los cuales puedan ser rellenados sin exponerse a ser atropellado por el tráfico rodado.
    - Elementos decorativos singulares, como esculturas, fuentes, etc.

Las necesidades de espacio para llevar a cabo el tratamiento paisajístico de un nudo no sólo comprenden las zonas de dominio público, sino que también se pueden extender a las zonas de servidumbre, estableciendo acuerdos y compensaciones con sus propietarios y, en su caso, arrendatarios. Este recurso debería estar previsto en muchos más casos de lo que actualmente es habitual: a menudo también se puede jugar con la ubicación de la arista exterior de la explanación, de manera que no queden en la zona de dominio público retales de terreno que no interesen al titular de la vía. Incluso se pueden plantear acuerdos con los propietarios de los predios o edificios no contiguos al nudo, que deseen que se interponga una pantalla entre éste y aquéllos.

10.2 Tratamiento de las explanaciones

En general, basta con que las explanaciones de una intersección o de una glorieta sean de poca altura, sencillas y redondeadas, y estén integradas con la vegetación.

El tratamiento paisajístico de los enlaces:

- Permite integrar mejor las explanaciones con el paisaje circundante. Los taludes deben ser más irregulares que geométricos, y las aristas estar redondeadas.
- A menudo se puede combinar con el establecimiento en ellos de préstamos o vertederos, evitando tener que buscarlos fuera de la traza.

- Permite devolver los taludes de las explanaciones a un uso agrícola, simplificando su conservación y manteniendo el carácter del paisaje. Esta devolución requiere que su inclinación no rebase 1/4 si son para pastos, ni 1/10 si se van a cultivar.
- Debe procurar no abrir nuevas vistas desde los terrenos circundantes hacia el nudo.

10.3 Revegetación

10.3.1. Consideraciones generales

Además del aspecto puramente paisajístico, las plantaciones se pueden utilizar para subrayar las trayectorias de los vehículos, o para dar a sus conductores la sensación de una obstrucción en su trayectoria actual.

Se tendrá en cuenta el contenido del *Manual de Plantaciones en el Entorno de la Carretera*, publicado en 1992 por la Dirección General de Carreteras.

Es necesario tener en cuenta los planes de prevención de incendios forestales que puedan ser aplicables a las zonas contiguas a un nudo viario, incluidas las patas que en él concurren. Deberán considerarse la presencia de áreas cortafuegos y, en su caso, la conveniencia de establecer áreas nuevas o adicionales, o fajas auxiliares.

10.3.2. Suelos

El manejo, el almacenamiento y la preparación de los suelos antes de una siembra o plantación es el factor más importante para su éxito: suele ser difícil corregir los errores. Esos suelos no deben sólo ser considerados desde el punto de vista de sus características mecánicas como un material de construcción de las explanaciones, sino también como un complejo sistema biológico capaz de sostener el crecimiento de una vegetación. Dado que desde esta última perspectiva los suelos varían mucho en cuanto a sus características, profundidades y estructuras, resulta muy importante que su reconocimiento sea llevado a cabo por personal especializado, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Un suelo que soporte vegetación puede tener hasta 3 horizontes (**A**, **B** y **C**), de los que los dos primeros, en general, pueden soportar[1] plantaciones; y los dos últimos, siembras[2]. Sus definiciones no se deberían ceñir a unas profundidades medias de una *tierra vegetal*.
- Esos horizontes deben ser claramente identificados para todos los suelos que vayan a ser excavados. Antes de iniciar las explanaciones, es preciso haber estable-

[1] Sobre todo si se les mejora.

[2] Para una siembra se necesita muy poco suelo del horizonte **A**.

cido una estrategia para su excavación, almacenamiento y empleo, siempre por separado.

- Los suelos que se utilicen en las siembras y plantaciones deben ser, preferentemente, extraídos de la misma zona: de esta manera la nueva vegetación se parecerá a la autóctona. Por lo tanto, no se deben transportar fuera de la obra a no ser que se haya comprobado que hay de sobra para las necesidades de ésta. Los suelos que se traigan del exterior deben ser de un tipo idóneo para la siembra o plantación de que se trate.

- La excavación de estos suelos no se debe llevar a cabo cuando estén muy húmedos[1]. Su eventual almacenamiento se tiene que hacer también con tiempo favorable, formando unos caballones de 2 m de altura máxima[2]. Sobre estos caballones:

  - No se debe circular con maquinaria.
  - Hay que aplicar un herbicida para controlar la vegetación xerófita.
  - Si el almacenamiento va a exceder de 9 meses, conviene efectuar sobre ellos una siembra.

- El terreno sobre el que se extiendan, sin compactarlos, los suelos que se utilicen en las siembras y plantaciones, debe estar escarificado en una profundidad de 15 cm, dando pasadas con un escarificador cuyas púas no estén separadas más de 75 cm. Si estuviera muy compactado, se recomienda aumentar esa profundidad a unos 50 cm.

- El espesor normal de suelo para una plantación es del orden de 30 cm; y para una siembra, menor de 10 cm. En el primer caso hay que tener en cuenta que ese espesor no permitirá el crecimiento de árboles de gran porte; y en el segundo, que exceder de ese espesor puede provocar, en un clima húmedo, mayores gastos de conservación por un mayor crecimiento de la hierba.

10.3.3. Siembras y plantaciones

Se tendrá en cuenta el contenido del *Catálogo de Especies Vegetales a Utilizar en Plantaciones de Carreteras*, publicado en 1990 por la Dirección General de Carreteras.

Antes de elegir un tipo de siembra o de plantación, conviene considerar los siguientes temas:

- La plantación se debe limitar a las especies autóctonas, y guardar una relación con el entorno. Por ejemplo, en una zona desnuda puede resultar incongruente una revegetación: el tratamiento paisajístico se debe limitar a una remodelación del te-

[1] Sobre todo si su contenido de arcilla excede del 25 %.

[2] Se puede aumentar esta altura a 4 m si los caballones se forman por vertidos cónicos adyacentes.

rreno. Por el contrario, en un bosque las isletas se deben plantar tan densamente como lo permita la visibilidad.

- Toda plantación interurbana debe tener presencia y entidad tanto en invierno como en verano.
- Los problemas debidos a las hojas caídas desaconsejan el empleo de especies de hoja caduca; aunque se pueden mantener los ejemplares existentes si tienen un especial valor.
- Debido al coste de su conservación, se recomienda evitar las especies herbáceas y las de jardín.
- Hay que tener siempre en cuenta el porte de las especies en su madurez.

Sin embargo, conviene asegurarse que no se comprometen la fluidez ni la seguridad de la circulación:

- Las plantaciones adultas no deben reducir la visibilidad por debajo de la necesaria. Hay que tener un especial cuidado con:
  - Los setos que se planten en la mediana para reducir el deslumbramiento, los cuales deben estar contiguos a la curva interior y no a la exterior.
  - Las plantaciones que se dispongan por el interior de las curvas de los ramales, que pueden disminuir la visibilidad en planta.
  - Las señales y los semáforos, que pueden ser ocultados por la vegetación en algunas épocas del año.
- En una glorieta cuya isleta central tenga menos de 10 m de diámetro no conviene realizar plantaciones, pues las necesidades de visibilidad[1] dejan disponible sólo una zona muy pequeña.
- Las plantaciones adultas no deben constituir un peligro para un vehículo que choque con ellas: para ello conviene limitar su diámetro a 15 cm, y exigir una separación mínima de 2 m entre sus pies.
- Las hojas que caigan sobre la plataforma pueden disminuir la resistencia al deslizamiento.
- No se deben colocar plantaciones, ni siquiera arbustivas, delante de los sistemas de contención de los vehículos.

[1] Cf. apartado **4.7.3**.

10.3.4. Conservación

El riego de las plantas se debe realizar por procedimientos automáticos (goteo), que no requieran situar tanques regadores donde puedan ser alcanzados por el tráfico. A partir de unos depósitos que puedan ser rellenados con esos mismos requisitos de seguridad, se dispondrán conducciones donde el agua circule por gravedad.

Una siembra o plantación delicada, tal vez apropiada para una zona urbana, generalmente requiere una conservación igualmente delicada fuera de poblado.

La red de cortafuegos se deberá mantener limpia de vegetación, mediante un mantenimiento periódico que consistirá en eliminar la vegetación que haya podido invadirla. Inmediatamente antes de las épocas de peligro, se incrementarán las actuaciones de limpieza de residuos, matorral y vegetación herbácea en la zona de dominio público y la de servidumbre, pudiéndose mantener las formaciones arbóreas y arbustivas con las densidades que, en su caso, se establezcan. Los trabajos serán:

- Eliminación de la vegetación arbustiva para evitar la continuidad horizontal y la vertical con los árboles.
- Aclarado de la masa arbórea, para evitar la continuidad de copas, exceptuadas las formaciones lineales separadas de núcleos boscosos.
- En caso de no existir masa arbórea, se hará una eliminación selectiva del matorral, que evite la continuidad del combustible, eliminando con preferencia las que tengan un mayor grado de inflamabilidad.

10.3.5. Prevención de incendios forestales

En la medida de lo posible, los tratamientos selvícolas en áreas cortafuegos y fajas auxiliares serán mecanizados, para abaratar costes y facilitar el mantenimiento.

En cuanto al matorral, se deberá eliminar más intensamente la vegetación invasiva, pirófita y monoespecífica, respetando las especies nobles (matorral serial de evolución).

Los restos de vegetación procedente de los tratamientos selvícolas preventivos deberán ser eliminados según las disposiciones vigentes en la materia.

Los desbroces y aclarados en las áreas cortafuegos y fajas auxiliares que se construyan deberán conservar cierta cobertura de vegetación para evitar la erosión. La máxima fracción de cabida cubierta es función de la especie y de la pendiente media del terreno, y se muestra en la Tabla **10.3-A**.

TABLA **10.3-A**

MÁXIMA FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA (%),
(entre arbolado y matorral)

PENDIENTE (%)	ESPECIES	
	Coníferas y eucaliptos	Frondosas y dehesas
< 20	30	40
20 - 30	40	50
> 30	50[1]	60[1]

La masa arbolada será podada en toda esa franja para evitar la continuidad vertical del combustible, debiendo quedar separadas las ramas más bajas del suelo o del matorral 3 m como mínimo. Se evitará la tangencia entre copas, mediante poda y aclarado de la masa.

Donde no hay arbolado, se eliminará el estrato arbustivo hasta dejar la coberturas estipulada en la Tabla **10.3-A**. Se respetarán el matorral y arbustos nobles, eliminando mayoritariamente la vegetación invasiva y monoespecífica.

En los cultivos, se establecerán discontinuidades en la vegetación de las lindes de las explotaciones para evitar la propagación de los incendios forestales.

10.4 Elementos ornamentales

Después de remodelar y revegetar los taludes, isletas y demás superficies libres de los nudos viarios[2], es muy frecuente colocar en ellos elementos ornamentales de diverso tipo, especialmente en las glorietas. La tipología de estos elementos es muy variada:

- Monumentos.
- Fuentes.
- Maquinaria de obras públicas antigua[3].
- Motivos etnográficos: barcas, ruedas de molino, tinajas, etc.
- Rótulos alusivos al municipio o a algún monumento local de cierta relevancia.

---

[1] Se aumentará la fracción de cabida cubierta un 10 % por cada 10 % que aumente la pendiente del terreno.

[2] Por ser los elementos de las vías con mayores superficies libres, y por quedar los elementos ornamentales más a salvo de actos vandálicos.

[3] La colocación de maquinaria antigua de obras públicas en los nudos viarios permite en muchos casos la conservación de la misma, constituyendo un motivo ornamental que en general es muy valorado por los usuarios.

También se puede realizar tratamientos ornamentales en los paramentos de los estribos y pilas de los puentes, viaductos, obras de paso y muros de contención, mediante escalonamientos, berenjenas, pinturas, revestimientos pétreos o cerámicos, etc.

En la implantación y es diseño de estos elementos o tratamientos ornamentales se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- No deben contener letras, colores ni mensajes que inciten al conductor a girar la cabeza e intentar descifrar un mensaje, distrayendo su atención.
- Su ubicación debe ser especialmente cuidada, no debiendo constituir en sí mismos un obstáculo en caso de choque con ellos, ni necesitar sistemas de contención de vehículos.
- Se debe tener en cuenta que determinados materiales deben ser objeto de conservación, como cualquier otro elemento de la vía pública, especialmente por una mayor exposición a los agentes atmosféricos.
- Los elemento de gran porte vertical (columnas, hitos, etc.) deben estar convenientemente alejados de la plataforma, para evitar que lleguen a ella si se caen.
- La implantación de estos elementos no debe condicionar la ampliación y remodelación del nudo.
- Las fuentes deben ir provistas de un anemómetro que corte el caudal cuando el viento exceda de una cierta velocidad, evitando rociar de agua las plataformas próximas.

En general los elementos ornamentales son propios de zonas urbanas y periurbanas. No conviene abusar de su implantación, ni disponerlos de forma sistemática, pues pierden en gran parte su valor. Su diseño debe ser cuidado y, si se ubican en un punto de gran impacto visual, deben ser objeto de un cierto grado de participación pública o de los organismos más afectados, promoviendo sistemas como los concursos de ideas, las encuestas a nivel local, etc. que permitan consensuar su aspecto; en algunos casos puede haber polémica por la colocación de elementos ornamentales que produzcan rechazo a los usuarios y vecinos.

10.5 Cerramientos

En las vías (como las autopistas) que estén provistas de cerramiento, éste debe abarcar también a sus nudos, o sea a los enlaces; únicamente se podrá suprimir en las intersecciones o glorietas de los ramales con las demás vías no cerradas.

En los enlaces cuyas isletas sean de gran superficie, no expropiarlas totalmente supone disponer pasos a distinto nivel a través de los ramales, y cerrar la parte no expropiada; por lo que se recomienda la expropiación total y el cerramiento perimetral.

El cerramiento debe tener previsto:

- El acceso a las parcelas de dominio público, a los efectos de su mantenimiento.
- El escape de los animales que hayan podido penetrar en el recinto cerrado, mediante dispositivos ambientalmente aceptables.

En los camino de acceso a los nudos, por los cuales pueda circular ganado suelto, se recomienda disponer los denominados *pasos canadienses*, provistos de unas rejillas paralelas que soportan una rueda pero cuyas barras resultan demasiado separadas para el paso de animales con pezuñas.

Anexo #0: Glosario

Accesibilidad	Cualidad de accesible de un lugar. Capacidad o mayor o menor facilidad de llegar a él.
Accesos a una carretera	Se consideran como tales: a. Las conexiones de la carretera con sus propias vías de servicio o con carreteras o cualquier tipo de vía de titularidad distinta. b. Las entradas y salidas directas de vehículos a núcleos urbanos e industriales, y a fincas y predios colindantes. (RGC)(RLC) Algunos accesos a las carreteras pueden ser considerados como intersecciones, porque sus elementos resulten análogos a los de éstas.
Acceso directo	Acceso a una carretera en el que la incorporación de los vehículos a la calzada o desde ella se produce sin utilizar las conexiones de otras vías públicas con la carretera. (3.1-IC)
Acera	Franja longitudinal de una carretera, elevada o no, destinada al tránsito de peatones. (RGC)
Actuación urbanística	Cualquier actividad o acción urbanizadora de cualquier tipo, uso o destino (residencial, industrial comercial, de servicios, dotacional, etc.) que surja cómo consecuencia del desarrollo o de la ejecución del planeamiento urbanístico. (O.M. 116/12/1997).
Alta capacidad	Se denominan vías de alta capacidad a las vías con calzadas separadas con al menos dos carriles de circulación por cada sentido. (PEIT)
Altas prestaciones	Concepto utilizado para reflejar el criterio integrado de calidad del diseño, funcionalidad y alto nivel de servicio de las principales infraestructuras del transporte terrestre, integradas por autopistas y autovías en el caso de las carreteras.
Año horizonte	Año para cuyo tráfico previsible debe ser proyectada la carretera. (3.1-IC)

Arbolado	Superficie con presencia de especies arbóreas de manera que la fracción de cabida cubierta es superior al 20 %, con o sin subpiso de matorral.
Arcén	Franja longitudinal pavimentada, contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales.
Área cortafuegos	Zona en la que se reduce el volumen del combustible vegetal, fundamentalmente de vegetación arbustiva, de matorral, herbácea y a veces arbórea, pudiendo dejarse golpes dispersos de matorral.
Área de servicio	Conjunto de obras e instalaciones diseñado expresamente para albergar instalaciones y servicios destinados a cubrir las necesidades de suministros de los vehículos que circulan por la carretera, en particular de carburantes, y en ocasiones también las de sus ocupantes. (RGC) (RLC)
Autobús (o autocar)	Automóvil que tenga más de 9 plazas (incluida la del conductor), destinado por su construcción y acondicionamiento al transporte de personas y sus equipajes. (RGV)
Autobús (o autocar) articulado	Autobús o autocar compuesto por dos partes rígidas unidas entre sí por una sección articulada. En este tipo de vehículos, los compartimentos para viajeros de cada una de ambas partes rígidas se comunican entre sí. (RGV)
Autocaravana	Vehículo construido con propósito especial, incluyendo alojamiento o vivienda y conteniendo, al menos, el equipo siguiente: asientos y mesa, camas o literas que puedan ser convertidos en asientos, cocina y armarios o similares. (RGV)
Automóvil	Vehículo de motor que circula sin carriles y sin conexión a una fuente exterior de energía. De esta definición se excluyen los ciclomotores, los coches de minusválidos y los tractores y demás maquinaria agrícola. (RGC)

Autopista

Carretera que está especialmente proyectada, construida y señalizada como tal para la exclusiva circulación de automóviles, y que reúne las siguientes características:

a. No tener acceso a ella las propiedades colindantes.

b. No cruzar a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o tranvía, ni ser cruzada a nivel por senda, vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.

c. Constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí, salvo en puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación o, en casos excepcionales, por otros medios.

(LC)

Autovía

Carretera especialmente proyectada, construida y señalizada como tal, que tiene las siguientes características:

a. Tener acceso limitado a ella las propiedades colindantes.

b. No cruzar a nivel ninguna otra senda, vía, línea de ferrocarril o de tranvía, ni ser cruzada a nivel por senda, vía de comunicación o servidumbre de paso alguna.

c. Constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí, salvo en puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación, o por otros medios.

Balizas

Elementos, generalmente discontinuos, instalados con carácter permanente sobre la plataforma, fuera de ella, o sobre los sistemas de contención de vehículos, con el fin de reforzar la guía visual que proporciona la señalización horizontal y vertical, así como para diferenciar las corrientes de circulación.

Barrera de seguridad

Sistema de contención de vehículos empleado en las márgenes y medianas de las carreteras. (3.1-IC)

Berma

Franja longitudinal no pavimentada comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta o talud. Puede estar afirmada o no. Se utiliza, entre otras razones, para alojar sistemas de contención de vehículos y elementos de la señalización vertical. (RGC modif.)

Bifurcación

Conexión en la que se divide una calzada en otras dos sin establecer prioridades entre ellas. (3.1-IC)

Bordillo montable	Elemento que puede delinear el contorno de una isleta, siempre que: • Su cara vertical, contigua al pavimento, no tenga una altura superior a 3 cm. • La pendiente de la cara inclinada no sea superior a 5H/2V. • La altura total del bordillo no rebase 12 cm.
BUS/VAO	Vía o carril reservado al transporte colectivo o a vehículos de alta ocupación.
Calzada	Parte de la plataforma dedicada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles. (RGC mod.)
Calzada anular	Calzada en forma de anillo en la que se establece una circulación rotatoria de sentido único antihorario, alrededor de una o varias isletas centrales. Se emplea en las glorietas y en las glorietas partidas.
Calzada de servicio	Vía de servicio. (RGC)
Calzada central	En un sistema de calzadas centrales y laterales, calzada (generalmente interior) a la que corresponden los recorridos de mayor longitud, y que normalmente no conecta con las vías transversales directamente, sino a través de las calzadas laterales.
Calzada lateral	En un sistema de calzadas centrales y laterales, calzada (generalmente exterior) a la que corresponden las conexiones con las vías transversales.
Camino agrícola	Vía de servicio destinada fundamentalmente para acceso a fincas rústicas, y cuyo tráfico predominante es de tractores y maquinaria agrícola. (RGC) (O.M. 16/12/1997)
Camino de servicio	Vía construida por personas distintas a la Administración titular de la carretera para facilitar el acceso a las propiedades colindantes o, en general, como elemento auxiliar o complementario de las actividades específicas de sus titulares, ya sean estos públicos o privados. No tendrá la consideración de carretera ni de elemento funcional de ésta (RGC) (RLC). Si fuera de uso público o tuviera como finalidad servir a instalaciones de servicios o establecimientos destinados a la contratación de bienes y servicios, deberá cumplir los requisitos exigidos a las vías de servicio y, además, se debe indicarse en su comienzo y final su condición de camino de titularidad privada. (O.M. 16/12/1997).

Camión	Automóvil con cuatro ruedas o más, concebido y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina no está integrada en el resto de la carrocería y con un máximo de 9 plazas, incluido el conductor. (RGV)
Carretera	Vía de dominio y uso público proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. (LC) Tienen también la consideración de carreteras las calzadas laterales, las vías colectoras - distribuidoras, los ramales y vías de giro de los nudos viarios, las vías de servicio y otras vías que se establezcan reglamentariamente. (RLC modif.)
Carretera convencional	La que no reúne las características propias de las autopistas. (LC) ni las de las carreteras multicarril. Puede tener limitación total de accesos. (RLC)
Carretera de circunvalación	La que rodea total o parcialmente una población, enlazando las que afluyen a ella. (RGC)
Carretera de montaña	Es la que discurre por un terreno muy accidentado y tiene un tráfico muy reducido, o su funcionalidad es muy específica (turismo, deportes, etc.).
Carretera estatal	La integrada en un itinerario de interés general o cuya función en el sistema de transporte afecte a más de una Comunidad Autónoma. Las carreteras estatales constituyen la Red de Carreteras del Estado. (LC)
Carretera multicarril	La que tiene al menos dos carriles destinados a la circulación para cada sentido, con limitación total o parcial de accesos, y que puede tener cruces a nivel. Puede ubicarse en una o en dos plataformas.
Carretera urbana	La que, cualquiera que sea su tipo, es utilizada significativamente por tráfico urbano y genera impactos ambientales directos sobre el medio urbano próximo, o atraviesa o pasa próximas a áreas urbanas de suficiente entidad, consolidadas o previstas por el planeamiento urbanístico. (OM13/09/2001)
Carril	Franja longitudinal en que puede estar subdividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, siempre que tenga una anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas. (RGC)
Carril adicional	Carril de longitud limitada, que se dispone junto a los carriles básicos de una carretera para mejorar su explotación: por ejemplo, para facilitar el adelantamiento, o cerca de un nudo para aumentar la capacidad del tronco o para evitar los conflictos provocados por las conexiones.

Carril central de espera	Carril adicional destinado, en una intersección con giro directo a la izquierda, a la detención de un vehículo a la espera de una oportunidad para realizar esta maniobra sin obstaculizar el tránsito de los carriles principales. (3.1-IC)
Carril de aceleración	Carril de cambio de velocidad destinado a aumentarla, desde la del último elemento de una entrada hasta la del tronco de una carretera.
Carril de cambio de velocidad	Carril destinado a incrementar o reducir la velocidad, desde la del último elemento de una entrada hasta la del tronco de la carretera, o desde la del tronco de la carretera hasta la del primer elemento de una salida. (3.1-IC)
Carril de deceleración	Carril de cambio de velocidad destinado a reducirla, desde la del tronco de una carretera hasta la del primer elemento de una salida.
Carriles básicos	En un itinerario, carriles cuyo número se considera que, para la uniformidad de la explotación, debe ser mantenido a todo lo largo de aquél, de manera que un conductor que circule por un carril básico no tenga que cambiar de carril para efectuar un movimiento de paso, excepto donde se reduzca el número de los carriles básicos al perderse uno de ellos en una salida.
Carril lateral de espera	Carril adicional destinado, en una intersección con giro directo a la derecha, a la detención de un vehículo a la espera de una oportunidad para terminar esa maniobra sin obstaculizar el tránsito del carril principal.
Carril para circulación lenta	Carril adicional que, situado a la derecha de los principales, permite a los vehículos que circulan con menor velocidad desviarse de aquéllos, facilitando su adelantamiento por los vehículos más rápidos. (3.1-IC)
Carril para circulación rápida	Carril adicional que, situado a la izquierda de los principales en las carreteras con calzadas separadas, o entre ellos en las de calzada única, facilita a los vehículos rápidos el adelantamiento de otros vehículos que circulan a menor velocidad. (3.1-IC)
Carril reservado	Carril cuya utilización está reservada a determinados vehículos de transporte colectivo o, en su caso, a taxis o a vehículos de alta ocupación (**VAO**). Sólo puede ser utilizado por los demás vehículos en tramos concretos, señalizados al efecto, para realizar alguna maniobra que no sea la de parar, estacionar, cambiar el sentido de la marcha o adelantar.

Carril reversible	Carril que puede ser utilizado, con una adecuada señalización y en función de las circunstancias, en un sentido de circulación o en el contrario.
Carril de trenzado	Carril adicional que une un carril de aceleración y otro de deceleración consecutivo. (3.1-IC)
Circulación paralela	Interacción entre dos vehículos que circulan por sendas trayectorias contiguas y paralelas.
Conexión	Zona de transición entre los carriles de paso del tronco de una carretera, y los de otra carretera, vía de giro, ramal, vía de servicio, vía colectora - distribuidora, calzada lateral o acceso. En las conexiones se distingue entre salidas y entradas: los vehículos que toman una **salida** abandonan el tronco, y se incorporan a él los que proceden de una **entrada**. También hay **bifurcaciones** y **confluencias**.
Confluencia	Conexión en la que se unen dos calzadas en una sola sin establecer prioridades entre ellas. (3.1-IC)
Convergencia	Interacción entre dos vehículos cuyas trayectorias se unen en una común. Si la inserción de los vehículos procedentes de una de ellas en los huecos de la otra se facilita mediante un carril de aceleración, esta interacción se transforma en una circulación paralela.
Cruce	Interacción_entre dos vehículos en la que dos trayectorias diferentes ocupan temporalmente un mismo lugar en planta.
Cultivos	Zonas con presencia de cultivos agrícolas, tanto herbáceos como leñosos.
Cuña de cambio de velocidad	Ensanche de la calzada, de forma triangular, que en una divergencia permite el paso gradual a la anchura completa del carril de deceleración; y en una convergencia, la disminución gradual de la anchura completa del carril de aceleración. (3.1-IC modif.)
Cuña de transición	Ensanche de la calzada, de forma triangular que, en una divergencia, permite el paso gradual de la anchura normal de la calzada en la vía principal a la anchura completa del carril de deceleración; y en una convergencia, el paso de la anchura completa del carril de aceleración a la anchura normal de la calzada en la vía principal.

Dehesa

Superficie con cobertura arbórea de manera que la fracción de cabida cubierta está comprendida entre el 5 y el 20 %, y que cumple las siguientes condiciones:

- Estrato arbóreo compuesto por especies del género *Quercus*.
- Subpiso compuesto por pasto, cultivo agrícola tradicional o matorral.
- Pendiente media del terreno inferior al 20 %.

Detención

Inmovilización de un vehículo por emergencia, por necesidades de la circulación, o para cumplir algún precepto reglamentario.

Disposición indonesia

Disposición de las trayectorias de dos giros a la izquierda opuestos en la que ambos se pueden realizar simultáneamente sin interferirse, pues las trayectorias no se cruzan y cada vehículo pasa por la derecha del otro.

Divergencia

Interacción entre dos vehículos en la que sus trayectorias se separan de una común. Si el cambio de fila se facilita con una antelación suficiente (mediante un carril de deceleración), esta interacción se transforma en una circulación paralela.

Eje

Línea que define el trazado en planta de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal. (RGC)

Elemento del trazado

Línea, en planta o alzado, que se define por características geométricas constantes a lo largo de toda ella.

Se consideran los siguientes elementos:

- En planta (*alineaciones*): recta (acimut constante); circunferencia (radio constante); clotoide (producto constante del radio de curvatura y de la distancia al punto de curvatura nula).
- En alzado (*rasantes*): rasante uniforme (inclinación constante); acuerdo parabólico (variación constante de la inclinación con el recorrido en planta).

(3.1-IC modif.)

Elemento funcional de una carretera	Toda obra o instalación de dominio público que, sin tener la consideración de carretera, contribuya a facilitar que la carretera cumpla las funciones para las que ha sido proyectada. Entre ellas se encuentran las permanentemente afectas a la conservación de la carretera o a la explotación del servicio público viario, como las destinadas a descanso, estacionamiento, auxilio y atención médica de urgencia, pesaje, parada de autobuses y otros fines auxiliares o complementarios. Son también elementos funcionales de la carretera: a. Los centros operativos para la conservación y explotación de la carretera. b. Las áreas de servicio cuya titularidad corresponda a persona distinta de la Administración titular de la carretera. c. Las vías de servicio promovidas por la Administración titular de la carretera. d. Otros que se establezcan reglamentariamente. (RGC) y (RLC)
Enlace	Nudo viario en el que alguno de los movimientos se realiza en un plano distinto al de los demás, cruzándose dos trayectorias a distinto nivel. Incluye los ramales y vías de giro y, eventualmente, intersecciones que pueden utilizar los vehículos para pasar de una carretera a otra. (3.1-IC modif.)
Estacionamiento	Inmovilización de un vehículo que no se encuentra en situación de detención o de parada.
Estación de servicio	La definida como tal por la normativa vigente ordenadora del sector petrolero. (RGC, modif. RD 1911/97)
Faja auxiliar	Acción defensiva que consiste en preparar áreas cortafuegos a ambos lados de las vías de comunicación, caminos, carreteras, etc.
Fracción de cabida cubierta	Superficie del suelo cubierta por la proyección de las copas de los árboles o por matorral.
Furgón (o furgoneta)	Automóvil con cuatro ruedas o más, concebido y construido para el transporte de mercancías, cuya cabina está integrada en el resto de la carrocería y con un máximo de 9 plazas, incluido el conductor. Su masa no rebasa las 3,5 t. (RGV)

Glorieta	Intersección especial en la que las patas que en ella confluyen se comunican a través de una (o varias) calzada(s) anular(es), en la(s) que se establece una circulación prioritaria en sentido antihorario alrededor de una(s) isleta(s) central(es). Los vehículos que pretenden entrar en la calzada anular deben ceder el paso a todos los que circulen por ésta y vengan por su izquierda; y en vez de trenzarse con éstos a una velocidad relativamente alta, insertarse en los huecos entre ellos a una velocidad relativamente baja.
Glorieta a desnivel	Tipo de enlace en el que una calzada anular se sitúa en un plano distinto al de la(s) calzada(s) que sirve(n) a los movimientos de paso entre dos patas opuestas, las cuales conforman un itinerario prioritario. Aunque esta calzada anular tenga la apariencia de una glorieta, su gran diámetro favorece una elevada velocidad en ella, reduciendo la inserción y favoreciendo el trenzado.
Glorieta controlada por semáforos.	Intersección que tiene la apariencia de una glorieta, pero que carece de la autorregulación propia de ésta, puesto que las entradas a la calzada anular están controladas por semáforos.
Glorieta doble	Conjunto de dos glorietas simples contiguas, cuya pata de unión es tan corta que cada una influye en el funcionamiento de la otra.
Glorieta en hipódromo	Intersección que tiene la apariencia de una glorieta, pero cuya calzada anular tiene una forma alargada que presenta dos lados opuestos, sensiblemente paralelos, cuyo trazado es recto.
Glorieta partida	Intersección que tiene la apariencia de una glorieta, pero cuya isleta central es atravesada por una calzada que sirve a los movimientos de paso entre dos patas opuestas, las cuales conforman un itinerario prioritario.
Glorieta simple	Glorieta que tiene una sola calzada anular.
Gorjal	Corona anular que se sitúan en algunas glorietas entre la calzada anular y la isleta central, para que pueda ser pisada por los vehículos de grandes dimensiones que, al girar, barren un área de anchura superior a la que necesita el resto.
Gran capacidad	Se denominan vías de gran capacidad a las vías con calzadas separadas con al menos dos carriles de circulación por cada sentido (PEIT)

Inserción	Forma especial de convergencia, que se inicia con un vehículo detenido, el cual termina ocupando un hueco en una corriente de tráfico que circula a poca velocidad. La inserción es la base del funcionamiento de las glorietas: en ellas los vehículos que pretenden entrar en la calzada anular, que es prioritaria, deben esperar a que haya en ella un hueco suficiente.
Instalaciones de servicios y suministros	Además de las estaciones de servicio y unidades de suministro definidas como tales por la normativa vigente ordenadora del sector petrolero, los restaurantes, hoteles, moteles, talleres mecánicos, cafeterías y, en general, cuantas otras satisfagan necesidades de los usuarios de las carreteras. (OC 16/112/97 modif.)
Intensidad media diaria (**IMD**)	Número total de vehículos que pasan durante un año por una sección transversal de la carretera, dividido por el número de días del año.
Intersección	Nudo viario en el que todos los movimientos se realizan aproximadamente en el mismo plano, y ninguna trayectoria cruza a otra a distinto nivel. Incluye las vías de giro y, eventualmente, los ramales que pueden utilizar los vehículos para pasar de una carretera a otra. (3.1-IC modif.)
Intersección controlada por prioridad de paso	Intersección en la que unas trayectorias se cruzan con otras que tienen prioridad sobre ellas, no estando dicha prioridad fijada por un semáforo.
Intersección controlada por semáforos	Intersección en la que se impone una separación temporal entre la ocupación de una misma zona de calzada por más de un movimiento.
Isleta	Zona de la plataforma situada entre los carriles, las vías de giro y los ramales, y excluida de la circulación. Sirve para guiar a los vehículos o de refugio a los peatones. Puede estar delimitado sólo por marcas viales y, en su caso, por captafaros; o también por bordillos. Pueden estar o no al nivel del resto de la plataforma; estar ajardinados; o tener otro tipo de tratamiento superficial.
Isleta encauzadora	La que separa dos corrientes de circulación del mismo sentido.
Isleta separadora	La que separa dos corrientes de circulación de sentidos opuestos.

Itinerario de interés general	Aquél en el que concurra alguna de las siguientes circunstancias: a. Formar parte de los principales itinerarios de tráfico internacional. b. Constituir el acceso principal a un puerto o aeropuerto de interés general. c. Servir de acceso a los principales pasos fronterizos. d. Enlazar las Comunidades Autónomas, conectando los principales núcleos de población del territorio del Estado de manera que formen una red continua que soporte regularmente un tráfico de largo recorrido. (RLC)
Lágrima	Isleta separadora de forma característica, dispuesta en la vía no prioritaria de una intersección para separar los dos giros a la izquierda relacionados con dicha vía.
Lecho de frenado	En tramos de fuerte pendiente, zona contigua a la plataforma o divergente de ella, destinada a facilitar la detención de vehículos con insuficiencias en su sistema de frenado.
Matorral	Zona en la que predomina la presencia de vegetación arbustiva, con una fracción de cabida cubierta arbórea máxima del 20 %, y que no cumpla las condiciones de una dehesa.
Mediana	Franja longitudinal situada entre dos plataformas separadas de sentidos opuestos de circulación, no destinada a ésta. (RGC modif.)
Miniglorieta	Glorieta de pequeñas dimensiones cuya isleta central es totalmente franqueable a fin de que puedan girar los vehículos de grandes dimensiones. Se utilizan en entornos urbanos donde se circula a una velocidad muy baja.
Movilidad	Cualidad de móvil de un objeto (mercancía) o persona. En transporte, se utiliza prácticamente como sinónimo de uso o demanda de las distintas modalidades del transporte (motorizado o no, colectivo o individual, etc.) (PEIT)
Nariz	Superficie de plataforma común a dos vías en una bifurcación o en una salida, comprendida entre la sección en la que la que separan las calzadas, y la sección donde se separan las plataformas. (3.1-IC)

Nivel de servicio	Medida cualitativa, descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico; generalmente se describe en función de ciertos factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones del tráfico, la comodidad y la seguridad. (3.1-IC modif.)
Nudo viario	Zona en la que concurren dos o más vías, pudiéndose pasar de una a las otras.
Oreja	Prolongación hacia la calzada de la acera o espacio peatonal situado en una intersección.
Paso cebra	Paso para que los peatones crucen una calzada, regulado por una señalización fija.
Pastizal	Todas las zonas en las que predomine la cubierta herbácea sobre las restantes, con una fracción de cavida cubierta arbórea del 20 %, y que no cumpla las condiciones de una dehesa. Puede haber presencia de matorral, pero siempre minoritaria.
Parada	Inmovilización de un vehículo durante un tiempo inferior a dos minutos, para tomar o dejar personas, o cargar o descargar cosas.
Pata	En un nudo viario, cada uno de los tramos viarios diferenciados que en él concurren. Si tienen calzadas separadas, se contarán como una única pata. Las patas de calzada única pueden ser de sentido único o de doble sentido de circulación.
Periurbana	Funcionalidad de una vía situada en un entorno intermedio entre el urbano y el interurbano, en el que hay edificaciones consolidadas al menos en una margen de la vía. En ella el tráfico de agitación es significativo frente al de largo recorrido.
Plataforma	Zona de la carretera destinada al uso de los vehículos, formada por la calzada, los arcenes y las bermas afirmadas. (RGC)
Plataforma de uso restringido	Plataforma, o parte de una plataforma, con restricciones en su uso variables en el tiempo por ciertos vehículos, según el grado de congestión.
Plataforma reservada	Plataforma, o parte de una plataforma, con restricciones en su uso según el tipo de vehículo (por ejemplo, los de transporte colectivo) o su ocupación (por ejemplo, con más de un cierto número de pasajeros).

Prioridad fija	Se entiende que una ordenación de la circulación por prioridad es fija si la asignación de la prioridad no varía a lo largo del tiempo como ocurre con la prioridad secuencial. Esta prioridad puede estar determinada por una regla (prioridad a la derecha) o por señales.
Prioridad secuencial	Se entiende que una ordenación de la circulación por prioridad es secuencial si la asignación de la prioridad varía a lo largo del tiempo describiendo una serie de ciclos. Esta prioridad está determinada por semáforos.
Punta	Superficie de plataforma común a dos vías en una confluencia, o en una entrada seguida de un carril de aceleración, comprendida entre donde se unen las plataformas, y la sección en la que unen las calzadas. A partir de esta última se puede considerar que los vehículos que pretenden convergir empiezan a influirse mutuamente. (3.1-IC modif.)
Punto de conflicto	Zona de una vía donde se producen interacciones entre las trayectorias de los vehículos, debidas a la imposibilidad de ocupar el mismo espacio en el mismo momento.
Quiebro	En un vehículo articulado, pérdida generalmente brusca de la configuración en planta del conjunto, causada por el deslizamiento transversal de las ruedas traseras de la cabeza tractora.
Ramal	En un nudo viario, vía de cierta longitud (mayor que la de una vía de giro) que conecta dos carreteras para permitir pasar de una a otra. (3.1-IC modif.)
Ramal de transferencia	En un sistema de calzadas centrales y laterales, ramal que permite pasar de una calzada central a una lateral, o de una lateral a una central.
Red arterial	En una población o grupo de poblaciones, conjunto de tramos de carreteras actuales o futuros que establezcan de forma integrada la continuidad y conexión de los distintos itinerarios, o presten el debido acceso a los núcleos de población afectados. (RGC)

Red básica de altas prestaciones

Parte de la red viaria española que comprende las carreteras de gran capacidad actuales y previstas en la planificación del Estado, y los tramos de las redes autonómicas que se atengan a todos los siguientes criterios:

- Servir a los principales flujos de viajeros y mercancías de medio y largo recorrido.
- Tener calzadas separadas y limitación total de accesos.
- Que el tráfico previsto en el año horizonte 2020 sea superior a 4000 veh./día.
- Tener una longitud superior a 30 km.

Además, en aplicación del primer criterio, se tendrán en cuenta los siguientes criterios técnicos de conectividad:

- Conexión de las capitales de provincia y conexión directa de ciudades o áreas metropolitanas de más de 50000 habitantes.
- Conexión y continuidad de los principales itinerarios internacionales.
- Conexión de los puertos y aeropuertos del Estado.
- Continuidad de la red en los itinerarios urbanos y metropolitanos, teniendo en cuenta lo siguiente:
  I. Aprovechamiento de las circunvalaciones más exteriores, en el caso de que existieran, para dar continuidad a los itinerarios que atraviesen núcleos de población de más de 50000 habitantes o capitales de provincia.
  II. Inclusión de los tramos de acceso hasta las rondas exteriores, si es que las hubiera (**SE-30**, **M-40**, etc.), incluyendo dichas rondas en la Red básica siempre que sean de titularidad del Estado o de las Comunidades Autónomas.

Remolque

Vehículo no autopropulsado, diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor. (RGV)

Resguardo

Separación que se deja entre la zona barrida por un vehículo en una curva y el borde de la calzada, para tener en cuenta las variaciones transversales de la trayectoria.

Retranqueo	En una curva de transición, la distancia entre la recta tangente a ella en su punto de curvatura nula, y la circunferencia osculadora a ella en su punto de curvatura máxima.
Semirremolque	Vehículo no autopropulsado, diseñado y concebido para ser acoplado a un automóvil sobre el que reposa parte de aquél transfiriéndole una parte sustancial de su masa. (RGV)
Señal	Cada uno de los elementos comprendido en un conjunto destinado a informar y ordenar la circulación por las carreteras. Las señales pueden ser de contenido fijo o de contenido variable. (8.1-IC)
Señal de contenido variable	Señal cuyo diseño (formas e inscripciones) varía en función de las informaciones que suministra. Están comprendidas entre las señales de orientación incluidas en el grupo de señales de indicación (8.1-IC).
Señalización	Conjunto de señales y órdenes de los agentes de circulación, señales circunstanciales que modifican el régimen normal de utilización de la vía, y balizamiento fijo, semáforos, señales verticales y marcas viales, destinadas a los usuarios de las vías y que tienen por misión advertir e informar a éstos, u ordenar o reglamentar su comportamiento con la necesaria antelación, de determinadas circunstancias de la vía o de la circulación. (Art. 131 RGC)
Servicio público viario	Servicio de uso de infraestructura que prestan los poderes públicos, dirigido a que la movilidad de los vehículos a motor se produzca con seguridad, fiabilidad de tiempos de recorrido, fluidez, y comodidad.
Sistema de calzadas centrales y laterales	Sistema viario con vías separadas para cada sentido de circulación, cada una de las cuales consta de dos calzadas separadas, la central y la lateral, unidas por ramales de conexión.
Sobreancho	Diferencia entre la anchura de la calzada en una curva y en recta, debida al mayor espacio que ocupa un vehículo que circule por la primera si el radio no es muy grande.
Terciana	Franja longitudinal no destinada a la circulación, situada entre dos plataformas separadas por las que se circula en el mismo sentido.
Tramo	Cualquier porción de una vía comprendida entre dos secciones transversales que lo definen.
Tramo urbano	El que discurra por suelo calificado de urbano por el correspondiente instrumento de planeamiento urbanístico. (RGC)

Travesía	Parte de tramo urbano en la que existan edificaciones consolidadas al menos en las dos terceras partes de su longitud, y un entramado de calles con ella al menos en uno de sus márgenes. (RGC)
Trazado	Definición geométrica de la vía. (RGC mod.)
Tren de carretera	Automóvil constituido por un vehículo de motor enganchado a un remolque. (RGV)
Trenzado	Maniobra por la que dos flujos de tráfico del mismo sentido se entrecruzan. La interacción entre dos vehículos combina sucesivamente una convergencia, un tramo (no muy largo) de circulación paralela, y una divergencia, todo ello a una velocidad mayor que la correspondiente a una inserción.
Tronco	Tramo de una calzada, en general largo, que mantiene continuamente las características de su clasificación técnica. Sirve principalmente a los movimientos de paso, aunque las conexiones le permiten atender a salidas o bifurcaciones, y a entradas o confluencias. No incluye los ramales, ni las vías de giro, ni las vías colectoras - distribuidoras.
Turboglorieta	Glorieta simple cuya calzada anular tiene dos carriles, de los que el interior se añade por la izquierda después de alguna de las entradas, pero después de una salida pasa a constituir el carril exterior. La isleta central no es circular, sino que su borde esté formado por una sucesión de arcos de circunferencia no concéntricos, cuyos centros están situados sobre un eje que pasa por el centro de la isleta.
Variante de población	Obra de modernización de una carretera que afecta a su trazado y como consecuencia de la cual se evita o sustituye una travesía o tramo urbano. (RGC)
Vehículo	Artefacto o aparato capaz de circular por vías y terrenos. (RGC)
Vehículo articulado	Automóvil constituido por un vehículo de motor acoplado a un semirremolque. (RGV)
Velocidad de maniobra	Velocidad a la que el movimiento de un vehículo para inscribirse en una trayectoria determinada está determinado exclusivamente por sus dimensiones y maniobrabilidad, y no por consideraciones dinámicas relacionadas con la aceleración centrífuga no compensada por el peralte.
Velocidad de planeamiento ($\mathbf{V_{pl}}$)	En un tramo homogéneo y de longitud no inferior a 2 km, media armónica de las velocidades específicas de sus elementos del trazado en planta. (3.1-IC)

Velocidad de proyecto ($\mathbf{V_p}$)	En un tramo homogéneo y de longitud no inferior a 2 km, velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y de seguridad. (3.1-IC)
Velocidad específica de un elemento del trazado ($\mathbf{V_e}$)	Velocidad que, a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad. (3.1-IC)
Velocidad máxima	La que un precepto general, la señalización fija o las limitaciones físicas de la vía permitan.
Velocidad máxima permitida	La establecida por la señalización vertical específica o, en su defecto, la máxima genérica establecida por la normativa para ese tipo de vía.
Velocidad operativa	Velocidad a la cual se observa o se prevé que circulan los vehículos. Se suele admitir que la velocidad operativa coincide con el percentil 85 de la distribución de las velocidades, es decir: con la velocidad que sólo es rebasada por un 15 % de los vehículos.
Vía	Camino terrestre construido para la circulación rodada. (DRAE modif.)
Vía arterial	Vía urbana o periurbana en la que el tráfico de medio y corto recorrido predomina sobre el tráfico de largo recorrido.
Vía colectora - distribuidora anular	Calzada prioritaria de sentido único y de forma anular de gran tamaño, que conecta varias patas, ramales o vías de servicio mediante una sucesión de intersecciones situadas sobre ella. En ningún caso sirve a las propiedades o edificios colindantes.
Vía colectora - distribuidora (lineal)	Calzada con sentido único de circulación, sensiblemente paralela al tronco de una carretera y contigua a él, aunque separada físicamente, cuyo objeto es independizar de dicho tronco las zonas de conflicto que se originan entre conexiones consecutivas muy próximas. En ningún caso sirve a las propiedades o edificios colindantes. (3.1-IC modif.)
Vía de giro	En una intersección, tramo corto de calzada que sirve para que circulen los vehículos que pasan de un tronco a otro.

Vía de servicio	Camino sensiblemente paralelo a una carretera, respecto de la cual tiene carácter secundario, conectado a ella solamente en algunos puntos, y que sirve a las propiedades o edificios contiguos (RGC). Puede tener sentido de circulación único o doble (3.1-IC). Por sus características, las vías de servicio son elementos funcionales de la carretera y, como tales, no tienen la consideración de carreteras; si bien puede haber carreteras que hagan la función dé la vía de servicio, en cuyo caso prevalece la condición de carretera sobre la de vía de servicio. (O.M. 16/12/1997)
Vía periurbana	Vía situada en un entorno intermedio entre el urbano y el interurbano, en el que hay edificaciones consolidadas al menos en una margen de la vía. En ella el tráfico de agitación es significativo frente al de largo recorrido.
Vía urbana	Cualquiera de las que componen la red interior de comunicaciones de una población, siempre que no se trate de travesías ni formen parte de una red arterial. (RGC)
Visibilidad de cruce	Distancia, medida a lo largo de la trayectoria, necesaria para que un vehículo detenido pueda cruzar una vía prioritaria que intersecta su trayectoria, después de un tiempo invertido en reconocer la presencia de un eventual vehículo prioritario y empezar a acelerar, sin que otro vehículo que circule por la vía prioritaria a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$ de ésta tenga que reducir su velocidad para evitar una colisión con el vehículo que cruza.
Visibilidad de decisión	Distancia medida a lo largo de la trayectoria de un vehículo, necesaria para que su conductor en un entorno viario, que puede estar visualmente congestionado, detecte una fuente de información o un peligro inesperado o difícil de percibir, lo reconozca, valore el riesgo que representa, elija una velocidad y una trayectoria adecuadas y lleve a cabo con seguridad y eficiencia la maniobra necesaria.
Visibilidad de detención	Distancia, medida a lo largo de la trayectoria de un vehículo que circule a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$, necesaria para poder detenerlo sin chocar con un obstáculo situado en su carril, después de un tiempo invertido en reconocer su presencia.

Visibilidad de incorporación	Distancia, medida a lo largo de la trayectoria, necesaria para que un vehículo detenido pueda incorporarse a una vía prioritaria sin que otro vehículo que circule por ésta a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$ de ésta, después de un tiempo invertido en reconocer la presencia del vehículo no prioritario y empezar a frenar, tenga que reducirla por debajo de $\mathbf{V_{50}}$ para evitar una colisión con el vehículo que se incorpora.
Visibilidad de la señalización	Para un mensaje simple, máxima distancia entre el conductor y dicho mensaje, medida a lo largo de la visual, para que el mensaje sea interpretable.
Visibilidad disponible	Distancia, medida a lo largo de la trayectoria del vehículo, entre el ojo de su conductor y un eventual obstáculo o vehículo, sin que la visual se vea interceptada por obstáculos. Asimismo, deben estar libres las visuales dirigidas desde todos los puntos intermedios del recorrido mientras no formen un ángulo superior a 11 gon con el rumbo del vehículo.
Visibilidad necesaria	Distancia, medida a lo largo de la trayectoria de su vehículo, que necesita ver su conductor para poder efectuar ciertas maniobras en determinadas condiciones, en ausencia de vehículos intermedios.
Zona de espera	Zona delimitada para los vehículos que esperan para efectuar una maniobra.
Zona reservada	Zona de la vía cuya utilización está destinada a determinados vehículos de transporte colectivo o, en su caso, a taxis, para efectuar maniobras de estacionamiento o parada, o para la circulación de determinados usuarios.

Anexo #1: Cruce a nivel

Se recomienda que el cruce de una trayectoria prioritaria se haga de manera que otro vehículo que circule por dicha trayectoria a la velocidad $\mathbf{V_{85}}$ no tenga que reducirla para evitar una colisión con el vehículo que cruza. Para ello, el conductor de este último, situado con su vehículo en la línea de detención, tiene que disponer de una visibilidad de cruce **VC** (m) sobre la trayectoria prioritaria, igual a[1]

$$\mathbf{VC} = \frac{\mathbf{V_{85}}}{\mathbf{3{,}6}} \cdot \mathbf{t_c}$$

siendo:

$$\mathbf{t_c} = \mathbf{t_r} + \sqrt{\mathbf{2} \cdot \frac{\mathbf{L + w + d}}{\mathbf{9{,}8} \cdot \left(\mathbf{f} - \frac{\mathbf{i}}{\mathbf{100}} \right)}}$$

$\mathbf{t_c}$ (s) el tiempo (s) que transcurre desde que se inicia la maniobra hasta que la trasera del vehículo que cruza haya librado la trayectoria cruzada.

$\mathbf{t_r}$ (s) el tiempo invertido en decidir si se va a efectuar el cruce o no. Se puede tomar igual a 3 s fuera de poblado y donde sea preciso cruzar de una sola vez una vía con dos trayectorias de sentidos opuestos; y a 2 s en caso contrario.

L (m) la longitud del vehículo que cruza:

- 5 m si es un coche,
- 10 m si es un camión o un autobús, y
- 18 m si es un vehículo articulado.

w (m) la anchura de la trayectoria prioritaria, medida paralelamente a la trayectoria del vehículo que cruza: sólo los carriles (si no hay más que una trayectoria), la calzada (si es única y hay dos trayectorias), una calzada (si hay dos y entre ellas la distancia es inferior a **L**), o las dos calzadas, los arcenes interiores y la mediana (en caso contrario).

d (m) la distancia que el vehículo que cruza debe recorrer desde la línea de detención hasta entrar en el espacio definido por **w**. Se pueden tomar hasta 3 m, aunque en la mayoría de los vehículos es mucho menor.

i (%) (positiva subiendo) la inclinación media de la trayectoria que cruza, desde la línea de detención hasta el final de la trayectoria cruzada.

---

[1] Si **i** = 0, esta fórmula coincide con la del apartado **3.2.5**. de la Norma **3.1-IC** "Trazado".

f el rozamiento medio movilizado durante la aceleración del vehículo que cruza:

- 0,150 si se trata de un coche;
- 0,075 si es un camión o un autobús; y
- 0,055 si es un vehículo articulado.

Anexo #2: Giros a la izquierda

Si el giro a la izquierda termina en un carril central de espera, posibilitado por la presencia de otro destinado al giro opuesto a la izquierda[1], el vehículo que se incorpore detendrá en dicho carril central de espera; y en esa posición, su conductor necesita disponer de una visibilidad necesaria calculada con arreglo a las hipótesis que se exponen a continuación:

- Después de un tiempo $\mathbf{t_{np}}$ invertido en decidir si va a intentar la incorporación o no, acelera hasta alcanzar una velocidad $\mathbf{V_{50}}$; el tiempo $\mathbf{t_a}$ invertido en acelerar, y el camino recorrido $\mathbf{s_a}$, dependen de las prestaciones del conjunto (vehículo + conductor) en materia de aceleración, habida cuenta de la inclinación longitudinal de la rasante.
- Si la aceleración media se considera constante, movilizando un rozamiento $\mathbf{f_a}$ entre las ruedas y el pavimento como en el modelo descrito para el cruce, será

$$\mathbf{t_a} = \frac{\mathbf{V_{50}}}{\mathbf{35{,}32} \cdot \left(\mathbf{f_a} + \frac{\mathbf{i_{np}}}{\mathbf{100}} \right)}$$

$$\mathbf{s_a} = \frac{\left(\mathbf{V_{50}} \right)^2}{\mathbf{254} \cdot \left(\mathbf{f_a} + \frac{\mathbf{i_{np}}}{\mathbf{100}} \right)}$$

  siendo $\mathbf{i_{np}}$ (%) (positiva subiendo) la inclinación media de la rasante en el recorrido.

- Se puede considerar también un movimiento más complejo, en el que la aceleración **a** (m/s^2) no sea constante sino variable con la velocidad **V** (km/h) alcanzada; por ejemplo, que la variación dependa de la velocidad máxima $\mathbf{V_{máx}}$ (km/h) alcanzable por el vehículo en llano:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{V_{máx}} - \mathbf{V}}{\mathbf{11{,}75}} - \mathbf{9{,}81} \cdot \frac{\mathbf{i_{np}}}{\mathbf{100}}$$

  siendo **V** (km/h) su velocidad en ese mismo momento.

[1] Cf. apartado **4.5.3**.

Entonces será

$$t_a = 11{,}75 \cdot \ln \frac{1}{1 - \dfrac{V_{50}}{V_{máx} + 415 \cdot \dfrac{i_{np}}{100}}}$$

$$s_a = 3{,}27 \cdot \left(V_{máx} + 415 \cdot \frac{i_{np}}{100} \right) \cdot \left[\ln \frac{1}{1 - \dfrac{V_{50}}{V_{máx} + 415 \cdot \dfrac{i_{np}}{100}}} - \frac{V_{50}}{V_{máx} + 415 \cdot \dfrac{i_{np}}{100}} \right]$$

- La incorporación del vehículo no prioritario se debe hacer de manera que otro vehículo que circule por la vía prioritaria a una velocidad V_{85} , después de un tiempo t_p invertido en reconocer la presencia del vehículo no prioritario y empezar a frenar, para evitar una colisión con el vehículo que se incorpora no tenga que reducir su velocidad por debajo de V_{50}. El tiempo t_d invertido en decelerar, y el camino recorrido s_d, dependen del modelo elegido para ese movimiento.

  Si, como es habitual, se considera un movimiento uniformemente decelerado en una rasante con una inclinación media i_p (%), movilizando un rozamiento medio f_d entre las ruedas y el pavimento, será

$$t_d = \frac{V_{85} - V_{50}}{35{,}28 \cdot \left(\dfrac{i_p}{100} + f_d \right)}$$

$$s_d = \frac{V_{85}}{3{,}6} \cdot t_p + \frac{V_{85}^2 - V_{50}^2}{254 \cdot \left(\dfrac{i_p}{100} + f_d \right)}$$

- Para que el vehículo prioritario no choque[1] con el que se incorpora, ha de ser:

$$t_{np} + t_a = t_p + t_d$$

$$s_d + m + L \leq VN + s_a$$

[1] Con un cierto margen **m**.

siendo **L** (m) la longitud del vehículo no prioritario.

VN (m) la visibilidad necesaria al principio de la maniobra de inserción. Se mide sobre la trayectoria prioritaria, desde la proyección de la posición inicial del vehículo no prioritario (Fig. **A2-A**).

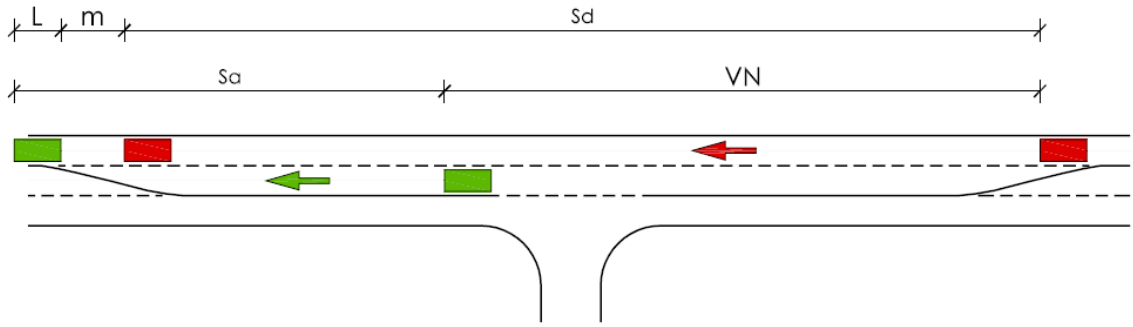


Fig. **A2-A**

Si el giro a la izquierda termina en una convergencia sin ninguna de las disposiciones anteriores, el vehículo que se pretenda incorporar estará detenido en una marca vial de detención[1] (Fig. **A2-B**); y en esa posición, su conductor necesitará disponer de una visibilidad necesaria calculada con arreglo a las mismas hipótesis expuestas para el caso del carril de espera, con la diferencia de que la trayectoria del vehículo que se incorpora tendrá una parte curva[2], a la que le corresponderá un radio que, normalmente, estará próximo al mínimo con el que maniobra el vehículo patrón elegido; su desarrollo será $\mathbf{D_c}$, y su proyección sobre la trayectoria prioritaria será $\mathbf{x_c}$.

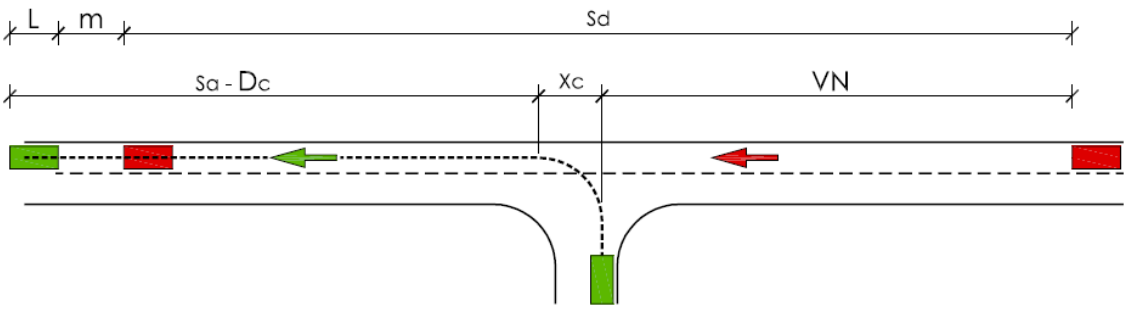


Fig. **A2-B**

En estas condiciones, una de las condiciones anteriores se transforma en

$$\mathbf{s_d + m + L \leq VN + s_a - D_c + x_c}$$

[1] La posición del observador estará retrasada hasta 3 m respecto de la línea de detención, aunque en la mayoría de los vehículos será menor.

[2] La parte correspondiente al giro.

Anexo #3: Giros a la derecha

Donde no haya sitio para disponer un carril de aceleración, y la entrada en la vía prioritaria esté regulada por una señal **R-1** "Ceda el paso", la colocación de un carril lateral de espera para incorporarse desde él a la vía prioritaria desde una posición paralela puede despejar el acceso desde la vía no prioritaria[1]. El conductor del vehículo no prioritario, detenido con su vehículo en el carril de espera, después de un tiempo $\mathbf{t_{np}}$ invertido en decidir (mirando por los retrovisores) si va a intentar la incorporación o no, acelera hasta alcanzar una velocidad $\mathbf{V_{50}}$; el tiempo $\mathbf{t_a}$ invertido en acelerar, y el camino recorrido $\mathbf{s_a}$, dependen de las prestaciones del conjunto (vehículo + conductor) en materia de aceleración, y de la inclinación de la rasante. El planteamiento es análogo al del primer caso del Anexo **#2** (Fig. **A3-A**).

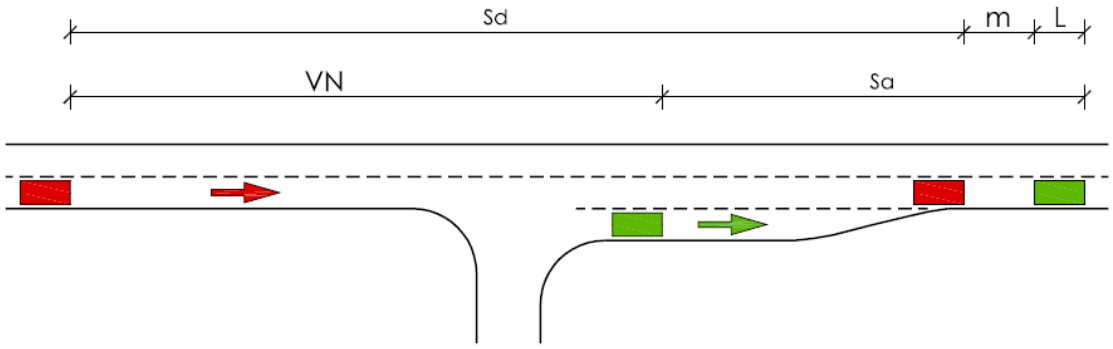


Fig. **A3-A**

Si no hay carril de aceleración ni de espera, el planteamiento es análogo al del segundo caso del Anexo **#2**.

[1] Por ejemplo, para girar a la izquierda desde ella.

Anexo #4: Carriles de cambio de velocidad

a) En una salida de un solo carril, se recomienda que la longitud **L** (m) de un carril de deceleración no sea inferior al menor de los dos límites siguientes:

$$\mathbf{L_C} = 0{,}2896 \cdot \mathbf{T_C} - 785$$

$$\mathbf{L_D} = 0{,}2896 \cdot \mathbf{T_D} - 1\,058$$

siendo: $\mathbf{T_C}$ la intensidad[1] de la circulación por los dos carriles exteriores del tronco, inmediatamente antes del carril de deceleración, en la hora de proyecto del año de su puesta en servicio.

$\mathbf{T_D}$ la intensidad[1] de la circulación por los dos carriles exteriores del tronco, inmediatamente antes del carril de deceleración, en la hora de proyecto del año horizonte.

Estas ecuaciones son válidas siempre que:

- La intensidad de la circulación por los dos carriles exteriores del tronco, inmediatamente antes del carril de deceleración, no sea superior a unos 4400 veh. lig. eq./h. En caso contrario, se recomienda aumentar el número de carriles del tronco antes de la salida.
- La intensidad de la circulación por el tronco antes del carril de deceleración, que incluye a la intensidad de la circulación por la salida, sea superior a la capacidad del tronco. En caso contrario, se recomienda aumentar el número de carriles del tronco antes de la salida.

b) En una entrada de un solo carril, se recomienda que la longitud **L** (m) de un carril de aceleración no sea inferior al menor de los dos límites siguientes:

$$\mathbf{L_C} = 0{,}3756 \cdot \mathbf{T_C} + 0{,}3568 \cdot \mathbf{t_{e,C}} - 1\,064$$

$$\mathbf{L_D} = 0{,}3756 \cdot \mathbf{T_D} + 0{,}3568 \cdot \mathbf{t_{e,D}} - 1\,455$$

siendo: $\mathbf{T_C}$ la intensidad[1] de la circulación por los dos carriles exteriores del tronco, inmediatamente antes de la entrada, en la hora de proyecto del año de su puesta en servicio.

$\mathbf{T_D}$ la intensidad[2] de la circulación por los dos carriles exteriores del tronco, inmediatamente antes de la entrada, en la hora de proyecto del año horizonte.

---

[1] Expresada en vehículos ligeros equivalentes por hora.

[2] Expresada en vehículos ligeros equivalentes por hora.

$t_{e,C}$ la intensidad[1] de la circulación por la entrada, en la hora de proyecto del año de su puesta en servicio.

$t_{e,D}$ la intensidad[2] de la circulación por la entrada, en la hora de proyecto del año horizonte.

Estas ecuaciones son válidas siempre que:

- La intensidad de la circulación por los dos carriles exteriores del tronco, inmediatamente antes de la entrada, no sea superior a unos 4600 veh. lig. eq./h. En caso contrario, se recomienda aumentar el número de carriles del tronco antes de la entrada.
- La intensidad de la circulación por el tronco, inmediatamente antes de la entrada, sumada a la intensidad de la circulación por la entrada, sea superior a la capacidad del tronco. En caso contrario, se recomienda aumentar en una unidad el número de carriles del tronco más allá de la entrada, convirtiendo el carril de aceleración en un carril propio.

[1] Expresada en vehículos ligeros equivalentes por hora.

[2] Expresada en vehículos ligeros equivalentes por hora.

Anexo #5: Zona perturbada antes de una salida

Donde el tronco sólo tenga dos carriles para el sentido considerado, ambos[1] estarán perturbados por la presencia de una salida, desde unos 500 m antes de la *nariz* hasta ésta; y ello con independencia de la configuración de la salida[2], y de la presencia y de la longitud de un eventual carril de deceleración.

Donde el tronco tenga más de dos carriles[3] para el sentido considerado, se puede admitir que la zona del tronco perturbada por la presencia de una salida abarca los dos carriles del tronco situados más a la derecha, y llega desde unos 500 m antes de la *nariz* hasta ésta; y ello con independencia de la configuración de la salida[4], y de la presencia y de la longitud de un eventual carril de deceleración. Por esa zona circulará un tráfico $\mathbf{I_{ZS}}$ (veh. lig. eq./h) formado por todos los vehículos que vayan a salir $\mathbf{I_S}$ (veh. lig. eq./h), y además por una proporción $\mathbf{p_S}$ (%) de la diferencia entre éstos y todos los que circulaban por el tronco ($\mathbf{I_T}$, veh. lig. eq./h) unos 500 m antes de la *nariz*:

$$\mathbf{I_{ZS} = I_S + \frac{p_S}{100} \cdot (I_T - I_S)}$$

siendo: $\mathbf{I_S}$ (veh. lig. eq./h) el tráfico que tomará la salida.

$\mathbf{I_T}$ (veh. lig. eq./h) el tráfico total en el tronco, inmediatamente antes de la zona perturbada.

$\mathbf{p_S}$ (%) la proporción de $\mathbf{I_T}$ - $\mathbf{I_S}$ que se concentra en los dos carriles del tronco situados más a la derecha.

La proporción $\mathbf{p_S}$ está dada por las ecuaciones siguientes:

a) Con tres carriles en el tronco para el sentido considerado:

- Salida de un solo carril, caso general:

$$\mathbf{p_S} = 76{,}0 - 0{,}0025 \cdot \mathbf{I_T} - 0{,}0046 \cdot \mathbf{I_S}$$

- Salida de un solo carril si antes hay, a una distancia $\mathbf{S_A}$ (m), una entrada que aporta una intensidad $\mathbf{I_A}$ (veh. lig. eq./h):

$$\mathbf{p_S} = 71{,}7 - 0{,}00139 \cdot \mathbf{I_T} + 18{,}4 \cdot \mathbf{I_A/S_A}$$

[1] $\mathbf{p_S}$ = 100 %

[2] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[3] Y menos de cinco.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4**.

Esta ecuación sólo es válida si $S_A < S_{eq}$, siendo

$$S_{eq} = \frac{I_A}{0{,}2337 + 0{,}000076 \cdot I_T - 0{,}00025 \cdot I_S}$$

En caso contrario, se utilizará la del caso general.

- Salida de un solo carril si después hay, a una distancia S_D (m), otra salida que se lleva una intensidad I_D (veh. lig. eq./h):

$$p_S = 61{,}6 - 0{,}0021 \cdot I_D + 3{,}8 \cdot I_D/S_D$$

Esta ecuación sólo es válida si $S_D < S_{eq}$, siendo

$$S_{eq} = \frac{I_D}{3{,}79 - 0{,}0001 \cdot I_T - 0{,}0012 \cdot I_S}$$

En caso contrario, se utilizará la del caso general.

- Salida de un solo carril si antes hay, a una distancia S_A (m), una entrada que aporta una intensidad I_A (veh. lig. eq./h); y si después hay, a una distancia S_D (m), otra salida que se lleva una intensidad I_D (veh. lig. eq./h): se tomará la mayor p_S que resulte de aplicar los dos casos anteriores en los que sólo hay una conexión adicional.
- Salida de dos carriles:

$$p_S = 45{,}0$$

b) Con cuatro carriles para el sentido considerado:

- Salida de un solo carril:

$$p_S = 43{,}6$$

- Salida de dos carriles:

$$p_S = 26{,}0$$

Si I_{ZS} rebasa unos 4400 veh. lig. eq./h, se verá excedida la capacidad de la zona perturbada, se formarán colas a su entrada y habrá congestión. También es preciso comprobar que el ramal tiene suficiente capacidad para evacuar la demanda[1] I_S.

La densidad media D_S de la circulación (veh. lig. eq./km por carril) en la zona perturbada por la salida se puede estimar por la fórmula[1]:

[1] Cf. apartado **4.6.4.1**.

$$\mathbf{D_S} = 2{,}642 + 0{,}0053 \cdot \mathbf{I_{ZS}} - 0{,}0183 \cdot \mathbf{L}$$

siendo **L** (m) una distancia igual a:

- En configuraciones del tipo[2] **1-N** y **1-B**, la longitud del carril de deceleración[3].
- En configuraciones del tipo[4] **1-P**, la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.
- En configuraciones del tipo[5] **2-PN**, la suma de la longitud del carril adicional y de la longitud del carril de deceleración.
- En configuraciones del tipo[6] **2-BN**, **2-BP** y **2-BPS**, la longitud del carril de deceleración paralelo correspondiente al carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.

[1] Procedente del Manual de Capacidad 2000.

[2] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[3] Cf. apartado **4.10.1**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[5] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[6] Cf. apartado **3.2.5.4**.

Anexo #6: Zona perturbada después de una entrada

Donde el tronco sólo tenga dos carriles para el sentido considerado, ambos[1] estarán perturbados por la presencia de una entrada, desde la *punta* hasta unos 500 m después de ésta; y ello con independencia de la configuración de la entrada[2], y de la presencia y de la longitud de un eventual carril de aceleración.

Donde el tronco tenga más de dos carriles[3] para el sentido considerado, se puede admitir que la zona del tronco perturbada por la presencia de una entrada abarca los dos carriles del tronco situados más a la derecha, y llega desde la *punta* hasta 500 m más allá de ésta; y ello con independencia de la presencia y de la longitud de un eventual carril de aceleración. Por esa zona circulará un tráfico $\mathbf{I_{ZE}}$ (veh. lig. eq./h) formado por todos los vehículos que hayan entrado $\mathbf{I_E}$, (veh. lig. eq./h), y además por una proporción $\mathbf{p_E}$ (%) de los que circulaban por el tronco $\mathbf{I_T}$ (veh. lig. eq./h) antes de la *nariz*:

$$\mathbf{I_{ZE} = I_E + \frac{p_E}{100} \cdot I_T}$$

siendo: $\mathbf{I_E}$ (veh. lig. eq./h) el tráfico procedente de la entrada.

$\mathbf{I_T}$ (veh. lig. eq./h) el tráfico total en el tronco, inmediatamente antes de la zona perturbada.

$\mathbf{p_E}$ (%) la proporción de $\mathbf{I_T}$ que se concentra en los dos carriles del tronco situados más a la derecha.

La proporción $\mathbf{p_E}$ está dada por las ecuaciones siguientes:

a) Con tres carriles para el sentido considerado:

- Entrada de un solo carril, caso general:

$$\mathbf{p_E} = 57{,}75 + 0{,}0092 \cdot \mathbf{L}$$

siendo **L** (m) una distancia igual a:

- En configuraciones del tipo[4] **1-N**, la longitud del carril de aceleración[5].

---

[1] $\mathbf{p_E}$ = 100 %

[2] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[3] Y menos de cinco.

[4] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[5] Cf. apartado **4.10.1**.

- En configuraciones del tipo[1] **1-P**, la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.
- En configuraciones del tipo[2] **2-PN**, la suma de la longitud del carril de aceleración y de la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.

- Entrada de un solo carril, si antes hay una salida a una distancia $\mathbf{S_A}$ (m**)**:

  $$\mathbf{p_E} = 72{,}89 - 0{,}00135 \cdot (\mathbf{I_T} + \mathbf{I_E}) - 0{,}2048 \cdot \mathbf{V} + 0{,}020 \cdot \mathbf{S_A}$$

  siendo **V** (km/h) la velocidad específica del tronco[3]. Esta ecuación sólo es válida si $\mathbf{S_A} < \mathbf{S_{eq}}$, siendo

  $$\mathbf{S_{eq}} = \mathbf{0{,}0675} \cdot \left(\mathbf{I_T} + \mathbf{I_E}\right) + \mathbf{0{,}46} \cdot \mathbf{L} + \mathbf{10{,}24} \cdot \mathbf{V} - \mathbf{757}$$

  En caso contrario, se utilizará la del caso general.

- Entrada de un solo carril, si después hay una salida con una intensidad de $\mathbf{I_A}$ (veh. lig. eq./h) a una distancia $\mathbf{S_A}$ (m**)**:

  $$\mathbf{p_E} = 54{,}87 + 8{,}01 \cdot \mathbf{I_A}/\mathbf{S_A}$$

  Esta ecuación sólo es válida si $\mathbf{S_A} < \mathbf{S_{eq}}$, siendo

  $$\mathbf{S_{eq}} = \frac{\mathbf{I_A}}{\mathbf{0{,}3596} + \mathbf{0{,}001149} \cdot \mathbf{L}}$$

  y **L** (m) una distancia igual a:

  - En configuraciones del tipo[4] **1-N**, la longitud del carril de aceleración[5].
  - En configuraciones del tipo[6] **1-P**, la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.
  - En configuraciones del tipo[7] **2-PN**, la suma de la longitud del carril de aceleración y de la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.

  En caso contrario ($\mathbf{S_A} > \mathbf{S_{eq}}$), se utilizará la del caso general.

- Entrada de dos carriles:

  $$\mathbf{p_E} = 55{,}5$$

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[2] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[3] Los modelos empleados no contemplaban valores de **V** superiores a 120 km/h.

[4] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[5] Cf. apartado **4.10.1**.

[6] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[7] Cf. apartado **3.2.5.4**.

b) Con cuatro carriles para el sentido considerado:

- Entrada de un solo carril, con una intensidad de $\mathbf{I_E}$ (veh. lig. eq./h):

$$\mathbf{p_E} = 21{,}78 - 0{,}0125 \cdot \mathbf{I_E} + 5{,}887 \cdot \mathbf{L/V}$$

siendo: **V** (km/h) la velocidad específica del tronco en el tramo afectado.

L (m) una distancia igual a:

- En configuraciones del tipo[1] **1-N**, la longitud del carril de aceleración[2].
- En configuraciones del tipo[3] **1-P**, la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.
- En configuraciones del tipo[4] **2-PN**, la suma de la longitud del carril de aceleración y de la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.

- Entrada de dos carriles:

$$\mathbf{p_E} = 20{,}9$$

Si $\mathbf{I_{ZE}}$ rebasa unos 4600 veh. lig. eq./h, se verá excedida la capacidad de la zona, se formarán colas a su entrada y habrá congestión.

La densidad media $\mathbf{D_E}$ de la circulación (veh. lig. eq./km por carril) en la zona perturbada por una entrada se puede estimar por la fórmula[5]:

$$\mathbf{D_E} = 3{,}402 + 0{,}00456 \cdot \mathbf{I_E} + 0{,}000048 \ \mathbf{p_E} \cdot \mathbf{I_T} - 0{,}01278 \cdot \mathbf{L}$$

siendo **L** (m) una distancia igual a:

- En configuraciones del tipo[6] **1-N**, la longitud del carril de aceleración[2].
- En configuraciones del tipo[7] **1-P**, la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.
- En configuraciones del tipo[8] **2-PN**, la suma de la longitud del carril de aceleración y de la longitud del carril adicional o, donde no lo haya, 500 m.

---

[1] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[2] Cf. apartado **4.10.1**.

[3] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[4] Cf. apartado **3.2.5.4**.

[5] Procedente del Manual de Capacidad 2000.

[6] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[7] Cf. apartado **3.2.5.3**.

[8] Cf. apartado **3.2.5.4**.

Anexo #7: Tramo de trenzado

a) Se calculan las velocidades **V** (km/h) de los vehículos suponiendo que el funcionamiento del tramo de trenzado no es restringido. Para ello se emplea la fórmula:

$$V_x = 24 + \frac{V_A - 16}{1 + W_x}$$

donde: el subíndice **x** se puede referir a los vehículos que realizan el trenzado (**x** = **t**) o a los que no lo realizan (**x** = **nt**).

V_A (km/h) es la velocidad libre media de las correspondientes al tronco antes y después del trenzado.

W_x representa la importancia del trenzado, y está dado por:

$$W_x = \frac{a\,(1+R)^b\,(l/N)^c}{(3{,}28\,L)^d}$$

R es la razón entre la intensidad de los vehículos que se trenzan y la total.

l (veh. lig. eq./h) es la intensidad.

N es el número total de carriles en la zona del trenzado.

L (m) es la longitud del trenzado (de la *punta* a la *nariz*).

a, **b**, **c** y **d** están dados por la Tabla **A7-A**.

TABLA **A7-A**

FUNCIONAMIENTO	VEHÍCULOS QUE SE TRENZAN				VEHÍCULOS QUE NO SE TRENZAN			
	a	b	c	d	a	b	c	d
Tipo **A**								
Restringido	0,15	2,2	0,97	0,80	0,0035	4,0	1,3	0,75
No restringido	0,35	2,2	0,97	0,80	0,0020	4,0	1,35	0,75
Tipo **B**								
Restringido	0,08	2,2	0,70	0,50	0,0020	6,0	1,0	0,50
No restringido	0,15	2,2	0,70	0,50	0,0010	6,0	1,0	0,50
Tipo **C**								
Restringido	0,08	2,3	0,80	0,60	0,0020	6,0	1,0	0,60
No restringido	0,14	2,3	0,80	0,60	0,0010	6,0	1,0	0,60

b) Se calcula el número N_T de carriles que se precisa para permitir un trenzado no restringido. Este número puede no resultar entero, puesto que los vehículos que se trenzan y los que no lo hacen comparten algunos carriles. Se puede estimar por las fórmulas de la Tabla **A7-B**.

TABLA **A7-B**

CONFIGURACIÓN	N_T
A	$1{,}21 \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{R}^{0{,}571} \cdot \mathbf{L}^{0{,}234} / \mathbf{V_t}^{0{,}438}$
B	$\mathbf{N} \cdot [0{,}085 + 0{,}703 \cdot \mathbf{R} + 71{,}57/\mathbf{L} - 0{,}0112 \cdot (\mathbf{V_{nt}} - \mathbf{V_t})]$
C	$\mathbf{N} \cdot [0{,}761 + 0{,}047 \cdot \mathbf{R} - 0{,}0036 \cdot \mathbf{L} - 0{,}0031 \cdot (\mathbf{V_{nt}} - \mathbf{V_t})]$

c) Se compara N_T con un número máximo de carriles $N_{T,máx}$ que corresponde a cada configuración, dado por la Tabla **A7-C**. Si el primero es mayor que el segundo, los vehículos que se trenzan no podrán ocupar todos los carriles necesarios para un funcionamiento equilibrado, y el régimen será restringido. Para una configuración del tipo **A**, esta limitación es bastante estricta y refleja la necesidad que tienen los vehículos que se trenzan de acumularse junto al límite de los carriles. El carril trenzado sin cambio de carril propio de las configuraciones **B** y **C** hace que los vehículos que se trenzan puedan ocupar más carriles.

TABLA **A7-C**

CONFIGURACIÓN	$N_{T,máx}$
A	1,4
B	3,5
C	3,0[1]

d) Una vez estimadas las velocidades V_t y V_{nt}, y determinado el tipo de funcionamiento del tramo de trenzado[2], se calcula la velocidad media espacial V_m de todos los vehículos en el tramo:

$$V_m = \frac{l}{\frac{l_t}{V_t} + \frac{l_{nt}}{V_{nt}}}$$

[1] Si una de las conexiones es por la izquierda, se contarán todos los carriles del tronco.

[2] Lo cual puede dar lugar a una repetición de los cálculos de las velocidades.

e) La densidad media **D** (veh. lig. eq./km) en el tramo se calcula por la fórmula

$$\mathbf{D} = \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{N} \cdot \mathbf{V_m}}$$

Anexo #8: Intersecciones con prioridad de paso

1. Estimación de la capacidad

Para estimar la capacidad que tienen los distintos movimientos en la intersección se emplea la fórmula:

$$C = I_P \cdot \frac{e^{-\frac{I_P \cdot T}{3600}}}{1 - e^{-\frac{I_P \cdot t}{3600}}}$$

siendo: **C** la capacidad del movimiento en veh./h.

I_p la intensidad total de los movimientos prioritarios en veh./h.

T el intervalo (en s) entre los vehículos prioritarios que se precisa para hacer el movimiento.

t el intervalo mínimo (en s) entre los vehículos consecutivos que realizan el movimiento.

Para calcular la intensidad total de los movimientos prioritarios para un determinado movimiento no prioritario, se suman las intensidades de los movimientos a los que debe ceder el paso, dadas por la fórmula:

$$I_p = \sum_i f_{pi} I_i$$

: **I_p** la intensidad prioritaria correspondiente al movimiento no prioritario **p** (veh./h).

I_i la intensidad del movimiento **i** (veh./h).

f_{pi} unos factores que figuran en la Tabla **A.8-A**.

Si el cruce de la vía prioritaria se puede hacer en dos etapas por existir una mediana en ella, se calculan separadamente las intensidades prioritarias en cada una de las dos etapas, con la fórmula anterior, siendo los factores **f_{pi}** los que figuran en la Tabla **A.8-B**.

Los intervalos **T** entre los vehículos prioritarios que permiten el paso de un vehículo no prioritario se calculan como:

$$T = T_o + f_p \cdot \frac{P_p}{100} + f_i \cdot \frac{i}{100} f_e - f_s$$

siendo **T_o** el tiempo base (Tabla **A.8-C**).

TABLA **A.8-A**

MOVIMIENTO NO PRIORITARIO p	**MOVIMIENTO PRIORITARIO i**									
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
5	0	0	0	1[1]	1	0	0	0	0	0
6	1[1]	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1/2[2]	1/N[3]	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	1/2[2]	1/N[3]	0	0	0	0	0
8	1/2[2]	1	2	1[1]	1	2	0	0	0	0
11	1[1]	1	2	1/2[2]	1	2	0	0	0	0
9	1/2[2]	1	2	1/2[4]	1/N[3]	2	0	0	1/2	1/2[3]
12	1/2[4]	1/N[3]	2	1/2[2]	1	2	1/2	1/2[5]	0	0

TABLA **A.8-B**

MOVI-MIENTO	**ETAPA**	**MOVIMIENTO PRIORITARIO**									
		1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
8	I	1/2[2]	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	1[1]	1	2	0	0	0	0
11	I	0	0	0	1/2[2]	1	2	0	0	0	0
	II	1[1]	1	2							
9	I	1/2[2]	1	2							
	II	0	0	0	1/2[4]	1/N[3]	2	0	0	1/2	1/2[5]
12	I	0	0	0	1/2[2]	1	2	0	0	0	0
	II	½.[4]	1/N[3]	2	0	0	0	1/2	1/2[5]	0	0

f_p = 1 si la vía prioritaria es de 2 carriles, e

= 2 si es de 4 carriles.

---

[1] Si el giro a la derecha desde la vía prioritario está canalizado y tiene una señal **R-1** "Ceda el paso" antes de incorporarse a la vía no prioritaria, el factor **f** es igual a cero.

[2] Si el giro a la derecha desde la vía prioritaria se hace desde una vía de giro reservada, el factor **f** es igual a cero.

[3] Si hay **N** carriles por sentido en la vía prioritaria el factor **f** se toma igual a 1/**N**, a menos que se conozca mejor el reparto del tráfico por carriles.

[4] Si la vía prioritaria tiene varios carriles por sentido el factor **f** es igual a cero.

[5] Si el giro a la derecha desde la vía no prioritaria está canalizado y tiene una señal **R-1** "Ceda el paso" antes de incorporarse a la vía prioritaria, el factor **f** es igual a cero. Si la vía prioritaria tiene varios carriles por sentido el factor **f** es igual a cero. Si el acceso por la vía no prioritaria está abocinado, el factor **f** se toma igual a 1/2.

P_p es la proporción de vehículos pesados (%).

f_i = 0,1 para los giros a la derecha desde la vía no prioritaria.¡,

= 0,2 para los movimientos de paso y los giros a la izquierda desde la vía no prioritaria, y

= 0 en los demás casos.

TABLA **A.8-C**

MOVIMIENTO	DESDE LA VÍA	T_o		t_o
		VÍA PRIORITARIA		
		2 carriles	4 carriles	
Giro a la izquierda	Prioritaria	4,1	4,1	2,2
Giro a la derecha	No prioritaria	6,2	6,9	3,3
Cruce	No prioritaria	6,5	6,5	4,0
Giro a la izquierda	No prioritaria	2,1	7,5	3,5

i la inclinación de la rasante (%).

f_e = 1 en los movimientos que se realizan en dos etapas, e

= 0 en los movimientos que se realizan en una sola etapa.

f_g = 0,7 para los giros a la izquierda desde la vía no prioritaria en una intersección de 3 patas, e

= 0 en los demás casos.

El intervalo **t** entre los vehículos no prioritarios sucesivos se calcula como:

$$t = T_o + g_p \frac{P_p}{100}$$

siendo: T_o es el tiempo base (Tabla **A.8-C**).

g_p = 0,9 para una vía prioritaria de dos carriles, e

= 1,0 para una vía prioritaria de cuatro carriles.

P es la proporción de vehículos pesados (%).

2. Interferencias entre movimientos no prioritarios

Los movimientos con un nivel de preferencia[1] 3 (movimiento de paso desde la vía no prioritaria) ó 4 (giros a la izquierda desde la vía no prioritaria) deben ceder el paso a los movimientos con un nivel de preferencia 2 (giros a la izquierda desde la vía prioritaria y giros a la derecha desde la vía no prioritaria), los cuales a su vez deben ceder el paso a los movimientos con un nivel de preferencia 1 (movimientos de paso en la vía prioritaria y giros a la derecha desde ella). Por tanto, cuando haya una cola de vehículos esperando un hueco para realizar un movimiento con un nivel de preferencia 2, los vehículos que vayan a realizar movimientos de orden de preferencia 3 ó 4 no podrán hacerlo hasta que haya desaparecido la cola de vehículos con nivel de preferencia 2. Por consiguiente, la capacidad de los movimientos de orden de preferencia 3 ó 4 será menor que la calculada con las expresiones anteriores, y será necesario emplear un factor de corrección.

Este factor de corrección se calcula teniendo en cuenta la probabilidad de que haya una cola para los movimientos de mayor orden de prioridad. Esta probabilidad es, para el movimiento **i**:

$$p_i = 1 - \frac{I_i}{C_i}$$

siendo **i** el índice de los movimientos con un nivel de preferencia 2.

El factor de corrección para un movimiento de nivel de preferencia 3 es:

$$T_p = \prod_i p_i$$

donde: **p** es el índice de los movimientos con un nivel de preferencia 3.

i es el índice de los movimientos con un nivel de preferencia 2, a los que debe ceder el paso el movimiento **p**.

Para los movimientos con un nivel de preferencia 4 hay que tener en cuenta que la probabilidad de que haya una cola en un movimiento con un nivel de preferencia 3 no es independiente de la probabilidad de que haya una cola en los movimientos con un nivel de preferencia 2. Por ejemplo, el movimiento 9 de la Tabla **A.8-A** tiene que ceder el paso a los siguientes movimientos no prioritarios: 3, 6 y 10, con un nivel de preferencia 2, y 11 con un nivel de preferencia 3. Pero el movimiento 11 también tiene que ceder el paso a los movimientos 3 y 6, por lo que la probabilidad de que haya una cola en él dependerá de la probabilidad de que haya una cola en los movimientos 3 y 6. Para obtener el factor **f** correspondiente al movimiento 9 se procedería como sigue:

- Se calcularían las probabilidades de que haya una cola en los movimientos 3, 6, 10 y 11:

$$P_i = (1 - \frac{I_i}{C_i})$$

[1] Cf. apartado **3.2.4.2**.

- Como la cola en el movimiento 11 depende de la situación en los movimientos 3 y 6, lar la probabilidad de que haya una cola en algunos de los tres no se puede obtener simplemente del producto

$$p'' = p_3 \cdot p_6 \cdot p_{11}$$

sino que es necesario introducir una corrección

$$P' = 0{,}65\,P'' - \frac{P''}{P'' + 3} + 0{,}6\sqrt{P''}$$

- Finalmente, hay que tener en cuenta la probabilidad de una cola en el movimiento 10, que no depende de los otros: con lo que el factor de corrección final será:

$$f_a = P' \cdot P_{10}$$

3. Capacidad de carriles compartidos

Si en los accesos a la intersección desde la vía no prioritaria varios movimientos comparten un solo carril, la capacidad total de este carril dependerá de las capacidades que se hayan calculado para dichos movimientos. Sean C_D, C_R, C_I las capacidades calculadas para los giros a la derecha, los movimientos de paso y los giros a la izquierda respectivamente; y sean P_D, P_R, P_I los porcentajes del tráfico correspondientes a cada uno de esos movimientos. La capacidad conjunta del carril es:

$$C = \frac{100}{\frac{P_D}{C_D} + \frac{P_R}{C_R} + \frac{P_I}{C_I}}$$

4. Movimientos no prioritarios con posibilidad de espera en la mediana

Donde la vía prioritaria tiene sus calzadas separadas por una mediana ancha, los movimientos de cruce y los giros a la izquierda desde la vía no prioritaria se pueden hacer en dos etapas, con una espera intermedia en la mediana. En la primera etapa, los vehículos no prioritarios deben ceder paso a los prioritarios que llegan por su izquierda; y en la segunda etapa, a los vehículos prioritarios que llegan por su derecha. Un factor importante para determinar la capacidad es el máximo número de vehículos que pueden esperar en la mediana.

Para determinar la capacidad cuando es posible la maniobra en dos etapas se procede como sigue:

1. Se calcula la capacidad C_m para cada movimiento suponiendo que se hace en una sola etapa.

2. Se calcula la capacidad para cada movimiento en la primera etapa C_1 y en la segunda C_2, teniendo en cuenta los movimientos prioritarios que figuran en la Tabla **A.8-B**.

3. Se calculan los parámetros **a** e **y**:

$$a = 1 - 0{,}32\, e^{-1{,}3\sqrt{m}}$$

$$y = \frac{C_1 - C_m}{C_2 - I_l - C_m}$$

siendo: **m** el máximo número de vehículos que pueden esperar en la mediana.

C_m, C_1 y C_2 las capacidades obtenidas.

I_l la intensidad del giro a la izquierda desde la vía prioritaria más importante.

4. La capacidad para el proceso en dos etapas es:

$$C = \frac{a}{y^{m+1} - 1}\left(y\,(y^m - 1)\,(C_2 - I_l) + (y - 1)\,C_m\right) \qquad \text{si } y > 1$$

$$C = \frac{a}{m + 1}\left(m\,(C_2 - I_l) + C_m\right) \qquad \text{si } y = 1$$

5. Estimación de colas en accesos no prioritarios

Para estimar la cola en un acceso no prioritario, se puede suponer que la distribución de la probabilidad de la longitud de las colas en un acceso en situación de equilibrio (es decir, después de un tiempo relativamente largo funcionando con la misma intensidad de tráfico) viene dada por la expresión:

$$P(\succ n) = \left(\frac{I}{C}\right)^{n+1} \quad \text{siendo } I \prec C$$

La cola que se sobrepasará con una probabilidad del 5% es:

$$q = \frac{\ln 0{,}05}{\ln I/C} - 1 \quad \text{siendo } I \prec C$$

Esta expresión no es válida si $I \geq C$, y da unos valores excesivos de **q** cuando la intensidad está muy cercana a la capacidad: unos valores que sólo se darían si la intersección funcionara congestionada durante largo tiempo. Para tener en cuenta el efecto del tiempo se emplea una expresión aproximada:

$$P(\succ q) = \left(\frac{I - \frac{2q}{t}}{C}\right)^{q+1}$$

siendo **t** el tiempo que la intersección está funcionando con una intensidad **I**. La cola que se sobrepasará con probabilidad del 5 % será:

$$q = \frac{t}{2}\left(I - C \cdot 0{,}05^{\frac{1}{q+1}}\right)$$

Esta expresión es válida para cualquier valor de **I**.

6. Demora en accesos no prioritarios

La demora de los vehículos que llegan a un acceso no prioritario incluye el tiempo que los vehículos están parados esperando un hueco entre los vehículos prioritarios, además del tiempo necesario para frenar al llegar al acceso, y para acelerar al realizar el movimiento deseado. Estos tiempos de deceleración y aceleración pueden estimarse en unos 5 s. En cuanto al tiempo empleado en la espera de un hueco apropiado, se puede estimar que la demora media por vehículo, en una situación de equilibrio (es decir, después de largo tiempo funcionando en las mismas condiciones de tráfico) sería:

$$d = \frac{3.600}{C - I} + 5 \quad \text{si } C \succ I$$

siendo: **d** la demora media (s)

C la capacidad del acceso (veh./h).

I la intensidad en el acceso (veh./h).

La expresión no es válida cuando el acceso total está congestionado, y da unos valores excesivos cuando se aproxima a la congestión: unos valores que solo se alcanzarían si la intersección estuviera funcionando en esas condiciones durante largos períodos de tiempo. Para tener en cuenta el efecto del tiempo **T** transcurrido desde que comenzó el período con un cierto nivel de tráfico se puede emplear la expresión siguiente:

$$d = \frac{3600}{T} \cdot \frac{900}{C} \cdot \left[\frac{I}{C} - 1 + \sqrt{\left(\frac{I}{C} - 1 \right)^2 + \frac{8 \cdot I}{T \cdot C^2}} \right] + 5$$

Si el tiempo **T** es grande resultan las expresiones aproximadas:

$$d \approx \frac{3600}{C - I} + 5 \qquad \text{si } I < C$$

$$d \approx \frac{3600}{C} \left(1 + \frac{\sqrt{TC}}{2}\right) + 5 \qquad \text{si } I = C$$

$$d \approx \frac{3600}{C} \left(1 + \frac{I}{I - C} + (I - C)\frac{T}{2}\right) + 5 \qquad \text{si } I > C$$

7. Colas y demoras en accesos no prioritarios ampliados

Si se amplía la sección de un acceso no prioritario mediante un ensanchamiento, al llegar a la línea de detención los vehículos que giran a la derecha se pueden separar de otros movimientos y ocupar una primera posición en la cola de espera. Esta disposición aumenta la capacidad del acceso, respecto de la que se conseguiría con un acceso de un solo carril en la línea de detención; pero será menor que la que se conseguiría si cada movimiento tuviera un carril independiente.

Para determinar la capacidad en estas condiciones se puede seguir el procedimiento siguiente:

a) Se calcula la capacidad C_o del acceso suponiendo que tiene un solo carril.

b) Se calcula la capacidad para los distintos movimientos en el acceso suponiendo que cada uno emplea un carril separado. Si C_D, C_R, C_I son las capacidades para el giro a la derecha, el movimiento de paso y el giro a la izquierda, la capacidad total es:

$$C_M = C_D + C_R + C_I$$

c) Se calculan las colas que se producirían en cada movimiento suponiendo que cada uno dispusiera de un carril independiente. Para ello se calculan las demoras medias por vehículo d_D, d_R, d_I para el giro a la derecha, el movimiento de paso y el giro a la izquierda, y las colas serán:

$$q_D = \frac{I_D \, d_D}{3600}$$

$$q_R = \frac{I_R \, d_R}{3600}$$

$$q_I = \frac{I_I \, d_I}{3600}$$

Se elige la cola mayor de la tres, q_M.

d) Sea **n** el número máximo de vehículos que pueden esperar en el ensanchamiento del acceso. La capacidad del acceso ensanchado será:

$$C = (C_M - C_0)\frac{n}{q_M} + C_o \qquad \text{si } n < q_m$$

$$C = C_M \qquad \text{si } n > q_m$$

8. Demoras en la vía prioritaria

Al calcular la capacidad de los giros a la izquierda desde la vía prioritaria se ha supuesto que se realizan desde un carril adicional central de espera, independiente de los carriles para los movimientos de paso. Si el giro a la izquierda se realiza desde el mismo carril que los movimientos de paso y los giros a la derecha, la probabilidad de que se formen colas en la vía prioritaria debidas a los vehículos que giran a la izquierda se puede admitir que está dada por la expresión:

$$P = \frac{I_I / C_I}{1 - \frac{I_R}{C_R} - \frac{I_D}{C_D}}$$

siendo:

I_I la intensidad del giro a la izquierda.

I_R la intensidad del movimiento de paso.

I_D la intensidad del giro a la derecha.

C_I la capacidad del giro a la izquierda (calculada como si fuera desde un carril de espera).

C_R, C_D las capacidades de los movimientos de paso y del giro a la derecha.

Si el giro a la izquierda desde la vía prioritaria se realiza desde un carril compartido con el resto del tráfico se pueden producir demoras para otros vehículos que circulen por la vía prioritaria. Para estimar estas demoras se puede seguir el siguiente procedimiento:

a) Se obtiene la probabilidad $\mathbf{P_o}$ de que el carril desde donde se hace el giro a la izquierda quede ocupado por un vehículo esperando, empleando la fórmula expuesta más arriba.

b) Se calcula la demora media $\mathbf{d_I}$ para los vehículos que giran a la izquierda desde la vía prioritaria.

c) La demora media para los vehículos prioritarios se calcula con:

$$\mathbf{d = \frac{P_o \cdot d_I \cdot \frac{I_R}{N}}{(I_R + I_D)}} \qquad \text{si } \mathbf{N} > 1$$

$$d = P_o \; d_I \qquad \text{si } \mathbf{N} = 1$$

siendo:

N el número de carriles en la vía prioritaria.

$\mathbf{I_R}$, $\mathbf{I_D}$ las intensidades de los movimientos de paso, o de los giros a la derecha desde la vía prioritaria.

9. Niveles de servicio

Para definir el nivel de servicio de los distintos accesos se emplea la demora media por vehículo, siendo los valores máximos compatibles con cada nivel los dados por la Tabla **A.8-D**.

TABLA **A.8-D**

DEMORA MÁXIMA (s) **POR VEHÍCULO**	**NIVEL DE SERVICIO**
10	**A**
15	**B**
25	**C**
35	**D**
50	**E**

Anexo #9: Intersecciones con semáforos

1. Datos iniciales

Se empieza por suponer que se trata de una intersección aislada, de tres o cuatro patas. En cada uno de ellos es necesario conocer:

- El número de carriles y su anchura.
- Los movimientos permitidos (paso, giro a la derecha, giro a la izquierda).
- Los carriles para los movimientos de giro: su anchura y longitud.
- La presencia de pasos para peatones.
- La intensidad y la composición del tráfico en la hora de proyecto en todos los accesos, y su distribución entre los distintos movimientos posibles.
- La velocidad cerca de los accesos.

Conocidas las intensidades del tráfico en los accesos y el número de carriles en ellos, se determina la intensidad en cada uno de los carriles del acceso, en vehículos equivalentes por hora. Como vehículo patrón se considera un coche que realiza un movimiento de paso. Para tener en cuenta el efecto de los vehículos que giran, y el de los vehículos pesados se emplean unos factores de equivalencia. Se puede suponer que cada vehículo pesado equivale a 2 coches.

2. Intensidades por carril en los accesos

2.1 Giros a la derecha

Los giros a la derecha se pueden realizar desde unos carriles reservados para el giro o desde el carril derecho del acceso, compartido con el movimiento de paso. El tráfico $\mathbf{I'_D}$ en vehículos equivalentes será:

$$\mathbf{I'_D = I_D \cdot f_D}$$

siendo: $\mathbf{I_D}$ la intensidad del giro a la derecha (en vehículos reales)

$\mathbf{f_D}$ el factor de equivalencia del giro a la derecha. Se puede suponer que cada coche que gira a la derecha equivale a 1,18 coches de paso (1,33 en vías de giro con dos carriles).

En los carriles reservados para el giro, la intensidad por carril es:

$$\mathbf{i_D = \frac{I'_D}{N_D}}$$

siendo $\mathbf{N_D}$ el número de carriles de giro.

2.2 Giros a la izquierda

2.2.1 Factores de equivalencia

Hay que tener en cuenta las condiciones en las que se realizan los giros, distinguiendo entre:

- Los giros **protegidos**: son los que se realizan desde una vía de giro reservada, en una fase especial que detiene a los demás vehículos que podrían entrar en conflicto con los que giran.
- Los giros **permitidos**: son los que se realizan mientras se mueve el tráfico que circula en sentido opuesto y que tiene preferencia de paso, aprovechando los huecos entre los sucesivos vehículos. Este tipo de giro se puede hacer desde una vía de giro reservada o desde un carril compartido con el movimiento de paso, lo cual puede producir retenciones en dicho carril.
- Los giros **sin oposición**: son los que se realizan sin una fase especial del semáforo, pero que no tienen que ceder el paso al tráfico en sentido opuesto, como puede ocurrir en las intersecciones *en* ***T***, en vías de sentido único, o donde se emplean fases independientes del semáforo para cada acceso a la intersección.

Si el giro a la izquierda se hace sin tener en cuenta a los vehículos que circulan en sentido contrario (en un giro protegido en el que es necesario cruzar los carriles que utilizan los vehículos que circulan en sentido opuesto), cada coche que gira a la izquierda equivale a:

- 1,05 coches de paso para giros desde vías de giro de un carril o desde carriles compartidos con el movimiento de paso.
- 1,09 coches de paso en una vía de giro con dos carriles.

Donde no sea necesario cruzar los carriles que utilizan los vehículos que circulan en sentido opuesto (en un giro sin oposición) el factor de equivalencia será el mismo que para los giros a la derecha:

- 1,18 para los giros desde vías de giro de un carril o desde carriles compartidos con el movimiento de paso.
- 1,33 para los giros desde vías de giro de dos carriles.

Si el giro a la izquierda se ha de realizar mientras circulan los vehículos en sentido contrario, aprovechando los huecos entre ellos (giro permitido), el factor de equivalencia de los vehículos que giran a la izquierda se puede estimar como la razón entre la capacidad del carril de paso durante la fase verde, y la capacidad del mismo para girar a la izquierda entre los huecos del tráfico opuesto:

- Desde un carril reservado para el giro:

$$e_1 = \frac{S}{S_1^I}$$

- Desde un carril compartido por los giros a la izquierda y los movimientos de paso:

$$e_2 = \frac{S}{S_2^I} - 1$$

siendo:

S la capacidad de un carril para movimientos de paso (1900 veh. lig. eq./h)

S^I_1, S^I_2 la capacidad de un carril para girar a la izquierda:

- Carril reservado para el giro:

$$S_1^I = \frac{I_o \, e^{-\frac{I_o}{800}}}{1 - e^{-\frac{I_o}{1440}}}$$

- Carril compartido por los giros a la izquierda y los movimientos de paso:

$$S_2^I = \frac{I_o \, e^{-\frac{I_o}{800}}}{1 - e^{-\frac{I_o}{800}}}$$

I_o la intensidad horaria del tráfico opuesto (veh. lig. eq./h)

2.2.2 Intensidades por carril

En los giros **protegidos** o **sin oposición**, el tráfico en vehículos equivalentes será:

$$I'_I = I_I \cdot f_I$$

siendo: I'_I la intensidad del giro a la izquierda, expresada en vehículos ligeros equivalentes.

I_I la intensidad real del giro a la izquierda.

f_I el factor de equivalencia de giro a la izquierda.

Se calcula la intensidad por carril como:

$$i_I = \frac{I'_1}{N}$$

siendo N_I el número de carriles de la vía de giro reservada. Si el giro es sin oposición, N_I = 1.

Para los giros **permitidos**, en primer lugar es necesario comprobar si es posible realizarlos giros sin recurrir a una fase especial. Si se decide no emplear fases especiales, hay que tener en cuenta que los vehículos que vayan a girar a la izquierda y deban esperar un hueco en el tráfico en el sentido opuesto reducirán la capacidad de los movimientos de paso. Para tener en cuenta este efecto se necesita conocer los factores de equivalencia de los vehículos que giran a la izquierda en esas condiciones. En cuanto a la intensidad por carril se tendrá:

$$\mathbf{i_I} = 0$$

2.3 Movimientos de paso

Por los carriles de un acceso destinados a los movimientos de paso circularán tanto estos movimientos, como los giros a la derecha e izquierda donde no haya vías especiales para los giros. Por tanto la intensidad total en estos carriles será:

$$I_T = I_R + I_D \cdot G_D + I_I \cdot G_I$$

siendo: $\mathbf{I_T}$ la intensidad total en los carriles para los movimientos de paso.

$\mathbf{I_R}$ la intensidad del movimiento de paso.

$\mathbf{I_D}$ e $\mathbf{I_I}$ las intensidades de los giros a la derecha y a la izquierda, en vehículos ligeros equivalentes.

$\mathbf{G_D}$ = 0 si hay una vía reservada para girar a la derecha.

$\mathbf{G_D}$ = 1 en los demás casos.

$\mathbf{G_I}$ = 0 si el giro a la izquierda está permitido o protegido.

$\mathbf{G_I}$ = 1 si el giro a la izquierda se realiza sin tráfico opuesto.

La intensidad por carril en los carriles para los movimientos de paso será:

$$\mathbf{i_R = \frac{I_T}{N_R \cdot f}}$$

siendo: $\mathbf{N_R}$ el número de carriles para el movimiento de paso

f un factor de corrección para tener en cuenta el efecto de los giros a la izquierda permitidos. Se toma igual a 1 si el giro a la izquierda está protegido por una fase especial, o se realiza desde una vía reservada, o se realiza sin oposición. Si el giro a la izquierda está permitido y se realiza desde un carril compartido con el movimiento de paso,

$$\mathbf{f = N_R - 1 + X/N_R}$$

siendo:

para $\mathbf{N_R} > 1$ $$\mathbf{X = máx\left[\left(e^{-N_R \cdot I_I \cdot \frac{e_2}{600}}\right), \left(e^{-\frac{I_I}{30}}\right)\right]}$$

para $N_R = 1$ $$X = e^{-0,02\cdot(e_2+10\cdot P_i)\cdot\frac{I_I}{30}}$$

Para cada acceso se obtiene la máxima intensidad por carril i_T:

$$i_T = \text{máx}\ (i_R,\ i_D,\ i_I)$$

i_D se tendrá en cuenta solamente si hay una vía reservada para girar a la derecha; i_I se tendrá en cuenta solamente si hay una vía reservada para los giros a la izquierda que se mueven sin oposición.