

## CAPÍTULO 10. NUDOS.

### 10.1 GENERALIDADES.

Se denomina nudo a la zona en la que existe cualquier tipo de concurrencia espacial de dos o más vías que implique la posibilidad de pasar de una a las otras. Incluye los ramales de enlace, las vías de giro y, eventualmente, las intersecciones para pasar de una carretera a otra.

Se clasifican en:

- Intersecciones, cuando todos los movimientos se realicen al mismo nivel.
- Enlaces, cuando al menos un (1) movimiento se realice a distinto nivel.

En autopistas y autovías solo se proyectarán enlaces; en el resto de carreteras la selección inicial entre intersección y enlace se confirmará con el correspondiente estudio.

Deberán analizarse las condiciones de explotación de los nudos, distinguiendo entre:

- Circunstancias ordinarias, en las que los vehículos circularían sin salirse de los carriles básicos o adicionales. Las circunstancias ordinarias corresponden a la circulación de vehículos con las dimensiones del vehículo patrón característico del nudo.
- Circunstancias extraordinarias, en las que los vehículos circularían ocupando total o parcialmente los arcenes y las isletas montables, debiéndose incluir en el proyecto el diseño de la pertinente señalización que lo permita. Las circunstancias extraordinarias corresponden a la circulación de vehículos de mayores dimensiones que las del vehículo patrón característico para los elementos del nudo que lo requieran.

Se garantizará la existencia en todas las calzadas (ramales de enlace, vías de giro, vías colectoras - distribuidoras, etc.) de las visibilidades requeridas y, en todo caso, de la visibilidad de parada.

Salvo que se realice un estudio específico, los vehículos patrón característicos que determinarán el diseño geométrico mínimo de los nudos serán los definidos en las Tablas 10.1 y 10.2. En esta última tabla se establecen las posibles situaciones de circulación de vehículos, en función del número de carriles de la calzada anular y de la existencia o inexistencia de dichos vehículos, lo que puede condicionar las circunstancias de explotación de las glorietas. En los tramos urbanos y periurbanos se tendrá en cuenta, además, la posible existencia de autobuses articulados (Anexo 3).

TABLA 10.1.

## VEHÍCULOS PATRÓN CARACTERÍSTICOS EN NUDOS (EXCEPTO EN GLORIETAS).

| CIRCUNSTANCIAS DE LA EXPLOTACIÓN              |  | ORDINARIAS   |
|---|--|--|
| Autopistas y<br>autovías                      | Enlaces entre autopistas y/o autovías  | Tren de carretera  |
|   | Enlaces en autopistas y/o autovías que permiten el cambio de sentido o que conectan con carreteras convencionales con accesos a núcleos industriales o comerciales |  |
|   | Intersecciones que forman parte de un enlace en autopistas y/o autovías en otras circunstancias  | Vehículo articulado  |
| Carreteras<br>convencionales<br>y multicarril | Enlaces  | Vehículo articulado  |
|   | Intersecciones en C-100, C-90 y C-80   | Vehículo articulado  |
|   | Intersecciones en C-70, C-60, C-50 y C-40  | Camión ligero  |
|   | Accesos  | Según la función a desempeñar por las vías que se conectan |

TABLA 10.2.

## VEHÍCULOS PATRÓN CARACTERÍSTICOS EN GLORIETAS.

| CIRCUNSTANCIAS DE LA EXPLOTACIÓN             |  | ORDINARIAS                                   |   |
|--|--|--|---|
| Calzada anular de un carril<br>(Situación I) | Inexistencia de vehículos pesados                                    | Furgón                                       |   |
|  | Proporción significativa de vehículos pesados, que no sean autobuses | Vehículo articulado                          |   |
|  | Proporción significativa de autobuses                                | Autobús rígido                               |   |
| Calzada anular de dos carriles               | Inexistencia de vehículos pesados<br>(Situación II)                  | 2 turismos simultáneamente                   |   |
|  | Intensidad significativa de vehículos pesados                        | Inexistencia de autobuses<br>(Situación III) | Vehículo articulado + turismo (simultáneamente) |
|  |  | Existencia de autobuses<br>(Situación IV)    | Autobús rígido + turismo (simultáneamente)      |

## 10.2 CONCEPCIÓN Y ELECCIÓN DE UN NUDO.

En la concepción de un nudo se deberá tener en cuenta:

- Consideración del nudo como perteneciente a un sistema dentro de la red viaria, evitando configuraciones complejas y atípicas, que representen falta de uniformidad en los itinerarios.
- Ordenación de la circulación y muy especialmente de la señalización, que deberán ser tenidas en cuenta desde la etapa inicial del diseño.
- Evolución temporal (entorno y demanda), para que no se impida su posible y futuro acondicionamiento.
- Condicionantes debidos a movilidad, accesibilidad, seguridad de la circulación, medioambiente y coste.
- Factores, criterios y parámetros de diseño que proporcionan, para cada clase de carretera, un adecuado nivel de servicio.

- Capacidad y nivel de servicio de todos los elementos del nudo en distintos escenarios posibles (presentes y futuros), considerando aceptable el nivel C en el año horizonte y excepcionalmente el nivel D.
- Interacciones entre vehículos, considerando su tipo, puntos de conflicto, elementos que definan zonas no destinadas a la circulación, ordenación de la circulación especialmente en cruces, así como las conexiones y los accesos.
- Elección del vehículo patrón característico, considerando:
  - Condiciones de explotación en circunstancias ordinarias y extraordinarias según la clase de las carreteras concurrentes.
  - Función en la red viaria correspondiente.
  - Radio mínimo de giro de la trayectoria del centro de su eje director delantero a velocidades de maniobra y moderada (para definir los bordes de la calzada, que se referirán a su centro para velocidades normales).
- Acomodación, limitaciones y comportamiento de usuarios especiales:
  - Vehículos de transporte colectivo.
  - Usuarios vulnerables, en especial motociclistas, ciclistas y peatones.
  - Usuarios no habituales o relativamente inexpertos.
- Preservación o mejora de las características de trazado de los movimientos de paso, debiendo ser claramente perceptible la continuidad del itinerario y manteniendo el nivel de servicio en los tramos afectados por la perturbación presencial del nudo. Para ello se deberá:
  - Favorecer su percepción por los conductores.
  - Cruzar las demás trayectorias con el número de carriles básicos necesarios, justificando adecuadamente su posible incremento donde haya cambios significativos en la intensidad de tráfico.
  - Equilibrar el número de carriles de las vías que concurren en el nudo y de las vías de giro o ramales de enlace que conecten.
- Resolución de las maniobras de giro a la derecha y a la izquierda eligiendo configuraciones que evidencien los movimientos permitidos y dificulten los movimientos prohibidos.

Para elegir el tipo de nudo a proyectar, se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar las morfologías funcionalmente viables, que serán enjuiciadas a través de las ventajas e inconvenientes de cada tipo de nudo aplicando criterios referentes a la clase de carretera, a la ordenación de los cruces, a la capacidad y a los niveles de servicio.

2. Realizar un dimensionamiento previo de las soluciones posibles, llevando a cabo para cada una de ellas un análisis funcional y un estudio de la viabilidad de su señalización.

El análisis funcional deberá estudiar:

- Capacidad y nivel de servicio.
  - Aspectos relacionados con el diseño, sus características y la coherencia del mismo.
  - Facilidad o dificultad de su explotación.
  - Continuidad de itinerarios.
  - Ensayo de cada ruta aislando las trayectorias posibles.
  - Aspectos relacionados con la iluminación (en su caso).
3. Realizar un estudio detallado de las soluciones seleccionadas anteriormente desde el punto de vista de la seguridad, del coste y del impacto ambiental.
  4. Determinar la solución más ventajosa.

### 10.3 DELIMITACIÓN FÍSICA, ZONAS DE INFLUENCIA Y CENTROS DE UN NUDO.

Para conocer y tener en cuenta cómo y dónde influyen las características de un nudo, se deberá realizar su delimitación física y definir sus zonas de influencia y sus centros.

La delimitación física del nudo (Figura 10.1) se definirá:

- En carreteras de calzadas separadas para cada calzada:
  - Por la sección característica de ancho nulo del carril de cambio de velocidad inicial del nudo.
  - Por la sección característica de ancho nulo del carril de cambio de velocidad final del nudo.
  - Por la sección característica de ancho nulo del carril de convergencia o divergencia si el estudio de tráfico y, en especial, el de los niveles de servicio exige aumentar la longitud del carril de cambio de velocidad.
- En carreteras convencionales:
  - Por la sección característica de ancho nulo inicial o final del primer carril o cuña de cambio de velocidad que exista en cualquiera de los carriles de la calzada.

Las zonas de influencia de un nudo se situarán:

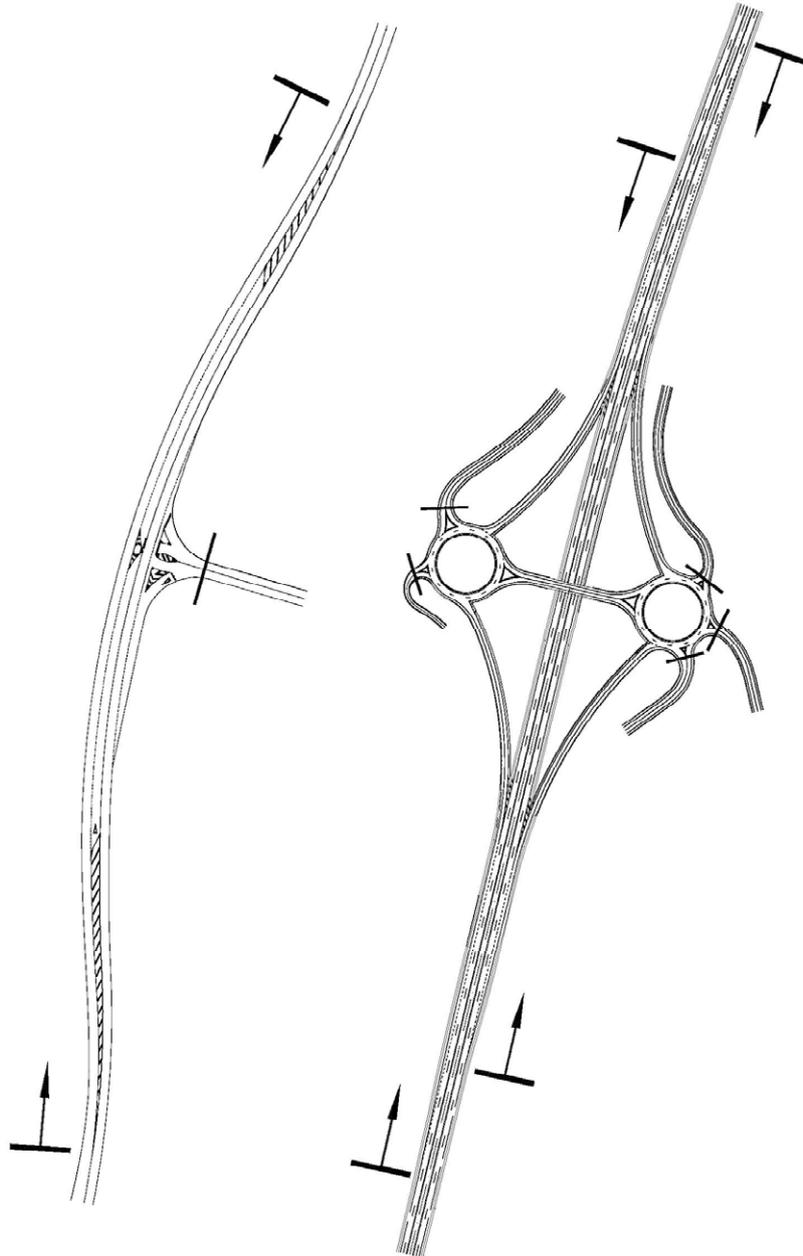
- En carreteras de calzadas separadas para cada calzada:
  - En la sección ubicada a doscientos cincuenta metros (250 m) de la sección característica inicial del carril de cambio de velocidad inicial del enlace.
  - En la sección ubicada a doscientos cincuenta metros (250 m) de la sección característica final del carril de cambio de velocidad final del enlace.
  - En la sección ubicada a doscientos cincuenta metros (250 m) del carril de convergencia o divergencia si el estudio de tráfico y, en especial, el de los niveles de servicio exige aumentar la longitud del carril de cambio de velocidad.
- En carreteras convencionales:
  - En la sección ubicada a doscientos cincuenta metros (250 m) de la sección característica de ancho nulo inicial o final del primer o último carril o cuña de cambio de velocidad que exista en cualquiera de los carriles de la calzada.

Las zonas de influencia elementales de convergencias, divergencias y trenzados se indican en la Figura 10.2.

El centro del nudo, para cada calzada, se situará en el punto medio del segmento definido por los extremos exteriores de las zonas de influencia de dicha calzada.

FIGURA 10.1.

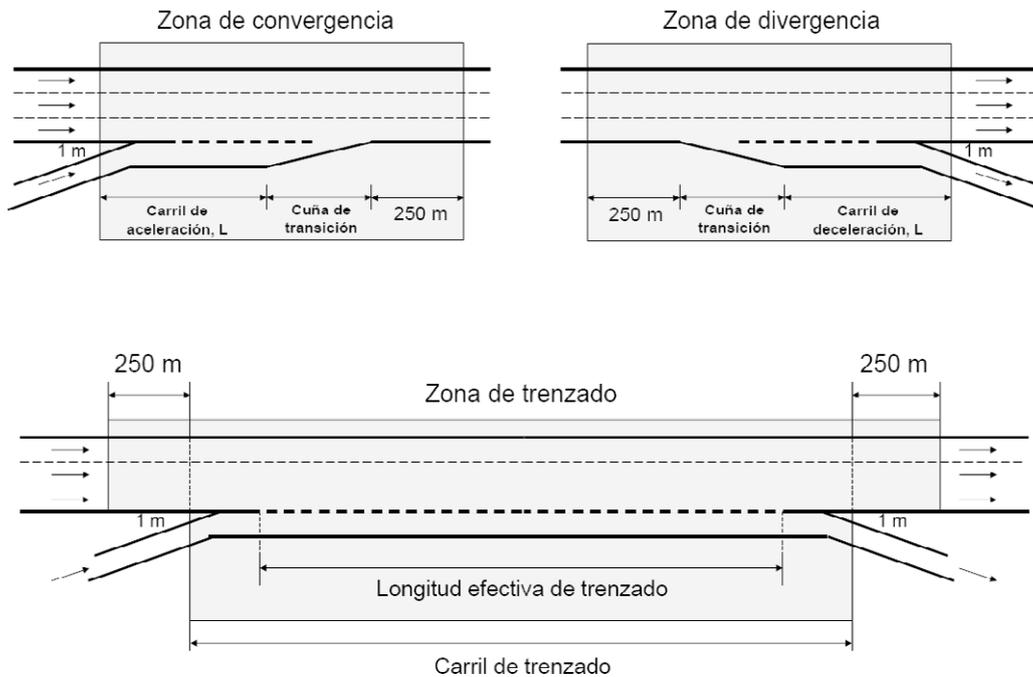
## DELIMITACIÓN FÍSICA DE UN NUDO.



La sección característica (SC) para delimitar el nudo se define, para las intersecciones, en las Figuras 8.4 y 8.5.

FIGURA 10.2.

## DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE INFLUENCIA ELEMENTALES.



## 10.4 TRAZADO DEL NUDO.

Se exponen en este apartado aspectos comunes para el diseño de cualquier tipo de nudo al margen de los aspectos específicos de cada uno de ellos, que serán definidos individualmente en los apartados 10.5, 10.6 y 10.7.

Se hará referencia, no obstante, a determinados elementos específicos de cada tipo de nudo: vías de giro en las intersecciones y ramales en los enlaces, considerando, separadamente, las singularidades de las glorietas.

Los elementos que constituyen un nudo, así como las vías que concurren en él, deberán cumplir las exigencias de visibilidad indicadas en el apartado 3.2.

## 10.4.1 TRAYECTORIAS.

Cuando la velocidad de proyecto ( $V_p$ ) sea menor o igual que cincuenta kilómetros por hora ( $\leq 50$  km/h) las alineaciones del trazado en planta se referirán a la trayectoria del centro del eje director delantero del vehículo patrón característico (Tablas 10.1 y 10.2) y a partir de ella se obtendrán los bordes del carril, definiendo el espacio barrido por dicho vehículo y estableciendo una holgura: la esquina delantera exterior y la rueda o la esquina trasera interior no pasarán a menos de cincuenta centímetros ( $\geq 50$  cm) de dichos bordes, con un mínimo de absoluto de treinta centímetros ( $\geq 30$  cm).

Este procedimiento se podrá utilizar asimismo en carreteras con velocidad de proyecto ( $V_p$ ) mayor que cincuenta kilómetros por hora ( $> 50$  km/h) y cuando se necesite un grado de precisión elevado.

El sobreechanco en curvas de los carriles no se obtendrá, en ningún caso, disminuyendo el ancho de los arcenes.

El caso particular de las glorietas se trata en el apartado 10.6.

#### 10.4.2 EMPLAZAMIENTO.

Los nudos se deberán disponer, preferentemente, en alineaciones rectas, evitándose así problemas de visibilidad, orientación, conflictividad a nivel, configuración del peralte y señalización.

#### 10.4.3 TRAZADO EN PLANTA.

Las condiciones que cumplirá el trazado en planta de los elementos que constituyen un nudo son:

- La ley de variación de la curvatura con el recorrido será lo más regular posible.
- En trayectorias que no tengan inflexiones, la planta constará de una (1) circunferencia con curvas de acuerdo, simétricas o no.
- En trayectorias que tengan inflexiones, la planta constará de una sucesión de curvas en S con curvas de acuerdo, simétricas o no.
- Las curvas en planta de radio mínimo al final de pendientes muy inclinadas serán objeto de un estudio especial. Se considerará pendiente muy inclinada aquella en la que los valores de la inclinación sobrepasen los correspondientes a las inclinaciones máximas que para carreteras convencionales se indican en el epígrafe 5.2.1.
- En los extremos de las vías de giro y de los ramales de enlace, la pendiente transversal deberá ser tal que la calzada correspondiente sea prolongación de la adyacente de la que se separa o a la que se acerca.
- El peralte en los ramales de enlace cumplirá las condiciones impuestas en el epígrafe 4.3.3 para las carreteras convencionales.
- El peralte en las vías de giro canalizadas cumplirá los valores de la Tabla 10.3.
- Se procurará que el peralte en las vías de giro no canalizadas no exceda del dos por ciento ( $\neq 2$  %) debiéndose efectuar un estudio tridimensional.
- Se dispondrán, en general, curvas de acuerdo entre las curvas circulares y las alineaciones contiguas, con los parámetros correspondientes a la velocidad a la que

se recorre la trayectoria y su radio. Si no fuese posible se analizarán otras combinaciones descritas en el Anexo 4. Se estudiará el peralte en las zonas no afectadas por la contigüidad de la calzada adyacente.

TABLA 10.3.

## PERALTE EN VÍAS DE GIRO CANALIZADAS.

| RADIO<br>(m)  | PERALTE<br>(%)     |
|---------------|--------------------|
| $R \leq 30$   | 2                  |
| $30 < R < 50$ | $\frac{R - 22}{4}$ |
| $R \geq 50$   | 7                  |

## 10.4.4 TRAZADO EN ALZADO.

Salvo limitaciones más restrictivas relativas al tipo de nudo, la inclinación de la rasante de cualquiera de las vías que concurren en un nudo no será mayor que el siete por ciento ( $\neq 7\%$ ). Cuando los vehículos tengan que detenerse por perder la prioridad, se procurará que dicha inclinación se limite al tres por ciento ( $\leq 3\%$ ) en los veinticinco metros (25 m) anteriores a la zona de posible detención. Estos valores podrán ser superados en carreteras de montaña, en carreteras que discurren por espacios naturales de elevado interés ambiental o de acusada fragilidad y en otras carreteras cuyo coste sea desproporcionado.

En general y salvo justificación en contrario, se mantendrá la rasante de la vía prioritaria y se ajustará la de la no prioritaria para acoplarse a la plataforma de aquella, sin reducir la visibilidad. Será admisible una variación pequeña de la pendiente transversal de la vía prioritaria (0,5 - 3 %) para mejorar la rasante de la vía no prioritaria, cuando no se afecte al drenaje superficial y a la comodidad de la circulación.

## 10.4.5 COORDINACIÓN PLANTA-ALZADO.

La combinación del trazado en planta con el trazado en alzado en las zonas de influencia de un nudo y dentro del mismo deberá corresponder a unas trayectorias, materializadas en carriles, que deberán ser:

- Visibles con suficiente antelación.
- Perceptibles para la toma de decisión.
- Consistentes con los tramos contiguos.

El diseño de las vías que concurren en el nudo no se hará considerando simultáneamente parámetros mínimos en planta y alzado.

Se deberá realizar una simulación del trazado obtenido a través de las diferentes trayectorias posibles en el nudo para comprobar la coordinación entre elementos y, en particular, la percepción por el conductor de la señalización.

#### 10.4.6 SECCIÓN TRANSVERSAL.

El ancho de los ramales de enlace cumplirá los valores indicados en la Tabla 7.1 con las siguientes puntualizaciones adicionales:

- Ramales de enlace de sentido único:
  - Ancho del carril en ramal de un carril: Cuatro metros (4,00 m) y, en curvas, tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) más el sobreebanco correspondiente con un valor mínimo de cuatro metros ( $\geq 4,00$  m).
  - Ancho del carril en ramal de dos carriles: Tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) y, en curvas, dicho ancho más el sobreebanco correspondiente.
- Ramales de enlace de doble sentido:
  - Ancho de los arcenes: Mínimo, el correspondiente al mayor de los arcenes de las carreteras que concurren en el enlace.
  - Si se separaran ambos sentidos por un sistema de contención de vehículos, la sección mínima será la correspondiente a las secciones de los dos ramales de sentido único con la mediana necesaria para la implantación del citado sistema de contención de vehículos.

Para definir el ancho de las vías de giro se seguirán los criterios establecidos para los ramales de enlace en lo que le sea de aplicación.

El ancho de la plataforma de los ramales de enlace y de las vías de giro, excepto en aquellas con isletas contiguas franqueables por los vehículos, deberá ser suficiente para que el vehículo patrón característico pueda rebasar a otro igual detenido junto a su borde derecho (en el sentido de la circulación y ocupando el arcén), dejando un resguardo entre ambos no menor que treinta centímetros ( $\nless 30$  cm).

El diseño de una plataforma de dos carriles se justificará por criterios de capacidad, teniendo también en cuenta los ramales de enlace y las vías de giro en intersecciones que puedan almacenar vehículos por retención en su parte final. Si un ramal de un carril se

considerase largo<sup>38</sup> deberá estudiarse, además, la posibilidad de adelantamiento diseñándose, si fuese necesario y posible, un carril adicional (apartado 8.7) para dicha maniobra.

Si el vehículo patrón característico es de grandes dimensiones y el radio es pequeño, el sobreebanco en curvas puede exigir un ancho de carril mayor o igual que seis metros ( $\geq 6,00$  m) pudiendo ser erróneamente percibida la calzada como si tuviera dos carriles. En este caso y para evitar este efecto, se deberá reconsiderar el trazado en planta. Esta situación se puede presentar también en las calzadas anulares de las glorietas.

## **10.5 INTERSECCIONES.**

### **10.5.1 GENERALIDADES.**

Intersección es el nudo viario en el que todos los movimientos se realizan en el mismo plano, y ninguna trayectoria cruza a otra a distinto nivel. Incluye las vías de giro y, eventualmente, otras vías para pasar de una carretera a otra.

En una intersección, vía de giro es la vía o carretera que une otras dos que concurren en ella.

### **10.5.2 PLANTA.**

Las vías concurrentes en una intersección se cruzarán, en lo posible, con un ángulo lo más próximo a uno recto, para mejorar las condiciones de decisión de la maniobra correspondiente y reducir el tiempo para atravesar otra trayectoria.

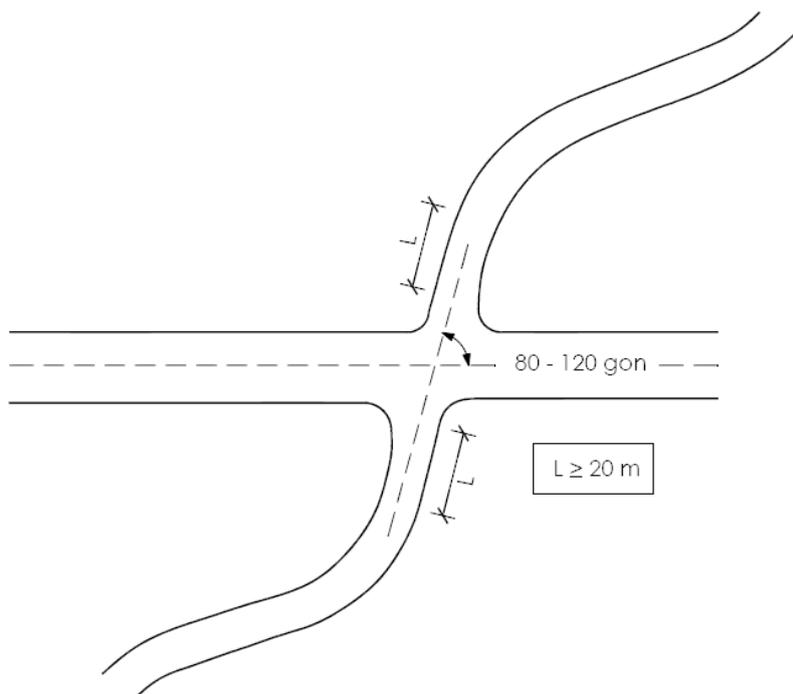
A veces puede resultar necesario (incluso ventajoso) disponer el cruce con un esviaje (para favorecer el movimiento de giro más intenso) entre ochenta (80) y ciento veinte (120) gonios pero, en ningún caso, fuera del intervalo entre sesenta y cinco (65) y ciento treinta cinco (135) gonios (Figura 10.4).

Las alineaciones curvas de las vías secundarias (Figura 10.4) deberán situarse a una distancia mayor o igual que veinte metros ( $\geq 20,00$  m) de la zona común de la calzada.

---

<sup>38</sup> Habitualmente más de quinientos metros ( $> 500$  m).

FIGURA 10.4.



Cuando la IMD de algún movimiento de las vías que concurren en una intersección sea superior a trescientos vehículos/día (> 300 veh/día) la intersección estará canalizada.

#### 10.5.3 ALZADO.

Las rasantes de las vías que concurren en una intersección deberán tener la menor inclinación posible, siempre que sea compatible con el drenaje superficial.

Los acuerdos verticales no se iniciarán a menos de veinte metros ( $\nless 20$  m) de la zona común de calzada (Figura 10.4). Esta distancia se puede reducir en el caso de intersecciones no canalizadas.

#### 10.5.4 INTERSECCIONES DE VÍAS CICLISTAS CON CARRETERAS.

Las vías ciclistas no podrán tener intersecciones con autopistas, autovías ni con sus ramales de enlace y vías colectoras - distribuidoras. Tampoco podrán intersectar con las carreteras multicarril (excepto en intersecciones reguladas por semáforos). En las intersecciones con carreteras convencionales las vías ciclistas no tendrán prioridad de paso.

En su proyección se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Existencia de visibilidades de parada y cruce recíprocas.
- Recorrido mínimo de los ciclistas en el trazado en planta de la intersección.

- Disposición, en su caso, de refugios de espera con una longitud mayor o igual que dos metros ( $\geq 2,00$  m).
- Señalización específica.
- Pavimento diferenciado de la vía ciclista en las inmediaciones de la intersección.

## 10.6 INTERSECCIONES TIPO GLORIETA.

### 10.6.1 GENERALIDADES.

La glorieta es un tipo de intersección constituida por una calzada anular (generalmente circular) con sentido de circulación único y prioritario, en la que las conexiones o los accesos a las vías que concurren son interdependientes.

La inserción, maniobra base del funcionamiento de las glorietas, es una forma especial de convergencia en la que un vehículo, a partir del reposo o a una velocidad muy baja, que pretende entrar en la calzada anular, debe esperar a que haya un hueco en una corriente de tráfico que circula a baja velocidad.

En el diseño de las calzadas anulares y de sus vías de acceso no serán de aplicación las reglas de diseño establecidas en los capítulos 4, 5 y 7.

No funcionan como glorietas, aunque tengan la apariencia de tales, algunos tipos frecuentes de nudo viario como los siguientes:

- Las glorietas cuyas entradas a la calzada anular están controladas por semáforos.
- Las glorietas en hipódromo<sup>39</sup>, cuya calzada anular tiene una forma alargada que presenta dos lados opuestos rectos, sensiblemente paralelos.
- Las glorietas partidas, cuya isleta central es atravesada por una calzada que sirve a los movimientos de paso entre dos viales opuestos, las cuales conforman un itinerario prioritario.
- Las calzadas colectoras - distribuidoras anulares de sentido único y prioritario, de gran tamaño, que conectan diversas carreteras, viales, ramales o vías de servicio mediante una sucesión de intersecciones situadas sobre ellas (sus conexiones o accesos pueden ser considerados intersecciones en "T").

Sí funcionan como glorietas, por el contrario, las de reducido tamaño (mini-glorietas), y las glorietas dobles, cuya vía de unión es tan corta que cada una influye en el funcionamiento de la otra. No obstante, a las mini-glorietas dado su reducido diámetro interior (con frecuencia menor que cuatro metros ( $< 4,00$  m)), no les serán aplicables todos los condicionantes establecidos en este apartado.

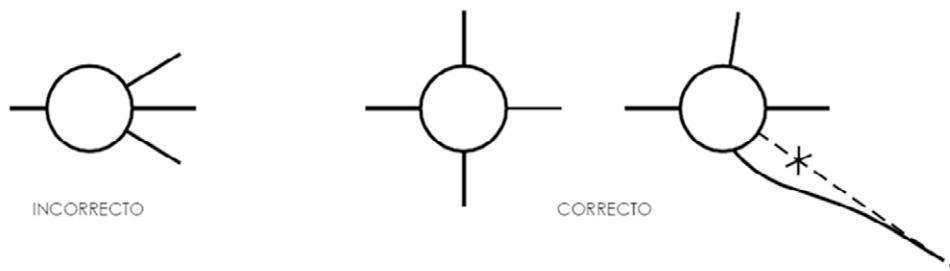
---

<sup>39</sup> Con longitudes de tramo recto mayor o igual que veinte metros ( $\geq 20$  m).

**10.6.2 PLANTA.**

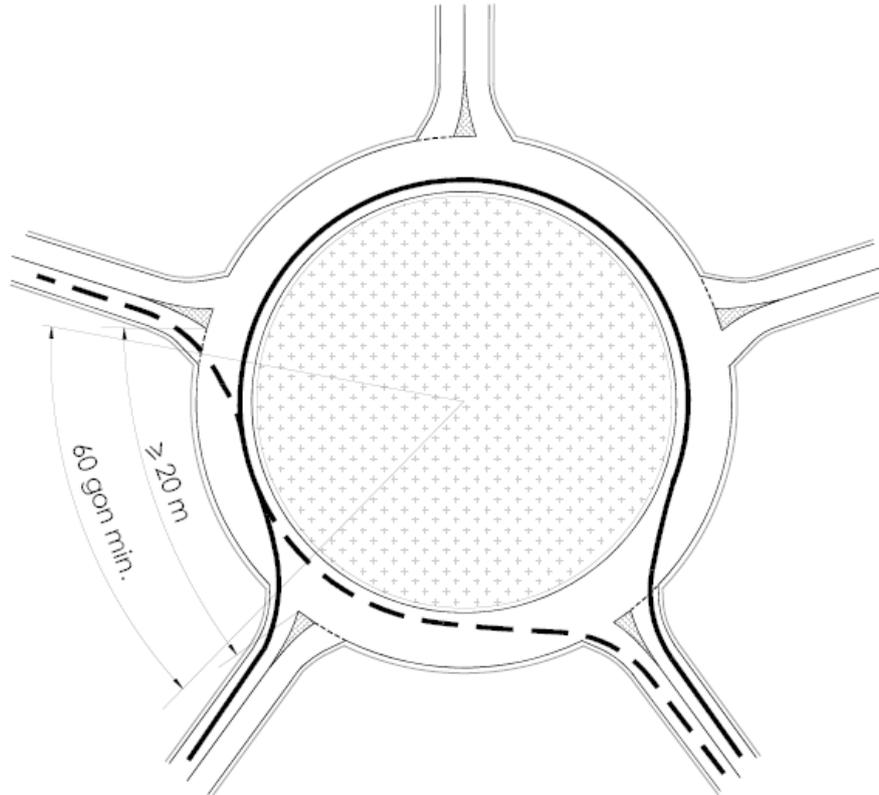
Se proyectará un espaciamiento uniforme (Figuras 10.5 y 10.6) de las vías que concurren en la calzada anular, salvo justificación en contrario, de manera que:

- 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<sup>40</sup> de entrada por una vía de acceso y otro con la trayectoria más desfavorable de salida por la vía de acceso siguiente, no será menor que sesenta ( $\nless 60$ ) gonios.
- La separación entre accesos medidos sobre el borde exterior de la calzada anular entre puntas de isletas será mayor o igual que veinte metros ( $\geq 20$  m).

**FIGURA 10.5.**

<sup>40</sup> La trayectoria más desfavorable es la que realiza el vehículo patrón característico ajustándose al borde de la calzada.

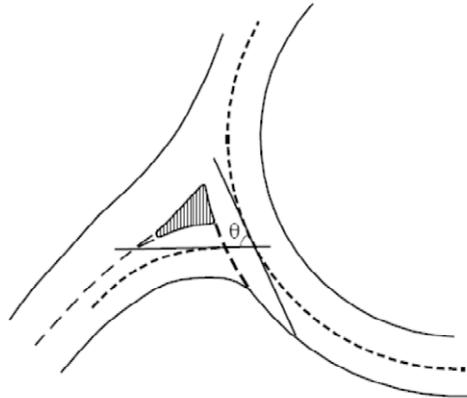
FIGURA 10.6.



Se regulará el acceso a las glorietas mediante diseños que moderen la velocidad operativa a la entrada de las mismas, incluyendo una inflexión en la trayectoria a seguir por los vehículos que entran a la glorieta, impuesta por la presencia de la isleta central y de una isleta separadora en el acceso.

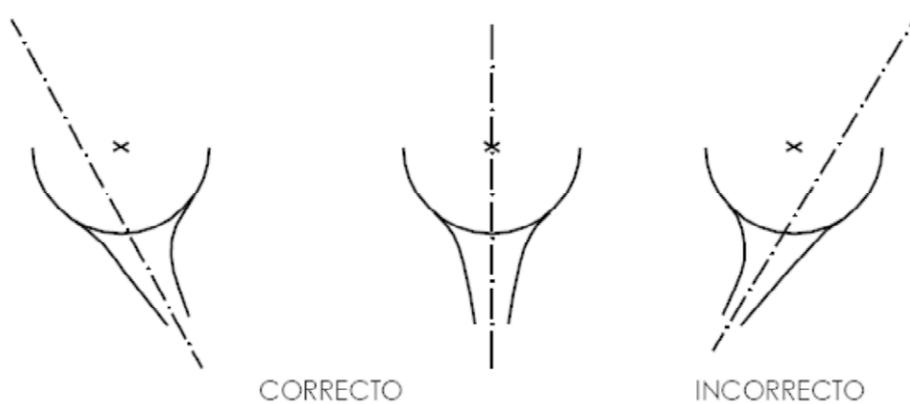
El ángulo ( $\theta$ ) (Figura 10.7) entre la trayectoria de acceso y la trayectoria a la que se incorpora (la que rodea la calzada anular) estará comprendido, salvo justificación en contrario, entre 45 gonios y 67 gonios. Se deberá tener en cuenta en su establecimiento que ángulos demasiado grandes dificultan la inserción de los vehículos en la calzada anular, mientras que ángulos demasiado pequeños favorecen que esa inserción pueda efectuarse a velocidad relativamente alta sin respetar la prioridad del tráfico al que se incorpora.

FIGURA 10.7.



La mejor ubicación para la isleta central se logra cuando los ejes de todas las vías que acceden a la glorieta pasan por su centro geométrico. Si esta configuración no fuera posible, se procurará que el centro de dicha isleta se sitúe en el eje de la vía principal y, próximos a dicho centro, los ejes del resto de vías que acceden. No obstante serán aceptables ligeros desplazamientos hacia la izquierda y no hacia la derecha, evitándose entradas cuasi tangenciales a la calzada anular (Figura 10.8).

FIGURA 10.8.



En las entradas y en las salidas a o de la calzada anular, las curvas son hacia la derecha, por lo que se deberán proyectar con un cierto peralte que permita a los conductores seguir una trayectoria adecuada con los siguientes valores:

- En una entrada, el peralte no excederá del cinco por ciento ( $\geq 5\%$ ), pudiéndose reducir en la marca de detención, al mínimo necesario para garantizar el drenaje superficial.
- En una salida, el peralte en las inmediaciones de la calzada anular será el necesario para asegurar el drenaje superficial.

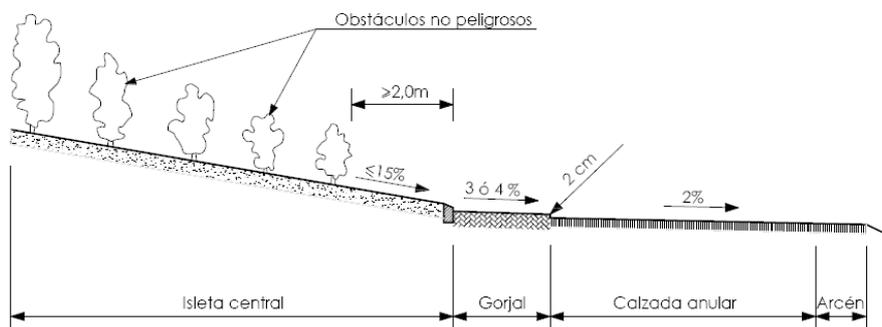
La proyección de estos peraltes se verá simplificada si la calzada anular tiene una inclinación transversal hacia su borde exterior, permitiendo una mejor solución a los encuentros entre la calzada anular y las vías de acceso (de entrada o salida), y facilitando su conservación, al desaguar hacia el exterior de ella. Además, aumenta la visibilidad de la calzada anular y, en general, de la glorieta para los vehículos que se aproximan.

La calzada anular tendrá, en general, una inclinación transversal constante del dos por ciento (2 %) hacia su borde exterior sin que el valor absoluto de la inclinación longitudinal en ningún punto de dicho borde de la calzada anular rebase el tres por ciento ( $\geq 3\%$ ).

Los gorjales, en caso de existir, tendrán generalmente una inclinación entre el tres por ciento (3 %) y el cuatro por ciento (4 %) hacia el exterior de la glorieta, con un desnivel de dos centímetros (2 cm) por encima del nivel de la calzada anular (Figura 10.9).

**FIGURA 10.9.**

**SECCIÓN DE UNA CALZADA ANULAR CON GORJAL.**



Si no fuese posible eliminar el agua de la calzada anular y de los gorjales hacia el exterior se analizará la posibilidad de desaguar hacia el interior.

Los arcenes tendrán, en cualquier caso, la misma inclinación transversal que la calzada adyacente.

Para comprobar que resultan adecuadas las velocidades en la calzada anular se emplearán los criterios del Anexo 5.

### 10.6.3 ALZADO.

El eje en planta de la calzada anular deberá estar íntegramente incluido en un plano horizontal. Si no fuese posible serán admisibles planos con inclinación inferior al tres por ciento ( $-3\% < i < +3\%$ ). Se comprobará que la combinación de dicha inclinación longitudinal con la inclinación transversal no produzca acumulaciones de agua en la calzada anular o en alguna de sus vías de acceso.

La rasante de la calzada anular se definirá, en general, por su borde exterior.

### 10.6.4 SECCIÓN TRANSVERSAL.

En carreteras convencionales y multicarril, únicamente se utilizarán glorietas con calzadas anulares de uno o dos carriles. Mayor número de carriles deberá estar asociado a travesías con instalación de semáforos para regular el tráfico.

En carreteras interurbanas, se justificará que su presencia y configuración están suficientemente advertidas.

El número de carriles de la calzada anular y su configuración se fijará a partir de un estudio de capacidad y de niveles de servicio.

La holgura mínima entre dos vehículos paralelos y simultáneos será mayor o igual que sesenta centímetros ( $\geq 60$  cm), tanto en los accesos a la glorieta como en la calzada anular.

El diámetro exterior de una calzada anular deberá ser tal que, con el ancho fijado para la situación de circulación supuesta, el tamaño de la isleta central y su disposición permitan cumplir las limitaciones en planta relativas a la trayectoria de los vehículos.

El diámetro exterior de una calzada anular de un carril no regulada por semáforos:

- No será menor que veintiocho metros ( $\nless 28$  m), excepto donde se justifique que de lo contrario, los costes resultarán desproporcionados.
- Se procurará que esté comprendido: En glorietas urbanas, entre treinta metros (30 m) y cuarenta metros (40 m) y en glorietas periurbanas o interurbanas, entre treinta y cinco metros (35 m) y cuarenta y cinco metros (45 m). Diámetros mayores deberán ser justificados.

El diámetro exterior de una calzada anular de dos carriles concéntricos no regulada por semáforos:

- No será menor que treinta y cinco metros ( $\nless 35$  m), excepto donde se justifique que de lo contrario, los costes resultarán desproporcionados.
- Se procurará que esté comprendido: En glorietas urbanas entre cuarenta y cinco metros (45 m) y cincuenta y cinco metros (55 m) y en glorietas periurbanas e interurbanas, entre cincuenta y cinco metros (55 m) y sesenta metros (60 m). Diámetros mayores deberán ser justificados.

El ancho de la calzada anular se fijará en función de la situación de circulación supuesta y de la eventual presencia de un gorjal (posible ocupación de la isleta central en circunstancias extraordinarias de explotación (Tabla 10.2)). En el caso de un carril, el ancho de la calzada será el indicado en la Tabla 10.4 y en el caso de dos carriles el indicado en la Tabla 10.5.

TABLA 10.4.

**ANCHO CONJUNTO (m) DE UNA CALZADA ANULAR  
DE UN CARRIL Y, EN SU CASO, DE SU GORJAL (SITUACIÓN I).**

| DIÁMETRO EXTERIOR (m)<br>DE LA CALZADA ANULAR | ANCHO<br>(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          |

TABLA 10.5.

**ANCHO CONJUNTO (m) DE UNA CALZADA ANULAR DE DOS CARRILES  
Y, EN SU CASO, DE SU GORJAL (SITUACIONES II, III y IV).**

| DIÁMETRO EXTERIOR (m)<br>DE LA CALZADA ANULAR | ANCHO (m)                      |               |              |
|---|--------------------------------|---------------|--------------|
|   | HIPÓTESIS DE PASO (TABLA 10.2) |               |              |
|   | Situación II                   | Situación III | Situación 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          |

Excepcionalmente el diámetro de las calzadas anulares que forman parte de un enlace tipo diamante con glorieta superior o inferior podrá tener valores superiores a los indicados en las Tablas 10.4 y 10.5.

Se dispondrán gorjales, en función de la situación de circulación supuesta, cuando las trayectorias cumplan las condiciones establecidas (Tabla A5.1), no se dificulte la conservación invernal y su ancho sea como mínimo cincuenta centímetros ( $\geq 0,50$  m).

En glorietas interurbanas, los arcenes interiores tendrán un ancho de cincuenta centímetros (0,50 m) y los exteriores entre cincuenta centímetros (0,50 m) y un metro y cincuenta centímetros (1,50 m). Si se disponen gorjales no se proyectarán arcenes interiores. En glorietas urbanas y periurbanas, el ancho de los arcenes será igual al mínimo necesario para pintar la marca vial de borde de calzada.

Las entradas a la calzada anular tendrán, en general, el mismo número de carriles que la vía de acceso correspondiente, salvo que justificadamente se dispongan carriles adicionales de longitud mínima determinada. Asimismo, la salida deberá tener al menos, el mismo número de carriles que tiene, para ese sentido, la vía en la que desemboca, aunque justificadamente se podrá adicionar un carril.

Los carriles segregados para girar a la derecha se justificarán exhaustivamente y se proyectarán cumpliendo las siguientes condiciones:

- En la hora de proyecto del año horizonte realice dicha maniobra más del cincuenta por ciento ( $> 50\%$ ) de los vehículos de esa entrada o sea superior su número a trescientos vehículos ( $> 300$  veh).
- La entrada disponga, al menos, de dos carriles (incluidos los adicionales) y se destine uno al giro segregado.
- Inexistencia de conexiones o accesos a lo largo del carril segregado.

#### **10.6.5 CONEXIÓN CON LA CALZADA ANULAR DE UNA GLORIETA.**

La conexión de una carretera con la calzada anular de una glorieta exigirá realizar un acuerdo entre las secciones transversales correspondientes en el que se evite la presencia de zonas de acumulación de agua en la plataforma.

Este tramo de transición tendrá una longitud mayor o igual que veinticinco metros ( $\geq 25$  m), superior en cualquier caso a la de la isleta de aproximación, debiéndose realizar un estudio tridimensional que permita definir el correspondiente sistema de evacuación del agua de escorrentía.

## 10.7 ENLACES.

### 10.7.1 GENERALIDADES.

Un enlace constituye la agrupación coordinada de algunos de los siguientes elementos:

- Tramos de troncos principales y secundarios.
- Ramales de enlace.
- Intersecciones.
- Vías colectoras - distribuidoras.
- Carriles adicionales que precisen de tramos de convergencia o divergencia, confluencias, bifurcaciones o trenzados.
- Tramos de vías de servicio.

Las distancias entre enlaces consecutivos serán, salvo expresa justificación en contrario, los siguientes:

- En carreteras de calzadas separadas:
  - La distancia entre enlaces consecutivos en carreteras interurbanas será mayor o igual que seis kilómetros ( $\geq 6$  km), medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos.
  - La distancia entre enlaces consecutivos en carreteras urbanas y periurbanas será mayor o igual que dos kilómetros ( $\geq 2$  km), medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos.

Si los enlaces consecutivos son debidos a conexión con carreteras estatales de cualquier orden o con carreteras autonómicas de primer orden<sup>41</sup> la distancia entre enlaces será la necesaria para conectar con ellas. Si la distancia medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos fuese menor que dos kilómetros ( $< 2$  km) se dispondrán vías colectoras - distribuidoras.

- En carreteras de calzada única:
  - Si existe previsión de duplicación de calzada, será de aplicación lo indicado para carreteras de calzadas separadas.
  - Si no existe previsión de duplicación de calzada, la distancia entre enlaces consecutivos, será mayor o igual que dos kilómetros ( $\geq 2$  km) medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos.

---

<sup>41</sup> Se entiende por carreteras autonómicas de primer orden aquellas que tienen mayor demanda de tráfico y están catalogadas como red principal, básica de interés general o de interés preferente. En todo caso, deberán considerarse en este grupo las autopistas, las autovías y las carreteras multicarril.

Cuando los enlaces se establezcan con vías complementarias para regulación de accesibilidad y movilidad, se cumplirán en todo caso las distancias entre conexiones que figuran en el capítulo anterior de esta Norma.

#### 10.7.2 RAMALES DE ENLACE.

Ramal de enlace es la carretera que une otras dos que concurren en él. A efectos de esta Norma, únicamente se considerarán ramales de enlace los que tienen uno o dos carriles por sentido; si fuesen necesarios más carriles la calzada deberá ser considerada como tronco de una carretera.

Podrán admitirse, como excepción, más de dos carriles en un ramal de enlace si dichos carriles se adicionan posteriormente al inicio de dicho ramal (caso habitual en tramos urbanos y periurbanos en los que el ramal de enlace termina en una detención debiendo evitarse que la retención llegue al tronco).

#### 10.7.3 VELOCIDAD DE PROYECTO DE LOS RAMALES DE ENLACE.

La velocidad de proyecto de los ramales de enlace dependerá de las velocidades de proyecto de las carreteras que conecta, de los elementos de cambio de velocidad que se dispongan en su inicio y su final y de su configuración.

En tramos de carretera en los que coexistan velocidad alta ( $V_p \geq 100$  km/h) e intensidad de tráfico moderada o alta (nivel C o superior en la hora de proyecto del año horizonte) se procurará que las salidas (divergencias) se diseñen para una velocidad no muy inferior a la de proyecto de dichos tramos, evitándose así problemas de fluidez y comodidad y reduciéndose también el riesgo de accidente. Por ello, siempre que sea posible, se procurará que en carreteras de calzadas separadas y en carreteras convencionales C-100, la velocidad al final de un carril de deceleración<sup>42</sup> ( $V_{df}$ ) no sea inferior en más de cuarenta kilómetros por hora ( $\geq 40$  km/h) a la velocidad de proyecto ( $V_p$ ) del tronco del que sale.

En la Tabla 10.8 se incluyen las velocidades de proyecto ( $V_p$ ) mínimas correspondientes a diversos tipos de ramal, que podrán ser modificadas realizando un estudio que lo justifique, del trazado en planta y alzado, de la sección transversal y de la visibilidad de parada.

<sup>42</sup> La velocidad al final del carril de deceleración será la velocidad en el inicio del ramal del enlace.

TABLA 10.8.

| TIPO DE RAMAL DE ENLACE | VELOCIDAD DE PROYECTO ( $V_p$ ) MÍNIMA (km/h) |                |
|-------------------------|---|----------------|
|                         | TRAMOS INTERURBANOS Y PERIURBANOS             | TRAMOS URBANOS |
| Lazo                    | 50  | 40             |
| Directo a derechas      | 60  | 50             |
| Asa interior            | 60  | 50             |
| Semidirecto             | 60  | 50             |
| Círculo                 | 80  | 70             |
| Asa exterior            | 80  | 70             |
| Directo a izquierdas    | 80  | 70             |

Si un ramal de enlace, en ciertas configuraciones de nudos, finaliza en otra vía de manera que exija detención (por la presencia de una glorieta o de una intersección en la que el ramal de enlace pierda la prioridad o incluso en tramos urbanos donde haya un semáforo), se deberá analizar:

- La variación de las velocidades operativas a lo largo del ramal.
- El funcionamiento del tramo del ramal de enlace ocupado por vehículos detenidos (cuya velocidad será nula), que deberán ser visibles desde un vehículo que se aproxime por dicho ramal de enlace a la velocidad señalizada, para que pueda detenerse con comodidad.

#### 10.7.4 VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD EN LOS RAMALES DE ENLACE.

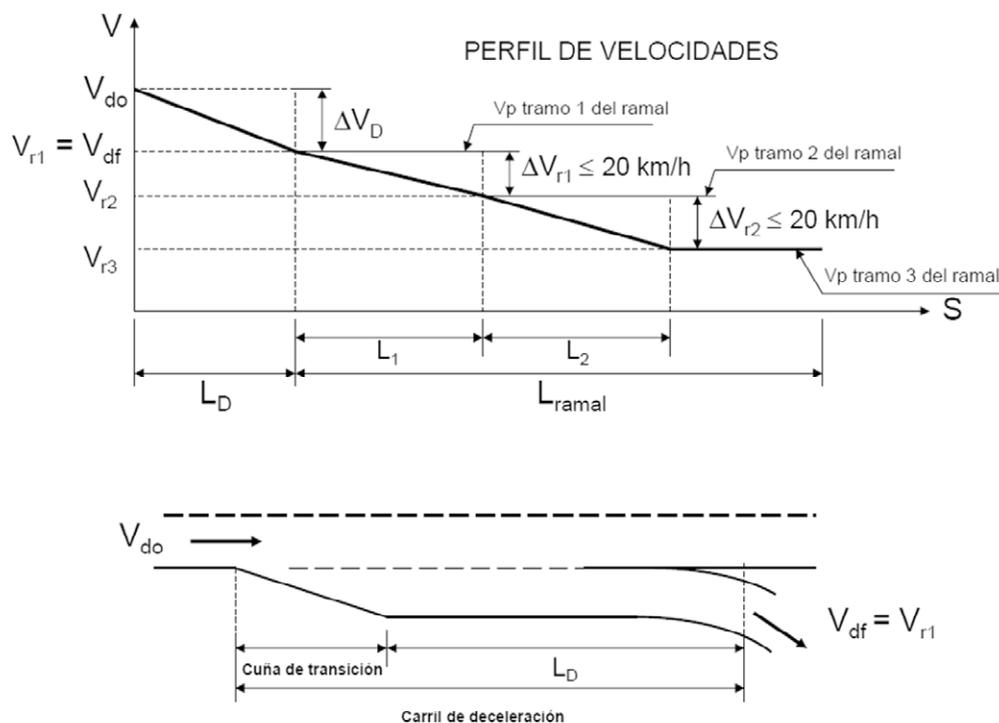
Se estudiará la posibilidad de que parte de la variación de la velocidad se lleve a cabo en los ramales de enlace, en los siguientes casos:

- Longitudes (L) de carriles de aceleración y deceleración mayores que trescientos metros (> 300 m).
- Imposibilidad de que el vehículo patrón turismo alcance la velocidad final (Tabla 8.2).
- Existencia de limitaciones para establecer un carril de cambio de velocidad con las longitudes de la Tabla 8.2.

En estos casos la variación máxima de velocidad en el ramal será de cuarenta kilómetros por hora ( $\leq 40$  km/h), obtenida mediante uno o dos escalones con un máximo por escalón de veinte kilómetros por hora ( $\leq 20$  km/h). En la Figura 10.10 se adjunta un esquema para una deceleración de cuarenta kilómetros por hora (40 km/h) hora en un ramal de enlace; análogamente se procedería para la aceleración.

FIGURA 10.10.

**VARIACIÓN MÁXIMA DE LA VELOCIDAD EN UN RAMAL DE ENLACE DE CUARENTA KILÓMETROS POR HORA (40 km/h) MEDIANTE DOS ESCALONES DE VEINTE KILÓMETROS POR HORA (20 km/h).**



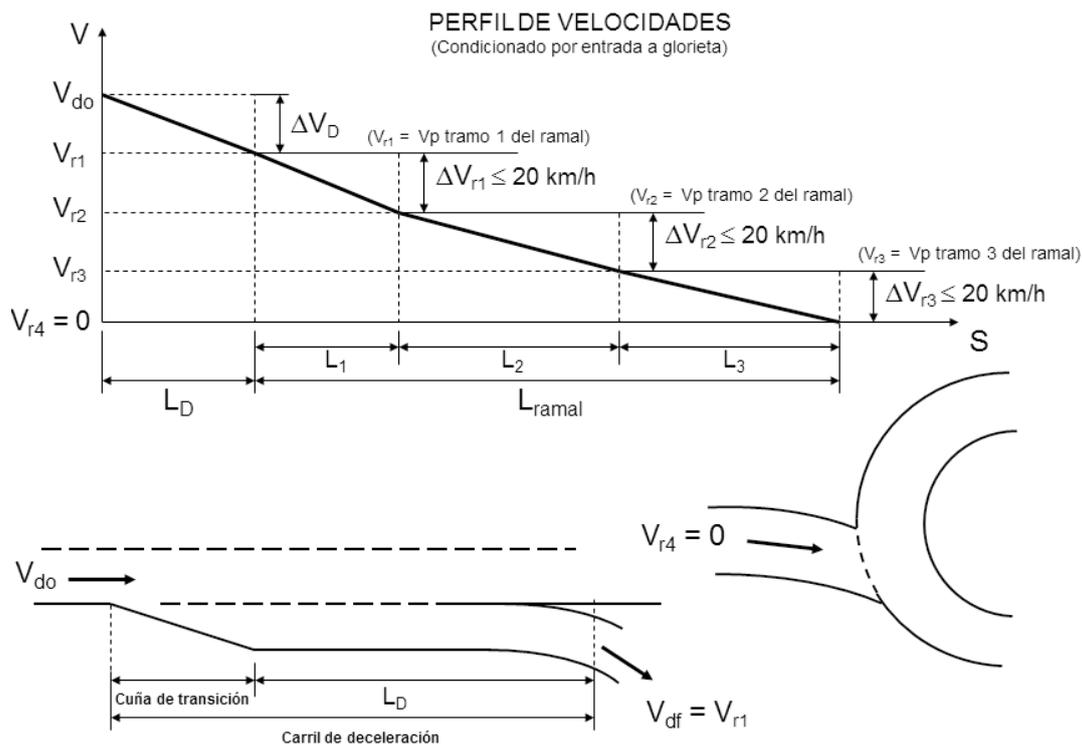
En ramales de enlace que tengan en su extremo una glorieta y además su trazado en planta y alzado sea casi rectilíneo, se podrá admitir, excepcionalmente, una variación máxima de velocidad en el ramal de enlace de hasta sesenta kilómetros por hora (60 km/h), obtenida mediante tres (3) escalones de hasta veinte kilómetros por hora (20 km/h). En la Figura 10.11 se adjunta un esquema para una deceleración de sesenta kilómetros por hora (60 km/h) en un ramal de enlace con velocidad final nula (0 km/h); análogamente se procedería para la aceleración.

Las longitudes mínimas ( $L_i$ ) de los tramos de escalonamiento de velocidad se obtendrán aplicando la Tabla 8.2.

El trazado de los ramales de enlace será tal que el conductor de un vehículo pueda percibir con antelación los escalones de velocidad en la señalización.

FIGURA 10.11.

**VARIACIÓN MÁXIMA DE LA VELOCIDAD EN UN RAMAL DE ENLACE TERMINADO EN GLORIETA DE SESENTA KILÓMETROS POR HORA (60 km/h) MEDIANTE TRES ESCALONES DE VEINTE KILÓMETROS POR HORA (20 km/h).**



#### 10.7.5 CONEXIÓN DE LOS RAMALES DE ENLACE DE DOS CARRILES CON EL TRONCO.

En los tramos urbanos y periurbanos de una carretera se podrá efectuar la conexión de un ramal de enlace de dos carriles con el tronco mediante dos carriles de cambio de velocidad consecutivos de acuerdo con los esquemas reflejados en las Figuras 10.12 y 10.13, en los siguientes casos:

- Imposibilidad técnica o económica de diseñar una confluencia o una bifurcación (apartado 8.4).
- Imposibilidad de incrementar o disminuir un carril en el tronco y además disponer un carril de cambio de velocidad.
- Necesidades del tráfico o espacio disponible.

FIGURA 10.12.

## CARRIL DE ACELERACIÓN PARA UN RAMAL DE ENLACE DE DOS CARRILES.

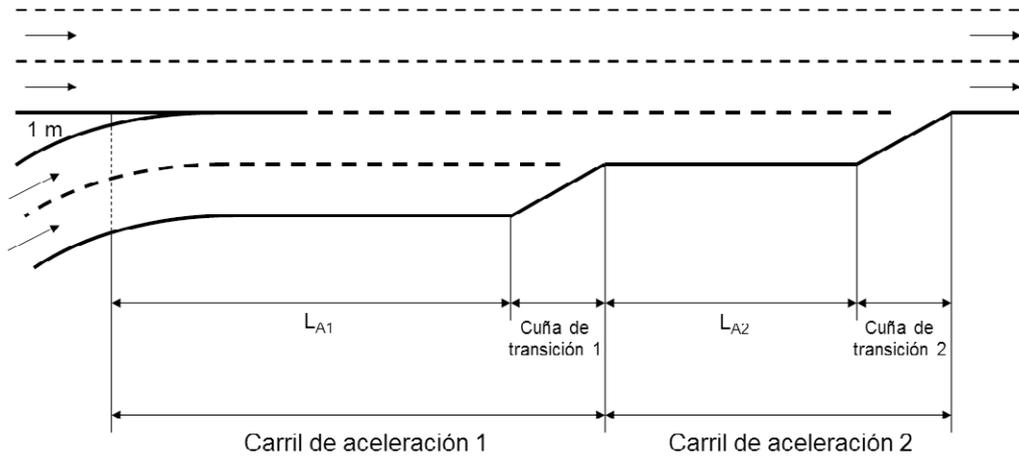
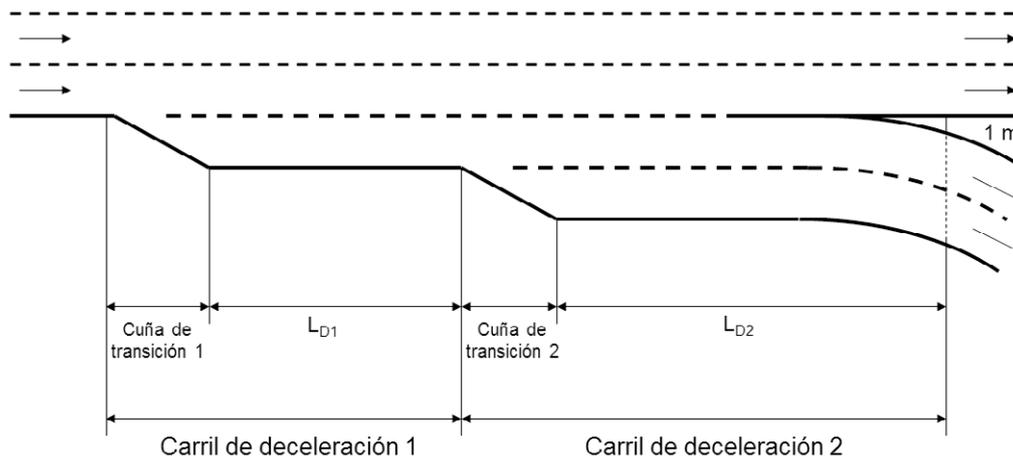


FIGURA 10.13.

## CARRIL DE DECELERACIÓN PARA UN RAMAL DE ENLACE DE DOS CARRILES.



Las longitudes de los dos carriles de cambio de velocidad consecutivos podrán ser diferentes según la variación de velocidad necesaria en cada uno. No obstante, para un diseño y funcionamiento más simple se deberán proyectar con la misma longitud.

En salidas del tronco de una carretera la velocidad al final del primer carril de deceleración ( $V_{df}$ ) no debe ser superior en más de veinte kilómetros por hora ( $\neq 20$  km/h) a la velocidad de proyecto ( $V_p$ ) del tronco del que sale.

La disposición de dos carriles de deceleración consecutivos únicamente será aplicable a los ramales de enlace de dos carriles y requerirá una cuidadosa señalización vertical y horizontal. Para configuraciones con mayor número de carriles deberán proyectarse carriles de confluencia y bifurcación (apartado 8.4).

#### **10.7.6 CONEXIÓN DE RAMALES DE ENLACE CON OTROS RAMALES DE ENLACE Y CON VÍAS COLECTORAS - DISTRIBUIDORAS.**

Las conexiones de un ramal de enlace con otro ramal de enlace y de un ramal de enlace con una vía colectora - distribuidora podrán efectuarse mediante:

- Carriles de cambio de velocidad.
- Cuñas de cambio de velocidad.
- Carriles de convergencia o divergencia.
- Carriles de confluencia o bifurcación.

El tipo de conexión y la estimación de las longitudes de carriles o cuñas de cambio de velocidad, se efectuará de acuerdo con lo indicado en el epígrafe 9.2.1.1.

Si la intensidad de la circulación o la tipología de los vehículos que efectúan la maniobra de conexión lo exige se podrá efectuar dicha conexión mediante carriles de convergencia o divergencia (apartado 8.8) o carriles de confluencia o bifurcación (apartado 8.4).

Un ramal de enlace de dos carriles podrá convertirse en dos ramales de enlace de un carril y viceversa mediante bifurcaciones y confluencias.