

TEMA 3.1.5.

TRAZADO DE CARRETERAS (I). NORMA 3.1-IC DE TRAZADO. TRAZADO EN PLANTA. TRAZADO EN ALZADO. SECCIÓN TRANSVERSAL.

1.- TRAZADO DE CARRETERAS (I). NORMA 3.1-IC DE TRAZADO.

1.1.- Consideraciones Generales.

El concepto de trazado de carreteras incluye el estudio y definición de los siguientes aspectos: Necesidades de la circulación presentes y futuras; Definición geométrica y Afecciones al entorno así como el impacto ambiental.

La concepción geométrica de la carretera ha evolucionado de modo muy importante, fundamentalmente debido a los progresos en el campo de la informática que en la actualidad permite la completa informatización de la cartografía y por lo tanto permite estudiar las alternativas que se crean procedentes considerando la carretera como una obra lineal con tres dimensiones y superando la faceta clásica del estudio del trazado prácticamente en plano.

En un Proyecto de carretera la planta y el perfil longitudinal del eje definen una línea alabeada sobre la que se apoya la sección transversal. La planta y el perfil se estudian por separado y en conjunto, teniendo en cuenta las condiciones que se deben de verificar entre ambos, es decir, coordinándolos debidamente para que se cumplan las necesarias exigencias de comodidad, seguridad, estética y coste.

Se pueden establecer una serie de premisa iniciales que de alguna forma sirvan como guía para la correcta elaboración del trazado en un proyecto de carreteras:

- o El trazado se debe establecer teniendo en cuenta no solamente las necesidades de la circulación de vehículos existentes en el momento de la puesta en servicio, sino también cuales serán las necesidades en un futuro (vida útil de la obra que se proyecta)
- o El trazado se debe establecer teniendo en cuenta las posibles afecciones al entorno, considerando la utilización del suelo en el futuro.
- o El trazado se debe establecer teniendo en cuenta los posibles impactos medioambientales que se puedan producir, debiendo minimizarlos, en su caso, imponiendo las medidas correctoras oportunas.

El trazado se debe establecer de manera que se logre una homogeneidad de las características geométricas, de forma que el conductor pueda circular sin excesivas fluctuaciones de velocidad en condiciones de comodidad y seguridad, evitando puntos en los que las características geométricas obliguen a disminuir bruscamente la velocidad, facilitándose la observación de las variaciones de velocidad necesarias mediante cambios progresivos de los parámetros geométricos y con la ayuda de la señalización.

En cuanto a la normativa vigente que afecta al trazado de carreteras podemos distinguir entre:

Legislación Básica:

- o Ley de Carreteras 37/2015 de 29 de Septiembre.
- o Real Decreto 1812/1994 de 2 de Septiembre Reglamento General de Carreteras (vigente en todo lo que no se oponga a la nueva Ley 37/2015)
- o Orden Ministerial de 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios de carreteras (vigente en todo lo que no se oponga a la nueva Norma 3.1-IC de Trazado)

Normas e Instrucciones:

- o Norma 3.1-IC de Trazado, aprobada por Orden FOM 273/2016, de 19 de febrero,
- o Orden Circular 32/2012, Guía de Nudos Viarios.
- o Recomendaciones para el proyecto de Intersecciones, Enlaces y Glorietas. (años 67, 86 y 89).
- o Órdenes Circulares relativas a calzadas de servicio, nudos, carriles adicionales, previsión de ampliación de autovías, etc.

No obstante, además de esta Normativa básica, es preciso referirse a la **Orden Ministerial FOM 3317/2010, de 17 de diciembre, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.**

En la situación económica actual resulta necesario redoblar los esfuerzos para optimizar el uso de los recursos públicos, mejorando la eficiencia de las inversiones, de forma que se proyecten las nuevas actuaciones en base a criterios de seguridad y mínimo coste posible, sin que ello suponga una merma de la calidad. Así, aún siendo sólo de aplicación a *todos los estudios informativos y proyectos cuya aprobación corresponda a la Dirección General de Carreteras, la Dirección General de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF, FEVE y AENA*, órganos todos del Ministerio de Fomento, resulta de especial interés de cara a la optimización en el empleo de recursos en cualquier organismo, con independencia de la Administración a que pertenezca.

Así, para el proyecto de carreteras se establece que, además de respetar los criterios de la instrucción de trazado 3.1.IC (que más adelante comentaremos), se tomen, entre otras, las siguientes medidas:

- a) La rasante de la carretera se proyectará de forma que se minimicen los costes del conjunto formado por el movimiento de tierras y las estructuras y túneles, siempre respetando la Declaración de Impacto Ambiental.
- b) La longitud de las estructuras proyectadas deberá ser la mínima compatible con la Declaración de Impacto Ambiental y con el obstáculo a salvar. Además, la tipología de estructura deberá ser la de coste mínimo posible, considerando construcción y conservación, que resuelva los condicionantes existentes.
- c) Únicamente se proyectarán túneles cuando sea estrictamente necesario, vinculando su longitud exclusivamente a los aspectos técnicos inherentes en cada caso. En fase de proyecto, no se dispondrán nuevos túneles o túneles artificiales no previstos en el Estudio Informativo y en la Declaración de Impacto Ambiental, salvo autorización expresa del Director General de Carreteras, previo informe justificativo de su necesidad.
- d) Como criterio general, se tratará de minimizar, en los proyectos de nuevos trazados, la ejecución de vías de servicio y vías colectoras.
- e) De entre todas las secciones de firme posibles se elegirá aquella que suponga un coste de ejecución y conservación menor. En caso de no seguirse este criterio, previo informe técnico justificativo de su necesidad, requerirá la autorización expresa del Director General de Carreteras.
- f) En los proyectos de adecuación de travesías se incluirán únicamente las actuaciones de firmes, señalización y balizamiento que sean necesarios para mantener la seguridad vial de la carretera. La inclusión de otras actuaciones requerirá la autorización expresa del Director General de Carreteras.

Por último, en su anexo II, la Orden 3317/2010 establece una serie de ratios máximos de coste (parámetros de referencia) que habrán de ser respetadas con objeto de asegurar la eficiencia en el empleo de recursos.

Se incluyen a continuación los más significativos:

Autovías interurbanas de nuevo trazado. Coste de ejecución material (M€/km)

Tipo de terreno	Orografía llana		Orografía ondulada		Orografía accidentada o muy accidentada	
Tipo 1	2,00	3,00	3,00	5,00	5,00	8,00
Tipo 2	2,50	3,50	3,50	5,50	5,50	8,50

Variantes de población con características de carretera convencional. Coste de ejecución material (M€/km)

Tipo de terreno	Orografía llana	Orografía ondulada		Orografía accidentada o muy accidentada	
Tipo 1	2,00	2,00	4,00	4,00	6,00
Tipo 2	2,40	2,40	4,40	4,40	6,40

Tipos de terreno, según características geológico-geotécnicas:

Tipo 1: Sin riesgos geológico-geotécnicos aparentes.

Tipo 2: Con potenciales riesgos geológico-geotécnicos (suelos blandos, expansivos, colapsables, inestabilidades de ladera, macizos fuertemente tectonizados, afecciones hidrogeológicas...).

1.2.- Norma de Trazado 3.1-IC de Trazado. Generalidades.

La reciente **Orden FOM/273/2016**, de 19 de febrero, por la que se aprueba la nueva Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras, **deroga la anterior Orden de 27 de diciembre de 1999 del Ministerio de Fomento por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras, y aquellas disposiciones de la Orden de 16 de diciembre de 1997 por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado**, las vías de servicio y la construcción de instalaciones deservicios, y modificaciones posteriores que se opongán a lo establecido en la presente orden.

La presente orden entró en vigor el día siguiente al de su publicación (4 de marzo de 2016) en el Boletín Oficial del Estado, es decir el día 5 de marzo de 2016.

La presente Norma contempla las **especificaciones** de los **elementos básicos** para el estudio o proyecto de un trazado de carreteras. Sus diferentes capítulos recogen las condiciones **relativas a la planta, al alzado y a la sección transversal**, así como los criterios generales para obtener la **adecuada coordinación entre ellos**. Se incluyen criterios para su aplicación a **secciones transversales singulares, nudos, conexiones y accesos**. Se tendrán en cuenta las afecciones del trazado en el entorno, según el uso actual y previsto del suelo, así como el impacto ambiental.

Deberá lograrse una homogeneidad de características geométricas tal que induzca al conductor a circular sin excesivas fluctuaciones de velocidad, en condiciones de comodidad y seguridad. Para ello se evitarán los puntos en que las características geométricas obliguen a disminuir bruscamente la velocidad y se facilitará la percepción de las variaciones necesarias de velocidad mediante cambios progresivos de los parámetros geométricos con la ayuda de la señalización.

El objeto de la Norma es definir los **criterios aplicables en materia de trazado** en los **estudios y proyectos de carreteras de la Red de Carreteras del Estado**, que proporcionen unas características adecuadas de funcionalidad, materializadas en la comodidad y en la seguridad de la circulación, compatibles con consideraciones económicas y ambientales.

Será **de aplicación a estudios y proyectos de carreteras interurbanas** (incluyendo en esta categoría las vías con consideración de carretera, recogidas en el apartado 2.7 de la norma, como son vías de servicio, vías colectoras-distribuidoras, vías especializadas en determinados tipos de vehículos o vías de conexión tales como los ramales de enlace) **y a estudios y proyectos de tramos urbanos y periurbanos de carreteras** con las peculiaridades derivadas de su función y clase.

En estudios y proyectos de carreteras de montaña, de carreteras que discurran por espacios naturales de elevado interés ambiental o acusada fragilidad y de actuaciones en carreteras existentes, podrán disminuirse las condiciones exigidas en la presente Norma, justificándose adecuadamente. Excepcionalmente, se podrán admitir cambios de los criterios desarrollados en la presente Norma con la suficiente y fundada justificación.

En dichos casos el autor del proyecto deberá incluir en la Memoria del proyecto la citada justificación que deberá contar, en su caso, con la conformidad del Director del proyecto. En casos especiales no contemplados en la presente Norma, el proyectista podrá acudir a las guías y a los textos publicados por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, a otros textos técnicos, o a la realización de estudios específicos.

No son objeto de la presente Norma criterios de proyecto para:

- Vías ciclistas.
- Caminos de servicio.
- Caminos agrícolas.

Este documento **supone la introducción de numerosas modificaciones en relación con la Norma anteriormente vigente** y contempla la inclusión y actualización en un solo documento de diversa normativa que se encontraba recogida en diferentes documentos, algunos de ellos ya obsoletos.

La Comisión encargada de su actualización ha tenido presente las condiciones de contorno, teniendo en cuenta:

- Las consideraciones económicas, que en el contexto actual están aún más presentes ya que es prioritario optimizar recursos en favor de infraestructuras eficientes.
- Las consideraciones ambientales, que no fueron legisladas hasta época más reciente (costes indirectos asociados -emisiones de CO₂, ruidos, vibraciones- la huella energética, el cambio climático).
- Las óptimas condiciones de seguridad de la circulación obligan al proyectista, cada día con más énfasis, en el diseño de la infraestructura.

Es objetivo prioritario lograr una homogeneidad de características geométricas tal que induzca al conductor a circular sin excesivas fluctuaciones de velocidad, en condiciones de comodidad y seguridad.

A modo de ejemplo, veamos algunas de las Generalidades contempladas en el Capítulo 2 de la Norma

En primer lugar se incluye una **nueva denominación de las carreteras**:

Las carreteras o sus tramos se denominarán con una letra seguida de un número. La letra será A para las autopistas y autovías, y C para las carreteras convencionales y las carreteras multicarril. El valor numérico indica la velocidad de proyecto (Vp), expresada en kilómetros por hora (km/h), con independencia de la velocidad máxima permitida por la reglamentación.

Salvo justificación en contrario, se considerarán las siguientes denominaciones:

A-140, A-130, A-120, A-110, A-100, A-90, A-80

C-100, C-90, C-80, C-70, C-60, C-50, C-40.

Se establecen los siguientes Grupos:

- ✓ **Grupo 1:** Autopistas y autovías A-140 y A-130.
- ✓ **Grupo 2:** Autopistas y autovías A-120, A-110, A-100, A-90 y A-80 y Carreteras C-100.
- ✓ **Grupo 3:** Carreteras C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40.

Como vemos, desaparece el concepto de Vías Rápidas y aparece el concepto de **Carretera Multicarril (como ya había ocurrido en la nueva Ley 37/2015 de Carreteras)**

Atendiendo a sus características esenciales, **se distinguen las siguientes clases**:

A) SEGÚN LA INDEPENDENCIA DE SUS CALZADAS:

- **Carretera de calzadas separadas:** Es la que tiene calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación, con una separación física entre ambas. Puede tener más de una calzada para cada sentido de circulación.
- **Carretera de calzada única:** Es la que tiene una calzada para ambos sentidos de circulación, generalmente sin separación física. Puede tener, excepcionalmente, un (1) sentido de circulación.

B) SEGÚN EL GRADO DE CONTROL DE ACCESOS:

- **Sin accesos directos** (abreviadamente sin accesos): Es aquella carretera en la que las entradas o salidas se realizan exclusivamente a través de nudos.

- **Con accesos directos limitados** (abreviadamente con accesos limitados): Es aquella carretera en la que las entradas o salidas se pueden establecer a través de nudos o a través de vías de servicio con conexiones específicas.
- **Con accesos directos** (abreviadamente con accesos): Es aquella carretera en la que no existen las limitaciones establecidas en los dos párrafos anteriores.

C) SEGÚN LAS CONDICIONES OROGRÁFICAS: Se tipificarán las carreteras según el tipo de relieve del terreno natural atravesado en función de la inclinación media (i_t) de la línea de máxima pendiente en valor absoluto, correspondiente a la franja original de dicho terreno interceptada por la explanación de la carretera.

TIPO DE RELIEVE	INCLINACIÓN MEDIA i_t (%)
Llano	$i_t \leq 5$
Ondulado	$5 < i_t \leq 15$
Accidentado	$15 < i_t \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i_t$

D) SEGÚN LAS CONDICIONES DEL ENTORNO URBANÍSTICO:

- Carretera interurbana.
- Tramo periurbano de carretera (o carretera periurbana): es aquel cuya zona de dominio público es colindante por una margen con suelos clasificados por el planeamiento vigente como urbanizados (según Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo o normativa que la sustituya). A estos efectos, también tendrán la consideración de periurbano los tramos de cuatro kilómetros (4 km) anteriores y posteriores a un tramo urbano de la misma carretera cuando este tenga una longitud superior a un kilómetro (> 1 km).
- Tramo urbano de carretera (o carretera urbana): es aquel cuya zona de dominio público es colindante por ambas márgenes con suelos clasificados por el planeamiento vigente como urbanizados (según Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo o normativa que la sustituya). Para planeamientos vigentes no revisados con posterioridad al Real Decreto Legislativo 2/2008 se deberá entender como urbanizados los que están clasificados como urbanos.

NOTA: Una travesía es la parte de un tramo urbano, y excepcionalmente periurbano, de una carretera convencional o multicarril en la que existen edificaciones consolidadas al menos en las dos terceras partes de su longitud y un entramado de calles en al menos una de las márgenes que conecta con dicha carretera.

Si en un determinado tramo de carretera el tráfico de largo recorrido supera el cuarenta por ciento (> 40 %) del tráfico total, no se aplicarán los conceptos de urbano y periurbano, salvo que se trate de una travesía. Se entenderá por tráfico de largo recorrido aquel que no tiene el origen o el destino en la población o área metropolitana de la que forme parte.

Si la normativa urbanística no permitiese definir inequívocamente los suelos clasificados por el planeamiento vigente como urbanizados o la funcionalidad de la carretera lo requiere, el organismo titular de la carretera podrá delimitar, a efectos de aplicación de la presente Norma, los tramos urbanos y periurbanos.

Por otra parte, los condicionantes del entorno urbano o periurbano de las carreteras (edificaciones, accesos, instalaciones existentes, etc.) pueden restringir la aplicación de las condiciones de diseño fijadas en esta Norma. La coexistencia de itinerarios con alta movilidad dedicados al tráfico de largo recorrido e itinerarios cuya función primaria es la accesibilidad, unido a velocidades características menores de los vehículos y a porcentajes significativos de usuarios que circula habitualmente por ellos, justificarán los siguientes aspectos que podrían modificarse:

- ✓ *Sección transversal de la carretera (ancho de los carriles y arcenes, aceras en travesías, etc.).*
- ✓ *Velocidad de proyecto.*
- ✓ *Tipología de accesos y distancias entre ellos.*

E) SEGÚN LA FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA VIARIO:

- **Carretera de calzadas separadas:**
 - Autopista.
 - Autovía.
 - Carretera multicarril
- **Carretera de calzada única:**
 - Carretera convencional.
 - Otros tipos:
 - Carretera de sentido único de circulación.
 - Vía colectora - distribuidora.
 - Vía lateral (también denominada calzada lateral).
 - Ramal.
 - Vía de giro.
 - Vía de servicio.

NOTA: puntualizaciones a estas clasificaciones señaladas en la Norma

- *Carretera Multicarril: A efectos de aplicación de otras Normas de carreteras, las carreteras multicarril serán consideradas como carreteras convencionales.*

- *Carretera Convencional: Los apartados y las referencias de esta Norma relativos a carreteras convencionales se aplican, salvo mención expresa en contrario, a carreteras de calzada única y doble sentido de circulación.*
- *Vía lateral: Su empleo se limita a tramos urbanos y periurbanos y, excepcionalmente, fuera de dichos tramos en reordenación de accesos llevados a cabo por el organismo titular de la carretera.*

Se denomina tramo a cualquier porción de una carretera comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera con determinadas características de trazado homogéneas. **Se denomina tramo de proyecto** a cada una de las partes en las que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos.

En general, los extremos del tramo de proyecto coinciden o están próximos a puntos singulares, tales como intersecciones, enlaces, cambios en el medio atravesado, ya sean de carácter topográfico o de utilización del suelo. Un tramo de proyecto podrá incluir diversos tramos con diferentes velocidades de proyecto en función de la clase de carretera o de las características del trazado.

Las definiciones de autopista, autovía, carretera multicarril y carretera convencional, se resumen en la Tabla siguiente:

CLASE DE CARRETERA	AUTOPISTA	AUTOVÍA	CARRETERA MULTICARRIL	CARRETERA CONVENCIONAL
Condición inicial	Carretera que está especialmente proyectada, construida y señalizada como tal y que reúne las siguientes características:			Carretera que no reúne las características de autopista, autovía o carretera multicarril.
Condición a)	Para cada sentido de circulación tendrá, como mínimo, una calzada con dos carriles.			
Condición b)	Las calzadas estarán separadas entre sí, salvo en tramos singulares, por una franja no destinada a la circulación.			
Condición c)	Los cruces con cualquier otra vía de comunicación o servidumbre de paso se efectuarán a distinto nivel.	Los cruces con cualquier otra vía de comunicación o servidumbre de paso se podrán efectuar a nivel.		
Condición d)	Sin accesos. Las propiedades colindantes y las vías de servicio no tendrán acceso directo a la misma.	Con acceso limitado. Las propiedades colindantes no tendrán acceso directo a la misma.		
Condición e)	Para exclusiva circulación de automóviles. ¹	Para circulación de vehículos de motor. ²		

Podemos señalar también que la nueva Norma distingue los siguientes **tipos de proyectos**, que supone una modificación en relación a los previstos en la Norma anterior:

- ❖ **Proyecto de nuevo trazado:** Es aquel cuya finalidad es la definición de una vía de comunicación no existente o de la modificación funcional de una vía en servicio mediante un trazado independiente, que permita mantenerla con un nivel de servicio adecuado.
- ❖ **Proyecto de duplicación de calzada:** Es aquel cuya finalidad es la transformación de una carretera convencional en otra de calzadas separadas, mediante la construcción de una nueva calzada, generalmente muy cercana y aproximadamente paralela a la existente. Estos proyectos suelen incluir modificaciones locales del trazado existente, supresión de cruces a nivel, reordenación de accesos y, en general, las variaciones necesarias para alcanzar las características de autopista, autovía o carretera multicarril.
- ❖ **Proyecto de acondicionamiento:** Es aquel cuya finalidad es la modificación de las características geométricas de la carretera existente, con actuaciones tendentes a mejorar los tiempos de recorrido, el nivel de servicio y la seguridad de la circulación.
- ❖ **Proyecto de mejoras locales:** Es aquel cuya finalidad es la modificación de las características geométricas de elementos aislados de la carretera por necesidades funcionales y de seguridad.
- ❖ **Proyecto de actuaciones específicas:** Es aquel cuya finalidad es la mejora de algún elemento constitutivo de una carretera en servicio (firme, drenaje, señalización, balizamiento, sistemas de contención, iluminación, plantaciones, etc.). La presente Norma no será de aplicación en los proyectos de mejoras locales y de actuaciones específicas.

La presente Norma no será de aplicación en los proyectos de mejoras locales y de actuaciones específicas

Es importante destacar que el diseño de una carretera o cualquier elemento de la misma, se establecerá **en función de la intensidad y de la composición del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte**, considerando como tal el posterior en veinte (20) años al de la fecha de entrada en servicio. En cada caso deberá justificarse la hora de proyecto adoptada, que no será inferior a la hora treinta (30) ni superior a la hora ciento cincuenta (150).

En este sentido, la nueva Norma 3.1-IC también hace especial referencia a la **“funcionalidad del sistema viario”**

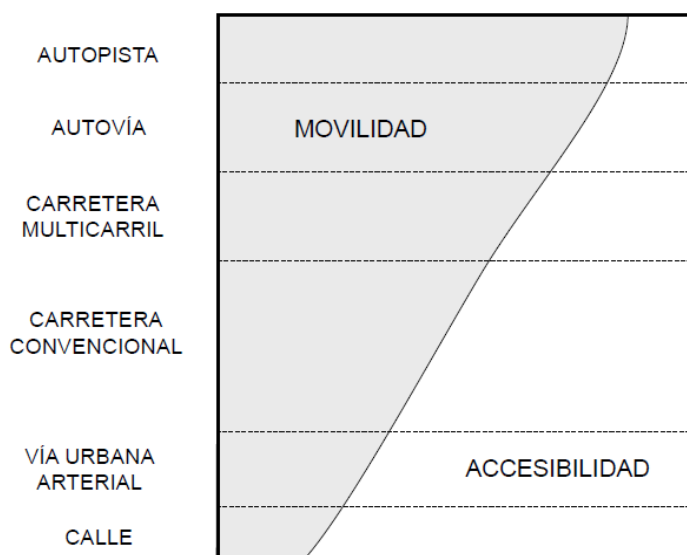
El sistema de transporte por carretera tiene como objetivo fundamental satisfacer las necesidades de movilidad y accesibilidad de nuestra sociedad por este modo, lo cual desde el punto de vista de la infraestructura se debe concretar garantizando los desplazamientos

de personas y mercancías en condiciones de comodidad y seguridad, proyectando dicha infraestructura con la adecuada funcionalidad.

La movilidad es la propiedad de un sistema viario que valora el número y la calidad de los desplazamientos, cuantificados respectivamente por la intensidad de tráfico y por la velocidad o el tiempo de recorrido.

La accesibilidad es la propiedad de un sistema viario que expresa la mayor o menor facilidad con que un lugar del territorio puede ser alcanzado. En consecuencia, movilidad y accesibilidad son conceptos complementarios, de forma que una elevada movilidad es simultáneamente compatible con una baja accesibilidad al territorio y viceversa, una alta accesibilidad puede ser considerada con una baja movilidad. Este principio permite clasificar las clases de carreteras de forma conceptual, conforme se recoge en el esquema siguiente.

COMPLEMENTARIEDAD ENTRE MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD.



En relación con la movilidad y la accesibilidad en el diseño de las diferentes clases de carretera se deberá tener en cuenta que:

- o Las autopistas y las autovías tendrán como ámbito de diseño el interurbano, periurbano y urbano estando su proyecto siempre dirigido hacia la máxima movilidad.
- o Las carreteras multicarril se diseñarán en tramos urbanos y periurbanos con una movilidad inferior a las autopistas y autovías pero con una accesibilidad superior a ellas.
- o Las carreteras convencionales tendrán como ámbito de diseño el interurbano, periurbano y urbano, pudiendo orientarse significativamente su proyecto hacia la movilidad o hacia la accesibilidad.
- o Las travesías, las vías urbanas y las calles se orientarán fundamentalmente hacia la accesibilidad por lo que su ámbito de diseño es el urbano y, secundariamente, el periurbano.

1.3.- Datos Básicos para el Estudio del Trazado.

El trazado de una carretera se definirá en función de **dos factores básicos**: la **velocidad** a la que se estima que circularán los vehículos en condiciones de comodidad y seguridad y la **visibilidad** en cualquier punto de la carretera.

1.3.1.- VELOCIDAD.

A efectos de la nueva Norma, se distinguen los siguientes tipos de velocidades (que se diferencian en algunos casos de las utilizadas hasta la fecha)

- ✚ **Velocidad específica de una curva circular (Ve)**: Velocidad que puede mantener un vehículo a lo largo de una curva circular considerada aisladamente, en condiciones de comodidad y seguridad, 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 dicha velocidad.
- ✚ **Velocidad de proyecto de un tramo (Vp)**: Velocidad para la que se definen las características geométricas del trazado de un tramo de carretera en condiciones de comodidad y seguridad.
- ✚ **Velocidad de recorrido de un tramo (Vr)**: Media armónica ponderada de las velocidades de recorrido de subtramos homogéneos, dada por la expresión:

$$V = \frac{\sum l_k}{\sum (l_k / V_{ek})}$$

Donde:

l_k = longitud del subtramo k

V_{rk} = Velocidad de recorrido de un subtramo k, calculada como el cociente entre su longitud y el tiempo medio de recorrido de todos los vehículos que circulan por dicho subtramo, incluyendo los tiempos de demora debidos a detenciones o paradas.

Se considerará que un subtramo homogéneo es aquel en el que la velocidad se puede considerar constante.

- ✚ **Velocidad libre (VI)**: Velocidad a la que puede circular un vehículo ligero sin más condicionantes que las características de la carretera y el límite establecido por la regulación legal vigente.
- ✚ **V85**: Velocidad operativa característica de un elemento, representada por el percentil ochenta y cinco (85) de la distribución de velocidades libres temporales de vehículos ligeros observadas en servicio. En fase de proyecto deberá ser estimada.

Para comparar velocidades entre tramos se analizarán las condiciones del trazado en un tramo adyacente de longitud no menor que diez kilómetros (10 km), salvo que se

modifique la clase de carretera por alguno de los criterios indicados en el apartado 2.2 de la Instrucción.

Las velocidades de proyecto y de recorrido que se adopten estarán, en general, definidas en los estudios de carreteras correspondientes, en función de los siguientes factores:

- Condiciones topográficas y del entorno.
- Características ambientales.
- Consideración de la función de la vía dentro del sistema de transporte por carretera.
- Homogeneidad del itinerario.
- Condiciones económicas.
- Distancias entre conexiones o accesos y sus tipologías.

1.3.2.- VISIBILIDAD.

En cuanto a la visibilidad en cada tramo debemos considerar que en cualquier punto de la carretera el conductor de un vehículo deberá tener una visibilidad que dependerá de la forma, las dimensiones y la disposición de los elementos del trazado. Para que las distintas maniobras puedan efectuarse en condiciones de comodidad y seguridad, se necesitará una visibilidad mínima que dependerá de la velocidad de los vehículos y del tipo de dichas maniobras.

En la presente Norma se consideran: visibilidad de parada, visibilidad de adelantamiento, **visibilidad de decisión** (nuevo concepto introducido por la nueva instrucción de trazado, respecto a la anterior) y visibilidad de cruce.

El punto de vista del conductor se fija, a efectos del cálculo, a una altura de un metro y diez centímetros (1,10 m) sobre la calzada y a una distancia de un metro y cincuenta centímetros (1,50 m) del borde izquierdo de cada carril, por el interior del mismo y en el sentido de la marcha.

Las visibilidades se calcularán siempre para condiciones óptimas de iluminación.

1. VISIBILIDAD DISPONIBLE que depende de la forma, dimensiones y disposición de los elementos del trazado, pero NO de la velocidad a la que se circule. Como ya hemos señalado, la Norma recoge 4 tipologías:

a) Visibilidad de Parada: Se define la visibilidad de parada dentro de un carril como la distancia que existe entre un vehículo y un obstáculo situado en su trayectoria, en el momento en que el conductor puede divisarlo sin que luego desaparezca de su campo visual. La distancia se medirá a lo largo del carril.

Para el cálculo, se fija la altura del obstáculo en 50 cm.

- b) **Visibilidad de Adelantamiento:** En carreteras convencionales se considerará como visibilidad de adelantamiento la distancia disponible, medida a lo largo del eje que separa ambos sentidos de circulación, entre la posición del vehículo que efectúa la maniobra de adelantamiento y la posición del vehículo que circula en sentido opuesto, en el momento en que pueda divisarlo y sin que luego desaparezca de su vista hasta finalizar dicha maniobra.
- c) **Visibilidad de Decisión:** Se considerará como visibilidad de decisión la distancia en línea recta entre la posición de un vehículo en movimiento (definido por el punto de vista del conductor) y el elemento que debe observar el conductor medida sobre el eje de la carretera.
- d) **Visibilidad de Cruce:** Se considerará como visibilidad de cruce, la distancia que precisa ver el conductor de un vehículo para poder cruzar otra vía que intersecta su trayectoria, medida a lo largo de la carretera atravesada.

2. **VISIBILIDAD NECESARIA** que si depende de la velocidad de los vehículos y del tipo de maniobra. Se distingue entre:

- a) **Distancia de Parada:** Se define como distancia de parada (D_p) la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse ante un obstáculo inesperado en su trayectoria, medida desde su posición en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Incluye la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.
- b) **Distancia de Adelantamiento:** A efectos de aplicación de la presente Norma y del cálculo de los tramos con distancia de adelantamiento en carreteras convencionales, se define como distancia de adelantamiento (D_a), la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto, medida a lo largo del eje que separa los dos sentidos de circulación.
- c) **Distancia de Decisión:** Se define como distancia de decisión (D_d), la distancia medida a lo largo de la trayectoria que realiza un vehículo para que su conductor, en un entorno viario que puede estar visualmente congestionado, perciba la información proporcionada por la señalización y la existencia de una situación inesperada o difícil de percibir, las reconozca, valore el riesgo que representan, adopte una velocidad y una trayectoria adecuadas y lleve a cabo con seguridad y eficiencia la maniobra necesaria.

La distancia de decisión **corresponde a la distancia recorrida en diez segundos (10 s)** a la velocidad de proyecto del tramo considerado y sus valores mínimos se indican en la Tabla 3.4 de la Instrucción.

- d) **Distancia de Cruce:** Se define como distancia de cruce (D_c), para un determinado movimiento de cruce (generalmente en carreteras convencionales),

la distancia que puede recorrer un vehículo sobre una vía, durante el tiempo que otro emplea en realizar el citado movimiento de cruce atravesando dicha vía total o parcialmente.

Se analizarán las visibilidades en los carriles de todas las calzadas mediante una simulación en tres dimensiones al menos para la velocidad de proyecto (V_p) y para la V_{85} estimada de cada elemento de trazado en la que se incluirán, además de los trazados en planta y alzado y las secciones transversales, todos los elementos que puedan afectar (explanaciones, señalización vertical, sistemas de contención de vehículos, obras de paso, túneles, pantallas antirruído, báculos de iluminación, plantaciones, etc.).

En las calzadas con más de un carril por sentido la simulación de la visibilidad se efectuará, al menos, en los carriles interiores y exteriores. El análisis deberá permitir en los carriles de todas las calzadas comprobar adicionalmente la correcta visión y legibilidad de la señalización vertical por parte del conductor.

La Visibilidad Disponible será mayor que la Visibilidad Necesaria a la velocidad de proyecto (V_p)

2.- TRAZADO EN PLANTA.

Se compone de la adecuada combinación de los siguientes elementos: alineación recta (o recta), alineación circular (o curva circular) y curva de acuerdo (o curva de transición). Es **destacable el anexo IV** de la presente Instrucción de Trazado donde se describen los 7 tipos de alineaciones curvas que podrán utilizarse en proyectos de carreteras, de los que los tipos 1 (curva circular central y dos curvas de acuerdo) y 4 (dos curvas circulares enlazadas con dos curvas de acuerdo) son los más utilizados en carreteras de los Grupos 1 y 2 y en las carreteras con velocidades más elevadas del Grupo 3.

La definición del trazado en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal (centro de la mediana, centro de la calzada o borde interior de la calzada), discerniendo dicha definición según tengamos carreteras de calzadas separadas o carreteras de calzada única (con sentido único o doble sentido de circulación), y estén ó no previstos ampliaciones de la carretera.

2.1.- Rectas.

La recta es un elemento de trazado que está indicado en carreteras convencionales (de dos carriles) para obtener suficientes oportunidades de adelantamiento y en cualquier tipo de carretera para adaptarse a condicionamientos externos obligados (infraestructuras preexistentes, condiciones urbanísticas, terrenos llanos, etc.).

Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos, excesos de velocidad, etc., es deseable limitar las longitudes máximas de las alineaciones rectas (longitud recorrida en 1 minuto a V_p) y para que se produzca una acomodación y adaptación a la conducción es deseable establecer unas longitudes mínimas de las alineaciones rectas (longitud recorrida en 5 seg a la V_p en trazados en "S" y en 10 seg en el resto de casos).

A efectos de la Norma 3.1-IC, en caso de disponerse el elemento recta, las **longitudes mínima admisible y máxima deseable**, en función de la velocidad de proyecto, serán las dadas por las expresiones siguientes:

$$L_{\text{mín},s} = 1,39 \cdot V_p$$

$$L_{\text{mín},o} = 2,78 \cdot V_p$$

$$L_{\text{máx}} = 16,70 \cdot V_p$$

Siendo:

- o $L_{\text{mín},s}$ = longitud mínima (m) para trazados en «S» (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).
- o $L_{\text{mín},o}$ = longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).
- o $L_{\text{máx}}$ = longitud máxima (m).
- o V_p = velocidad de proyecto (km/h).

Un concepto nuevo introducido en esta nueva Norma 3.1-IC es el de **“Recta de longitud limitada”** (también denominada **Recta de longitud dependiente**).

Se considerará que **una alineación recta situada entre dos alineaciones curvas** (constituidas por las curvas de acuerdo y la curva circular) **es de longitud limitada**, si la **velocidad máxima alcanzable en ella se ve condicionada por la presencia de dichas alineaciones curvas**. Si la longitud de la alineación recta fuera superior a la limitada, el conductor del vehículo podrá adoptar la velocidad máxima alcanzable en dicha alineación recta conforme a sus propias preferencias sobre la conducción y las limitaciones de velocidad señalizadas.

Los valores máximos de estas longitudes establecidos en la Norma son:

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) DEL TRAMO (km/h)	MÁXIMA LONGITUD DE UNA ALINEACIÓN RECTA PARA SER CONSIDERADA DE LONGITUD LIMITADA (m)
140, 130, 120, 110 y 100	400
90	300
80	230
70	175
60	85
50	50 (*)
40	30 (*)
(*) Este valor es inferior a ($L_{min,s}$) recomendado en la Tabla 4.1.	

Si la alineación recta es de longitud limitada, **no será necesario** establecer el bombeo mediante dos planos diferentes

2.2.- Curvas circulares.

Fijada una cierta Velocidad, el Radio Mínimo a adoptar en las curvas circulares se determina en función de:

- ❖ El Peralte y el Rozamiento Transversal Movilizado;
- ❖ La Visibilidad de Parada en toda su longitud; y
- ❖ La Coordinación del Trazado en Planta y Alzado para así evitar pérdidas de trazado, de orientación y dinámica

Para describir el comportamiento de un vehículo que circula por una curva circular se considera un modelo consistente en establecer su equilibrio transversal como sólido rígido, que recorre dicha curva circular en planta a velocidad constante, prescindiendo del efecto del sistema de suspensión.

En los nudos son las dimensiones y posibilidades de maniobra las que determinan los radios convenientes. En el resto del trazado es la Fuerza Centrifuga la que impone ciertas limitaciones. La Velocidad, el Radio, el Peralte y el Coeficiente de Rozamiento Transversal Movilizado (ft) están relacionados mediante la fórmula:

$$V^2 = 127 R (ft + p / 100).$$

Siendo:

V = Velocidad de la curva circular (km/h).

R = Radio de la circunferencia que define el eje del trazado en planta (m).

ft = Coeficiente de rozamiento transversal movilizado.

p = Peralte (%).

Ha de cumplirse para toda curva circular, dado el correspondiente radio y peralte, que recorrida la curva a Velocidad igual a la Especifica (Ve), no se sobrepasarán los valores de ftmax establecidos. Si la velocidad es excesiva se puede producir un accidente en forma de **vuelco**, si el centro de gravedad está alto y el rozamiento movilizado es elevado; de **quiebro**, especialmente en vehículos articulados; o de **deslizamiento** si ft rebasa un límite función de varios factores.

El Radio Mínimo adoptado por la nueva Norma 3.1-IC es de **850 m para las carreteras del Grupo 1, de 250 m para carreteras del Grupo 2 y de 50 m para carreteras del Grupo 3.**

Asimismo establece el Peralte de acuerdo con la Clase de carretera y la Vp, en función del Radio de la curva, siendo el **máximo para el Grupo 1 y 2 del 8% y para el Grupo 3 del 7%, mientras que el mínimo en los tres casos es el 2%, si bien en el caso de que el radio sea mayor a 7500 m en carreteras de los grupos 1 y 2 o de 3500 en carreteras del grupo 3 se dispondrá un bombeo, al igual que si de una recta se tratase.**

2.3.- Curvas de acuerdo.

Tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura de la traza, por lo que su diseño debe ofrecer las mismas condiciones de Seguridad, Comodidad (e incluso Estética) que el resto de los elementos del trazado.

Para curvas circulares de radio menor que cinco mil metros (< 5 000 m) en carreteras de los Grupos 1 y 2 y para curvas circulares de radio menor que dos mil quinientos metros (< 2 500 m) en carreteras del Grupo 3, será necesario utilizar curvas de acuerdo, mientras que **para curvas circulares de radios mayores o iguales que los indicados no será necesario utilizarlas.** Las excepciones para ángulos de giro Ω pequeños se incluyen en el epígrafe 4.4.8. de la Norma.

Se adopta en todos los casos como curva de transición la Clotoide definida por la ecuación:

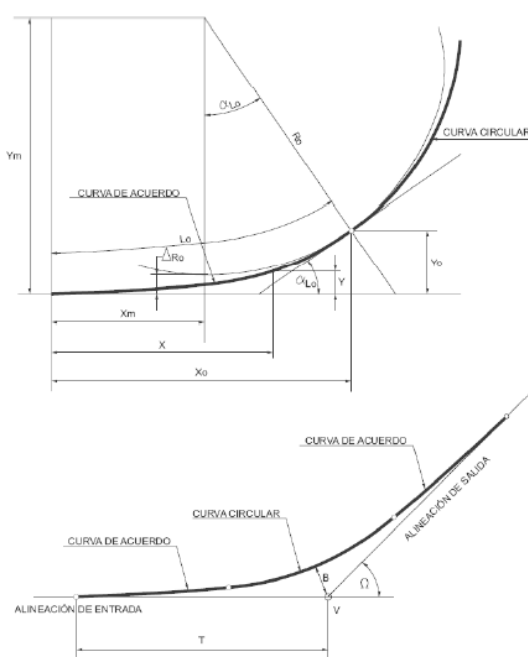
$$R \times L = A^2$$

donde "R" es el radio de curvatura en un punto cualquiera, "A" el parámetro característico de la clotoide, y "L" la longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R=\infty$) y el punto de radio R.

Este tipo de curvas deben tener una **LONGITUD MÍNIMA**, de tal manera que la longitud de una curva de acuerdo y consecuentemente el parámetro correspondiente serán los mayores que cumplan las limitaciones siguientes:

1. **Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal:** la **variación de la aceleración centrífuga no compensada por el peralte debe limitarse** a un valor de J (variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal) aceptable desde el punto de vista de la comodidad (entre 0,4 y 0,5 m/s^3 para una V Específica mayor o igual a 120 y menor de 80 km/h respectivamente, pudiendo elevarse hasta 0,7 solo en casos de gran economía).
2. **Limitación por transición del peralte:** se limita la **variación longitudinal de la pendiente transversal** (gradiente de la pendiente transversal) en la transición del peralte, por razones de comodidad en la conducción. Dicha **longitud mínima de clotoide dependerá** de aspectos tales como:
 - Peralte final e inicial con su signo (%)
 - Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m)
 - Gradiente de la pendiente transversal del borde que experimenta la mayor variación longitudinal de la calzada respecto al eje de la misma (%)
 - Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m)
 - Un factor de ajuste, función del número de carriles que gira, adoptando un valor de 1 si gira un carril, 0,75 si giran dos carriles y de 0,67 si giran tres o más carriles
3. **Limitaciones por condiciones de percepción visual:** para que la presencia de una curva de transición **resulte fácilmente perceptible por el conductor**, debe cumplirse simultáneamente que:
 - La variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual que $1/18$ radianes ($L_{min} = R_0 / 9$);
 - El Retranqueo de la curva circular sea mayor o igual 50 cm ($L_{min} = 2 * (3R_0)^{1/2}$);
 - y es recomendable que la variación de acimut entre los extremos de la clotoide, sea mayor o igual que la quinta parte del ángulo total de giro entre las alineaciones rectas consecutivas en que se inserta la clotoide ($L_{min} = \pi \Omega R_0 / 500$).

En cuanto a la **LONGITUD MÁXIMA** de cada curva de acuerdo **no será superior a 1,5 veces su longitud mínima**, ya que grandes longitudes influyen negativamente en la seguridad.



El **desarrollo mínimo de la curva** correspondiente a la combinación básica Tipo I (constituida por una curva circular con sus correspondientes curvas de acuerdo, ver Anexo 4 de la Instrucción) se corresponderá, en general, con una variación de acimut entre sus extremos mayor o igual que veinte gonios (≥ 20 gon), pudiendo aceptarse valores entre veinte gonios (20 gon) y seis gonios (6 gon). Excepcionalmente podrán admitirse valores menores que seis gonios (< 6 gon) mediante la utilización de curvas Tipo III (curva circular sin clotoides).

2.4.- Coordinación entre alineaciones curvas consecutivas.

Quando se unan dos alineaciones curvas consecutivas (constituida cada una por una curva circular con sus correspondientes curvas de acuerdo) **sin alineación recta intermedia o con una recta de longitud limitada**, la relación de radios de las curvas circulares no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las expresiones de la Tabla siguiente:

R (m)	R' (m)
50 – 450	$\frac{50}{77} \cdot R + 7,8 \leq R' < \frac{127}{80} \cdot R - 14,4$
450 – 700	$\frac{40}{135} \cdot R + 166,7 \leq R' < \frac{110}{25} \cdot R - 1280$
700 – 1800	$R' \geq \frac{40}{135} \cdot R + 166,7$
> 1800	$R' \geq 700$

El trazado se analizará por sentido buscando un adecuado equilibrio entre los radios de las curvas consecutivas a disponer.

Cuando se unan dos alineaciones curvas consecutivas (constituidas cada una por una curva circular con sus correspondientes curvas de acuerdo) con alineación recta intermedia de mayor longitud que la correspondiente a la recta de longitud limitada el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será:

- **Carreteras del Grupo 1.** Mayor o igual que el radio mínimo asociado a la velocidad de proyecto (V_p).
- **Carreteras del Grupo 2.** Mayor o igual que setecientos metros (≥ 700 m).
- **Carreteras del Grupo 3.** Mayor o igual que el doble del radio mínimo asociado a la velocidad de proyecto (V_p).

2.5.- Consistencia del Trazado en Planta en Carreteras Convencionales.

La nueva Norma 3.1-IC ha introducido un concepto nuevo relativo a la “**consistencia del trazado**”.

En el proyecto de una carretera convencional se realizará un estudio de la consistencia de su trazado en planta.

Se considerará que existe **consistencia buena entre los elementos de trazado en planta de una carretera que discurre por terreno llano u ondulado** si se verifican las siguientes condiciones:

- **Para cada elemento del trazado:**

$$| V_{85} - V_p | \leq 10 \text{ km/h}$$

Siendo:

V_p = Velocidad de proyecto del tramo (km/h).

V_{85} = Velocidad operativa característica (km/h) del elemento, representada por el percentil 85 de la distribución de velocidades temporales observadas en servicio.

- **Para elementos consecutivos:**

$$| (V_{85})_i - (V_{85})_{i+1} | \leq 10 \text{ km/h}$$

No obstante, se podrá considerar que existe **consistencia aceptable** entre los elementos de trazado en planta de una carretera que discurre por terreno llano u ondulado si se verifican las siguientes condiciones:

$$10 \text{ km/h} < | V85 - V_p | \leq 20 \text{ km/h}$$

$$10 \text{ km/h} < | (V85)_i - (V85)_{i+1} | \leq 20 \text{ km/h}$$

En fase de proyecto, las velocidades operativas características deberán ser objeto de una justificada estimación.

Estos criterios se consideran aplicables cuando la velocidad de proyecto (V_p) sea inferior a cien kilómetros por hora ($< 100 \text{ km/h}$). Para aplicar las expresiones anteriores, y para cada elemento de trazado, la velocidad operativa característica se evaluará en la sección de la vía donde se alcance su valor máximo.

En rectas de longitud no limitada o en alineaciones circulares de radios elevados, la velocidad operativa característica puede ser superior a la velocidad de proyecto (V_p), considerándose aceptable en este caso una diferencia de hasta treinta kilómetros por hora ($\leq 30 \text{ km/h}$).

2.6.- Bombeo y Peralte.

Se define como **bombeo** la inclinación transversal de la plataforma o plataformas de una carretera en los tramos en recta para evacuar el agua hacia el exterior. El valor habitual del bombeo se corresponde con una inclinación transversal mínima del dos por ciento ($\geq 2 \%$) con las matizaciones indicadas en el epígrafe 7.3.3.

Se define como **peralte** la inclinación transversal de la plataforma o plataformas que conforman una carretera en los tramos en curva (curva circular con clotoides) que se dispone para contrarrestar la aceleración centrífuga no compensada por el rozamiento y evacuar el agua hacia el exterior.

Se diseñará bombeo y no peralte, en las curvas circulares de radio superior a siete mil quinientos metros ($> 7\,500 \text{ m}$) en las carreteras de los Grupos 1 y 2 y de radio superior a tres mil quinientos metros ($> 3\,500 \text{ m}$) en las carreteras del Grupo 3.

2.7.- Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte.

Se define como **desvanecimiento del bombeo** el giro que se efectúa en la inclinación transversal de una plataforma en carreteras de calzadas separadas o de una semiplataforma en carreteras convencionales para pasar, en una alineación recta, desde la inclinación correspondiente al bombeo a una inclinación transversal nula (0%).

Se define como **transición del peralte** el giro que se efectúa en la inclinación transversal de la plataforma para pasar, en una curva de acuerdo en planta, desde una

inclinación transversal nula (0 %) a la inclinación transversal correspondiente al peralte (p %) o desde el bombeo al peralte (p %) según proceda.

El desvanecimiento del bombeo y la transición del peralte deberán **llevarse a cabo combinando las dos condiciones siguientes:**

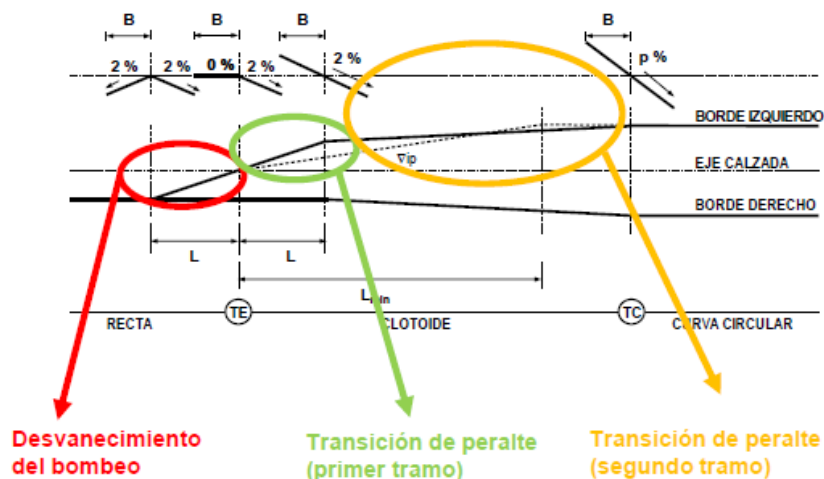
- **Características dinámicas aceptables para el vehículo.**
- **Rápida evacuación de las aguas de la calzada.**

El desvanecimiento del bombeo en cualquier clase de carretera se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada a la curva de acuerdo en planta (clotoide) con las siguientes longitudes:

- **Si la rasante tiene una inclinación superior al uno por ciento (> 1 %) se hará en una longitud mayor o igual que la longitud mínima "Lmin" correspondiente a la limitación por transición del peralte (recogida en el epígrafe 4.4.3.2 de la Instrucción)**
- Excepcionalmente, **si la rasante tiene una inclinación menor o igual al uno por ciento ($\leq 1 \%$), se hará en una longitud "L" de veinte metros (20 m) en carreteras de los Grupos 1 y 2 y en una longitud de quince metros (15 m) en carreteras del Grupo 3. **Con esta condición se puede superar el valor del gradiente de la pendiente transversal, indicado como máximo (en el epígrafe 4.4.3.2 de la Instrucción).** El desvanecimiento del bombeo en el caso de alineación recta unida a curva circular (sin curva de acuerdo) se efectuará sobre la alineación recta.**

La transición del peralte en carreteras convencionales **se desarrollará a lo largo de la curva de acuerdo en planta (clotoide), en dos tramos, habiéndose desvanecido previamente el bombeo** que exista en sentido contrario al del peralte definitivo:

- En el primer tramo la variación del peralte desde el cero por ciento (0 %) al dos por ciento (2 %) se producirá de igual forma que en el desvanecimiento del bombeo y, por lo tanto, con el mismo gradiente y longitud.
- En el segundo tramo se variará el peralte desde el dos por ciento (2 %) hasta el valor del peralte de la curva circular (p %).



La transición del peralte en el caso de alineación recta unida a curva circular (sin curva de acuerdo) se efectuará sobre la alineación recta inmediatamente después del desvanecimiento del bombeo y con los criterios establecidos para la clotoide.

Los tramos de transición del peralte en el caso de que la longitud de la curva circular sea menor que treinta metros ($< 30 \text{ m}$), se desplazarán de forma que exista un tramo de treinta metros (30 m) con pendiente transversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de la curva circular. Se procederá de igual forma en el caso de clotoides de vértice, disponiéndose un tramo de treinta metros (30 m) con pendiente transversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de curvatura de dichas clotoides en su vértice.

Se evitará la coincidencia de peralte nulo y rasante casi horizontal. En los tramos donde esto no se pueda evitar se realizará un estudio de la evacuación de las aguas de la plataforma.

2.8.- Análisis de obstáculos en calzadas y márgenes.

En los proyectos de carreteras se efectuará un **análisis de aquellos obstáculos que puedan impedir la visibilidad de objetos sobre la calzada o suponer riesgo de accidente en caso de colisión con dichos obstáculos por salida del vehículo de la plataforma.** Este análisis determinará el despeje necesario para que el conductor disponga de la visibilidad requerida (parada, adelantamiento, decisión o cruce) en cada caso, teniendo en cuenta simultáneamente tanto el trazado en planta como en alzado.

En el caso de trazados en acuerdos verticales cóncavos debe comprobarse la afección a la visibilidad que puede suponer una estructura sobre la calzada o carril (paso superior, pasarela, pórtico y banderola de señalización, etc.). **Para una curva circular en planta**, y siempre que el vehículo y el obstáculo a divisar se encuentren dentro de ella, **el valor del despeje necesario en cada punto para disponer de una determinada visibilidad** (sin tener en cuenta el alzado) **se estimará**, en una primera aproximación, **aplicando la fórmula:**

$$F = R - \left(R + \frac{R \cdot (a + b) + 2 \cdot a \cdot b}{2 \cdot R + a + b} \right) \cdot \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

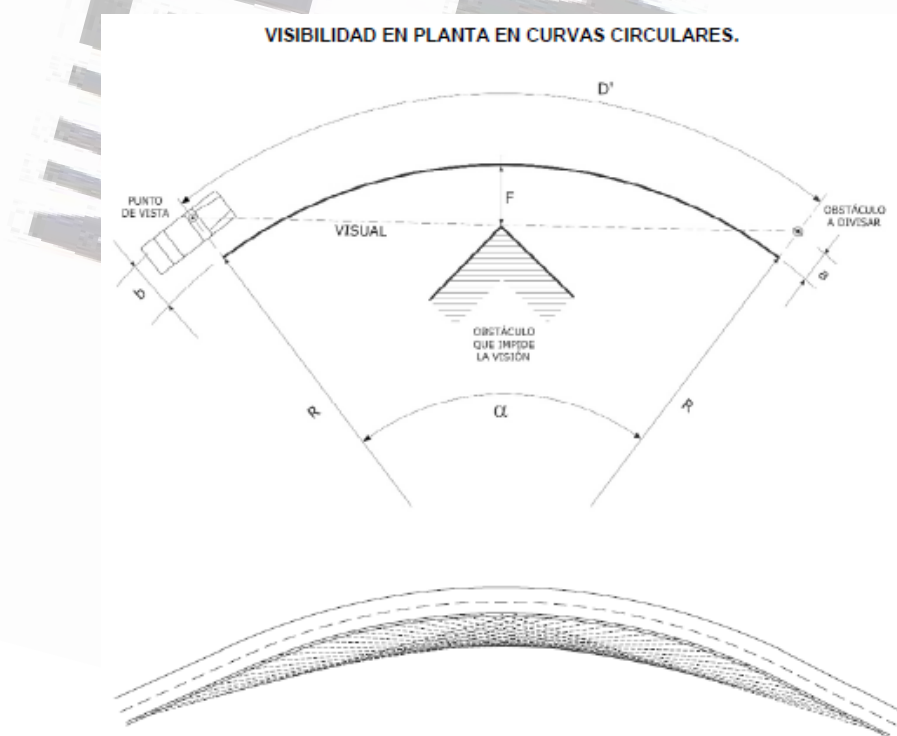
Siendo:

- F = Distancia mínima del obstáculo que impide la visión al borde de la calzada más próximo a él (m).
- R= Radio del borde de la calzada más próximo al obstáculo que impide la visión (m).
- a= Distancia del obstáculo a divisar al borde de la calzada más próximo al obstáculo que impide la visión (m) (se determinará en cada caso de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2).
- b= Distancia del punto de vista del conductor al borde de la calzada más próximo al obstáculo que impide la visión (m) (se determinará en cada caso de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2).
- α= Ángulo correspondiente al arco:

En radianes: $\frac{\alpha}{2} = \frac{D'}{2 \cdot R}$

En gonios: $\frac{\alpha}{2} = 31,83 \cdot \frac{D'}{R}$

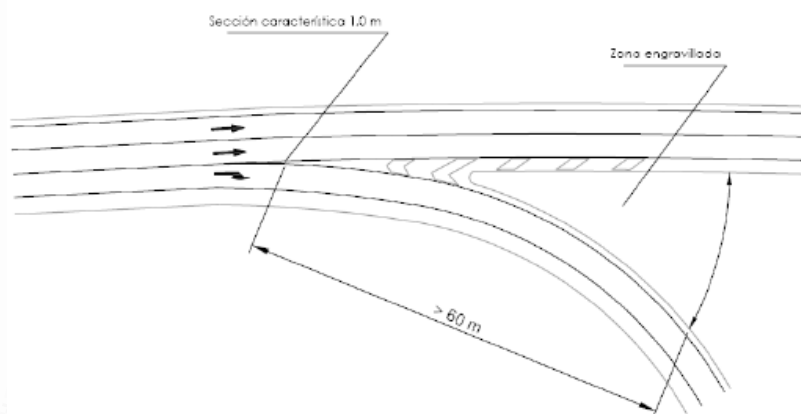
- D' = Distancia a lo largo del arco correspondiente al borde de la calzada entre el punto de vista del conductor y el obstáculo a divisar (m). La distancia será mayor o igual que la visibilidad requerida (parada, adelantamiento, decisión o cruce).



Adicionalmente se identificarán los posibles obstáculos existentes hasta una distancia de veinte metros (20,00 m) desde los bordes exteriores de la calzada, realizándose el correspondiente análisis de riesgo. A estos efectos, también tendrán la consideración de obstáculo aquellas estructuras situadas en las márgenes de las calzadas donde exista posibilidad de colisión del vehículo con la parte inferior de la estructura (por ser el gálibo respecto a la rasante existente menor que cinco metros ($< 5,00$ m)).

Además, en carreteras de calzadas separadas, entre las dos plataformas de una bifurcación o de una divergencia correspondientes a un carril de deceleración o de trenzado, se procurará mantener, hasta una distancia mayor que sesenta metros (> 60 m) a partir del punto de apertura de los carriles completos (sección característica de 1,00 m) una zona sensiblemente coplanaria y libre de obstáculos, en la cual se dispondrá preferentemente gravilla suelta.

ZONA SENSIBLEMENTE COPLANARIA Y LIBRE DE OBSTÁCULOS.



3.- TRAZADO EN ALZADO.

A efectos de definir el trazado en alzado se considerarán prioritarias las características funcionales de seguridad y comodidad, que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una variación continua y gradual de parámetros. Se procurará ceñir la rasante al terreno de forma que se minimice el impacto ambiental, así como el coste de las explanaciones, viaductos y túneles.

Para adoptar el eje que defina el alzado de la carretera se tendrá en cuenta si dispone de calzada única y sentido único de circulación (se tomará el cualquiera de los bordes de la calzada), calzada única y doble sentido de circulación (se tomará el centro de la calzada sin tener en cuenta eventuales carriles adicionales) o separadas y en estas últimas la posibilidad de aumentar o no carriles a costa de la mediana (se tomará el borde interior del carril más próximo a la misma).

3.1.- Inclinación de las rasantes.

Las inclinaciones de las rasantes se establecen en función de la V_p (en general, está demostrado que se reduce la seguridad cuando aumentan los valores de dicha inclinación); teniendo unos **valores máximos de rampa y pendiente** en función de la velocidad de proyecto (V_p):

- **Autopistas y autovías:**

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	RAMPA / PENDIENTE MÁXIMA (%)
140, 130, 120, 110 y 100	4
90 y 80	5

En casos suficientemente justificados y, previa realización de un estudio económico de los costes de explotación, los valores anteriores podrán incrementarse en un uno por ciento (1 %). Por otra parte, en el caso de que las calzadas tengan trazado en alzado independiente, los valores de la inclinación de la calzada en pendiente podrán incrementarse también en un uno por ciento (1 %) adicional.

- **Carreteras convencionales y carreteras multicarril:**

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
90 y 80	5	7
70 y 60	6	8
50 y 40	7	10

Y un **valor mínimo** de la inclinación de la rasante no inferior al 0,5% (excepcionalmente menor pero NUNCA inferior a 0,2%); de manera que la inclinación de la Línea de Máxima Pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor que 0,5% (con vistas a facilitar el desagüe superficial y evitar la posible formación de encharcamientos).

En los tramos de posible existencia de hielo en la calzada se procurará que la inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no sea superior al diez por ciento ($\leq 10 \%$).

No se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, con la inclinación máxima establecida para cada velocidad de proyecto y clase de carretera, cuya longitud supere tres mil metros (3000 m). Esta limitación se considerará independientemente del estudio de carriles adicionales.

No se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, cuyo tiempo de recorrido, a la velocidad de proyecto, sea inferior a diez segundos (10 s) (la longitud correspondiente se medirá entre vértices consecutivos).

La inclinación de la rasante de los carriles adicionales en rampa o pendiente, será la misma que la correspondiente a la plataforma o calzada de la que formen parte.

La inclinación de la rasante de un **túnel** será tal que, en toda su longitud se consiga, salvo justificación en contrario, que:

- En autopistas y autovías con velocidad de proyecto mayor o igual que cien kilómetros por hora (≥ 100 km/h), la velocidad de los vehículos pesados sea mayor o igual que sesenta kilómetros por hora (≥ 60 km/h).
- En autopistas y autovías con velocidad de proyecto menor que cien kilómetros por hora (< 100 km/h) y en el resto de carreteras, la velocidad de los vehículos pesados sea mayor o igual que la mitad de la máxima señalizada en el túnel.

Se procurará que la combinación de inclinación y longitud de las rampas y/o pendientes en túneles sea tal que no obligue al diseño de carriles adicionales.

3.2.- Acuerdos verticales.

Se adoptará en todos los casos como forma de la curva de acuerdo una parábola simétrica de eje vertical de ecuación

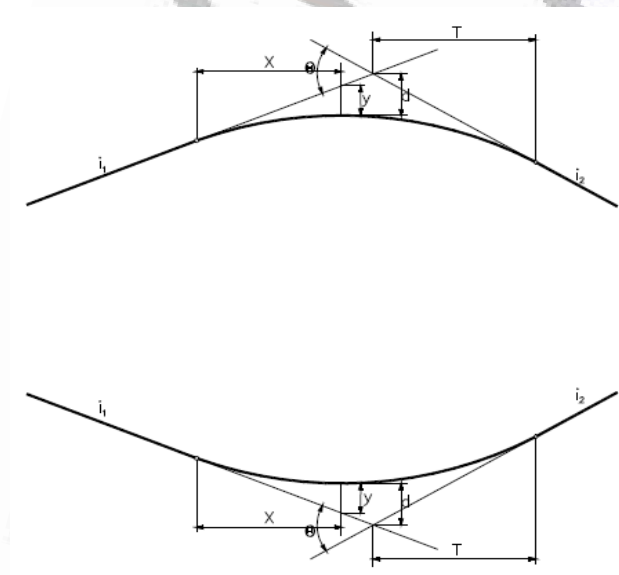
$$y = \frac{x^2}{2 * Kv}$$

Siendo Kv el radio de la circunferencia osculatriz en el vértice de dicha parábola, denominado comúnmente "parámetro".

Definiendo $\Phi = |i_2 - i_1|$ como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones en los extremos del acuerdo en tanto por uno, se cumple que:

$$K_v = L / \Phi$$

Siendo L la longitud de la curva de acuerdo ($L = 2 \times T$)



Una cuestión importante es determinar cuáles son los **Parámetros mínimos de las curvas de acuerdo vertical.**

Así, para evitar que el trazado en alzado del tronco de una carretera, al ser recorrido por un vehículo, provoque a su conductor la sensación de circular por un tobogán no se proyectarán trazados con acuerdos verticales consecutivos de parámetros (K_v) reducidos.

La longitud de una curva de acuerdo y consecuentemente el parámetro (K_v) correspondiente serán los mayores que cumplan las **limitaciones por consideraciones de visibilidad y por consideraciones de percepción visual.**

✚ En primer lugar **según las CONSIDERACIONES DE VISIBILIDAD** se tiene que:

Si la longitud de la curva de acuerdo vertical (L) es superior a la visibilidad requerida (D) ($L > D$) el valor del parámetro (K_v) vendrá dado por las expresiones siguientes:

- En acuerdos convexos:

$$L = \frac{|i_2 - i_1| \cdot D^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \qquad K_v = \frac{D^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

- En acuerdos cóncavos:

$$L = \frac{|i_2 - i_1| \cdot D^2}{2 \cdot (h - h_2 + D \cdot \text{tg}\alpha)} \qquad K_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h - h_2 + D \cdot \text{tg}\alpha)}$$

Siendo:

- K_v = Parámetro de la parábola (m).
- h_1 = Altura del punto de vista del conductor sobre la calzada (m).
- h_2 = Altura del objeto sobre la calzada (m).
- h = Altura de los faros del vehículo (m).
- α = Ángulo que el rayo de luz de mayor pendiente del cono de luz de los faros forma con el eje longitudinal del vehículo.
- D = Visibilidad requerida (m).
- $\theta = |i_2 - i_1|$ Valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de las rasantes en tanto por uno.

Para comprobar la visibilidad de parada en los acuerdos cóncavos se considerará:

$$h_1 = 1,10 \text{ m}; h_2 = 0,50 \text{ m}; h = 0,75 \text{ m}; \alpha = 1^\circ$$

Para comprobar la visibilidad de adelantamiento en los acuerdos convexos se considerará:

$$h_1 = h_2 = 1,10 \text{ m}$$

En la siguiente tabla se recogen, para diferentes velocidades de proyecto de la carretera y una altura del obstáculo de cincuenta centímetros ($h_2 = 0,50 \text{ m}$), los **valores del parámetro con los que se dispone de visibilidad de parada, sin consideraciones de coordinación planta - alzado, en cualquier clase de carretera, y de visibilidad de adelantamiento en carreteras convencionales.**

Por **consideraciones de coordinación planta - alzado** podrán reducirse los valores indicados en la tabla a continuación, cuando se disponga de la visibilidad de parada exigible.

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento
1	140	22 000	--	10 300	--
	130	16 000	--	8 600	--
2	120	11 000	--	7 100	--
	110	7 600	--	5 900	--
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Nota 1: Los valores de K_v de esta Tabla se han obtenido para una altura del obstáculo $h_2 = 0,50$ m. Para alturas inferiores, deberán calcularse los correspondientes valores mínimos de K_v .

Nota 2: Los valores de K_v en acuerdos cóncavos se han obtenido para condiciones nocturnas y alcance ilimitado de los faros del vehículo, por lo que dado el limitado alcance real de los mismos, la adopción de dichos valores de K_v no garantizará la visibilidad en horas nocturnas.

Los valores mínimos de K_v de adelantamiento únicamente serán necesarios en las carreteras convencionales si se permite esa maniobra.

La utilización de los valores de la Tabla anterior **no exime de la realización de los correspondientes cálculos de existencia de visibilidad de parada o adelantamiento dado que, en ciertos casos** (como sucede en los acuerdos

cóncavos en pendiente), **será necesario aumentar los valores de los parámetros de dichos acuerdos.**

Si se utilizan parámetros de acuerdos verticales K_v superiores a cinco mil metros (>5000 m) será necesario confirmar el correcto drenaje de la carretera en el tramo correspondiente.

Si la longitud de la curva de acuerdo vertical (L) es inferior a la visibilidad requerida (D), ($L < D$) caso especialmente frecuente en ramales de enlace, el valor del parámetro K_v vendrá dado por las expresiones siguientes:

- En acuerdos convexos:

$$L = 2D - \frac{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{|i_2 - i_1|}$$

$$K_v = \frac{2D}{|i_2 - i_1|} - \frac{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{|i_2 - i_1|^2}$$

- En acuerdos cóncavos:

$$L = 2D - \frac{2 \cdot (h - h_2 + D \cdot \text{tg}\alpha)}{|i_2 - i_1|}$$

$$K_v = \frac{2D}{|i_2 - i_1|} - \frac{2 \cdot (h - h_2 + D \cdot \text{tg}\alpha)}{|i_2 - i_1|^2}$$

- Respecto a las **CONSIDERACIONES DE PERCEPCIÓN VISUAL** se exige que:

La longitud de la curva de acuerdo vertical cumpla la siguiente condición:

$$L \geq V_p$$

Siendo:

- L Longitud de la curva de acuerdo (m).
- V_p Velocidad de proyecto (km/h).

Si la longitud de la curva de acuerdo vertical $L = K_v \cdot \emptyset$ obtenida para el valor del parámetro tomado de la tabla anterior es inferior a V_p , se determinará el valor K_v de por la condición:

$$K_v \geq \frac{V_p}{\emptyset}$$

Siendo:

- V_p Velocidad de proyecto (km/h).
- $\emptyset = |i_2 - i_1|$ Valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de las rasantes en tanto por uno.

Y por último, en lo que se refiere a las **Longitudes de las curvas de acuerdo vertical**, la Norma establece que el valor de parámetro mínimo, en función de la longitud de la curva de acuerdo vertical, viene dado por la expresión:

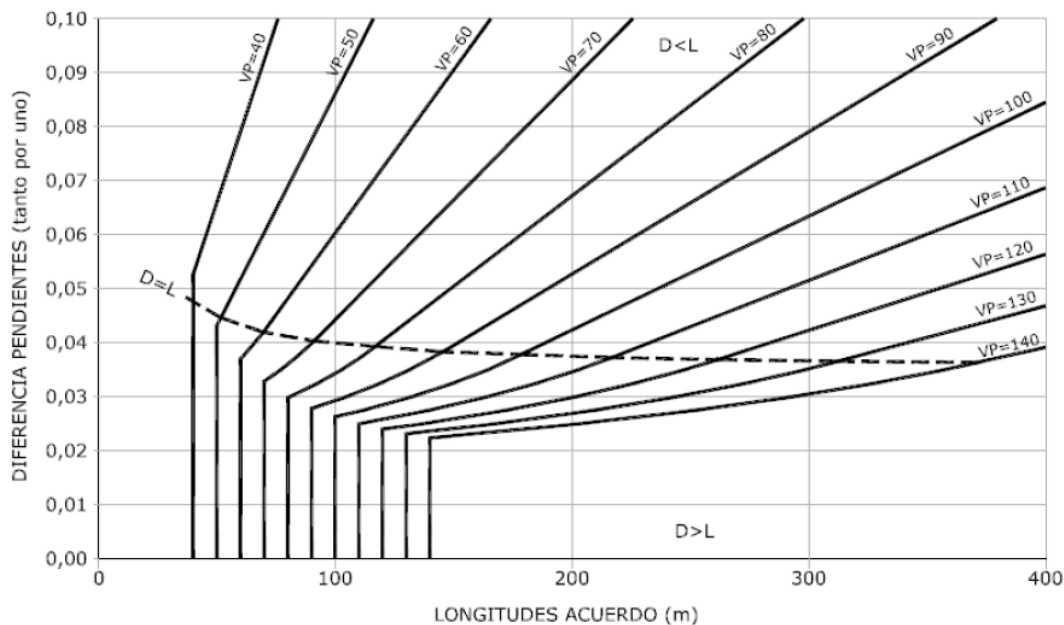
$$K_v = \frac{L}{\phi}$$

Siendo:

- K_v Parámetro de la parábola (m).
- L Longitud de la curva de acuerdo (m).
- $\phi = |i_2 - i_1|$ Valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de las rasantes en tanto por uno.

La utilización de los valores deducidos de las figuras que se incluyen en la Norma (ver ejemplo) **no exime de la realización de los correspondientes cálculos de visibilidad siendo necesario**, en el caso particular de que las inclinaciones de las rasantes sean del mismo signo, evaluar la longitud de las curvas de acuerdo vertical con una visibilidad requerida correspondiente a la inclinación promedio.

LONGITUDES DE LAS CURVAS DE ACUERDO VERTICAL CÓNCAVO.



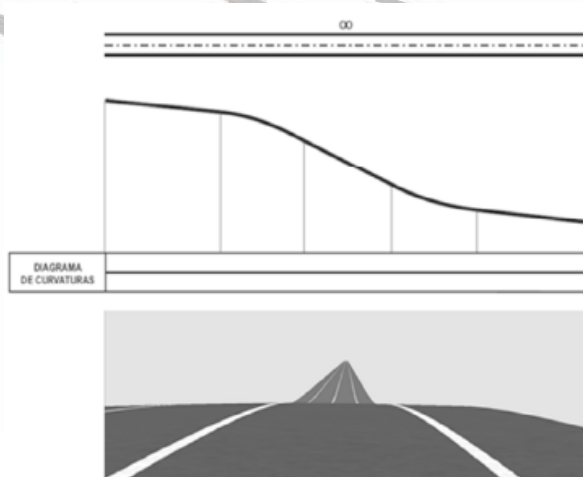
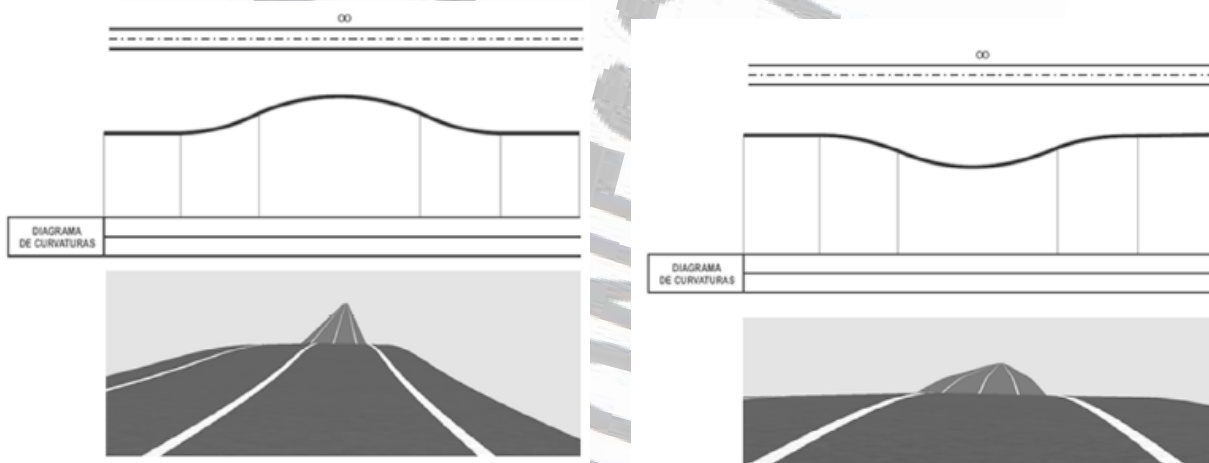
3.3.- Coordinación de los trazados en planta y alzado.

Los trazados en planta y alzado de una carretera deberán estar coordinados de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura, además de conseguir una optimización económica y una integración en el entorno (aspecto directamente relacionado con el confort).

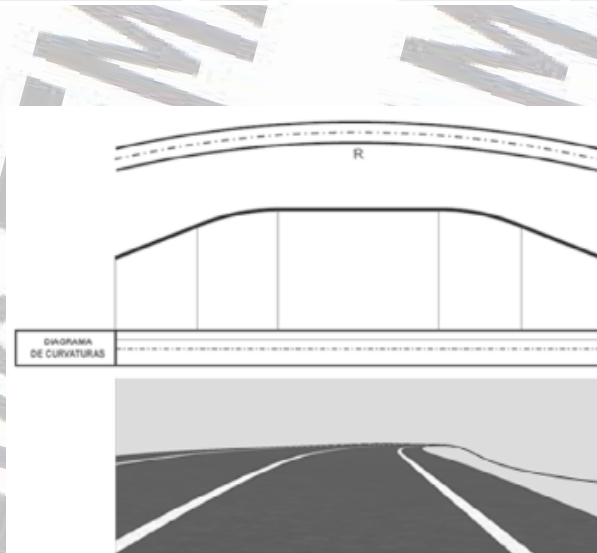
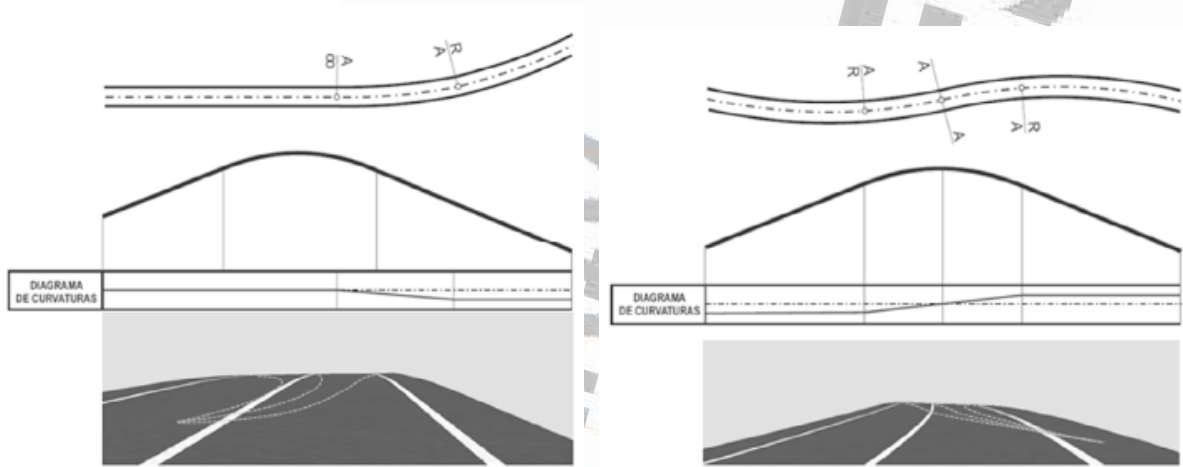
Es por tanto de resaltar la inclusión en la Norma de un capítulo dedicado a la Coordinación en planta y alzado, que pretenden resolver 5 clases de defectos frecuentes en trazados no debidamente coordinados:

- Pérdidas de trazado
- Pérdidas de orientación
- Pérdida dinámica
- Situaciones combinadas
- Acentuada desproporción entre elementos

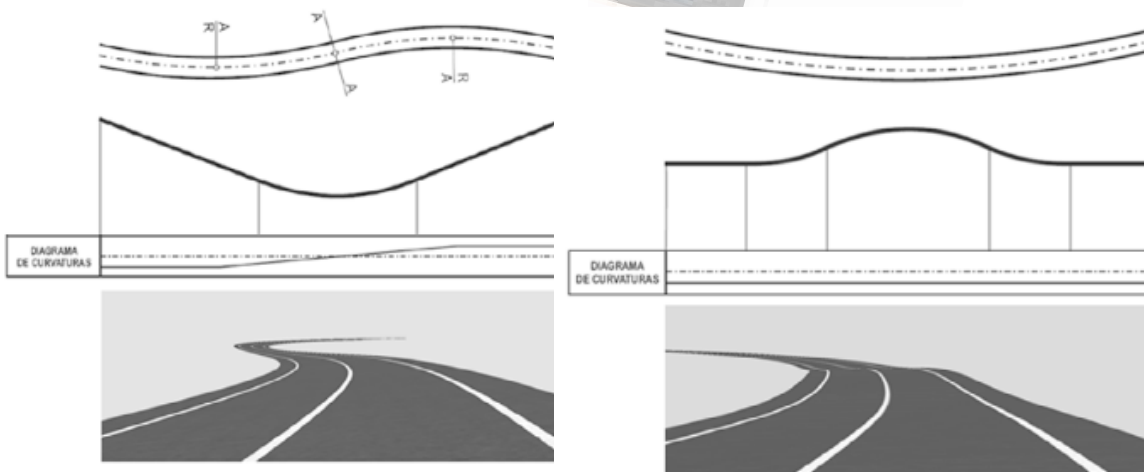
I. **Pérdida de trazado.** Consiste en la desaparición de un tramo de la plataforma en una alineación recta del campo visual del conductor. La pérdida de trazado será múltiple si desaparecen varios tramos.



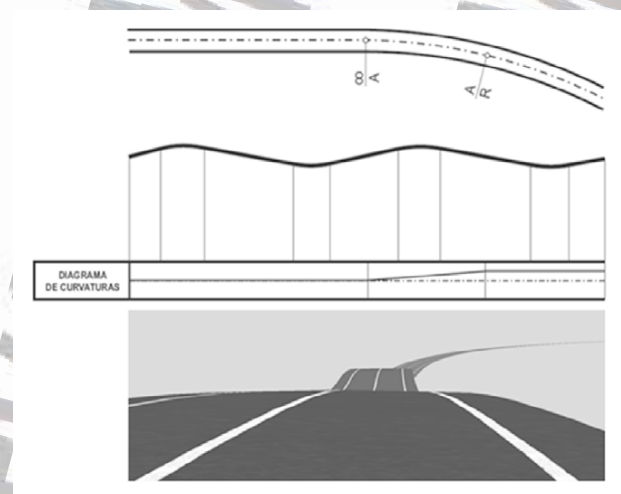
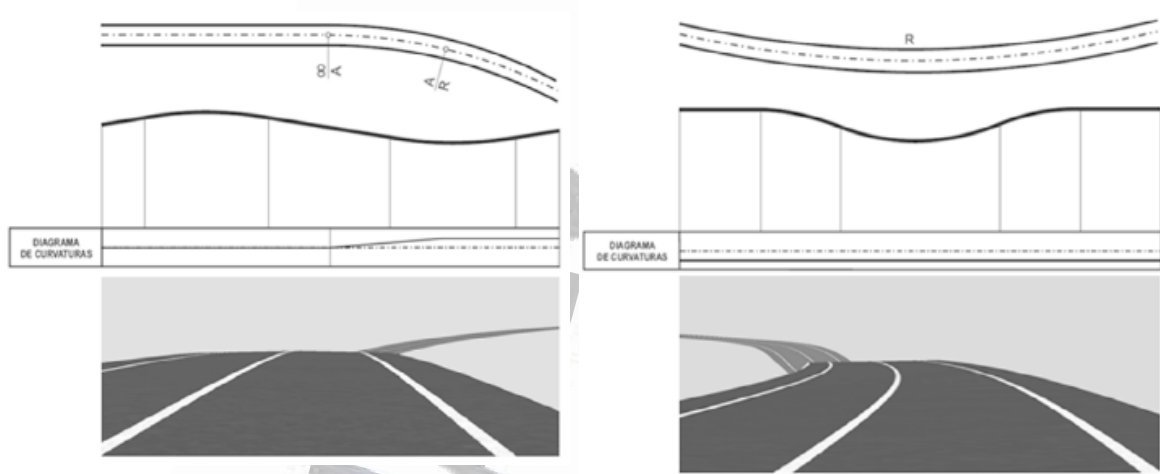
- II. Pérdida de orientación.** Consiste en la desaparición total de la plataforma del campo visual del conductor con incertidumbre sobre la posible trayectoria a seguir.



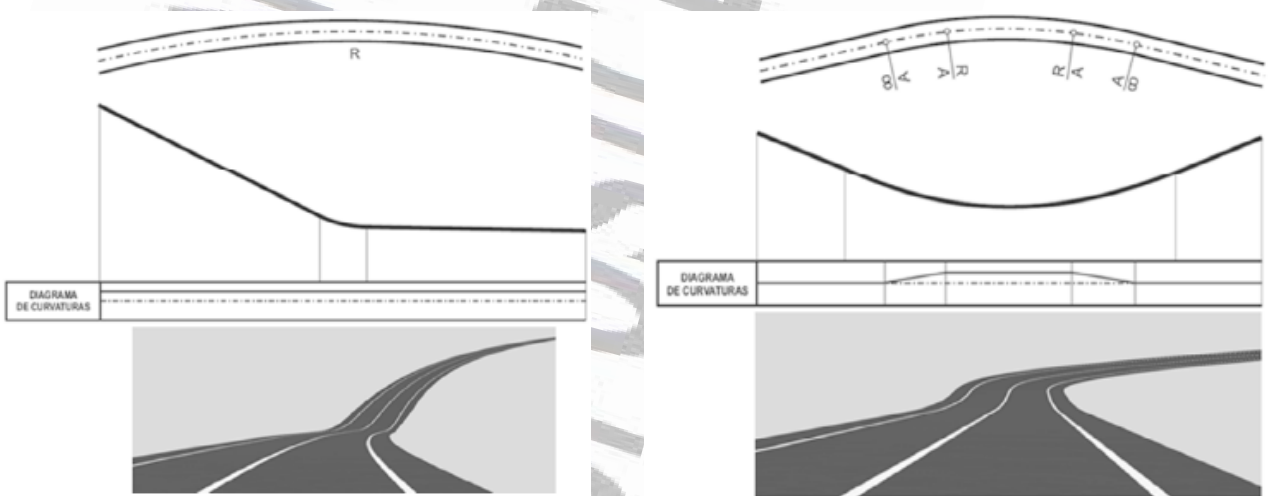
- III. Pérdida dinámica.** Consiste en la desaparición parcial de la plataforma y en particular de alguna de sus características que permiten al conductor el guiado del vehículo (peralte, longitud de elementos, etc.)

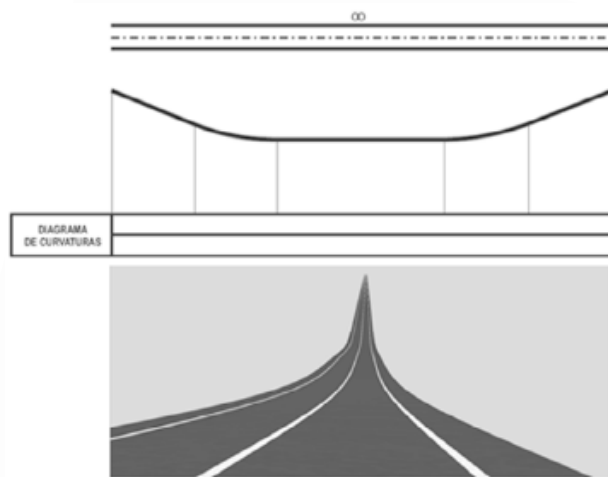


IV. Estas tres situaciones anteriores se presentarán, en general, de forma combinada o con cierta desproporción entre los elementos del trazado en planta y alzado, lo que puede conllevar una diferencia de curvatura muy significativa entre dichos elementos.



V. Acentuada desproporción entre elementos





Para conseguir una adecuada coordinación del trazado, en toda clase de carretera, se tendrán en cuenta las siguientes **condiciones**:

- Los puntos de tangencia de todo acuerdo vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados **dentro de la clotoide en planta y lo más alejados posible del punto de radio infinito**.
- En carreteras con velocidad de proyecto (V_p) menor o igual que sesenta kilómetros por hora (≤ 60 km/h) y en carreteras de características reducidas, se cumplirá cuando sea posible la condición $K_v = 100 \cdot R/p$. Si no fuese así, el cociente K_v/R será mayor o igual que seis (≥ 6), siendo K_v el parámetro de la curva de acuerdo vertical (m), R el radio de la curva circular en planta en metros (m), y p el peralte correspondiente a la curva circular en tanto por ciento (%).

Algunas situaciones disminuyen su problemática y se transforman en un simple desajuste estético a medida que aumentan las dimensiones de los elementos del trazado.

Con anterioridad al análisis de las visibilidades mediante simulación, para identificar y valorar las posibles faltas de coordinación del trazado en planta y alzado, se deberá efectuar en los carriles de todas las calzadas una simulación en tres dimensiones de la percepción del trazado por el usuario, considerando las condiciones del trazado en planta, alzado y sección, al menos para la velocidad de proyecto (V_p) y para la V_{85} estimada de cada elemento de trazado.

En las calzadas con más de un carril por sentido la simulación de la percepción del trazado se efectuará, al menos, en los carriles interiores y exteriores.

4.- SECCIÓN TRANSVERSAL.

La Sección Transversal influye fundamentalmente en la capacidad de la vía, en su coste de construcción, explotación y conservación, y también en la seguridad de la circulación. Se fijará en función de la **INTENSIDAD** y **COMPOSICIÓN** del tráfico previsible en la Hora de Proyecto del año horizonte (20 años después de la entrada en servicio).

Las plataformas con distinto sentido de circulación en **autopistas, autovías y carreteras multicarril se separarán con una mediana.**

Las plataformas correspondientes a una **carretera y a una vía complementaria se separarán con una terciana, (que se define como franja longitudinal no destinada a la circulación, situada entre dos plataformas separadas correspondientes al tronco de una carretera y a una vía complementaria)**

4.1.- Carriles básicos de la sección transversal tipo

El número de carriles básicos de cada calzada se establecerá:

- a) **A partir de la intensidad y de la composición del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte**
- b) **Del nivel de servicio deseado**
- c) **Y, en su caso, de los estudios económicos pertinentes.** De dichos estudios se deducirán, en su caso, las previsiones de ampliación.

En cualquier caso se tendrán en cuenta, sin computar los carriles adicionales, las siguientes consideraciones:

Carreteras de calzadas separadas:

- **No tendrán más de cuatro (4) carriles por calzada ni menos de dos (2) en la sección tipo.**
- **Si el número de carriles básicos necesarios en el tronco para el mismo sentido de circulación es superior a cuatro, se dispondrán dos calzadas sensiblemente paralelas para el mismo sentido de circulación.** La vía complementaria a la central se utilizará preferentemente para regulación de accesibilidad y movilidad y dispondrá de al menos dos (≥ 2) carriles básicos. Ambas calzadas estarán separadas por una terciana.
- Aunque la accesibilidad con el entorno se realizará principalmente a través de la vía complementaria, la calzada central, justificadamente, podrá conectarse directamente con otras carreteras.
- **No se considerará como separación física (mediana o terciana) entre plataformas la constituida exclusivamente por marcas viales sobre el pavimento o los bordillos montables (altura inferior a quince centímetros,**

< 15cm). Excepcionalmente, de forma justificada, la separación de las carreteras multicarril en las travesías podrá reducirse a las marcas viales.

Carreteras convencionales:

- Tendrán un carril para cada sentido de circulación.
- En ningún caso tendrán calzadas con dos o más carriles por sentido.

Vías colectoras - distribuidoras:

- Tendrán uno o dos carriles. De forma justificada podrán tener hasta cuatro carriles en tramos urbanos y periurbanos.
- Tendrán una calzada con un sentido de circulación.

Vías de servicio de sentido único:

- Tendrán uno o dos carriles.
- Tendrán una calzada con un sentido de circulación.

Vías de servicio de doble sentido:

- Tendrán un carril para cada sentido de circulación.
- En ningún caso se proyectarán calzadas con dos o más carriles por sentido.

Vías laterales:

- Tendrán al menos dos carriles en los tramos donde donde su funcionalidad sea mixta (sirviendo a tráfico de vía colectoras - distribuidoras y de vía de servicio). En tramos urbanos y periurbanos, de forma justificada, podrán tener hasta cuatro carriles.
- Tendrán una calzada con un sentido de circulación.

Los **niveles de servicio mínimos** en la hora de proyecto del año horizonte cumplirán los valores mínimos indicados en la tabla anterior. El **proyecto de una carretera podrá ser realizado por fases**, debiendo cumplirse en este caso en cada una de ellas, los valores mínimos del nivel de servicio indicados en el párrafo anterior.

4.2.- Elementos y sus dimensiones.

Entre los elementos que constituyen la sección transversal de una carretera están la plataforma (carriles y arcenes) y las bermas. Sus dimensiones se ajustarán a los valores que se indican en la tabla siguiente.

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ANCHO (m)				NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
		CARRILES	ARCENES		BERMAS (MÍNIMO)	
			INTERIOR / IZQUIERDO	EXTERIOR / DERECHO		
Autopista y autovía	140, 130 y 120	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	C
	110 y 100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
Carretera multicarril	100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
	50 y 40	3,25 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00 / 1,50	0,50	E
Carretera convencional	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E
Vía colectora - distribuidora y ramal de enlace de sentido único	100	3,50	1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	E
	50 y 40	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
Ramal de enlace de doble sentido	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	2,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	2,50		1,00	E
	50 y 40	3,50	1,50 / 2,50		1,00	E
Vía de servicio de sentido único	90 y 80	3,50	1,00	1,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00	1,00 / 1,50	0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00	0,50	E
Vía de servicio de doble sentido	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E

Si los ramales de enlace, los ramales de transferencia, las vías colectoras - distribuidoras, las vías de servicio y las vías laterales solo tuviesen un carril su ancho será de cuatro metros (4,00 m) y, en curvas, tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) más el sobreecho correspondiente (epígrafe 7.3.5) con un valor mínimo de cuatro metros (\geq 4,00 m).

El nivel de servicio se obtendrá de acuerdo con la metodología desarrollada en el Manual de Capacidad del TRB (Transportation Research Board). La sección de una vía lateral se asimilará, salvo justificación en contrario, a la de una vía colectora - distribuidora. La sección de un ramal de transferencia se asimilará, salvo justificación en contrario, a la de un ramal de enlace de sentido único.

El **ancho habitual de los carriles** será tres metros y cincuenta centímetros (**3,50 m**) y se podrá reducir, si fuese necesario y de forma justificada, en tramos periurbanos y urbanos considerándose simultáneamente una reducción de la velocidad. En carreteras de calzadas separadas la reducción del ancho de los carriles podrá ser mayor en los situados a

la izquierda que en los situados a la derecha, de uso más frecuente por vehículos pesados. Excepcionalmente, en tramo interurbanos de carreteras donde la intensidad de tráfico sea muy baja ($IMD < 300$ vehículos/día) podrá reducirse también el ancho del carril. En este caso, se considerará simultáneamente la reducción de la velocidad y la disposición de tramos con ancho superior o de apartaderos para el cruce de vehículos pesados.

En **carreteras de calzadas separadas con velocidad de proyecto** mayor o igual que cien kilómetros por hora (≥ 100 km/h) se exigirá que el **arcén interior** tenga un **ancho** de un metro y cincuenta centímetros (**1,50 m**) para medianas o tercianas en las que, de forma continuada, la barrera de seguridad se disponga adosada al borde de la plataforma.

En **carreteras en terrenos** con relieves accidentados o muy accidentados ($\geq 15\%$ de inclinación media) y con baja intensidad de tráfico ($IMD < 3\ 000$) se podrá **reducir el ancho del arcén** en cincuenta centímetros (**50 cm**). Además se podrá justificar la ausencia o reducción de la berma, garantizando siempre un ancho que permita la implantación de la señalización vertical y, si se dispusiese un sistema de contención de vehículos, su anchura de trabajo.

El arcén derecho de un ramal de enlace tendrá un ancho no inferior al del arcén de la vía de la que sale con un valor mayor o igual que un metro y cincuenta centímetros ($\geq 1,50$ m).

El ancho de los arcenes podrá reducirse, de forma justificada, en algunas zonas siempre que se garantice la visibilidad de parada.

El **ancho mínimo de las bermas** indicado en la tabla anterior, **podrá ser aumentado** por motivos de visibilidad, anchura de trabajo de los sistemas de contención de vehículos, dimensiones de las señales de tráfico, etc., teniendo en cuenta la posible simultaneidad de elementos.

En ramales de enlace de doble sentido de circulación separados por un sistema de contención de vehículos, el ancho de cada semiplataforma será el correspondiente al de un ramal de enlace de sentido único.

4.3.- Mediana y terciana.

Las características de la mediana en carreteras de calzadas separadas se fijarán a partir del preceptivo estudio técnico-económico, en el que se tendrán en cuenta el radio en planta, la visibilidad de parada (considerando los sistemas de contención de vehículos) y la previsión de incrementar el número de carriles, en su caso, así como cualquier otra circunstancia que pudiera ser necesario considerar en dicho estudio (apoyos de obras de paso y de señalización, excavaciones y rellenos, sistema de drenaje, iluminación, sistemas de contención de vehículos, coste de las expropiaciones, etc.).

El ancho mínimo de la mediana será:

- o **Cuando se prevea la ampliación** del número de carriles a expensas de la mediana: diez metros (**$\geq 10,00$ m**).
- o **Cuando no se prevea la ampliación del número de carriles** a expensas de la mediana: dos metros (**$\geq 2,00$ m**) **o la anchura de trabajo del sistema de contención de vehículos** en ambos sentidos **si fuese superior**.

Las **características de la terciaria deberán permitir la implantación de los sistemas de contención de vehículos, de la señalización vertical y del sistema de drenaje**. Eventualmente, además de los ramales de transferencia si existiesen, deberá ser posible ubicar los siguientes elementos: pilas de obras de paso, báculos de iluminación y pantallas antirruído. El ancho de la terciaria deberá permitir, si fuese necesario y previsible, la ampliación de carriles a expensas de ella.

4.4.- Bombeo en recta.

El bombeo de la plataforma en una alineación recta se proyectará de modo que se evacúen con facilidad las aguas superficiales y que su recorrido sobre la calzada sea mínimo. Para ello se utilizarán los siguientes criterios:

En carreteras de calzadas separadas, la calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos por ciento (**≥ 2 %**) **hacia un solo lado**.

En carreteras de calzada única:

- o Si son de **doble sentido de circulación**, la calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos por ciento (**≥ 2 %**) **hacia cada lado a partir del eje de la calzada**.
- o Si son de **sentido único de circulación**, la calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos por ciento (**≥ 2 %**) **hacia un solo lado**.

En zonas de elevada pluviometría podrá justificarse aumentar la inclinación transversal mínima al dos y medio por ciento (**$\geq 2,5$ %**). Las bermas se dispondrán con una inclinación transversal del cuatro por ciento (4 %) hacia el exterior de la plataforma.

4.5.- Pendientes transversales en curva.

En **curvas circulares y en curvas de acuerdo** la pendiente transversal de la calzada y de los arcenes **coincidirá con el peralte**. Las **bermas** tendrán una pendiente transversal hacia el exterior de la plataforma **no inferior al cuatro por ciento (4 %)**. **Cuando el peralte supere el cuatro por ciento (> 4 %)**, **la berma en el lado interior de la curva, tendrá una pendiente transversal igual al peralte, manteniéndose el cuatro por ciento (4 %) hacia el exterior de la plataforma en el lado exterior de la curva**.

4.6.- Sobreancho en curvas.

El ancho de los carriles en las **curvas de carreteras de radio** inferior a doscientos cincuenta metros (**< 250 m**) se estimará mediante la aplicación de procedimientos de simulación, teniendo en cuenta que dicho ancho se deberá incrementar en dichas curvas con una holgura tal que, al recorrer la trayectoria que defina el trazado en planta, tanto la esquina delantera exterior como la esquina trasera interior del vehículo patrón característico no estén a menos de cincuenta centímetros (50 cm) de los bordes de dicho carril con un mínimo absoluto de treinta centímetros (≥ 30 cm). Para este análisis, el vehículo se considerará centrado en el carril.

El sobreancho en una curva es la diferencia entre el ancho del carril en dicha curva y en una recta, debido al mayor espacio que, si el radio es reducido, requiere un vehículo que circule por ella, no pudiendo obtenerse por disminución del ancho de los arcones.

De forma simplificada y fuera de intersecciones, la **transición entre el ancho de los carriles en recta y en curva se podrá realizar linealmente, en una longitud mayor o igual que treinta metros (≥ 30 m) desarrollada a lo largo de la clotoide**, aumentando progresivamente el ancho de los carriles hasta alcanzar el sobreancho máximo estimado en el inicio de la curva circular. En casos especialmente difíciles (como cuando no existe curva de acuerdo) podrá aceptarse que el veinticinco por ciento (25 %) de la transición se sitúe dentro de la propia curva circular. La **ampliación del ancho del carril por el sobreancho en curvas se efectuará**, salvo justificación en contrario, **por el borde derecho del carril en el sentido de la marcha**.

Para evitar reiteradas modificaciones del ancho de un carril por la existencia de curvas de distinto radio se procurará homogeneizar la sección del carril al valor máximo. Si el tramo tuviese una longitud mayor o igual que doscientos cincuenta metros (≥ 250 m) podrá modularse el sobreancho en curvas por intervalos de doscientos cincuenta metros (250 m). En curvas circulares en carreteras de radio inferior a doscientos cincuenta metros (< 250 m) y para vehículos rígidos, el ancho de cada carril (en metros) podrá ser estimado, de forma simplificada, mediante la expresión:

$$\text{Anchura del carril} = 3,5 + \frac{l^2}{2R}$$

Siendo:

- R = Radio de la curva horizontal (m).
- l = Longitud del vehículo patrón característico, medida entre su extremo delantero y el eje de las ruedas traseras (m)

4.7.- Desmontes, rellenos, cunetas y otros elementos.

Las diversas secciones tipo se proyectarán teniendo en cuenta, además de las plataformas, los desmontes, los rellenos, las cunetas, el drenaje longitudinal subterráneo, los sistemas de contención de vehículos con su anchura de trabajo, la señalización vertical y el balizamiento de acuerdo con la normativa vigente. Eventualmente se considerarán también las instalaciones para los sistemas inteligentes de transporte (ITS), los báculos de

iluminación, las pantallas antirruído, las pilas y los estribos de las estructuras y las cimentaciones de todos los elementos.

4.8.- Altura libre.

La **altura libre mínima bajo pasos superiores** sobre cualquier punto de la plataforma de las carreteras será:

- o En **tramos interurbanos y periurbanos** mayor o igual que cinco metros y treinta centímetros (**$\geq 5,30$ m**).
- o En **tramos urbanos** mayor o igual que cinco metros (**$\geq 5,00$ m**).

La **altura libre mínima bajo pasarelas, pórticos o banderolas**, sobre cualquier punto de la plataforma, será mayor o igual que cinco metros y cincuenta centímetros (**$\geq 5,50$ m**).

En **túneles, soterramientos y cubrimientos** la altura libre en cualquier punto de la plataforma y en las zonas accesibles a los vehículos será mayor o igual que cinco metros (**$\geq 5,00$ m**).

Sobre las aceras será suficiente una altura libre mayor o igual que dos metros (**$\geq 2,00$ m**).

4.9.- Secciones Transversales Singulares.

Se considerarán secciones transversales singulares las correspondientes a túneles, soterramientos, cubrimientos y ciertos tipos de obras de paso. Dadas las dificultades que, en general, se presentan en la ampliación de las secciones transversales singulares, se deberá tener en cuenta que **en estas obras el año horizonte se sitúa treinta (30) años después de la fecha de entrada en servicio**. No obstante, además de esta consideración, se podrán tener en cuenta otros criterios suficientemente justificados que permitan su optimización.

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

La sección transversal en **túneles, soterramientos y cubrimientos** se establecerán en función de su longitud:

- ✓ < 200 m no se modifica la sección
- ✓ ≥ 200 m se adoptarán las secciones indicadas en la Tabla 7.2 de la Norma

Se dispondrán aceras de 75 cm de ancho a ambos lados de la plataforma, al menos en los casos indicados en el Real Decreto 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad e los túneles.

En el caso de **Obras de Paso**, la sección transversal será función de su longitud y se dispondrá en ella un espacio adicional que permita la correcta implantación de los sistemas de contención (pretilos), la señalización vertical, los servicios y las posibles aceras

- ✓ < 100 m no se modifica la sección y se mantendrá el ancho de la plataforma
- ✓ \geq 100 m se adoptarán las secciones indicadas en la Tabla 7.3 de la Norma

4.10.- Carriles adicionales y apartaderos.

La **implantación de un carril adicional** en una carretera, salvo indicación en contrario, **no supondrá la disminución del ancho de los arcenes ni su supresión**. No obstante, **en tramos urbanos y periurbanos se podrá** de forma justificada **disminuir el ancho del arcén adosado a un carril adicional** (que no sea carril o cuña de cambio de velocidad, carril de convergencia o divergencia) hasta un mínimo de un metro (1,00 m).