
Curso de Diseño Geométrico Vial

Documentation

Release 1.0

Santiago Higuera - Pedro Fernández

Oct 17, 2017

CONTENTS

1	Introducción	3
1.1	Clasificación de las carreteras	3
2	Trazado de caminos	7
2.1	Planta y alzado	7
2.2	Sección transversal	7
2.3	Nudos viarios	8
2.4	Tipos de vías	9
2.5	Vías urbanas	13
3	Controles de diseño	15
3.1	Velocidad	15
3.2	Visibilidad	16
4	Diseño planimétrico	27
5	Diseño altimétrico	29
6	Diseño de la sección transversal	31
7	Coordinación entre planta y alzado	33
8	Seguridad vial	35
9	Referencias	37
10	Acerca de este documento	39
11	Licencia	41

Contenidos:

INTRODUCCIÓN

El transporte por carretera, tanto de viajeros como de mercancías, es actualmente el modo predominante para el transporte interior en todos los países del mundo, y su participación en el transporte total ha venido aumentando continuamente en los últimos años.

Un elemento fundamental para el desarrollo del transporte por carretera es el camino por el que se mueven los vehículos. Para que la circulación resulte cómoda y segura es necesario disponer de una superficie preparada que reuna las condiciones adecuadas para permitir el movimiento de los vehículos a las velocidades que normalmente suelen alcanzar, sin que la conducción se convierta en una tarea fatigosa o arriesgada.

La red viaria tiene dos funciones fundamentales:

- **Movilidad:** permitir la circulación de forma rápida, cómoda, económica y segura de los vehículos automóviles
- **Accesibilidad:** permitir el acceso de estos vehículos a cualquier punto habitado en la zona servida por la red viaria.

Existen diferencias muy notables entre las redes viarias de las zonas urbanas y las que permiten la circulación fuera de ellas. Las redes urbanas están formadas, en su mayor parte, por **calles**, que son vías situadas en áreas edificadas por las que circulan tanto vehículos de motor como peatones, aunque con cierta separación entre ambos tráficos. Son muy frecuentes las intersecciones, así como los puntos de acceso desde los edificios colindantes y los vehículos realizan principalmente recorridos cortos. Por el contrario, en las carreteras que forman la **red viaria interurbana**, predomina el tráfico de vehículos a motor, las distancias entre los nudos viarios son frecuentemente de varios kilómetros, hay pocos puntos de acceso a la carretera desde los terrenos colindantes y los vehículos suelen recorrer distancias relativamente largas.

1.1 Clasificación de las carreteras

Las carreteras de un país pueden clasificarse por su función, teniendo en cuenta el tipo de recorridos que se hacen por ellas y la zona a la que sirven:

- Los caminos de menor categoría sirven únicamente a una o pocas propiedades y su objetivo es permitir el acceso a ellas.
- Las carreteras de interés local permiten el enlace entre pequeñas poblaciones y entre carreteras de mayor categoría; su tráfico es producido por esas poblaciones a las que sirven y su influencia es meramente local, predominando la función de accesibilidad.
- Las carreteras de interés comarcal enlazan los principales centros de actividad de una comarca y permiten, por intermedio de las carreteras locales, el acceso desde las pequeñas entidades de población hasta dichos centros de actividad; su tráfico es predominantemente de corta o media distancia y, en ellas, tienen importancia similar las funciones de accesibilidad y de movilidad.

- Las carreteras principales o de interés nacional unen entre sí los principales centros de actividad o de población de un país. Su función principal es la de permitir el tráfico a larga distancia, mientras que la función de accesibilidad a los terrenos contiguos a las carreteras tiene un interés muy secundario.
- Finalmente, las redes de autopistas, cuyo objetivo es encauzar el tráfico larga distancia, de forma rápida y segura, tienen una función exclusiva de movilidad, ya que no permiten el acceso a las zonas colindantes.

La clasificación de las carreteras de cada país sigue aproximadamente el anterior esquema, aunque con lógicas variaciones debidas a los diferentes sistemas políticos y administrativos.

Los datos de la red de carreteras actual de Paraguay proporcionados por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones se resumen en el siguiente cuadro:

RESUMEN DE LA RED VIAL DEL PAÍS						
20/04/2017		Total Red Inventariada a Nivel Nacional				
TIPO DE RED	TIPO DE SUPERFICIE					NO PAVIMENTADA(km)
	PCA	TRAT. SUPERF.	HºCP	ADOQUINADO	EMPEDRADO	
NACIONAL(km)	2,886.00	207.00	15.00	0.00	0.00	0.00
DEPARTAMENTAL (km)	2,664.00	368.00	0.00	10.00	573.55	244.28
VECINAL(km)	27.00	0.00	0.00	0.00	703.94	622.52
TOTALES POR TIPO DE SUPERFICIE(km)	5,577.00	575.00	15.00	10.00	1,277.49	866.80

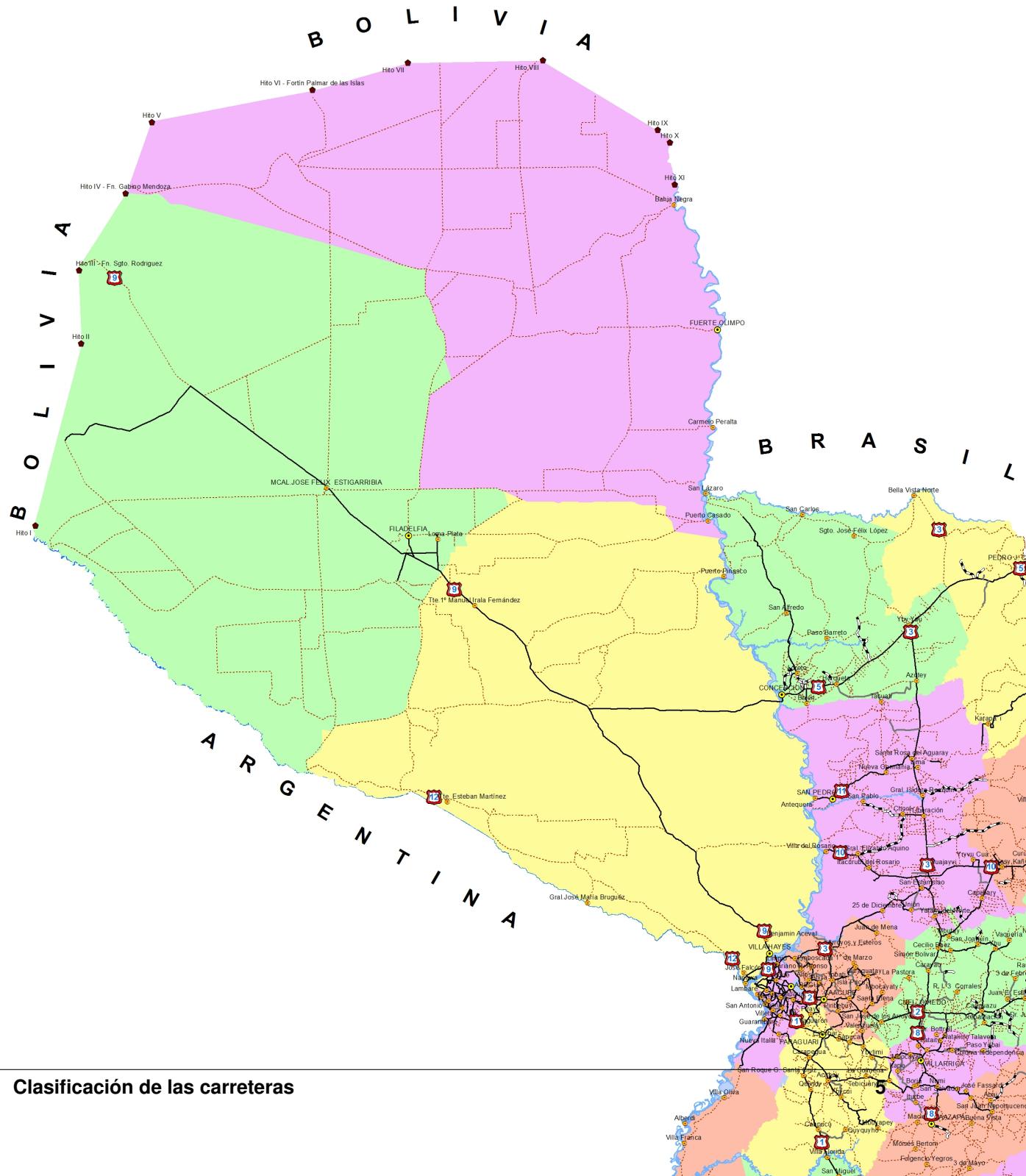
El mapa de la red actual de carreteras de Paraguay es el siguiente:



MINISTERIO DE
OBRAS PÚBLICAS
Y COMUNICACIONES

Gabinete del Viceministerio de
Obras Públicas y Comunicaciones
Dirección de Planificación Vial

MAPA DEL PARAGUAY RED VIAL 2017



1.1. Clasificación de las carreteras

TRAZADO DE CAMINOS

El camino constituye una franja lonogitudinal que puede ser definida mediante la proyección en plante de su eje longitudinal, el alzado de este eje y una serie de secciones transversales.

2.1 Planta y alzado

La **planta** del camino está constituida por una sucesión de **alineaciones rectas** enlazadas entre sí por **alineaciones curvas**. Las alineaciones curvas están formadas por arcos circulares con distintos radios y por unas **curvas de transición** que permiten una variación gradual de la curvatura.

El **alzado**, o **perfil longitudinal**, está constituido por una sucesión de alineaciones de pendiente constante, positiva o negativa, enlazadas por acuerdos parabólicos, que permiten una variación lineal de la pendiente. A las alineaciones del perfil longitudinal se les denomina **rasantes**, dejando el término **alineaciones** para su uso en la planta del camino. Las rasantes de inclinación constante reciben el nombre de **rampas**, cuando la inclinación es positiva (ascendente), y de **pendientes** cuando la inclinación es negativa (descendente).

Los elementos del alzado y de la planta se diseñan de modo que los vehículos puedan recorrerlos con una velocidad adecuada. Esta velocidad se denomina **velocidad específica** de cada elemento, y es la máxima velocidad que puede mantenerse en condiciones de seguridad y de comodidad cuando las circunstancias meteorológicas y del tráfico no obligan a limitar esa velocidad. La **velocidad de proyecto** de un tramo homogeneo es la mínima de las velocidades específicas de los elementos que componen el tramo.

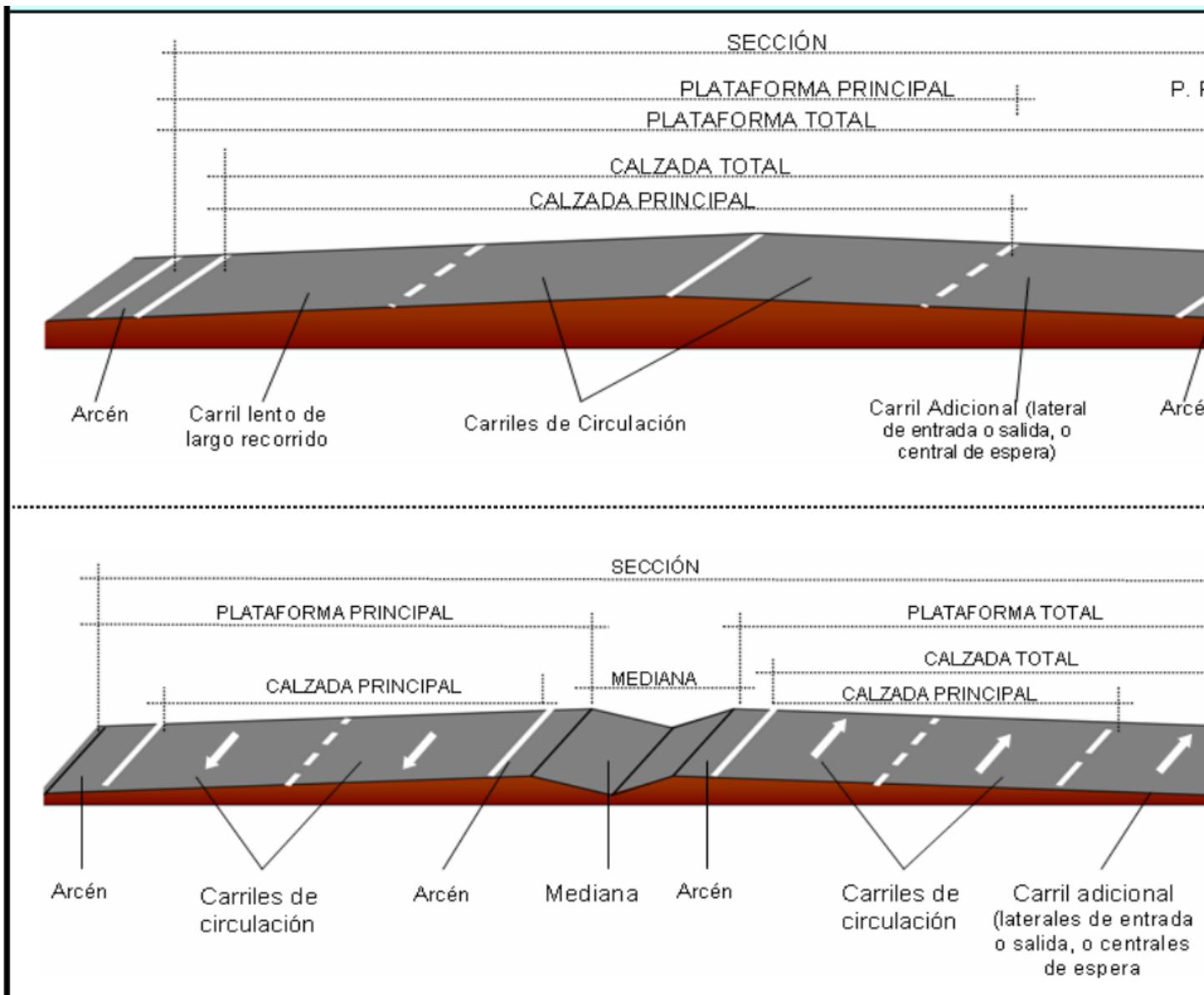
2.2 Sección transversal

La sección transversal está integrada por los siguientes elementos: + **Calzada**: es la zona de la carretera destinada normalmente a la circulación de los vehículos. La calzada se considera dividida en franjas horizontales, cada una de las cuales permite la circulación de una sola fila de vehículos. Estas franjas se denominan **carriles** y se distinguen mediante líneas pintadas en el pavimento. + **Arcén**: es la franja longitudinal pavimentada, no destinada a la circulación de vehículos, comprendida entre el borde exterior de la calzada y el borde de la plataforma. Sirve para que los vehículos realicen paradas breves fuera de la calzada y para poder rectificar la trayectoria en el caso de salirse inadvertidamente de la calzada. + **Berma**: franja longitudinal de la carretera comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta o el terraplén. Es utilizada para colocar la señalización, el balizamiento, las comunicaciones, las barreras de seguridad y otros elementos.

Al conjunto de la calzada y de los arcenes se le denomina la **plataforma** de la carretera. Hay carreteras formadas por una sola calzada, con dos o más carriles, por los que circulan vehículos en sentidos opuestos. Hay otras carreteras que disponen de dos calzadas separadas, una para cada sentido de circulación. En este último caso, la ranja de terreno que separa las dos alzadas se denomina **mediana**.

En algunos tramos de carreteras se destina una parte de la calzada a usos especiales. Normalmente, en estos tramos, se ensancha la calzada creando un nuevo carril que se destina a un uso específico. Así se habla de **carriles de**

cambio de velocidad, para facilitar las incorporaciones o las salidas de la carretera, o también de **carriles adicionales para circulación lenta**, en el caso de las rasantes con fuerte inclinación. Existen también **carriles adicionales para circulación rápida**, cuyo objetivo es facilitar los adelantamientos.



2.3 Nudos viarios

Las zonas donde concurren varias carreteras o calles, y es posible pasar de unas a otras, constituyen los denominados **nudos viarios**. Son puntos críticos, pues en ellos coinciden vehículos con distintas direcciones, originándose conflictos en los puntos de encuentro de sus trayectorias. Se denominan **intersecciones** los nudos en los que los movimientos se realizan al mismo nivel y se denominan **enlaces** cuando no sucede esto.

Las intersecciones pueden constar de tres, cuatro o más tramos. A las de tres tramos se les denomina *intersecciones en T**; a las de cuatro tramos se les denomina **intersecciones en cruz**. Hoy en día también es frecuente el uso de intersecciones mediante **glorietas**, en las que todos los vehículos que acceden a la intersección giran alrededor del centro de la misma.

En los enlaces se utilizan unos tramos denominados **ramales**, que unen las vías que se cruzan salvando el desnivel existente.

2.4 Tipos de vías

Atendiendo a las características esenciales, se pueden distinguir las siguientes clases de vías: + 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 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:** Segundo la norma española, se tipificarán las carreteras según el tipo de relieve del terreno natural atravesado (Ver la tabla siguiente), en función de la inclinación media 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
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)
 - Tramo urbano de carretera (o carretera urbana)
- 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

En general se aceptan las siguientes definiciones:

- **Autopistas:** con dos calzadas separadas, una para cada sentido de circulación, y que además reunen otros requisitos que se detallan más adelante.
- **Carreteras convencionales:** una única calzada con un carril para cada sentido de circulación. En algunos tramos puede haber algún carril adicional.
- **Carreteras multicarril:** con dos o más carriles por sentido, distribuidos en una o más calzadas, pero que no cumplen todos los requisitos para ser consideradas autopistas.

Las autopistas son vías que están especialmente diseñadas, construidas y señalizadas como tales para la circulación específica de vehículos automóviles y satisfacen los siguientes requisitos:

- No tener acceso directo a ellas las propiedades colindantes
- No cruzar ni ser cruzada a nivel por ninguna otra senda, vía o línea de ferrocarril
- Constar de distintas calzadas para cada sentido de circulación, separadas entre sí, salvo en puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación.

En España reciben la denominación de **autovías** las carreteras que, no reuniendo todos los requisitos exigidos a las autopistas, tienen calzadas separadas para cada sentido de circulación y limitación de acceso a las propiedades circundantes.

DEFINICIONES DE AUTOPISTA, AUTOVÍA, CARRETERA MULTICARRIL Y CARRETERA CONVENCIONAL.

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:			
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.	Carreteras...
	Sin accesos. Las propiedades colindantes y		Con acceso limitado. Las propiedades colindantes no	carreteras...
Condición d)	las vías de servicio no tendrán acceso		Chapter 2. Trazado de caminos tendrán acceso directo a la misma.	carreteras...

2.5 Vías urbanas

En las redes urbanas de las zonas metropolitanas se emplean autopistas y autovías que cumplen las mismas condiciones que las interurbanas, aunque tienen algunas características diferentes, ya que en ellas se circula a menor velocidad que en las vías interurbanas y las intersecciones están a menor distancia.

También es frecuente utilizar vías con calzadas separadas para cada sentido de circulación, pero con intersecciones mediante glorietas o semáforos. Se utilizan también calles con sentido único, en las que todos los carriles se destinan a un sentido de circulación. Las calles que tienen una calzada única con doble sentido de circulación tienen con frecuencia más de dos carriles, que se distribuyen entre ambos sentidos mediante marcas viales.

En las vías urbanas hay numerosos puntos en los que se producen conflictos entre los tráficos de vehículos y de peatones.

Una diferencia importante entre las redes de vías urbanas y las interurbanas es el mayor número de nudos que hay en las primeras. Mientras que en las redes interurbanas el nivel de servicio de la circulación viene determinado por el que se consigue en los tramos entre nudos, en las redes urbanas es el funcionamiento de los nudos el que determina la calidad de la circulación.

CONTROLES DE DISEÑO

Los parámetros básicos que afectan al trazado son la velocidad y la visibilidad.

3.1 Velocidad

La velocidad es una de las variables importantes que intervienen en la circulación, pues influye al mismo tiempo en la calidad del servicio a través del tiempo que se tarda en un desplazamiento y en la seguridad en la circulación. Donde otros factores no lo impidan (como una densidad de tráfico elevada o unas características del entorno que hagan que el diseño resulte muy costoso o inaceptable desde el punto de vista medioambiental), parece razonable en principio que el trazado permita circular con comodidad a las velocidades deseadas por la práctica totalidad de los conductores. Estas velocidades deseadas suelen ser bastante elevadas, y cualquier limitación derivada del trazado debe ser percibida con claridad por los conductores.

El trazado de una carretera se definirá en relación con la velocidad a la que se estima que circularán los vehículos en condiciones de comodidad y seguridad. Para evaluar cómo se distribuyen las velocidades en cada sección, se considerarán fijos los factores que incidan en ella relacionados con la clase de carretera y con la limitación genérica de velocidad asociada a ella, así como las características propias de las secciones próximas.

En general interesa más estudiar unos valores representativos de la distribución de las velocidades de los distintos vehículos que seguir la evolución de cada uno de ellos de manera individual. Para los aspectos del diseño de la carretera relacionados con la comodidad de la circulación es habitual tomar como referencia la velocidad V_{85} , que es la velocidad que solo es superada por un 15% de los vehículos. La utilización de V_{85} para el diseño debe proporcionar también un suficiente margen de seguridad estricta a los vehículos más rápidos. Es la 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.

3.1.1 Velocidad específica de un elemento de trazado

La velocidad específica de un elemento de trazado, aisladamente considerado, se define como la máxima velocidad que se puede mantener a lo largo del elemento, en condiciones de comodidad y de seguridad, cuando encontrándose el pavimento mojado y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad. Normalmente las condiciones de comodidad son más exigentes que las de seguridad estricta.

Velocidad específica de una curva circular (V_e): 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 impiden limitaciones a dicha velocidad.

3.1.2 Velocidad de proyecto de un tramo de carretera

La velocidad de proyecto de un tramo de carretera, V_p es la velocidad específica mínima de los elementos que forman el tramo. La velocidad de proyecto de un tramo es la velocidad para la que se definen las características geométricas del trazado de un tramo de carretera en condiciones de comodidad y seguridad.

Cuanto mayor sea la velocidad de proyecto de un tramo de carretera, mayores serán las dimensiones de sus elementos y menores sus curvaturas e inclinaciones. Esto hace que, a poco accidentado que sea el relieve del terreno en el que esté insertado el tramo de carretera, mayor será el coste de las explanaciones y de las obras singulares (viaductos y túneles). Por lo tanto, donde las circunstancias dejen de ser favorables, el coste de construcción puede obligar a limitar la velocidad de proyecto, para adaptar el trazado a un relieve acentuado.

La velocidad de recorrido de un tramo, V_r es la media armónica ponderada de las velocidades de recorrido de subtramos homogéneos, dada por la expresión:

$$V_r = \frac{\sum l_k}{\sum (l_k/V_{rk})}$$

Siendo:

- 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.

La velocidad libre (V_l) es la 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.

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

3.2 Visibilidad

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 este curso se van a considerar: visibilidad de parada, visibilidad de adelantamiento, visibilidad de decisión y visibilidad de cruce.

En todos los casos, 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.

3.2.1 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. Se estimará mediante la expresión:

$$D_p = \frac{V \cdot tp}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_l + i)}$$

Siendo:

- D_p = Distancia de parada (m)
- V = Velocidad al inicio de la maniobra de frenado (km/h)
- f_l = Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento
- i = Inclinación de la rasante (en tanto por uno)
- tp = Tiempo de percepción y reacción (s)

A efectos de diseño se considerará como distancia de parada, la obtenida a partir del valor de la velocidad de proyecto (V_p) del tramo considerado.

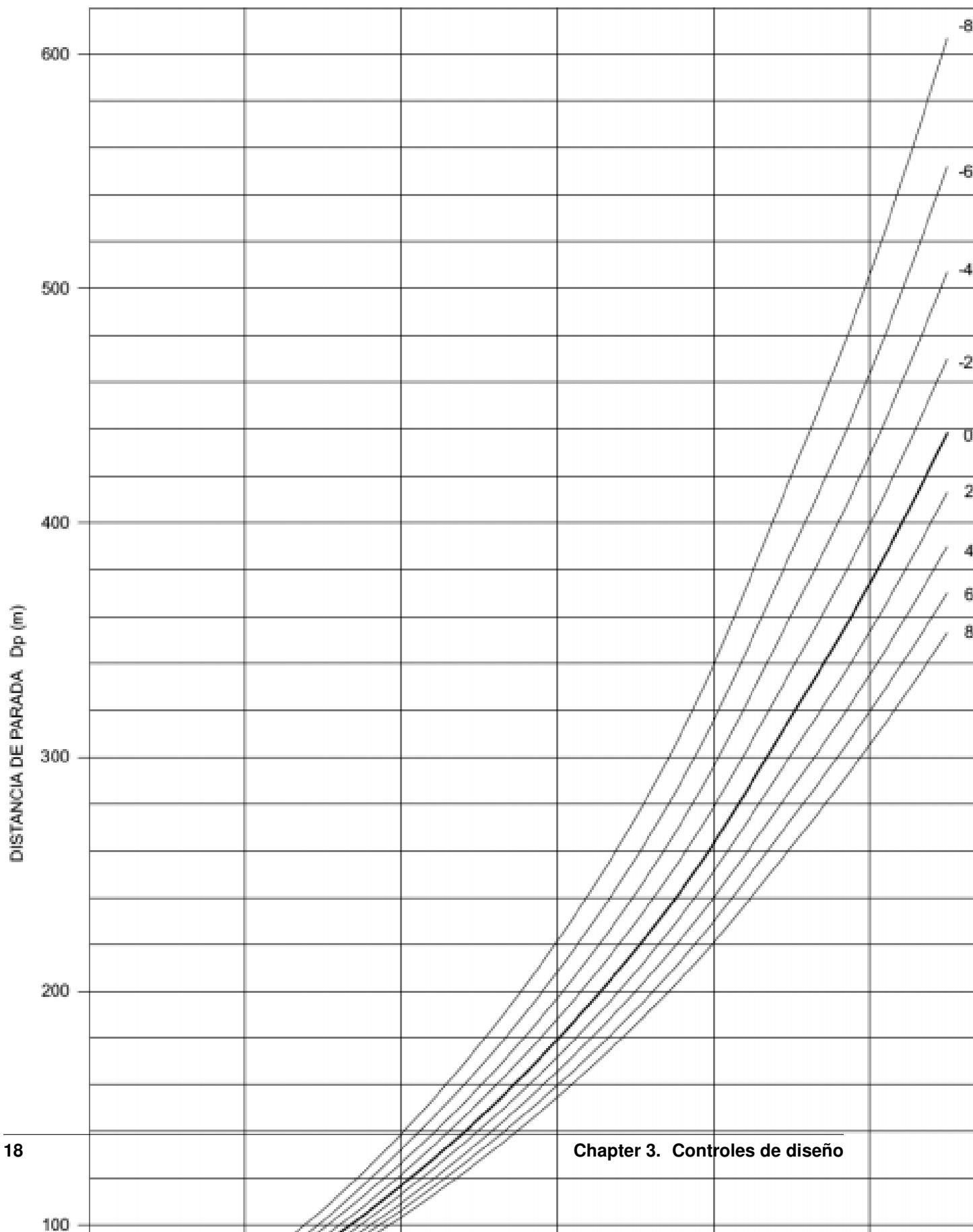
El coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado (f_l) en una maniobra de frenado para diferentes valores de la velocidad se obtendrá de la tabla siguiente. Para valores intermedios de dicha velocidad se podrá interpolar linealmente en dicha tabla. El valor del tiempo de percepción y reacción será de dos segundos (2 s).

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO LONGITUDINAL MOVILIZADO (f_l) EN UNA MANIOBRA FRENADO.

V (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
f_l	0,432	0,411	0,390	0,369	0,348	0,334	0,320	0,306	0,291	0,277

En la siguiente figura se representan los valores de la distancia de parada en función de la velocidad, para distintas inclinaciones de la rasante.

DISTANCIA DE PARADA.



3.2.2 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 de la visibilidad de parada, se fijará la altura del obstáculo sobre la rasante de la calzada en cincuenta centímetros (50 cm), pudiendo situarse en cualquier punto de la sección transversal del carril (sección de obstáculo). En los tramos de carretera donde se considere que puedan existir obstáculos con altura inferior a cincuenta centímetros (< 50 cm) se analizará la conveniencia de fijar otra altura del obstáculo con un valor no inferior a veinte centímetros (> 20 cm).

Se considera que un obstáculo es divisible siempre que pueda trazarse una visual entre el punto de vista del conductor y todos los puntos superiores del obstáculo.

Se podrá considerar que las pilas y estribos de estructuras, los sistemas de contención de vehículos y los elementos de señalización e iluminación de la carretera no suponen un obstáculo intermedio para la visual siempre que, una vez divisada completamente la sección de obstáculo, ésta ha quedado parcialmente oculta por el obstáculo intermedio en no más de un metro ($< 1,00$ m).

La visibilidad de parada deberá ser superior a la distancia de parada calculada con la velocidad de proyecto (V_p) del correspondiente tramo, en cuyo caso se dice que existe visibilidad de parada.

3.2.3 Distancia de adelantamiento

A efectos 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. Se medirá a lo largo del eje que separa los dos sentidos de circulación y se obtendrá teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- Para iniciar la prohibición de adelantar (final de la marca vial discontinua), valores menores que los de la distancia D_{a1} indicados en la tabla siguiente:

V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90
D_{a1} (m)	50	75	100	130	165	205

Siendo V_p la Velocidad de proyecto del tramo considerado. Si no existe la distancia mínima requerida D_{a1} se dispondrá marca vial continua.

- Para finalizar la prohibición de adelantar (inicio de la marca vial discontinua), los valores de la distancia D_{a2} indicados en la siguiente:

V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90
D_{a2} (m)	150	180	220	260	300	340

Siendo V_p la Velocidad de proyecto del tramo considerado. Cuando entre dos prohibiciones de adelantamiento quede un tramo de marca vial discontinua de longitud inferior a la indicada en la primera tabla, se unirán ambas prohibiciones, de modo que no se permitirá adelantar en tramos de longitud inferior a la distancia D_{a2} .

La utilización de las tablas anteriores supone que la velocidad máxima señalizada en el tramo coincide con la velocidad de proyecto (V_p).

3.2.4 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.

Para determinar la posición del vehículo que circula en sentido opuesto se admitirá, de forma simplificada, que es visible cuando pueda trazarse una visual sin obstáculo desde el punto de vista del vehículo que efectúa la maniobra de adelantamiento hasta un punto del vehículo que circula en sentido opuesto situado a una altura de un metro y diez centímetros (1,10 m) y a una distancia de un metro y cincuenta centímetros (1,50 m) del eje que separa los dos sentidos de circulación.

Se procurará obtener tramos de la máxima longitud posible en los que la visibilidad de adelantamiento sea mayor que la distancia de adelantamiento D_{a2} .

3.2.5 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 D_d corresponde a la distancia recorrida en diez segundos (10 s) a la velocidad de proyecto (V_p) del tramo considerado y sus valores mínimos se indican en la tabla siguiente:

DISTANCIA DE DECISIÓN.

V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
D_d (m)	110	140	170	195	225	250	280	305	335	365

3.2.6 Visibilidad de decisión

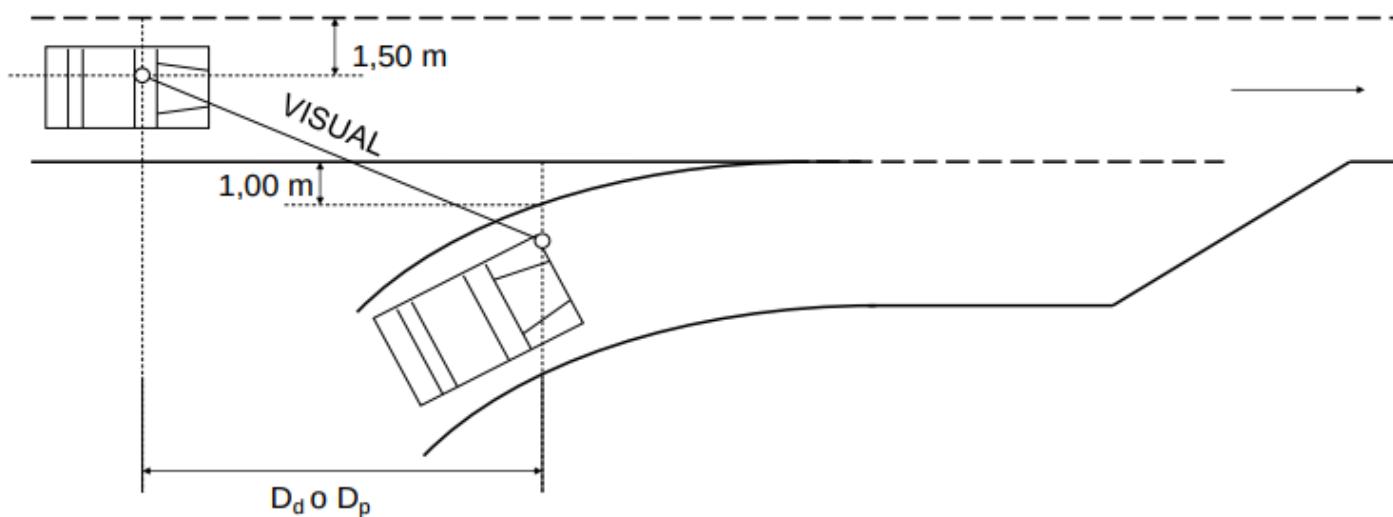
Se considerará como visibilidad de decisión la distancia en línea recta entre la posición de un vehículo en movimiento (definido por el punto de vista del conductor) y el elemento que debe observar el conductor medida sobre el eje de la carretera.

Los carteles laterales, las banderolas y los pórticos de salida inmediata deberán ser percibidos a una distancia mayor que los valores mínimos de la distancia de decisión Dd indicados en la Tabla 3.4. La distancia entre el punto de vista del conductor y el centro geométrico de los carteles de salida inmediata se medirá en línea recta.

La esquina delantera izquierda de un vehículo ligero (turismo) situado en la sección característica de un metro (1,00 m) en el centro del carril de aceleración de un ramal de enlace o una vía de giro de un nudo, deberá ser advertida por los conductores de los vehículos que circulan por los carriles básicos de un nudo a la distancia de parada Dp (mínimo) o a la distancia de decisión Dd (deseable) (Ver figura).

Si en la aproximación a un nudo no se dispone de esta visibilidad de decisión se mejorará la percepción de los conductores mediante reducción de la velocidad señalizada en el tramo o mediante la implantación de ayudas a la conducción.

VISIBILIDAD DE DECISIÓN O PARADA RESPECTO DE UN VEHÍCULO SITUADO EN EL INICIO DE UN CARRIL DE ACCELERACIÓN.



3.2.7 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. Estará determinada por las dos condiciones siguientes:

- El conductor de un vehículo que circula por una vía puede ver si otro vehículo se dispone a cruzar dicha vía.

- El conductor de un vehículo que va a cruzar la vía ve al vehículo que se aproxima

Se considerará a todos los efectos que el vehículo que realiza el movimiento de cruce desde la conexión o el acceso, parte del reposo y está situado a una distancia, medida perpendicularmente al borde del carril más próximo de la vía preferente, de tres metros (3,00 m).

Si el movimiento de cruce se realiza mediante una maniobra de giro a la izquierda atravesando el sentido opuesto (Figura 3.4) y no existe carril central de espera, se supondrá que el vehículo que lo realiza se sitúa a una distancia, medida perpendicularmente al borde del carril más próximo de la vía a la que se dirige mediante dicho cruce, de cinco metros (5,00 m). Si existe carril central de espera, la distancia se reduce a tres metros (3,00 m).

Para el cálculo de la visibilidad de cruce, con independencia del vehículo patrón característico que realiza la maniobra A, se tomará como altura del punto de vista del conductor un metro y diez centímetros (1,10 m).

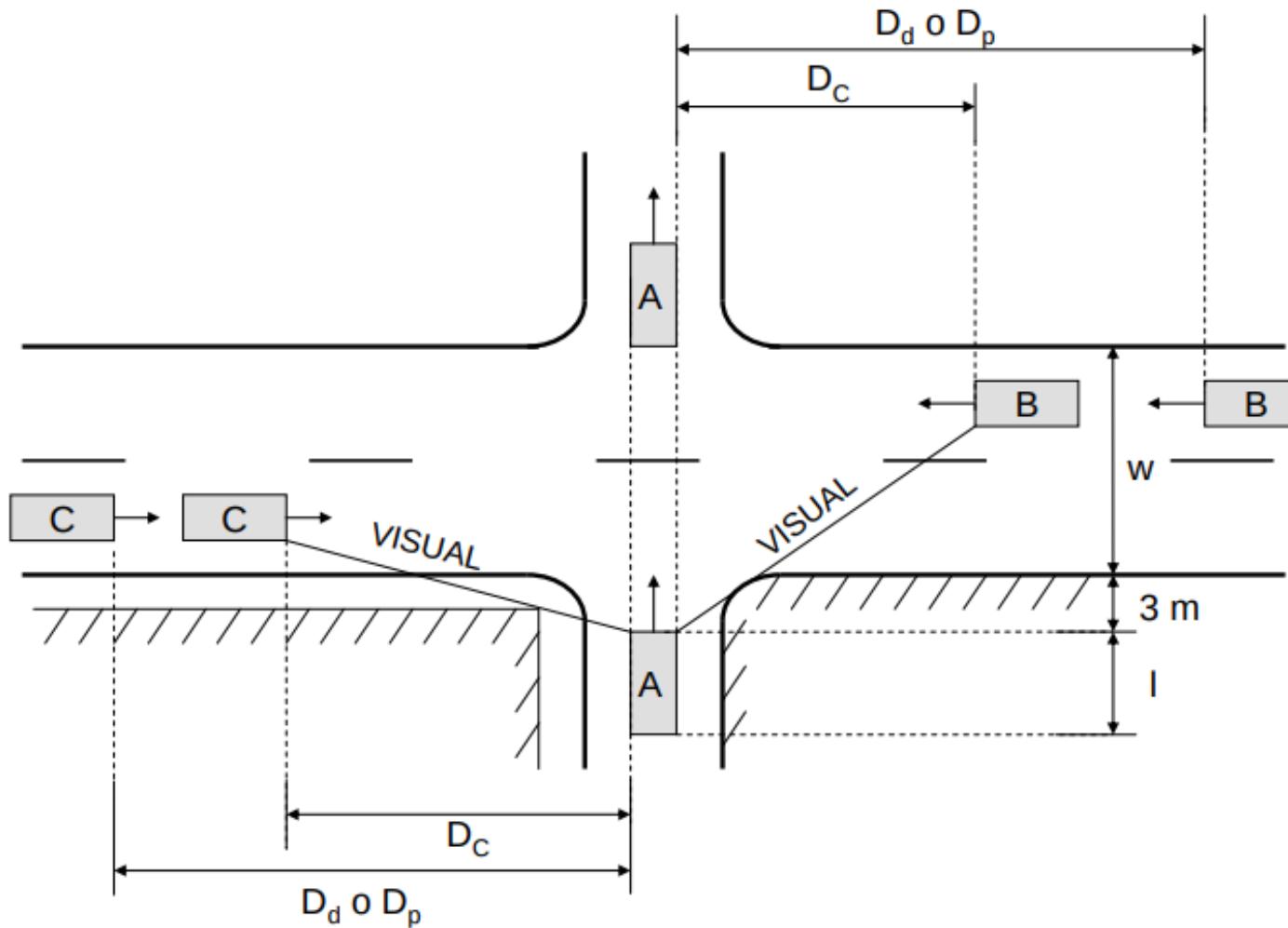
Los vehículos B y C que se aproximan a la intersección, cuando un vehículo A pretende realizar la maniobra de cruce, se considerarán simplificadamente como turismos, teniendo en cuenta que el vehículo A constituye un obstáculo identificable a una altura de cincuenta centímetros (50 cm), debiendo comprobarse la situación inversa en la que el vehículo A es el que se aproxima a la intersección (ver figuras).

Dichos vehículos B y C, además de la obligada visibilidad de parada, deberán disponer de la correspondiente visibilidad de decisión, tanto respecto del vehículo que efectúa el movimiento de cruce, considerando el obstáculo a una altura de cincuenta centímetros (50 cm), como respecto a la cartelería de la señalización de orientación dispuesta en el cruce.

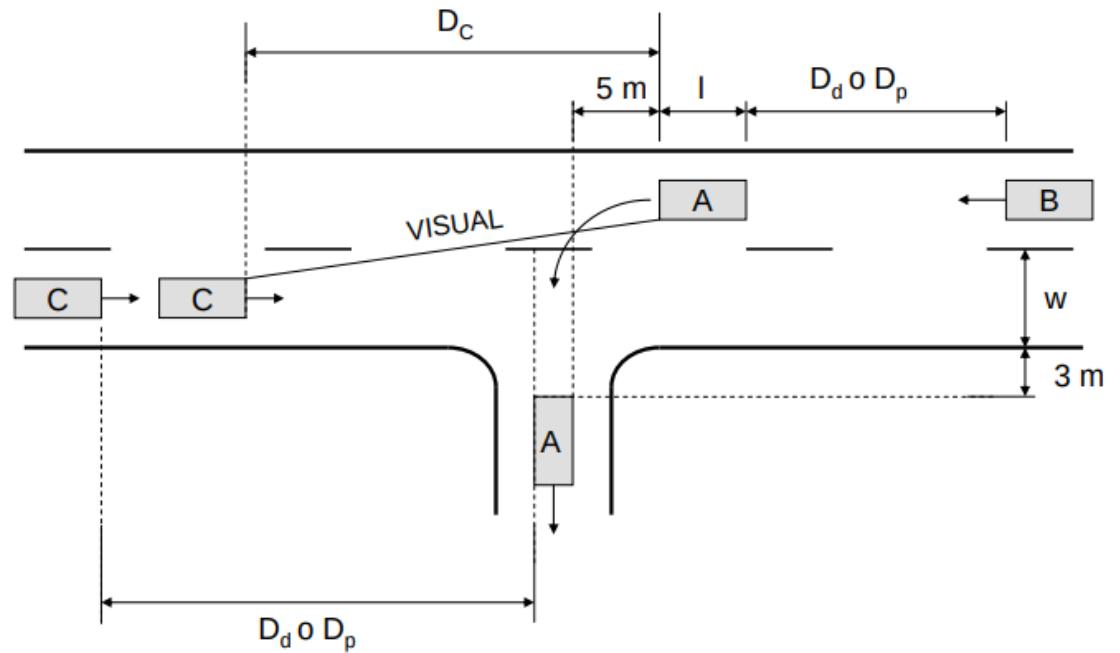
Cuando la intersección corresponda a un acceso particular con una IMD menor que diez (< 10) vehículos/día sin vehículos pesados, y por tanto no tenga uso público, será suficiente que los vehículos que se aproximan dispongan de la obligada visibilidad de parada.

Para realizar un análisis simplificado de la posición en planta se podrán hacer coincidir el punto de vista del observador y el obstáculo identificable, con las aristas de los vehículos centrados en su carril, conforme a lo indicado en las siguientes figuras:

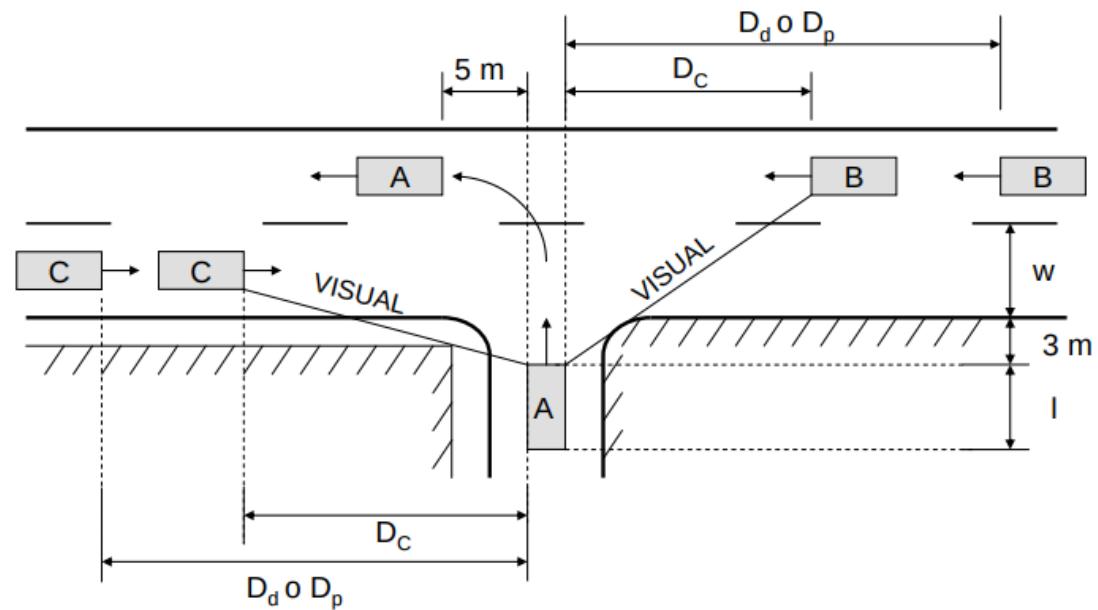
VISIBILIDAD DE CRUCE.



VISIBILIDAD DE CRUCE EN MANIOBRAS DE GIRO A LA IZQUIERDA DESDE LÍNEA PRINCIPAL.



VISIBILIDAD DE CRUCE EN MANIOBRAS DE GIRO A LA IZQUIERDA DESDE LA SECUNDARIA.



**CHAPTER
FOUR**

DISEÑO PLANIMÉTRICO

(Capítulo en preparación)

CHAPTER

FIVE

DISEÑO ALTIMÉTRICO

(Capítulo en preparación)

**CHAPTER
SIX**

DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

(Capítulo en preparación)

CHAPTER
SEVEN

COORDINACIÓN ENTRE PLANTA Y ALZADO

**CHAPTER
EIGHT**

SEGURIDAD VIAL

(Capítulo en preparación)

CHAPTER

NINE

REFERENCIAS

Enlace para descarga de la Norma española 3.1 IC para trazado de carreteras del año 2016

Enlace para descarga de la norma de EEUU AASHTO 2011

**CHAPTER
TEN**

ACERCA DE ESTE DOCUMENTO

Este documento ha sido creado en septiembre-octubre de 2017 por los Doctores Ingenieros D. Santiago Higuera de Frutos y D. Pedro Fernández Carrasco, profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid (España).

El objetivo es resumir los contenidos del **Curso de diseño geométrico vial**, impartido por la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción en Paraguay.

CHAPTER
ELEVEN

LICENCIA

Excepto donde quede reflejado de otra manera, la presente documentación se halla bajo licencia Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual

