

## Resolución Directoral N° 143-2001-MTC/15.17.

Lima, 12 de marzo del 2001.

### CONSIDERANDO:

Que, el Decreto Ley N° 25862, Ley Orgánica del Sector Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, determina que es función de la Dirección General de Caminos, supervisar y en su caso, ejecutar las políticas y normas sobre la Construcción, Mejoramiento, Conservación y Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes y Circulación;

Que, dentro de dicho contexto el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, a través del Programa Rehabilitación de Transportes (PRT) – Proyecto Especial Rehabilitación Infraestructura de Transportes (PERT), como parte del Programa de Fortalecimiento Institucional, suscribió Contrato N° 288-95-MTC/15.03.PERT.01 con la firma Barriga Dall'Orto, para la elaboración de Manuales de Diseño y de Ensayos de Laboratorio, Preparación de Estudios de Informática y de Gestión y Asesoría permanente para el Programa de Rehabilitación y Mejoramiento de Carreteras;



Que, la Dirección General de Caminos y el Programa de Rehabilitación de Transportes, han aprobado la primera Edición del Manual en comento con Rs.Ds. N°s 543-2000-MTC/15.17. y 029-2000-MTC/15.02PRT-PERT, respectivamente;



Que, la Dirección de Carreteras, en Informe N° 004-2001-MTC/15.17.04.HGL y Memorándums N°s 552 y 775-2001-MTC/15.17.04, solicita la aprobación de la Segunda Edición del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras" DG-2001, con el fin de aplicarlo en los Proyectos Viales que ejecuta el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, manual que cuenta con la aprobación de la Dirección de Control de Calidad;



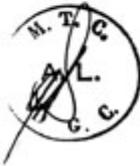
Que, en tal virtud es pertinente dictar el Resolutivo aprobatorio correspondiente;

De conformidad con el Decreto Ley N° 25862, R.M. N° 247-2000-MTC/15.02 y en uso de las atribuciones conferidas por R.S. N° 006-2001-MTC.

**SE RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.-** Aprobar la Segunda Edición del "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras" DG-2001, que está conformado por el siguiente detalle:

- VOLUMEN I : Manual de Diseño Geométrico.
- VOLUMEN II : Guía de Diseño Geométrico.
- VOLUMEN III : Norma para la presentación de Informe Final de los proyectos.



**ARTICULO SEGUNDO.-** El Manual aprobado por la presente Resolución, será de aplicación en los Proyectos Viales que ejecuta el MTC.

Regístrese y Comuníquese.



*[Handwritten signature]*  
Ing. JORGE A. VALDIVIA PAREDES  
DIRECTOR GENERAL  
Dirección General de Caminos

# **MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO PARA CARRETERAS**

**DG – 2001**

**PREFACIO**

**INTRODUCCIÓN**

**GENERALIDADES**

**VOLUMEN I : MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

**VOLUMEN II : GUIA DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

**VOLUMEN III : NORMA PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORME  
FINAL DE LOS PROYECTOS.**

# **MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS**

## **(DG - 2001)**

### **PREFACIO**

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC), a través de La Dirección General de Caminos, teniendo en cuenta las condiciones actuales del sistema vial del país, ha promovido la actualización de la normativa vigente, para lo cual ha preparado el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001).

El objetivo de este Manual es brindar, a la comunidad técnica nacional, un documento actualizado para uso en el campo del Diseño de Carreteras, conformando un elemento que organiza y recopila las Técnicas de Diseño Vial desde el punto de vista de su concepción y desarrollo en función de determinados parámetros, considerando los aspectos de conservación ambiental y de seguridad vial, coherentes con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras, de reciente actualización, y de las Normas Oficiales vigentes.

El MTC se complace en presentar este documento, el cual es de carácter obligatorio en los proyectos contratados por nuestra Entidad.

Lima, Marzo del 2001.

## INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo, con base en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad.

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de la circulación.

La seguridad vial debe ser la premisa básica en cualquier diseño vial, inspirando todas las fases del mismo, hasta las mínimas facetas, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

La comodidad de los usuarios de los vehículos debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida, disminuyendo las aceleraciones y, especialmente, sus variaciones que reducen la comodidad de los ocupantes de los vehículos. Todo ello ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los alineamientos.

La integración en su entorno debe procurar minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la topografía existente.

La armonía o estética de la obra resultante tiene dos posibles puntos de vista: el exterior o estático, relacionado con la adaptación paisajística, y el interior o dinámico vinculado con la comodidad visual del conductor ante las perspectivas cambiantes que se agolpan a sus pupilas y pueden llegar a provocar fatiga o distracción, motivo de peligrosidad. Hay que obtener un diseño geométrico conjunto que ofrezca al conductor un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

La economía o el menor costo posible, tanto de la ejecución de la obra, como del mantenimiento y la explotación futura de la misma, alcanzando siempre una solución de compromiso con el resto de objetivos o criterios.

La elasticidad suficiente de la solución definitiva para prever posibles ampliaciones en el futuro.

Lima, Marzo del 2001

## CAPITULOS

### Generalidades

### Volumen I : Normas de Diseño Geométrico

### Volumen II : Guía de Diseño Geométrico

### Volumen III : Norma para la Presentación de Informe Final de los Proyectos

#### **VOLUMEN I: NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

##### Criterios Básicos

##### Capítulo 1 : Clasificación de la Red Vial

##### Capítulo 2 : Criterios y Controles Básicos para el Diseño

##### Capítulo 3 : Sección Transversal

##### Capítulo 4 : Diseño Geométrico en Planta y Perfil

##### Capítulo 5 : Diseño Geométrico de Intersecciones

##### Anexo 1 : Capacidad y Niveles de Servicio

#### **VOLUMEN II: GUÍA DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

##### Generalidades

##### Capítulo 1 : Clasificación de la Red Vial

##### Capítulo 2 : Criterios y Controles Básicos para el Diseño

##### Capítulo 3 : Sección Transversal

##### Capítulo 4 : Diseño Geométrico en Planta y Perfil

##### Capítulo 5 : Diseño Geométrico de Intersecciones

#### **VOLUMEN III: NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORME FINAL DE LOS PROYECTOS**

##### Capítulo 1 : Presentación del Informe

# **CAPITULO**

## **MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS**

### **GENERALIDADES**

#### **1. MATERIA DEL MANUAL**

Los aspectos tratados en este documento son tanto normativos como de recomendación general. Abarca exclusivamente temas geométricos, relativos al diseño de carreteras en áreas rurales.

Este Manual no es un texto de estudio, ni tampoco puede sustituir la experiencia y el buen criterio que debe ser parte integral del arte de la ingeniería. Las fórmulas, ábacos y tablas que se incluyen tienen por objeto una solución rápida de los problemas que se presenten en gabinete o en obra, cuando estos no se encuentran con facilidad en los textos de estudio de caminos.

La normativa, recomendaciones y metodologías generales presentadas en este Manual, están orientadas a facilitar la labor del Ingeniero proyectista y a conseguir una razonable uniformidad en los diseños. En ningún caso el contenido del manual reemplaza el conocimiento de los principios básicos de la ingeniería ni a un adecuado criterio profesional.

Aun cuando los aspectos tratados en el Manual se centran en vías rurales, se presentan algunas consideraciones a tener en cuenta al atravesar éstas, por zonas urbanas y/o suburbanas, debiendo concordarse las mismas con la normativa vigente en éstas áreas, a fin de armonizar las necesidades geométricas de la vía con las necesidades urbanas.

#### **2. ORGANIZACIÓN DEL MANUAL**

##### **2.1 Generalidades**

Las materias tratadas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG -2001), han sido separadas en 3 volúmenes:

- Volumen I : Normas de Diseño Geométrico de Carreteras.
- Volumen II : Guías de Diseño Geométrico de Carreteras.
- Volumen III : Normas para la Presentación de Estudios de Carreteras

El Manual presenta las técnicas de diseño vial, a través de la normalización de las características geométricas de nuestras carreteras (Volumen I) y un análisis detallado

de los fundamentos de estas normas, conjuntamente con la presentación de recomendaciones de diseño (Volumen II). Finalmente se incluye la estandarización en la presentación de los documentos técnicos y codificación de los datos (Volumen III). Todos los volúmenes del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras tienen la estructura y organización que se describe en los apartados siguientes, con el fin de identificar y jerarquizar cada materia.

## **2.2 Capítulos**

Abarcan una serie de aspectos análogos referentes a un tema específico, todos ellos compatibles con el genérico del Capítulo al que pertenecen.

Un capítulo puede contener varias SECCIONES.

## **2.3 Secciones**

Una sección trata un determinado tema, constituyentes del Capítulo.

Una sección estará conformada por TÓPICOS.

El espacio reservado por las secciones que se pueden introducir en un capítulo tendrá una capacidad de 99 secciones. A fin de poder albergar, intercalar o ampliar otras secciones que se requieran, se pueden codificar las secciones con intervalos entre cada una de ellas.

## **2.4 Tópicos**

Un tópico trata específicamente un determinado tema, que conforman la Sección.

Un tópico estará conformado por ARTÍCULOS y éstos a su vez por ACÁPITES.

Los tópicos tendrán una numeración correlativa que identificará cada uno de los temas que son tratados dentro de la sección.

## **2.5 Codificación**

La organización que se ha previsto para el Manual permite una adecuada codificación y la previsión necesaria para que periódicamente en la medida que sea necesario puedan ser ampliadas, revisadas y/o mejoradas.

La codificación responderá al siguiente criterio:

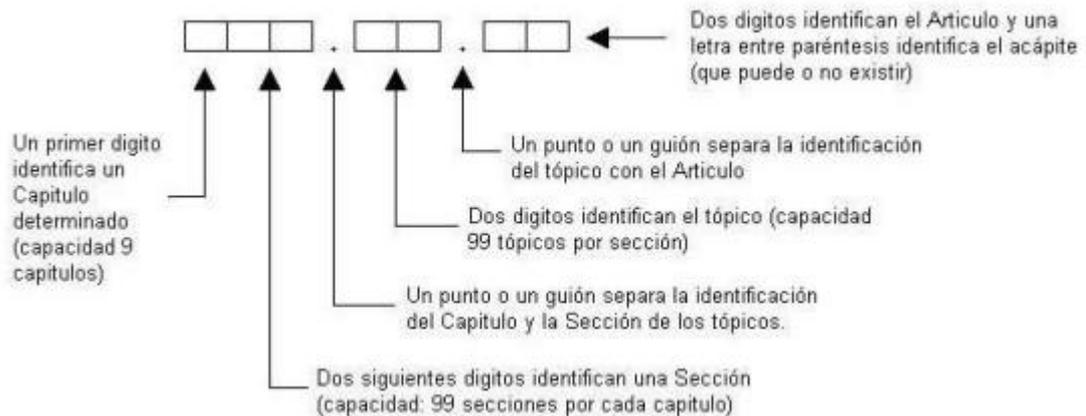
Cada uno de los capítulos llevará como identificación un dígito comenzando con 1, con progresión correlativa para los siguientes que se definan como tales.

El criterio de codificación planteado, utilizado para identificar y jerarquizar cada materia, puede apreciarse solo en forma ilustrativa en el siguiente ejemplo:

304.08.01 (b) corresponde a:

3	CAPÍTULO	Geometría de la Sección Transversal
304	SECCIÓN	Sección Transversal
304.08	TÓPICO	Taludes, cunetas y otros elementos
304.08.01	ARTÍCULO	Taludes
304.08.01 (b)	ACÁPITE	Taludes en corte

Gráficamente la codificación planteada será:



La identificación de los Tópicos no es necesariamente la misma para una u otra sección, ya que dependerá de la cantidad de tópicos que contenga una sección, lo que es variable en función a la importancia y complejidad de la actividad. Es correlativo solo para ordenar el texto y no tiene asociado ninguna característica específica.

### 3. ABREVIATURAS

Las abreviaturas utilizadas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), en todos sus volúmenes, representan lo que se indica a continuación:

- AASHTO American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (EE.UU.)
- EG ( ) Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras del Perú. Entre paréntesis se colocará el año de actualización.
- FHWA Federal Highway Administration o Administración Federal de Carreteras.
- MTC Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción del Perú.
- PNP Policía Nacional del Perú

- SI Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico Modernizado).
- SLUMP Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (el SI en el Perú).
- TRB Transportation Research Board o Junta de Investigación del Transporte (EE.UU.)

#### 4. SISTEMA DE MEDIDAS

En el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 1999), se emplean las unidades del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP) que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI) o Sistema Métrico Modernizado.

##### (a) Símbolo de las Unidades del SLUMP

A	Ampere	Corriente eléctrica
Cd	Candela	Intensidad luminosa
°C	Grado Celsius	Temperatura
g	Gramo	Masa
h	Hora	Tiempo
H	Henry	Inductancia
ha	Hectárea	Área
Hz	Hertz ( $s^{-1}$ )	Frecuencia
J	Joule (N.m)	Energía, trabajo
K	Kelvin	Temperatura
L	Litro	Volumen
Lx	Lux	Iluminación
m	Metro	Longitud
$m^2$	metro cuadrado	Area
$m^3$	metro cúbico	Volumen
min	Minuto	Tiempo
N	Newton ( $Kg.m/s^2$ )	Fuerza
Pa	Pascal ( $N/m^2$ )	Presión
s	Segundo	Tiempo
t	tonelada	Masa
V	voltio (W/A)	Potencial eléctrica

W	watt (J/s)	Potencia, flujo radiante
$\Omega$	Ohm (V/A)	Resistencia eléctrica
°	Grado angular	Angulo plano
'	Minuto angular	Angulo plano
"	Segundo angular	Angulo plano

(b) Símbolo de Prefijos

E	Exa	$10^{18}$
P	Peta	$10^{15}$
T	Tera	$10^{12}$
G	Giga	$10^9$
M	Mega	$10^6$
K	Kilo	$10^3$
C	Centi	$10^{-2}$
m	Mili	$10^{-3}$
$\mu$	Micro	$10^{-6}$
N	Nano	$10^{-9}$
p	Pico	$10^{-12}$
F	Femto	$10^{-15}$
A	Atto	$10^{-18}$

c) Notación para taludes (vertical : horizontal)

Para taludes con inclinación menor que 1:1, expresar la inclinación del talud como la relación de una unidad vertical a un número de unidades horizontales.

Para taludes con inclinación mayor que 1:1 expresar la inclinación del talud como la relación de un número de unidades verticales a una unidad horizontal.

**5. DEFINICIONES**

Para obtener una interpretación uniforme del Manual de Diseño que presentamos, se ha visto conveniente la formulación de un vocabulario en el que figuran términos que pueden tener varias acepciones en el lenguaje común, con el fin de que sean entendidos de acuerdo con la definición que se expone.

**ACCESO DIRECTO A UNA PROPIEDAD O INSTALACIÓN**

Es aquel en que la incorporación de los vehículos a/o desde la calzada se produce sin utilizar las conexiones o enlaces de otras vías públicas con la carretera.

**AÑO HORIZONTE**

Año para cuyo tráfico previsible debe ser proyectada la carretera.

**ARISTA EXTERIOR DE LA CALZADA**

Borde exterior de la parte de carretera destinada a la circulación de vehículos en general.

**ARISTA EXTERIOR DE LA EXPLANACIÓN**

Es la intersección del talud del desmonte o terraplén con el terreno natural. Cuando el terreno natural circundante está al mismo nivel que la carretera, la arista exterior de la explanación es el borde exterior de la cuneta.

**AUTOPISTA**

Carretera de calzadas separadas, con un mínimo de dos carriles por sentido, con limitación o control total de accesos a las propiedades colindantes.

**BERMA**

Franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.

**BIFURCACIÓN**

Tramo en que diverge el flujo de tráfico en flujos similares.

**BOMBEO**

Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.

**CALZADA**

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

**CALZADA DE SERVICIO**

Vía de servicio.

**CAMINO DE SERVICIO**

El construido como elemento auxiliar o complementario de las actividades específicas de sus titulares.

### **CAMINO VECINAL**

Vía de servicio destinada fundamentalmente para acceso a chacras.

### **CAMION**

Vehículo autopropulsado con llantas simples y duales, con dos o más ejes, diseñado para el transporte de carga, incluye camiones, tractores, remolques y semiremolques.

### **CAPACIDAD POSIBLE**

Es el máximo número de vehículos que tiene razonables probabilidades de pasar por una sección dada de una calzada o carril en una dirección (ó en ambas para el caso de carreteras de 2 ó 3 carriles) durante un período de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes en la carretera y en el tránsito.

De no haber indicación en contrario se expresa como volumen horario.

### **CARRETERA DE EVITAMIENTO**

Obra de modernización de una carretera que afecta a su trazado y como consecuencia de la cual se evita o sustituye un tramo urbano.

### **CARRETERA DUAL**

Es aquella que consta de calzadas separadas para corrientes de tránsito en sentido opuesto.

### **CARRIL**

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

### **CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN LENTA**

Es el carril adicional que, situado a la derecha de los principales, permite a los vehículos que circulan con menor velocidad desviarse de los carriles principales, facilitando el adelantamiento por los vehículos más rápidos.

### **CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN RÁPIDA**

Es el carril adicional que, situado a la izquierda de los principales en carreteras de calzadas separadas o entre ellos en carreteras de calzada única, facilita a los vehículos rápidos el adelantamiento de otros vehículos que circulan a menor velocidad.

### **CARRIL DE ESPERA**

Es el carril destinado en una intersección, con giro a la izquierda, a la detención del vehículo a la espera de oportunidad para realizar esta maniobra sin obstaculizar el tránsito de los carriles del sentido opuesto.

### **CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD**

Es el carril destinado a incrementar o reducir la velocidad, desde los elementos de un acceso a la de la calzada principal de la carretera, o viceversa.

### **CONFLUENCIA**

Tramo en que convergen flujos de tráfico similares.

### **CONTROL DE ACCESO**

La acción de la Autoridad por la cual se limita, parcial o totalmente, el derecho de los dueños u ocupantes de la propiedad adyacente o de las personas en tránsito, el acceder a una carretera, y por la cual se regulan las modificaciones que pueda experimentar el goce de la luz, el aire y la vista existentes antes de la construcción de la carretera.

### **CORONA**

Superficie de la carretera terminada comprendida entre los bordes exteriores de las bermas.

### **CUÑA DE TRANSICIÓN**

Ensanche de la calzada, en forma triangular que, en una divergencia, permite el paso gradual del ancho normal de la calzada en la vía principal al ancho completo del carril de deceleración y en una convergencia el paso del ancho completo del carril de aceleración al ancho normal de la calzada en la vía principal.

### **CURVA DE TRANSICIÓN**

Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

### **CURVA VERTICAL**

Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

### **DERECHO DE VÍA**

Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.

La propiedad del terreno para Derecho de Vía será adquirido por el Estado, cuando ello sea preciso, por expropiación o por negociación con los propietarios.

### **DESPEJE LATERAL**

Explanación necesaria para conseguir una determinada distancia de visibilidad.

### **DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO**

Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto. En el caso más general es la suma de las distancias recorridas durante la maniobra de adelantamiento propiamente dicha, la maniobra de reincorporación a su carril delante del vehículo adelantado, y la distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto.

### **DISTANCIA DE CRUCE**

Es la longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferencial).

### **DISTANCIA DE PARADA**

Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

### **DUPLICACIÓN DE CALZADA**

Obra de modernización de una carretera consistente en construir otra calzada separada de la existente, para destinar cada una de ellas a un sentido único de circulación.

### **EJE**

Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

### **ELEMENTO**

Alineación, en planta o perfil, que se define por características geométricas constantes a lo largo de toda ella.

Se consideran los siguientes elementos:

- En planta: Tangente (acimut constante), curva circular (radio constante), curva de transición (parámetro constante)
- En perfil : Tangente (pendiente constante), curva parabólica (parámetro constante)

### **ENSANCHE DE PLATAFORMA**

Obra de modernización de una carretera que amplía su sección transversal, utilizando parte de la plataforma existente.

### **EXPLANACIÓN**

Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original.

### **GUARDAVIAS**

Sistema de contención de vehículos empleado en los márgenes y separadores de las carreteras.

### **INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**

El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.

### **INTERSECCIÓN A DESNIVEL**

Zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel, y en la que se incluyen los ramales que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de los movimientos de cambio de una carretera a otra.

### **INTERSECCIÓN A NIVEL**

Zona común a dos o varias carreteras que se encuentran o se cortan al mismo nivel, y en la que se incluyen los ramales que puedan utilizar los vehículos para el paso de una a otra carretera.

### **NIVEL DEL SERVICIO**

Medida cualitativa descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico; generalmente se describe en función de ciertos factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, la comodidad y conveniencia, y la seguridad.

### **OMNIBUS**

Vehículos autopropulsados, para transporte de personas, con capacidad para diez o más pasajeros sentados.

### **OVALO O ROTONDA**

Intersección dispuesta en forma de anillo (generalmente circular) al que acceden, o del que parten, tramos de carretera, siendo único el sentido de circulación en el anillo.

**PASO A NIVEL**

Cruce a la misma cota entre una carretera y una línea de ferrocarril.

**PAVIMENTO**

Es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines.

- (a) Resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos
- (b) Mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.

**PENDIENTE**

Inclinación de una rasante en el sentido de avance.

**PERALTE**

Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

**PLATAFORMA**

Ancho total de la carretera a nivel de subrasante.

**RAMAL**

Vía que une las calzadas que confluyen en una intersección para solucionar los distintos movimientos de los vehículos.

**RASANTE**

Línea que une las cotas de una carretera terminada.

**SECCIÓN TRANSVERSAL**

Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

**SEPARADOR CENTRAL**

Franja longitudinal situada entre dos plataformas separadas, no destinada a la circulación.

**SUBRASANTE**

Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.

**TERRAPLÉN**

Parte de la explanación situada sobre el terreno original.

**TRAMO**

Con carácter genérico, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera.

Con carácter específico, cada una de las partes en que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos. En general los extremos del tramo coinciden con

puntos singulares, tales como poblaciones, intersecciones, cambios en el medio atravesado, ya sean de carácter topográfico o de utilización del suelo.

### **TRANSITO**

Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.

### **TRENZADO**

Maniobra por la que dos flujos de tráfico del mismo sentido se entrecruzan.

### **VARIANTE DE TRAZADO**

Obra de modernización de una carretera en planta o en perfil cambiando su trazado en una longitud acumulada de más de un Kilómetro (1 Km).

### **VEHÍCULO**

Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

### **VEHÍCULO COMERCIAL**

Omnibuses y Camiones

### **VEHICULO LIGERO**

Vehículo autopropulsado diseñado para el transporte de personas, limitando a no más de 9 pasajeros sentados incluye taxis, camionetas y automóviles privados.

### **VELOCIDAD ESPECÍFICA DE UN ELEMENTO DE TRAZADO ( $V_e$ )**

Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

### **VEREDA**

Franja longitudinal de la carretera, elevada o no, destinada al tránsito de peatones.

### **VÍA COLECTORA – DISTRIBUIDORA**

Calzada con sentido único de circulación, sensiblemente paralela a la carretera principal, cuyo objeto es separar de dicha carretera principal las zonas de conflicto que se originan por las maniobras de cambio y trenzado de vehículos en tramos con salidas y entradas sucesivas muy próximas.

### **VÍA DE SERVICIO**

Camino sensiblemente paralelo a una carretera, respecto de la cual tiene carácter secundario, conectado a ésta solamente en algunos puntos, y que sirve a las

propiedades o edificios contiguos. Puede ser con sentido único o doble sentido de circulación.

### **VIA URBANA**

Cualquiera de las que componen la red interior de comunicaciones de una población, siempre que no formen parte de una red arterial.

**Volumen I**  
**Normas de Diseño Geométrico**

**Criterios Básicos**

**Capítulo 1 : Clasificación de la Red Vial**

**Capítulo 2 : Criterios y Controles Básicos para el Diseño**

**Capítulo 3 : Sección Transversal**

**Capítulo 4 : Diseño Geométrico en Planta y Perfil**

**Capítulo 5 : Diseño Geométrico de Intersecciones**

**Anexo 01 : Capacidad y Niveles de Servicio**

## **NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

### **CRITERIOS BASICOS**

#### **Sección 001 : Generalidades**

Este documento reúne las normas y especificaciones necesarias para proyectar el trazado de una carretera. Sus disposiciones son de carácter obligatorio para todos los proyectistas que realicen diseños contratados por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción de la República del Perú, salvo excepciones que deberán ser aprobadas por la institución mencionada.

La actualización de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, conjuntamente, con las Guías de Diseño Geométrico de Carreteras y las Normas para la Presentación de Estudios de Carreteras, forman parte del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2001) el cual a su vez, junto con la actualización de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - 2000) y con el Manual de Ensayos de Materiales (EM - 2000) integran el Programa de Mejoramiento de Documentos Técnicos, patrocinado por la Dirección General de Caminos del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, vivienda y Construcción.

#### **001.01 OBJETIVO**

Estandarizar los diseños que se realicen en el Perú, actualizando los distintos aspectos de la normativa de acuerdo con el estado del arte y las condiciones imperantes en el país.

#### **001.02 ALCANCE**

Los aspectos tratados en este documento son normativos y sólo abarcan temas geométricos.

Se definen específicamente velocidades de diseño, radios de giro, distancias de visibilidad y frenado, secciones transversales, pendientes máximas, curvas de transición, intersecciones y presentación del proyecto.

Los valores de diseño que se indican en este volumen son mínimos normales, es decir, representan el límite inferior de tolerancia en el diseño.

Por lo tanto, ellos constituyen una norma que no se puede ser transgredida sin la autorización expresa del MTC, dicha autorización tiene como límite el que brinda los mínimos absolutos o excepcionales que también se presenta en este volumen. Sin embargo en casos específicos donde exista la necesidad insalvable de la reducción de estos valores, además de una justificación técnico-económica de la toma de esta

decisión, se deberá presentar las medidas paliativas para compensar la disminución de estas características.

Dentro de los límites económicos razonables el proyectista procurará usar valores más amplios que los mínimos de la Norma, cuando ellos signifique un aumento en la seguridad para el usuario, en la calidad del servicio a brindar o en la vida útil de la obra misma.

Asimismo, la Entidad Contratante, dadas las condiciones de rentabilidad de la vía y/o algunas características especiales de la misma, podrá exigir al proyectista especificaciones mayores que los mínimos aquí planteados.

### **001.03 CONCEPCIÓN**

El presente volumen se presenta en términos mandatarios. Esto significa que no se pretende analizar y detallar los fundamentos de éstas normas. Siendo los valores señalados aquí, norma que no puede ser transgredida sin la autorización expresa del MTC.

Las presentes normas, no son un texto de ingeniería de caminos, se limitan a fijar las pautas que deben seguirse para el diseño de carreteras. Han sido concebidas de forma tal, que ante la importancia y servicio de las carreteras que demanda el país ya la necesidad de adaptarlas al creciente incremento del tráfico, obliguen a una periódica y continua actualización y mejoramiento, con el aporte de los profesionales dedicados al diseño, construcción y supervisión de obras viales.

El análisis y detalle de los fundamentos de ésta norma, se presenta en el volumen siguiente referido a la Guía de Diseño.

### **001.04 ESTRUCTURA DEL VOLUMEN NORMATIVO**

El volumen se compone de cinco Capítulos cuyos temas principales son:

#### **Capítulo 1.0. SISTEMAS Y CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN EL PERÚ**

Presenta las Clasificaciones de la Red Vial, de acuerdo a diferentes factores, funcionales, geométricos, de demanda y geográficos, que permiten definir claramente la Categoría y Jerarquización de una Vía en el Perú, a fin de permitir el uso de características geométricas acordes con la Importancia de la carretera en Estudio.

#### **Capítulo 2.0. CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO**

Este capítulo persigue ilustrar la relación que debe existir entre aspectos de planificación y diseño de carreteras. Se presentan los principales criterios utilizados para cuantificar o acotar las características de los diversos tipos de carreteras, dando especial énfasis en

los conceptos relacionados con: Demanda, características y composición del tráfico, Velocidad de diseño y operación, Facilidades de la Vía para el Usuario (visibilidad, Controles de acceso y facilidades para peatones), paisajismo, ecología, y elementos de Capacidad y Niveles de Servicio.

### **Capítulo 3.0. GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

En éste se presentan las dimensiones de los elementos de la sección: calzadas, bermas, peraltes, sobreeanchos y separador central se han normalizado en función de la velocidad de diseño y la clasificación de la vía. Inscribiéndoselos, en el contexto más amplio de las fajas de dominio, derechos de vía y para secciones de tramos de carreteras próximas a ríos, su ubicación con respecto a éstos acordes con las características orográficas de las zonas por donde cruzan las carreteras.

Los elementos de la infraestructura: plataforma, taludes y cunetas son descritos en forma referencial, siendo objeto éstos, de normas específicas y recomendaciones, cada vez que ello es posible.

Elementos auxiliares y especiales, tales como caminos de servicio, áreas de descanso, Obras de Paso, Túneles, Cruce de peatones y Carriles de cambio de velocidad, son también objeto de normativa.

### **Capítulo 4.0. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL**

Contiene las normas para el diseño del alineamiento horizontal y vertical. Los diversos aspectos se presentan en primer término como elementos aislados, para posteriormente indicar la compatibilización que deba darse al conjunto.

Especial importancia se le da al tópico de Coordinación entre alineamientos o diseño espacial, así como al diseño geométrico de puentes y túneles, gobernados fundamentalmente por las necesidades geométricas del camino, seguridad vial, ecología y estética, pues se estima que son tópicos a los que no se les ha dado hasta ahora, en nuestro medio, la debida consideración.

### **Capítulo 5.0. DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES**

Aquí se tratan la normativa de las intersecciones de la Carretera en estudio con vías que la crucen, tanto a nivel como a diferente nivel.

El tratamiento de cruces y empalmes a nivel se desarrolla con gran profundidad, con las respectivas tablas y gráficos para abordar el diseño de los diversos elementos constituyentes, entregando las normas necesarias para su diseño geométrico.

El tratamiento de los dispositivos viales que permiten el intercambio de vehículos entre

dos o más vías que se cruzan a distinto nivel o que eventualmente no se cruzan, se presenta bajo un ordenamiento similar al descrito para el caso de las intersecciones a nivel. De hecho existe entre ambos tópicos una estrecha ligazón y en diversos aspectos de éste tópico que hace referencia a materias tratadas en el tópico de intersecciones a nivel.

### **ANEXO CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO**

Aquí se incluye un resumen de los conceptos de capacidad y nivel de servicio.

**CAPÍTULO 1**  
**CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL**

[Sección 101 : Clasificación de las Carreteras según su Función](#)

[Sección 102 : Clasificación de Acuerdo a la Demanda](#)

[Sección 103 : Clasificación según Condiciones Orográficas](#)

[Sección 104 : Relación entre Clasificaciones](#)

**CAPÍTULO 1**  
**CLASIFICACIÓN DE RED VIAL**

**Sección 101**

**Clasificación de las Carreteras según su Función**

<b>GENÉRICA</b>	<b>DENOMINACIÓN EN EL PERU</b>
<b>1. RED VIAL PRIMARIA</b>	<p><b>1. SISTEMA NACIONAL</b></p> <p>Conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras.</p>
<b>2. RED VIAL SECUNDARIA</b>	<p><b>2. SISTEMA DEPARTAMENTAL</b></p> <p>Constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zonas de influencia económica; constituyen las carreteras troncales departament.</p>
<b>3. RED VIAL TERCIARIA O LOCAL</b>	<p><b>3. SISTEMA VECINAL</b></p> <p>Compuesta por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones.</li> <li>• Caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblaciones.</li> </ul>

## **Sección 102**

### **Clasificación de Acuerdo a la Demanda**

#### **102.1 AUTOPISTAS**

Carretera de IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de los accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujo vehicular completamente continuo. Se le denominará con la sigla A.P.

#### **102.2 CARRETERAS DUALES O MULTICARRIL**

De IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles; con control parcial de accesos. Se le denominará con la sigla MC (Multicarril).

#### **102.3 CARRETERAS DE 1RA. CLASE**

Son aquellas con un IMDA entre 4000-2001 veh/día de una calzada de dos carriles (DC).

#### **102.4 CARRETERAS DE 2DA. CLASE**

Son aquellas de una calzada de dos carriles (DC) que soportan entre 2000-400 veh/día.

#### **102.5 CARRETERAS DE 3RA. CLASE**

Son aquellas de una calzada que soportan menos de 400 veh/día.

El diseño de caminos del sistema vecinal < 200 veh/día se rigen por las Normas emitidas por el MTC para dicho fin y que no forman parte del presente Manual.

#### **102.6 TROCHAS CARROZABLES**

Es la categoría más baja de camino transitable para vehículos automotores. Construido con un mínimo de movimiento de tierras, que permite el paso de un solo vehículo.

## **Sección 103**

### **Clasificación según Condiciones Orográficas**

#### **103.01 CARRETERAS TIPO 1**

Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es menor o igual a 10%.

#### **103.02 CARRETERAS TIPO 2**

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.

#### **103.03 CARRETERAS TIPO 3**

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

#### **103.04 CARRETERAS TIPO 4**

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 100%.

#### **Sección 104 : Relación entre Clasificaciones**

La [Tabla 101.01](#) se entrega la relación entre clasificaciones de la Red Vial con la velocidad de diseño.

**TABLA 101.01**  
**CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL PERUANA Y SU RELACION CON LA VELOCIDAD DEL DISEÑO**

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR				PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE							
TRAFICO VEH/DIA (1)	> 4000				4000 - 2001				2000-400				< 400							
CARACTERÍSTICAS	AP (2)		MC		DC				DC				DC							
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																				
30 KPH																				
40 KPH																				
50 KPH																				
60 KPH																				
70 KPH																				
80 KPH																				
90 KPH																				
100 KPH																				
110 KPH																				
120 KPH																				
130 KPH																				
140 KPH																				
150 KPH																				

- AP : Autopista  
 MC : Carretera Multicarril O Dual (Dos calzadas)  
 MD : Carretera de Dos Carriles

NOTA 1: En zona tipo 3 y/o 4, donde exista espacio autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden suficiente y se justifique por demanda la construcción de una superior inmediato.  
 autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel  
 asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de la 1ra. Clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía dual y se desea diseñar una

NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, las serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad.

## **CAPÍTULO 2**

### **CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO**

[Sección 201 : Introducción](#)

[Sección 202 : Vehículos de diseño](#)

[Sección 203 : Características del Tránsito](#)

[Sección 204 : Velocidad de Diseño](#)

[Sección 205 : Visibilidad](#)

[Sección 206 : Control de Acceso](#)

[Sección 207 : Instalaciones al Lado de la Carretera](#)

[Sección 208 : Facilidades para Peatones](#)

[Sección 209 : Valores Estéticos y Ecológicos](#)

[Sección 210 : Capacidad y Niveles de Servicio](#)

## **Sección 201**

### **Introducción**

Existen factores de diversa naturaleza, que influyen en distinto grado en el diseño de una carretera. No siempre es posible considerarlos explícitamente en una norma en la justa proporción que les puede corresponder. Por ello, en cada proyecto será necesario examinar la especial relevancia que pueda adquirir, a fin de aplicar correctamente los criterios que aquí se presentan.

Entre éstos factores se destacan los siguientes:

- (a) El tipo y la calidad de servicio que la carretera debe brindar al usuario y a la comunidad, debe definirse en forma clara y objetiva.
- (b) La seguridad para el usuario y para aquellos que de alguna forma se relacionen con la carretera. Constituye un factor fundamental que no debe ser transado por consideraciones de otro orden.
- (c) La inversión inicial en una carretera es sólo uno de los factores de costo y debe ser siempre ponderado conjuntamente con los costos de conservación y operación a lo largo de la vida de la obra.
- (d) La oportuna consideración del impacto de un proyecto sobre el medio ambiente permite evitar o minimizar daños que en otras circunstancias se vuelven irreparables. De otro lado la compatibilización de los aspectos técnicos con los aspectos estéticos está normalmente asociado a una más alta calidad final del proyecto.

A continuación se desarrolla los tópicos que contienen los criterios, políticas y conceptos considerados para definir las características de diseño.

## **Sección 202**

### **Vehículos de Diseño**

#### **202.01 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Las características de los vehículos de diseño condicionan los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en el ancho del carril de las bermas y de los ramales.
- La distancia entre los ejes influyen en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles en los ramales.

- La relación de peso bruto total/potencia guarda relación con el valor de pendiente admisible e incide en la determinación de la necesidad de una vía adicional para subida y, para los efectos de la capacidad, en la equivalencia en vehículos ligeros.

## **202.02 DIMENSIONES VEHÍCULOS LIGEROS**

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no controlan el diseño, salvo que se trate de una vía en que no circulan camiones, situación poco probable en el diseño de carreteras rurales. A modo de referencia se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

Ancho: 2,10 m.

Largo: 5,80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

h : Altura faros delanteros: 0,60 m.

h1 : Altura ojos del conductor: 1,07 m.

h2 : Altura obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.

h3 : Corresponde a altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras (2,50 m).

h4 : Altura luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.

h5 : Altura del techo de un automóvil : 1,30 m.

## **202.03 DIMENSIONES VEHÍCULOS PESADOS**

Las dimensiones Máximas de los Vehículos a emplear en el diseño geométrico serán las establecidas en el Reglamento de Pesos y Dimensión vehicular para la circulación

en la Red Vial Nacional, aprobada mediante Decreto Supremo N° 013-98-MTC y Resolución Ministerial N° 375-98-MTC/15.02

En la [Tabla 202.01](#) se resumen los datos básicos de los vehículos de diseño.

**TABLA 202.01**  
**DATOS BÁSICOS DE LOS VEHÍCULOS DE DISEÑO**  
 (medidas en metros)

TIPO DE VEHÍCULO	NOMENCLA-TURA	ALTO TOTAL	ANCHO TOTAL	LARGO TOTAL	LONGITUD ENTRE EJES	RADIO MÍNIMO RUEDA EXTERNA DELANTERA	RADIO MÍNIMO RUEDA INTERNA TRASERA
VEHÍCULO LIGERO	VL	1,30	2,10	5,80	3,40	7,30	4,20
OMNIBUS DE DOS EJES	B2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
OMNIBUS DE TRES EJES	B3	4,10	2,60	12,10	7,60	12,80	7,40
CAMION SIMPLE 2 EJES	C2	4,10	2,60	9,10	6,10	12,80	8,50
CAMION SIMPLE 3 EJES O MAS	C3 / C4	4,10	2,60	12,20	7,6	12,80	7,40
COMBINACION DE CAMIONES							
SEMIREMOLQUE TANDEM	T2S1 / 2 / 3	4,10 *	2,60	15,20	4,00 / 7,00	12,20	5,80
SEMIREMOLQUE TANDEM	T3S1 / 2 / 3	4,10	2,60	16,70	4,90 / 7,90	13,70	5,90
REMOLQUE 2 EJES + 1 DOBLE (TANDEM)	C2 – R2 / 3	4,10	2,60	19,90	3,80 / 6,10 / 6,40	13,70	6,80
REMOLQUE 3 EJES + 1 DOBLE (TANDEM)	C3 – R2 / 3 / 4	4,10	2,60	19,90	3,80 / 6,10 / 6,40	13,70	6,80

\* Altura máxima para contenedores 4.65

## 202.04 GIRO MÍNIMO VEHÍCULOS TIPO

El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180° en el sentido del movimiento de las agujas del reloj, queda definido por la trayectoria que sigue la rueda delantera izquierda del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior). Además de la trayectoria exterior, debe considerarse el espacio libre requerido por la sección en volado que existe entre el primer eje y el parachoques, o elemento más sobresaliente.

La trayectoria exterior queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación.

La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje y de la circunstancia que estos ejes pertenecen a un camión del tipo unidad rígida o semirremolque articulado.

En las [Figuras 202.01](#), [202.02](#), [202.03](#), [202.04](#), [202.05](#) y [202.06](#) se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas para los vehículos de diseño con las dimensiones máximas establecidas en el Reglamento de Peso y Dimensión Vehicular.

## GIRO MÍNIMO PARA VEHÍCULOS LIGEROS (VL)

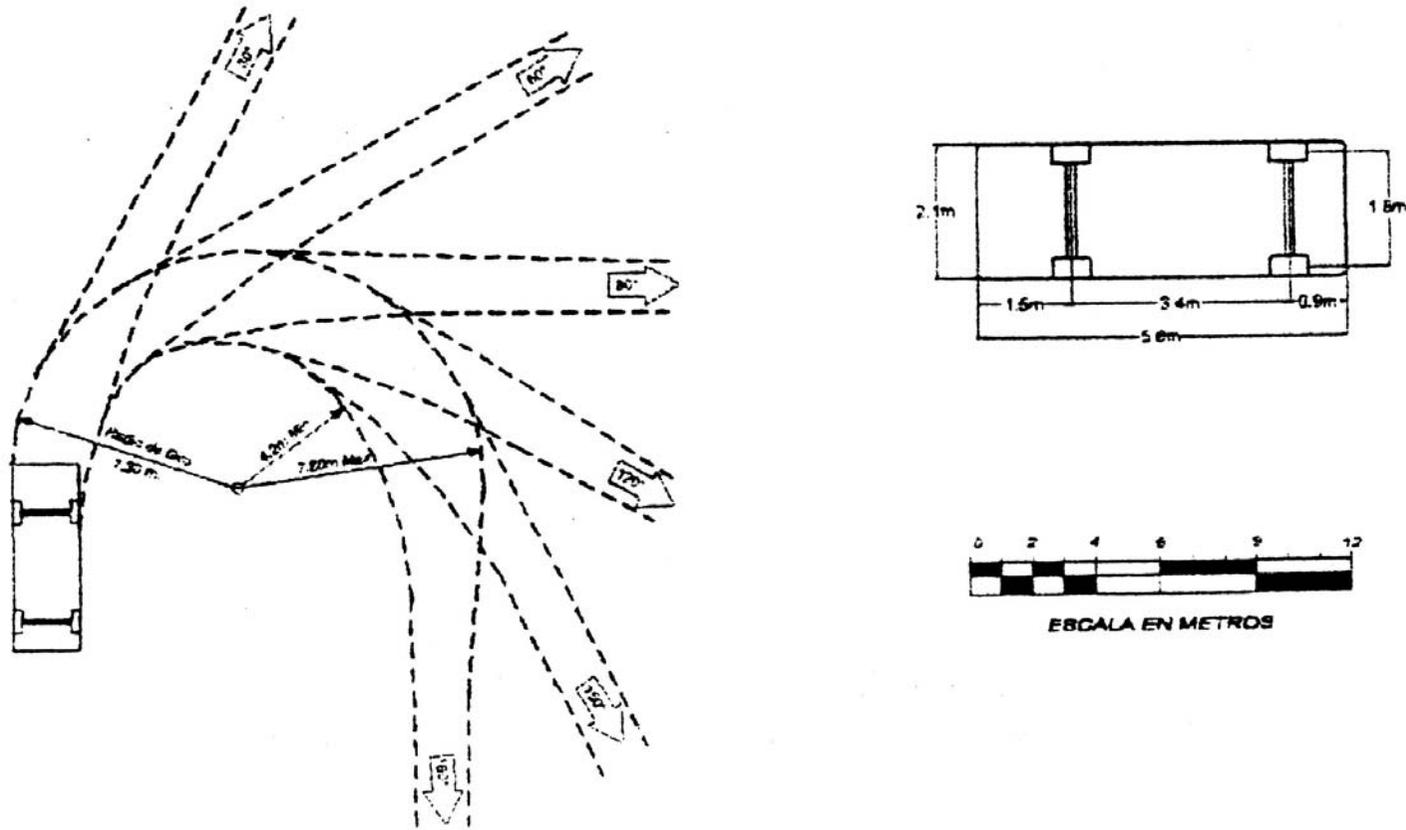
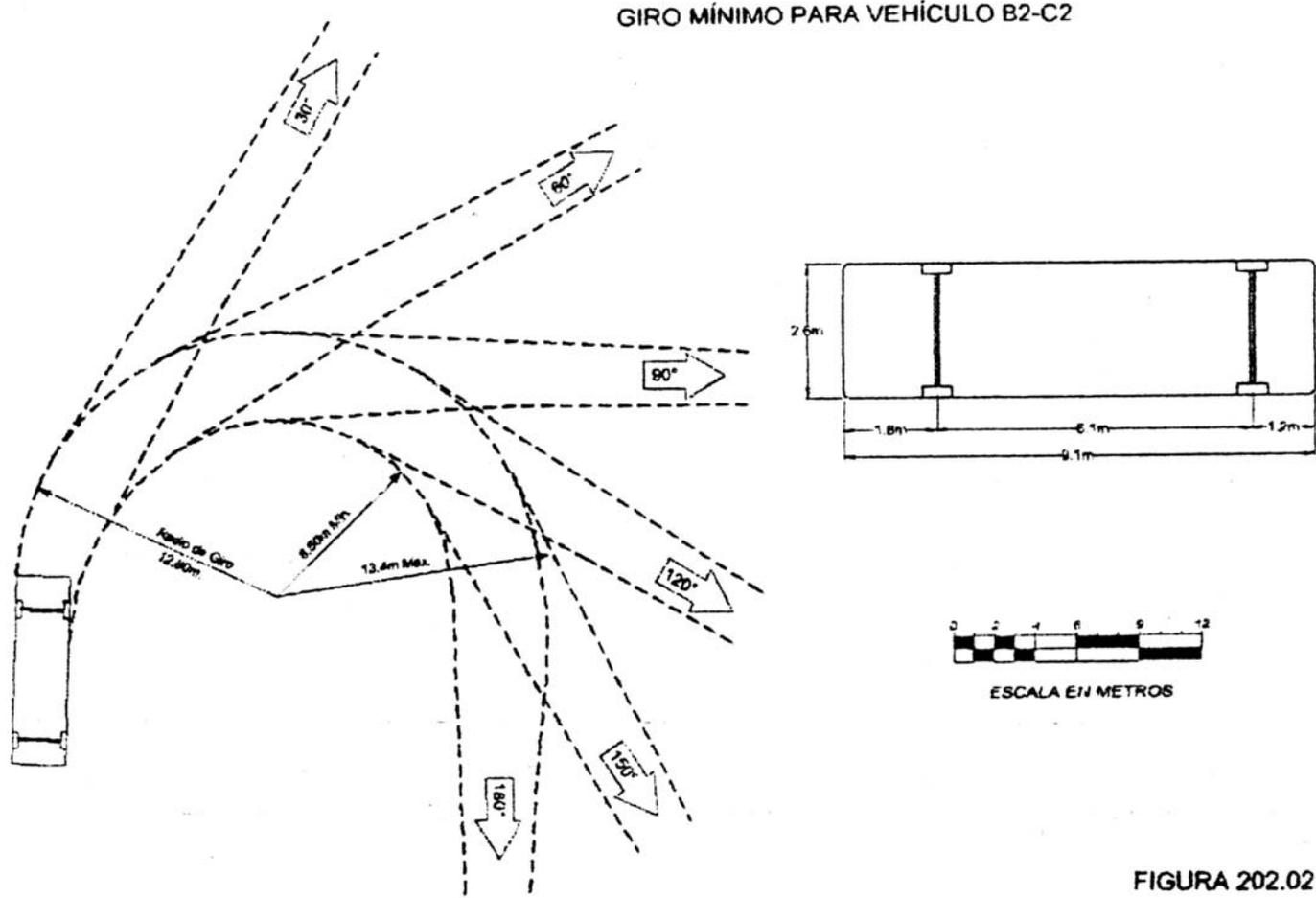
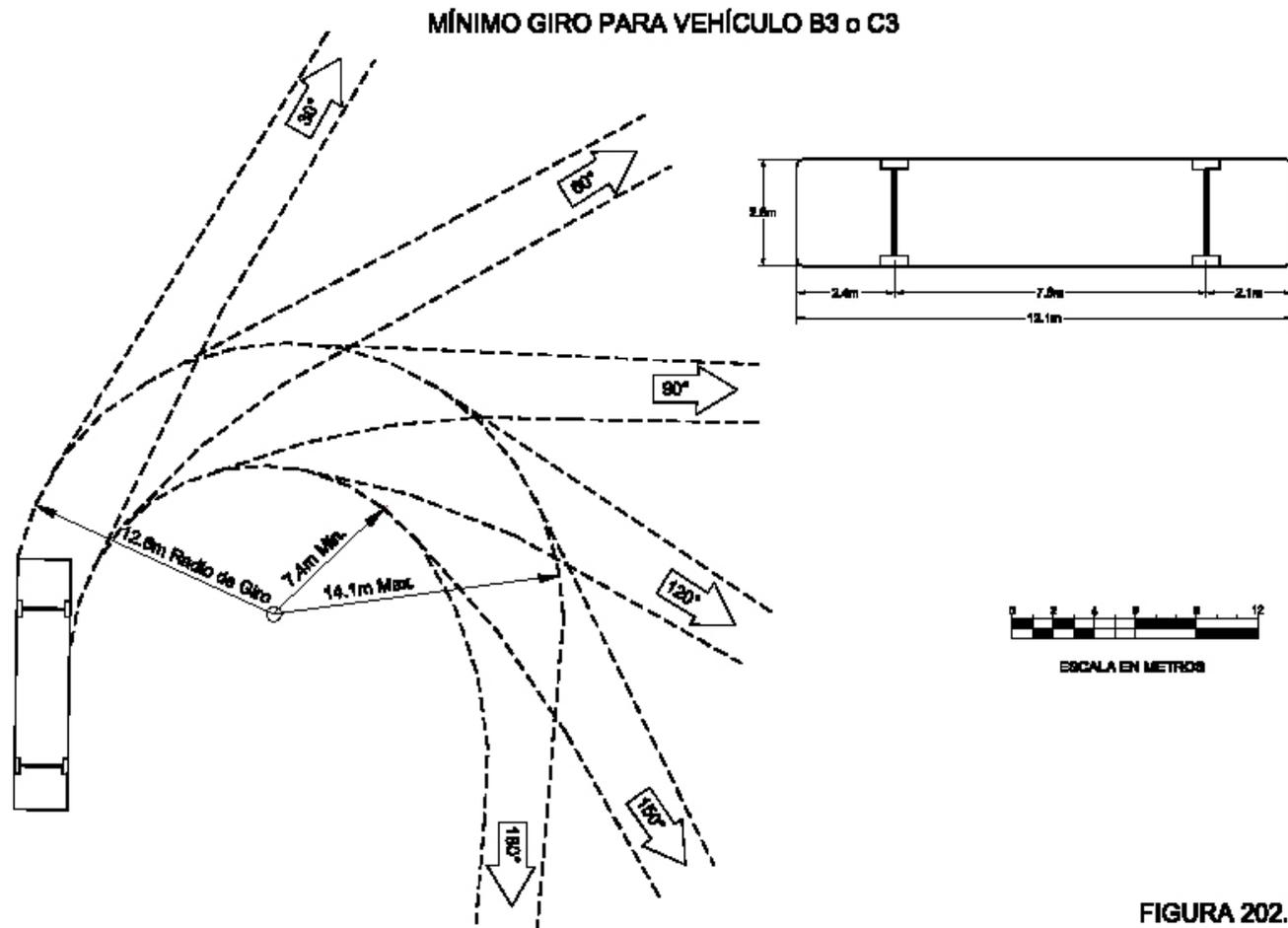


FIGURA 202.01

Sección 202.02:



Sección 202.03:



**FIGURA 202.03**

Sección 202.04:

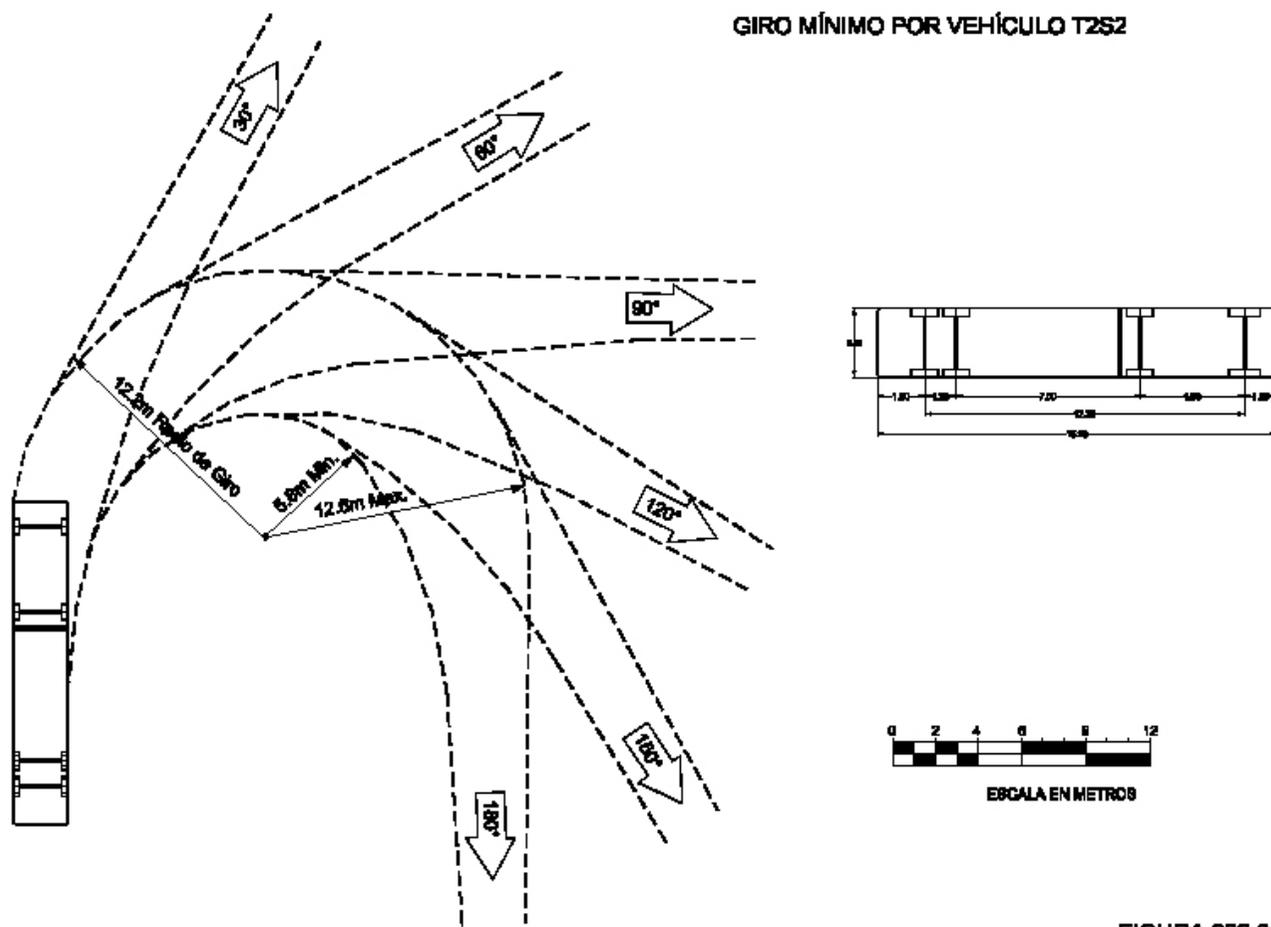
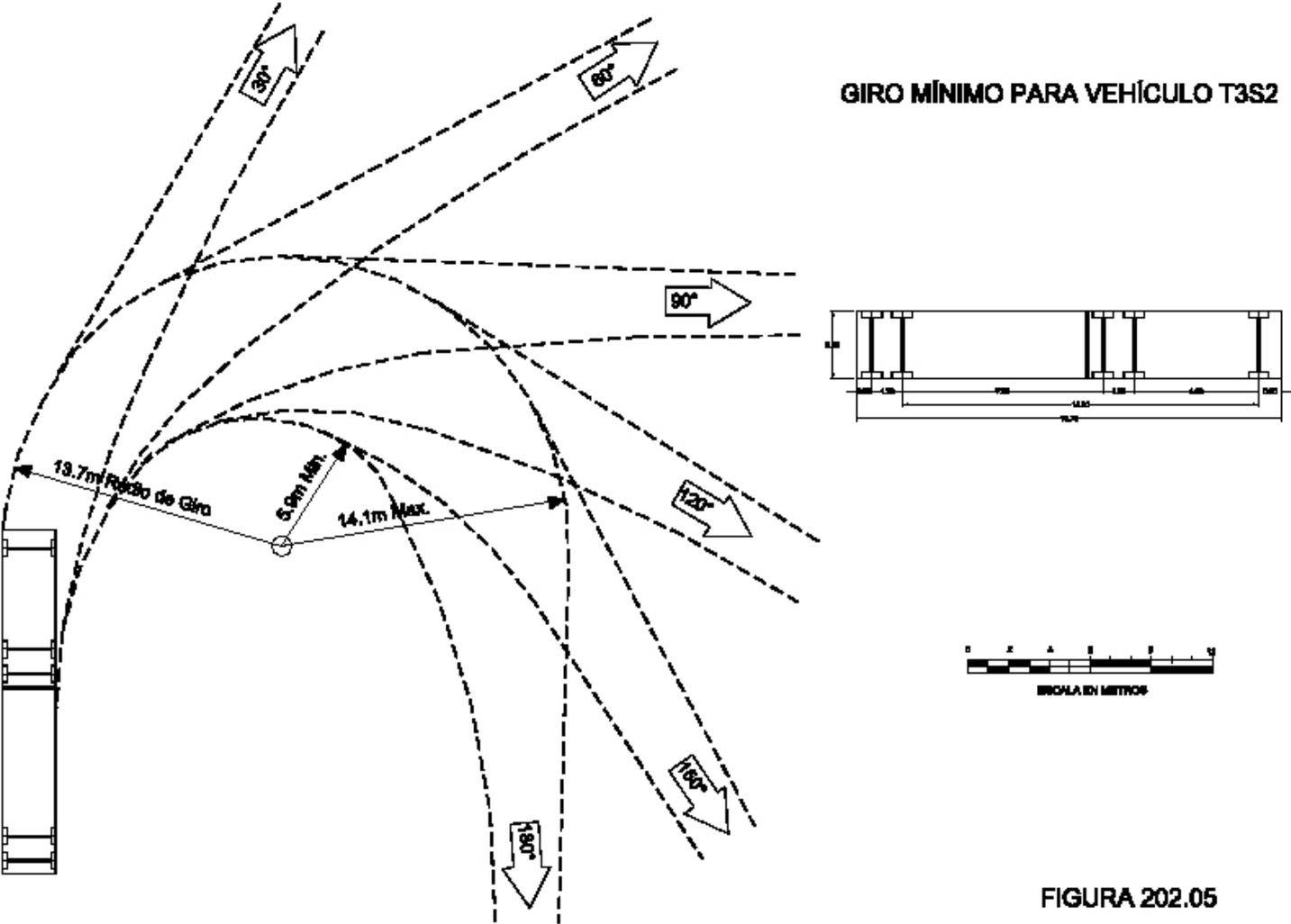


FIGURA 202.04

Sección 202.05:



GIRO MÍNIMO PARA VEHÍCULO T3S2

FIGURA 202.05

Sección 202.06:

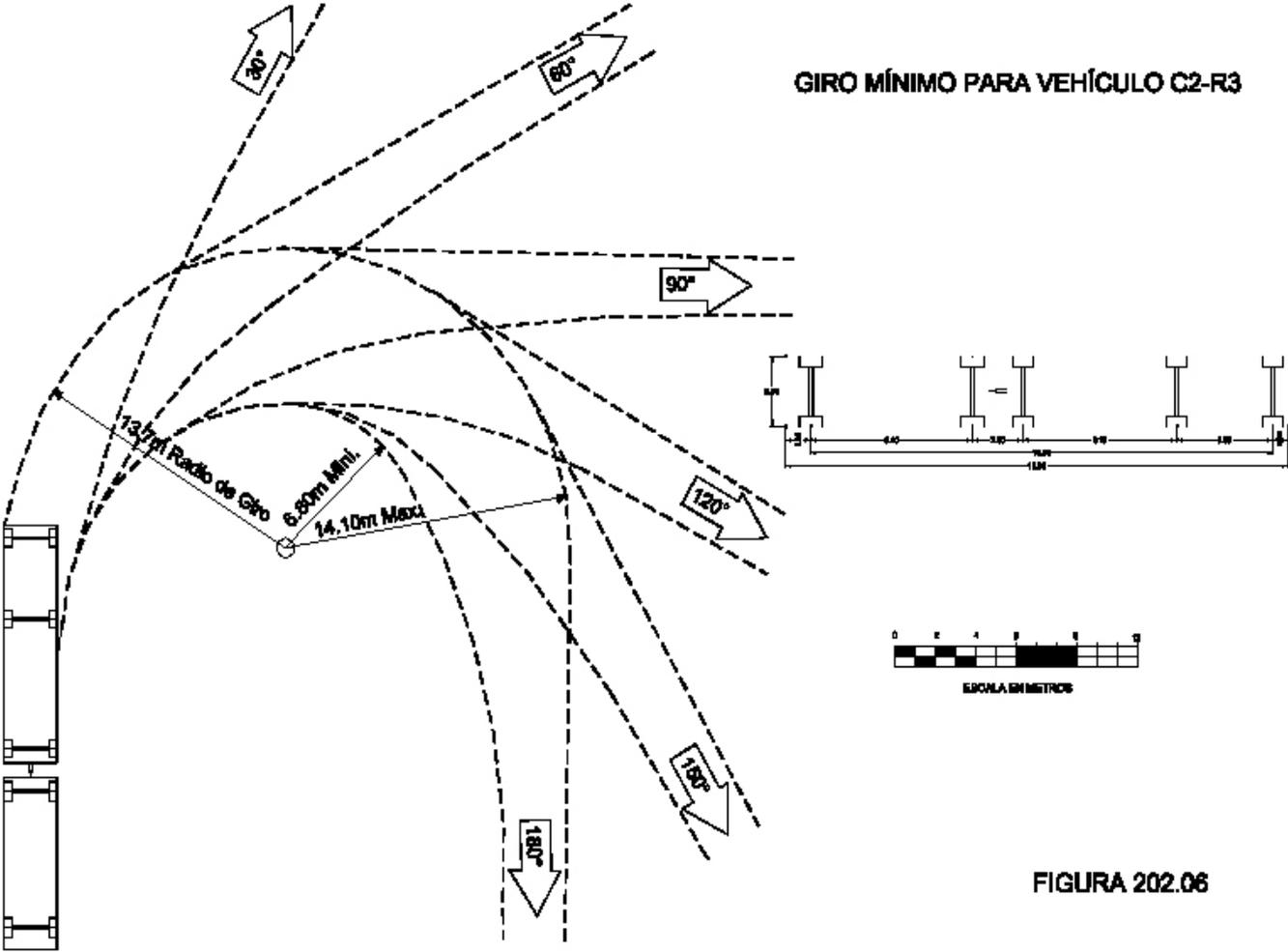


FIGURA 202.06

## **CAPÍTULO 2**

### **CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO**

#### **Sección 203**

##### **Características del Tránsito**

###### **203.01 GENERALIDADES**

La acertada predicción de los volúmenes de demanda, su composición y la evolución que estas variables pueden experimentar a lo largo de la vida de diseño, es indispensable para seleccionar la categoría que se debe dar a una determinada vía. Los principales indicadores que deberán tenerse en consideración son los que se describen a continuación.

###### **203.02 INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

###### **203.03 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO**

Expresa en porcentaje la participación que le corresponde en el IMD a las diferentes categorías de vehículos, debiendo diferenciarse por lo menos las siguientes:

- Vehículos Ligeros: Automóviles, Camionetas hasta 1,500 Kgs.
- Transporte Colectivo: Buses Rurales e Interurbanos.
- Camiones: Unidad Simple para Transporte de Carga.
- Semirremolques y Remolques: Unidad Compuesta para Transporte de Carga.

Según sea la función del camino la composición del tránsito variará en forma importante de una a otra vía.

En países en vías de desarrollo la composición porcentual de los distintos tipos de vehículos suele ser variable en el tiempo.

###### **203.04 DEMANDA HORARIA**

En caminos de alto tránsito es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto para evitar

problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. El VHD deberá obtenerse a partir de una ordenación decreciente de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquellos que no presentan un componente especializado preponderante, por ejemplo: turismo) coincide con el volumen asociado a la trigésima hora de mayor demanda. Los volúmenes asociados a las horas que ocupan las primeras posiciones en la ordenación decreciente se consideran máximos extraordinarios en los que se acepta cierto grado de congestión al final de la vida útil del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor aunque muy similar, que los volúmenes previsibles en una gran cantidad de horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora, de allí su definición como máximo normal.

En caso que la información ordenada gráficamente no presente el comportamiento descrito, se deberá adoptar un criterio adecuado que permita establecer el volumen a considerar como máximo normal para el diseño.

De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo.

A falta de información estadística que permita elaborar el análisis detallado del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD, de una nueva ruta, se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el IMDA con el VHD:

$$\text{VHD}_{\text{año } i} = 0.12 \sim 0.18 \text{ IMDA}_{\text{año } i}$$

Coefficientes del orden de 0.12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Coefficientes del orden 0,18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas normalmente por componentes de tipo turístico.

Es importante hacer notar que mientras no se prevea un cambio importante en las proporciones en que participan los diferentes componentes de tránsito (Industrial, agrícola, minero, turístico, etc), la relación entre el VHD y el IMDA se mantendrá razonablemente constante.

En cuanto a la composición por categoría de vehículo, es necesario tener presente que los volúmenes horarios máximos se producen por un incremento de los vehículos ligeros, y en los casos con componente turística, este incremento se da en días coincidentes con una baja en el volumen de camiones. En definitiva el VHD presentará

una composición porcentual diferente de la que se observa para el IMDA, situación que deberá analizarse en cada caso particular.

### **203.05 CRECIMIENTO DEL TRÁNSITO**

Deben establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente elaborar un programa de construcción por etapas.

En el caso de carreteras de 3er. orden que rara vez enfrentan problemas de congestión a lo largo de su vida de diseño, tasas de crecimiento de tipo histórico observadas en la región pueden ser suficientes para abordar el problema. En el caso de carreteras de 1er. y 2do. orden, se requerirá un estudio especial para proyectar la evolución del tránsito en todos sus aspectos.

## **Sección 204 : Velocidad del Diseño**

### **204.01 DEFINICIÓN**

La velocidad directriz o de diseño es la escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

### **204.02 RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ Y LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.**

La velocidad directriz condiciona todas las características ligadas a la seguridad de tránsito. Por lo tanto ellas, como el alineamiento horizontal y vertical, distancia de visibilidad y peralte, variarán apreciablemente con la velocidad directriz. En forma indirecta están influenciados los aspectos relativos al ancho de la calzada, bermas, etc.

En las presentes normas las características geométricas, (radio mínimo de las curvas horizontales y verticales, distancias de visibilidad de parada y de sobrepaso, etc.) están relacionadas a cada velocidad directriz.

### **204.03 VELOCIDAD DE MARCHA.**

Denominada también velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevaecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es una

medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores, y varía durante el día principalmente por la variación de los volúmenes de tránsito.

Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se debe descontar del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido por cualquier causa.

#### **204.04 VELOCIDAD DE OPERACIÓN**

En el diseño geométrico de carreteras, se entiende como velocidad de operación de un determinado elemento geométrico, la velocidad segura y cómoda a la que un vehículo aislado circularía por él, sin condicionar la elección de la velocidad por parte del conductor ningún factor relacionado con la intensidad de tránsito, ni la meteorología, es decir, asumiendo un determinado nivel de velocidad en función de las características físicas de la vía y su entorno, apreciables por el conductor.

También se interpreta la velocidad de operación como la velocidad a la que se observa que los conductores operan sus vehículos.

#### **204.05 RELACIÓN ENTRE LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN Y DE MARCHA**

Según se encuentre en la fase del estudio de una carretera existente o en el diseño de una nueva carretera, se podrán determinar las velocidades de operación en el primer caso, o simplemente estimarlas en el segundo, siempre considerando los distintos elementos geométricos a lo largo del trazado.

Para la determinación de las velocidades de operación deberán tomarse datos de velocidades puntuales en la mitad de las curvas horizontales y de las rectas que tengan suficiente longitud. Así, se pueden obtener las sucesivas velocidades de operación o velocidades realmente prácticas como resultado o efecto operacional de la geometría de la vía.

Con respecto a la velocidad de marcha y cuando no se disponga de un estudio real de ella en campo bajo las condiciones prevalecientes a analizar, se tomarán como valores teóricos los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, tal como se muestran en la [Tabla 204.01](#).

**TABLA 204.01**  
**VELOCIDADES DE MARCHA TEÓRICAS EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD**  
**DIRECTRIZ**

<b>Velocidad directriz Vd (KPH)</b>	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
<b>Velocidad media demarcha Vm (KPH)</b>	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
<b>Rangos de Vm (KPH)</b>	25,5 @ 28,5	34,0 @ 38,0	42,5 @ 47,5	51,0 @ 57,0	59,5 @ 66,5	68,0 @ 76,0	76,5 @ 85,5	85,0 @ 95,0	93,5 @ 104,5	102,0 @ 114,0	110,5 @ 123,5	119 @ 133	127,5 @ 142,5

#### **204.06 ELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ**

La selección de la velocidad directriz depende de la importancia o categoría de la futura carretera, de los volúmenes de tránsito que va a mover, de la configuración topográfica del terreno, de los usos de la tierra, del servicio que se requiere ofrecer, de las consideraciones ambientales, de la homogeneidad a lo largo de la carretera, de las facilidades de acceso (control de accesos), de la disponibilidad de recursos económicos y de las facilidades de financiamiento.

Los presentes criterios establecen, en la [Tabla 204.01.](#), el rango de las velocidades de diseño que se deben utilizar en función del tipo de carretera según sus características.

#### **204.07 VARIACIONES DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ.**

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados.

Se debe considerar como longitud mínima de un tramo la distancia correspondiente a dos (2) Kilómetros, y entre tramos sucesivos no se deben presentar diferencias en las velocidades de diseño superiores a los 20 Km/h.

## **Sección 205 : Visibilidad**

Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante del camino, que es visible al conductor del vehículo.

En diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el vehículo, y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad inferior, en el mismo sentido.

Estas dos situaciones influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratados en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes.

### **205.01 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.**

Distancia de Visibilidad de Parada, es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor a 0,15 m, estando situados los ojos del conductor a 1,15 m., sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

Todos los puntos de una carretera deberán estar provistos de la distancia mínima de visibilidad de parada.

Si en una sección de carretera o camino resulta prohibitivo lograr la Distancia Mínima de Visibilidad de Parada correspondiente a la Velocidad de Diseño, se deberá señalar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso extremo a utilizar sólo en casos muy calificados y autorizados por el MTC.

### **205.02 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO**

Distancia de Visibilidad de Paso, es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 Kph. menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

Cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan por lo tanto en el costo de construcción, la visibilidad de paso debe asegurarse para el mayor desarrollo posible del proyecto.

Se deberá evitar que se tengan sectores sin visibilidad de adelantamiento en longitudes superiores a las de la [Tabla 205.01](#), según la categoría de la carretera.

**TABLA 205.01**  
**LONGITUD MÁXIMA SIN VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO EN SECTORES**  
**CONFLICTIVOS**

Categoría de Vía	Longitud
Autopistas y multicarril	1 500 m
1ra. Clase	2 000 m
2da. Clase	2 500 m

Los sectores con Visibilidad Adecuada para adelantar deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. En un tramo de carretera de longitud superior a 5 Kms, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, respecto del largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican en la [Tabla 205.02](#).

**TABLA 205.02**  
**PORCENTAJE DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA**  
**ADELANTAR**

Condiciones Orográficas	% Mínimo	% Deseable
Llana	50	> 70
Ondulada	33	> 50
Accidentada	25	> 35
Muy accidentada	15	> 25

## **Sección 206 : Control de Acceso**

### **206.01 GENERALIDADES**

El MTC debe prever en forma anticipada; en los proyectos de carreteras de las categorías Autopista y Multicarril; la forma de darle acceso al terreno adyacente.

El número de accesos directos deberá reducirse a un mínimo según se especifica más adelante.

### **206.02 ACCESOS DIRECTOS.**

Cuando una carretera de calzadas separadas longitudinal y/o transversal cruce un área urbana, la frecuencia media de accesos directos no deberá sobrepasar uno cada 1 000 m, pudiendo variar esta distancia entre 500 y 1 500 m. En áreas rurales y suburbanas el promedio de separación será de 2 500 m, pudiendo fluctuar entre 1 500 y 3 500 m.

En áreas rurales se deberán tener presente los siguientes criterios generales respecto de la forma de implementar el control parcial de acceso:

- (a) Cuando las propiedades tengan acceso a un camino público existente o a un camino lateral del Principal, no se autorizará acceso directo a la carretera más que por las intersecciones de uso público construidas para tal objeto.
- (b) Si existen varias propiedades contiguas que tras la construcción de la carretera quedan aisladas de todo camino público, se construirá para dichas propiedades una conexión con otro camino público.
- (c) Cuando las propiedades aisladas tengan un frente a la carretera, mayor de 1500 m, se permitirá un acceso directo por propiedad y toda vez que sea posible se procurará dar un acceso común para dos propiedades. En estos casos la incorporación o salida desde o hacia la carretera deberá ser sólo en el sentido del tránsito correspondiente a la calzada o pista de tránsito adyacente al acceso. Los cambios de dirección de recorrido deberán ejecutarse en las zonas especialmente diseñadas para ello (enlaces, intersecciones, zonas de giro en U)
- (d) Ningún acceso directo debe permitirse a menos de 150 m, de una abertura a través del separador central, salvo que el acceso enfrente dicha abertura, con el objeto de proveer distancia de entrecruzamiento.

### **206.03 CAMINOS LATERALES O DE SERVICIOS**

Un camino lateral es un camino que se construye adyacente a una carretera Nacional para servir los siguientes objetivos:

- (a) Controlar en forma efectiva el acceso a las vías expresas, procurando así la seguridad y libertad deseada para el tránsito de paso.
- (b) Proveer acceso a la propiedad colindante.
- (c) Restituir la continuidad del sistema local de caminos o calles previamente existentes.
- (d) Evitar recorridos excesivamente largos provocados por la construcción de la vía expresa.

En general, un camino lateral se justifica económicamente si su costos es menor que proveer acceso desde otro camino público o resulta más barato que adquirir en su totalidad la propiedad afectada.

### **206.04 CONTROL DE ACCESO Y NUEVOS TRAZADOS.**

Los alineamientos de Autopistas o Multicarriles nuevos deben trazarse, en lo posible, de modo que las propiedades divididas queden con acceso a la red de caminos locales. Esto con el objeto de evitar la construcción de caminos laterales. Cuando una propiedad quede aislada entre la vía expresa y algún accidente geográfico (estero, cerro, etc) será preferible expropiar el terreno en su totalidad, si esto resulta más económico que la construcción de un camino de servicio especial.

### **206.05 CONTROL DE ACCESO Y CAMINOS EXISTENTES.**

En las carreteras que tengan que desarrollarse a lo largo de caminos existentes, se dejarán éstos como Caminos Laterales. Si los accesos del costado opuesto de la carretera no pueden proveerse de otra manera, se proyectará otro camino de servicio. En todo caso deberá considerarse la posibilidad descrita en [206.04](#).

## **Sección 207**

### **Instalaciones al lado de la Carretera**

#### **207.01 GENERALIDADES**

La actividad que se desarrolla en una carretera ha dado origen a una serie de instalaciones auxiliares, las que deben proyectarse y ubicarse de modo que no atenten contra la seguridad. En carreteras con control de acceso deberán respetarse las normas antes especificadas, aún cuando la instalación en particular tenga una estrecha relación con la actividad que se desarrolla en la carretera.

#### **207.02 FRECUENCIA DE INSTALACIONES EN CAMINOS CON CONTROL DE ACCESO**

Es muy importante que las instalaciones no tengan una proliferación excesiva. Ellas deben aparecer allí donde tengan una clara justificación por la distancia a los centros poblados. Por lo general, restaurantes y hoteles deberán estar más o menos a 25 Km. Las estaciones gasolineras y de servicios se colocarán de acuerdo a la intensidad del tránsito, tratando de que coincidan con la ubicación de restaurantes y hoteles. Las casetas telefónicas en las Autopistas se colocarán cada 2 Km.

La situación de cualquier instalación deberá anunciarse anticipadamente mediante letreros normalizados, de manera tal que el conductor no sea sorprendido y ejecute maniobras rápidas que pueden resultar peligrosas.

#### **207.03 INSTALACIONES DENTRO DE LA FAJA DE DOMINIO.**

Solo se permitirán dentro de la faja de dominio los refugios para viajeros, casetas telefónicas, lugares de descanso, miradores, plazas de peaje y de pesaje de camiones. Las instalaciones definitivas para la policía y puestos aduaneros quedarán ubicados fuera de ésta.

#### **207.04 INSTALACIONES FUERA DE LA FAJA DE DOMINIO**

Toda instalación con fines de lucro, deberá estar ubicada fuera de la faja de dominio, aún cuando preste servicio directo a los usuarios del camino. En carreteras con control de acceso deberán contar con la autorización previa y proyecto de conexión aprobado por el MTC.

#### **207.05 UTILIZACIÓN VENTAJOSA DE INTERSECCIONES.**

Los Puestos de Control de Policía y de mantenimiento del camino deberán quedar, en lo posible, ubicados en las cercanías de los cruces, siempre fuera de la faja y sin

acceso directo al camino en el caso de las Autopistas, lo que facilitará los giros y movimientos al mismo tiempo que aumentará el servicio que prestan. En zonas de intercambios viales no se admitirá algún tipo de instalación.

#### **207.06 CONEXIONES A LA CALZADA.**

Todas las conexiones de las instalaciones indicadas, o cualquier otra de servicio público o privado, deberán construirse de acuerdo a las normas que rigen para la clase de camino. En las carreteras de 1er. y 2do. orden se incluirán carriles auxiliares de deceleración y aceleración y todos los otros elementos de diseño necesarios para una conexión eficiente y segura. En caminos de menor importancia la conexión deberá tener el mismo tipo de pavimento que el camino.

Sólo se permitirá una vía de entrada y una de salida. En los caminos con Control de Acceso no se permitirá el cruce del separador central para cruzar de una calzada a otra.

#### **207.07 OBSTRUCCIONES A LA VISIBILIDAD.**

La edificación, arborización u otros elementos que formen parte de las instalaciones, no deberán obstruir o limitar la visibilidad de la carretera, en especial si se prevé un futuro ensanche de carriles.

#### **207.08 LETREROS COMERCIALES.**

Los criterios generales a considerar, desde el punto de vista seguridad para los usuarios, deben ser coherentes con los siguientes principios.

Los letreros comerciales junto al camino deberán restringirse a aquellos lugares próximos al servicio que anuncian. Se propenderá a fomentar una política que prohíba la colocación de carteles o letreros de propaganda general, cuya proliferación distrae a los conductores y atenta contra la seguridad de la circulación.

En las Autopistas se permitirán solamente letreros normalizados que anuncien servicios al usuario.

En las zonas marginales no deberán colocarse letreros comerciales que traten de llamar la atención de los conductores.

Se podrá colocar en los paraderos del camino letreros que contengan una lista de servicios y atractivos turísticos de la zona, debidamente normalizados por el MTC.

El uso de la iluminación, reflectorización, intermitencia u otros dispositivos, deberá regularse, por razones de seguridad, con la señalización propia del camino.

## **Sección 2008: Facilidades para Peatones**

### **208.01 RESPONSABILIDADES**

El Estado es el responsable de la construcción y financiamiento de las veredas o aceras en algunos casos que se indican a continuación. En otros, la construcción de estas facilidades correrá por cuenta de los particulares.

### **208.02 REPOSICIÓN**

Cuando por la construcción de una carretera se destruyan veredas existentes, se efectuará la reposición en los caminos laterales o de servicio que correspondan y no se autorizará la construcción de otras, salvo que esté indicado en los términos de expropiación de la faja.

### **208.03 CRUCE DE ÁREAS URBANAS.**

El perfil tipo para dichas áreas, normalmente, provee zonas para veredas. Estas deberán ser construidas dentro de la faja de expropiación con la autorización previa del MTC y conservadas por la comunidad o por los propietarios responsables del desarrollo que da origen a un tránsito peatonal importante.

Se exceptúan las veredas de puentes o túneles donde no existan propietarios colindantes, las cuales serán de responsabilidad del Estado. De todas maneras se construirán veredas en aquellos lugares en que es necesario dar seguridad a los peatones y/o donde es importante no inferir el tránsito de los vehículos.

### **208.04 CAMINOS DE SERVICIO.**

En las vías nacionales donde deba construirse un camino lateral para conectar caminos o calles locales con veredas y que de otra manera quedarían con un extremo sin salida, es permitido continuarlas a lo largo del camino lateral, considerándolas como reposición de las facilidades existentes.

### **208.05 ÁREAS DE INTERSECCIONES**

Deberá construirse veredas en estas áreas únicamente cuando sea necesario conectar un sistema de veredas existentes, y cuando en forma evidente la actividad de la zona se vea subdividida por el Cruce.

### **208.06 PARADEROS**

Deberán construirse veredas, donde sea necesario, desde la parada de ómnibus al sistema de veredas existentes.

### **208.07 SENDEROS**

Los senderos difieren de las veredas en los detalles constructivos y costos pero no en los principios técnicos. En los cruces canalizados con áreas adyacentes desarrolladas, donde se prevé un gran flujo de peatones, deberán construirse senderos estabilizados o pavimentados a través de las islas separadoras.

### **208.08 PASO A DESNIVEL**

Cada situación deberá considerarse de acuerdo a las circunstancias. En todo caso el estudio deberá cubrir los siguientes aspectos:

- Puntos de generación del tránsito de peatones.
- Volumen del cruce de peatones.
- Tipo de carretera a cruzar.
- Localización de otros accesos próximas para cruzar.
- Tipo y edad de las personas que utilizarán el cruce.
- Consideración especial al cruce de escolares.

La pasada adecuada, a distinto nivel, deberá ser motivo de un cuidado estudio de ubicación y de las pendientes de las rampas. Este estudio deberá efectuarse en las etapas de planificación y diseño de tal manera de poder ajustar adecuadamente las rasantes de la pasarela y la carretera.

No se recomienda construir túneles para peatones por la reticencia de éstos a pasar por ellos. En el caso que esta solución sea necesaria, se ejecutará de tal manera que haya visibilidad de un extremo a otro y que esté provisto de un adecuado sistema de iluminación

## **Sección 209 : Valores Estéticos y Ecológicos**

En el diseño de cualquier camino se tendrá, en concordancia no tan sólo su incorporación al paisaje sino que también el aprovechamiento de las bellezas naturales. Los valores estéticos deberán considerarse conjuntamente con la utilidad, economía, seguridad y todos los demás factores que preocupan al planificador y diseñador. Esta disposición adquiere mayor valor en el caso de carreteras que cruzan zonas de gran belleza natural. En todo caso, el alineamiento, el perfil y la sección transversal deben guardar armonía con las condiciones del medio, evitando así un quiebre de los factores ecológicos. Siempre será de primordial importancia la economía de acuerdo con las necesidades del tránsito; no obstante, un mayor gasto puede justificarse si se trata de preservar los recursos naturales que poseen un valor económico en sí.

Para lograr los efectos deseados, deberán tenerse en consideración los aspectos que se enumeran a continuación:

- (a) El trazado de la carretera deberá ser tal que la nueva construcción proteja el medio ambiente natural y lo lleve por lugares que destaquen la belleza.
- (b) El trazado y el perfil de la carretera deberá acomodarse a las características del terreno para que cortes y terraplenes se reduzcan al mínimo. La implantación de la alineación horizontal mediante el empleo de curvas de transición, y la suavidad de las pendientes, acordes con los requisitos de diseño, constituyen un buen medio para lograr estos objetivos.
- (c) Es esencial evitar la destrucción de los árboles valiosos, así como proteger la vegetación en general.
- (d) Siempre que sea factible se propenderá, dentro de los márgenes económicos, a buscar alineamientos curvos y separadores anchos en calzadas separadas, ya que estos elementos mejoran el aspecto del paisaje y evitan la monotonía del paralelismo.
- (e) Ante la situación de grandes cortes y terraplenes deberá tenerse presente la posibilidad de diseñar viaductos, túneles o muros, siempre que sea factible.
- (f) Las estructuras deberán ser ubicadas y diseñadas para que junto con prestar su servicio, den el mejor aspecto posible.

- (g) Los taludes deberán alabearse y tenderse cada vez que sea posible y conveniente como una manera de disimular las líneas de construcción y permitir el arraigo de la vegetación, de acuerdo a la sección transversal encontrada. Eventualmente, estos tendidos pueden demostrarse económicamente convenientes para la obtención de materiales para terraplenes o como depósito de materiales excedentes.
- (h) En caso de ser necesarias, las excavaciones de los préstamos deberán distar a lo menos 100 metros del borde de la faja de dominio y deberán disimularse o cubrirse mediante plantío. El mismo criterio se aplicará a los depósitos.
- (i) Los elementos de drenaje se colocarán de manera tal que la erosión, embalses y acumulación de detritos queden ocultos a la vista o se eliminen cuando las condiciones de la naturaleza del lugar lo permita.
- (j) Las áreas de intersecciones deberán proyectarse de tal manera que sus formas se adapten a los contornos naturales. La apariencia se mejorará posteriormente con un plantío adecuado a la localidad y recuperando la vegetación que no ha sido destruida por la construcción.
- (k) En los separadores se contemplará la utilización de arbustos que, aparte del embellecimiento, servirán para evitar los deslumbramientos producidos por los focos delanteros de los vehículos que vienen por la otra calzada, contribuyendo en esta forma a la seguridad de operación del camino

## **Sección 210**

### **Capacidad y Niveles de Servicio**

Deberá realizarse un análisis de capacidad de la vía y de los niveles de servicio esperado, según el volumen de demanda y las condiciones reales del proyecto, lo que servirá para evaluar las características y/o restricciones de tránsito, geométricos, ambientales y de calidad del servicio que ofrecerá la vía a sus usuarios. Con el fin de realizar los ajustes necesarios en los factores y/o parámetros considerados en el diseño geométrico.

A modo de referencia, para la ejecución de dicho análisis se presenta el [Anexo N° 01](#)  
Capacidad y Niveles de Servicio.

## **CAPÍTULO 3**

### **SECCIÓN TRANSVERSAL**

**Sección 301 : Introducción**

**Sección 302 : Elementos**

**Sección 303 : Derecho de Vía o Faja de Dominio**

**Sección 304 : Sección Transversal**

**Sección 305 : Secciones Transversales Especiales**

## **Sección 301**

### **Introducción**

La sección transversal de una carretera en un punto de ésta, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

Para agrupar los tipos de carreteras se acude a normalizar las secciones transversales, teniendo en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento u otros, de tal manera que la sección típica adoptada influye en la capacidad de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de la circulación.

En el presente capítulo se describirán los elementos de la sección transversal normalizando sus dimensiones e inclinaciones, donde sea procedente.

El diseño estructural del pavimento y obras de arte, si bien son determinantes en la sección transversal, son materia a ser normadas en otro documento, por ello se exponen aquí sólo aspectos geométricos que brinden coherencia al capítulo.

## **Sección 302**

### **Elementos**

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: ancho de zona o derecho de vía, calzada ó superficie de rodadura, bermas, carriles, cunetas, taludes y elementos complementarios, tal como se ilustra en las [Figuras 302.01](#) y [302.02](#) donde se muestra una sección en media ladera para una vía multicarril con separador central en tangente y una de dos carriles en curva.

## SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA A MEDIA LADERA VÍA MULTICARRIL CON SEPARADOR CENTRAL, EN TANGENTE

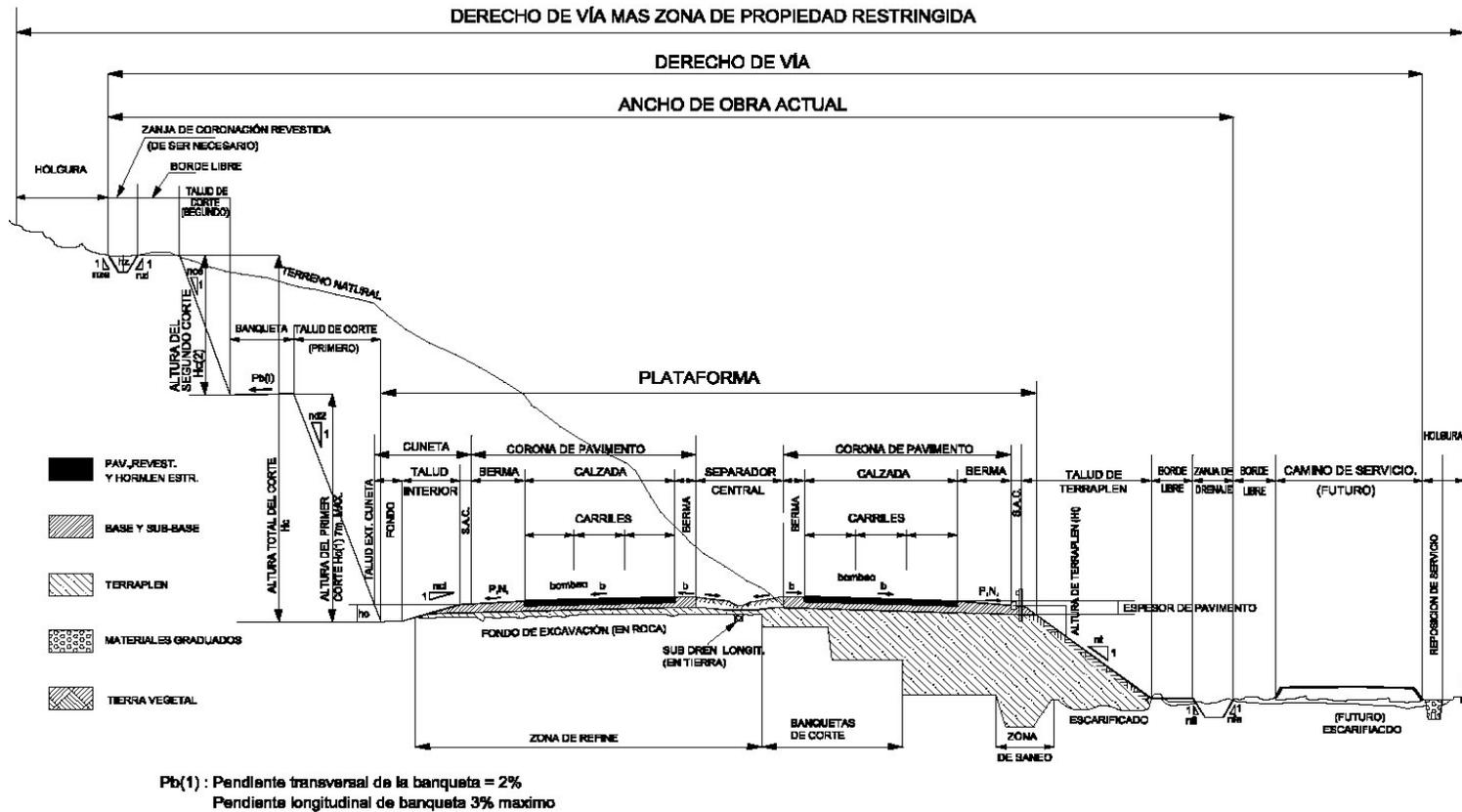


FIGURA 302.01

### SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA A MEDIA LADERA VÍA DE DOS CARRILES EN CURVA

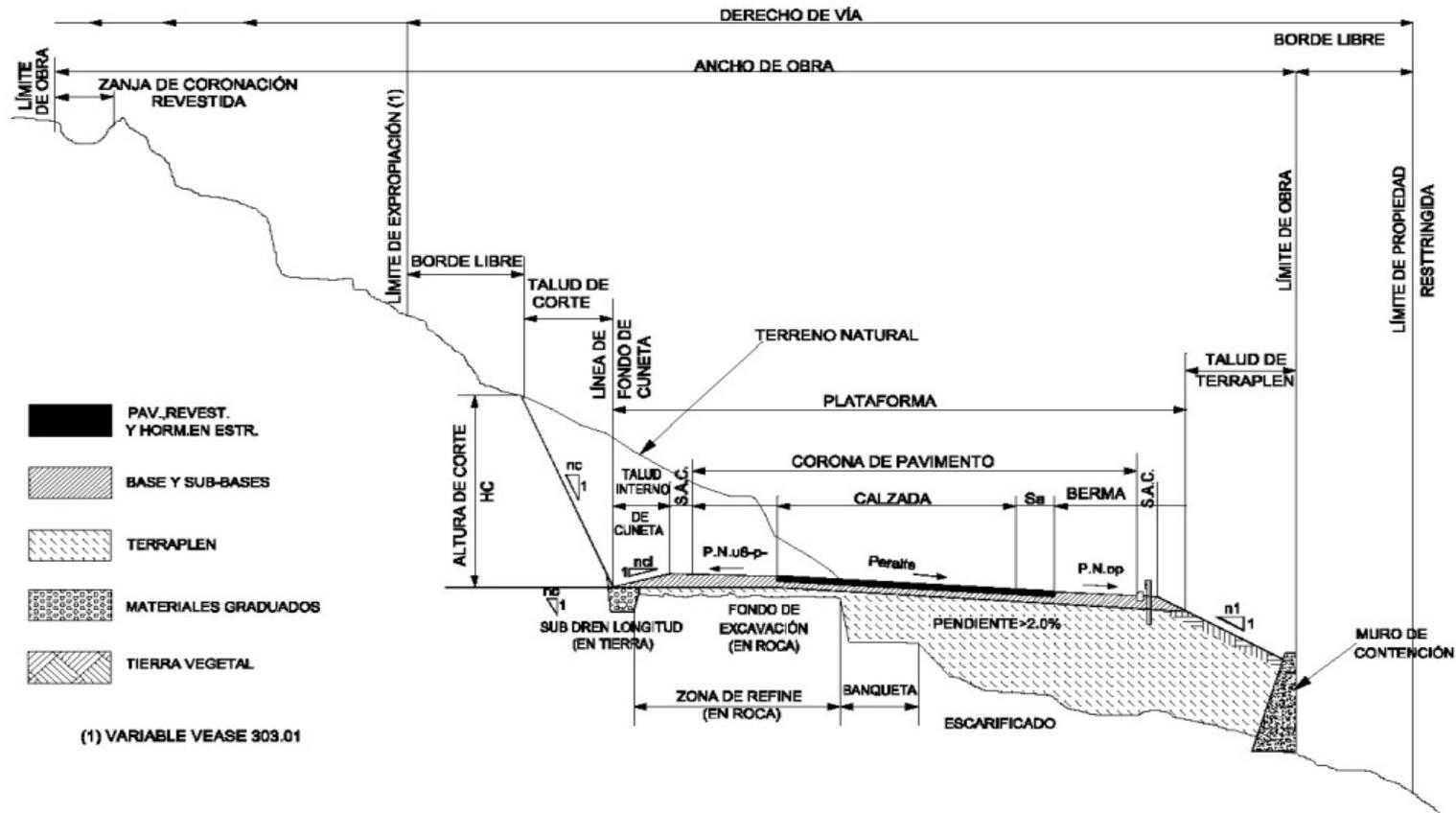


FIGURA 302.02

## Sección 303

### Derecho de Vía o Faja de Dominio

Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones de la Vía si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad, servicios auxiliares y desarrollo paisajístico.

En las carreteras ejerce dominio sobre el derecho de Vía, el MTC a través de la Dirección General de Caminos quien normará, regulará y autorizará el uso debido del mismo.

#### 303.01 ANCHO DE LA FAJA DE DOMINIO

##### 303.01.01 Ancho Normal

La faja de dominio o derecho de Vía, dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes, o del borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyen, según la [Tabla 303.01](#).

**TABLA 303.01**  
**HOLGURA MÍNIMA DESEABLE ENTRE LÍMITES DE OBRA Y DE DERECHO DE VÍA (m)**

Categoría	Límites de obra determinados por:
	Otra Obra (*)
Autopistas o Multicarriles	6,00 (**)
Carretera de dos carriles (1ra. y 2da. clase)	3,00 (**)
Carretera dos carriles (3ra. clase)	1,00

(\*) Excepto obras de contención de tierras.

(\*\*) Si existe camino lateral y esta obra discurre por el exterior de él (caso de las reposiciones de servicios) estos anchos pueden ser nulos.

Además se presenta normas generales, para los bordes libres entre el cuerpo principal de la obra y elementos externos en la [Tabla 303.02](#). En muchos casos estos límites no podrán aplicarse cabalmente, para estos casos los límites serán los que resulten de la situación legal que se genere y las negociaciones específicas a fin de evitar expropiaciones excesivas.

**TABLA 303.02**  
**DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE PIE DE TALUDES O DE OBRAS DE CONTENCIÓN**  
**Y UN ELEMENTO EXTERIOR**

Tipo de Obra	Camino de Servicio	Otras Obras
Distancia hasta el pie	5,00	2,00

**303.01.02 Ancho Mínimo**

Serán los recomendados en la [Tabla 303.03](#)

**TABLA 303.03**  
**ANCHO MÍNIMO DE FAJA DE DOMINIO**

Tipo de Carretera	Mínimo Deseable (m)	Mínimo Absoluto (m)
Autopistas	50	30
Multicarriles o Duales	30	24
Dos Carriles (1ra. y 2da. Clase)	24	20
Dos Carriles (3ra. Clase)	20	15

Por Resolución Ministerial el MTC, especificará el ancho del derecho de Vía para cada carretera.

Cuando el ancho de la faja de dominio compromete inmuebles de propiedad de particulares, compete al MTC realizar las acciones necesarias para resolver la situación legal que se genere.

Para ejecutar cualquier tipo de obras y/o instalaciones fijas o provisionales, cambiar el uso a destino de las mismas, plantar o talar árboles, en el derecho de Vía, se requerirá la previa autorización de la Dirección General de Caminos del MTC, sin perjuicio de otras competencias concurrentes.

**303.01.03 Previsión para tránsito de ganado**

En las zonas de frecuente tránsito de ganado, donde no es posible desviarlos por caminos de herradura, deberá ampliarse la faja de dominio en un ancho suficiente para alojar ese tránsito en caminos cercados.

### 303.02 ZONA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de Propiedad Restringida. La restricción se refiere a la prohibición de ejecutar construcciones permanentes que afecten la seguridad o visibilidad, y que dificulten ensanches futuros. El ancho de esa zona se muestra en la [Tabla 303.04](#). Esta restricción deberá ser compensada mediante negociaciones específicas.

**TABLA 303.04**  
**ZONA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA A CADA LADO**  
**DEL DERECHO DE VÍA**

Clasificación	Zona de Propiedad Restringida (m)
Autopistas	35
Multicarril o Duales	25
Dos Carriles (1ra. y 2da. clase)	15
Dos Carriles (3ra. clase)	10

## Sección 304

### Sección Transversal

#### 304.01 NÚMERO DE CARRILES DE LA SECCIÓN TIPO

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones de la intensidad y composición del tráfico previsible en la hora de diseño del año horizonte, así como del nivel de servicio deseado, y en su caso, de los estudios económicos pertinentes. De dichos estudios se deducirán las previsiones de ampliación.

En cualquier caso se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

En carreteras de calzadas separadas:

- No se proyectarán más de cuatro carriles por calzada ni menos de dos en la sección tipo. No se computarán, a estos efectos, los carriles de cambio de velocidad o de trenzado y los incluidos en confluencias de autovías o autopistas urbanas.

En carreteras de calzada única:

- Se proyectarán dos carriles por calzada, uno para cada sentido de circulación.
- En ningún caso se proyectarán calzadas con dos carriles por sentido. No se

computarán, a estos efectos, los carriles adicionales ni los carriles de cambio de velocidad.

## **304.02 CALZADA**

### **304.02.01 Ancho de Tramos en Tangente**

En la [Tabla 304.01](#), se indica los valores apropiados del ancho del pavimento para cada velocidad directriz con relación a la importancia de la carretera.

El ancho de la calzada en tangente se determinará con base en el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño o en un determinado año de la vida de la carretera. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio. Los anchos de carril que se usen, serán: 3,00 m; 3,30 m; 3,50 m; 3,60 m y 3,65 m.

### **304.02.02 Ancho de Tramos en Curva**

Las secciones indicadas en la [Tabla 304.01](#) estarán provistas de sobreeanchos en los tramos en curva, de acuerdo a lo indicado en el inciso 402.07.

## **304.03 BERMAS**

### **304.03.01 Ancho de las Bermas**

En la [Tabla 304.02](#), se indican los valores apropiados del ancho de las bermas. El dimensionamiento entre los valores indicados, para cada velocidad directriz se hará teniendo en cuenta los volúmenes de tráfico y el costo de construcción.

### **304.03.02 Inclinación de las Bermas**

En las vías con pavimento superior la inclinación de las bermas se regirá según la [Figura 304.01](#) para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará el peralte, según lo indicado en el [Párrafo 304.05](#)

En zonas con un nivel de precipitación promedio mensual de 50 mm, en los cuatro meses del año más lluviosos, o para toda carretera construida a una altitud igual o mayor a 3 500 m.s.n.m.; la capa de superficie de rodadura de la calzada se prolongará, pavimentando todo el ancho de la berma o por lo menos un ancho de 1,50 m, a fin de proteger la estructura del pavimento.

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 metros de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreeancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas.

**TABLA 304.01**  
**ANCHO DE CALZADA DE DOS CARRILES**

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
VEH/DIA (1)	> 4000								4000 - 2001				2000-400				< 400			
CARACTERÍSTICAS	AP <sup>(2)</sup>				MC				DC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																				
30 KPH																			6,00	6,00
40 KPH															6,60	6,60	6,60	6,60		
50 KPH											7,00	7,00			6,60	6,60	6,60	6,60		
60 KPH					7,20	7,20	7,00	7,00	7,20	7,20	7,00	7,00	7,00	7,00	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 KPH			7,20	7,20	7,20	7,20	7,00	7,00	7,20	7,20	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00		7,00			
80 KPH	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,00	7,00			7,00			
90 KPH	7,20	7,20			7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,00							
100 KPH	7,20	7,20			7,20	7,20	7,20		7,20				7,00							
110 KPH	7,30	7,30			7,30															
120 KPH	7,30	7,30			7,30															
130 KPH	7,30																			
140 KPH	7,30																			
150 KPH																				

AP : Autopista

MC : Carretera Multicarril o Dual (dos calzadas)

DC:Carretera De Dos Carriles

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía Dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato

NOTA 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha clasificación  
 NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de entidad.  
 dicha clasificación

**TABLA 304.02  
ANCHO DE BERMAS**

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR				PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE							
IMPORTANCIA (1)	> 4000				4000 - 2001				2000-400				< 400							
CARACTERÍSTICAS	AP <sup>(2)</sup>				MC				DC				DC							
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DEDISEÑO:																				
30 KPH																			0,50	0,50
40 KPH																1,20	0,90	0,90	0,50	
50 KPH											1,20	1,20			1,20	1,20	0,90	0,90	0,90	
60 KPH					1,80	1,80	1,50	1,50	1,50	1,50	1,20	1,20	1,50	1,50	1,20	1,20	0,90	0,90		
70 KPH			1,80	1,80	1,80	1,80	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,20	1,50	1,50	1,50		1,20	1,20		
80 KPH	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,50		1,50	1,50			1,20			
90 KPH	1,80	1,80			1,80	1,80	1,80		1,80	1,80			1,50							
100 KPH	2,00	2,00			2,00	2,00	1,80		1,80				1,50							
110 KPH	2,00	2,00			2,00	2,00														
120 KPH	2,50	2,50			2,00															
130 KPH	2,50																			
140 KPH	2,50																			
150 KPH																				

AP : Autopista

MC : Carretera Multicarril o Dual (dos calzadas)

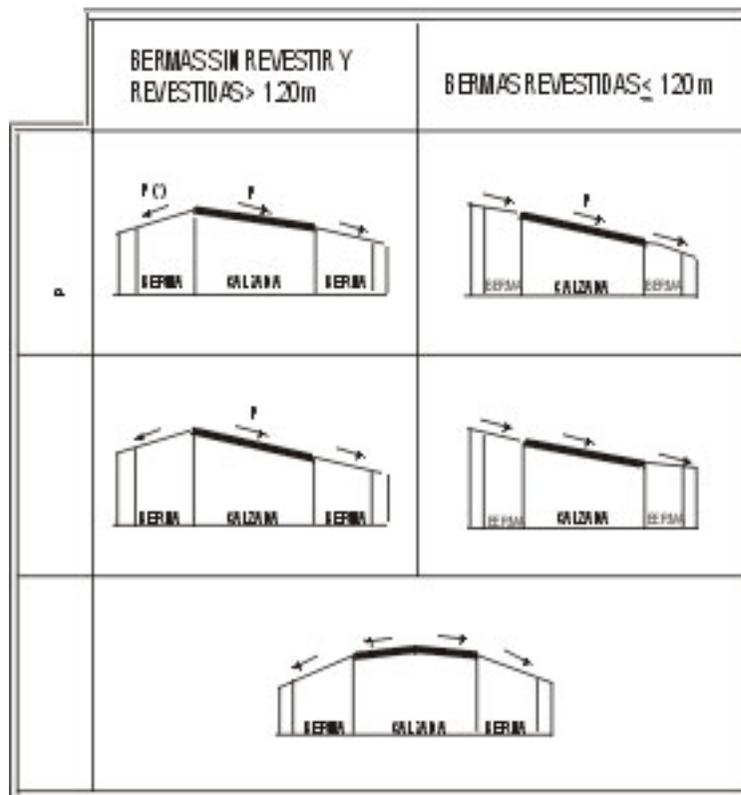
DC : Carretera De Dos Carriles

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía de segundo orden y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

NOTA 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique, por demanda, la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha entidad. clasificación.

NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de demanda, la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha entidad. clasificación.

**FIGURA 304.01**  
**INCLINACIÓN TRANSVERSAL DE BERMAS**  
**INCLINACIÓN TRANSVERSAL DE LAS BERMAS**



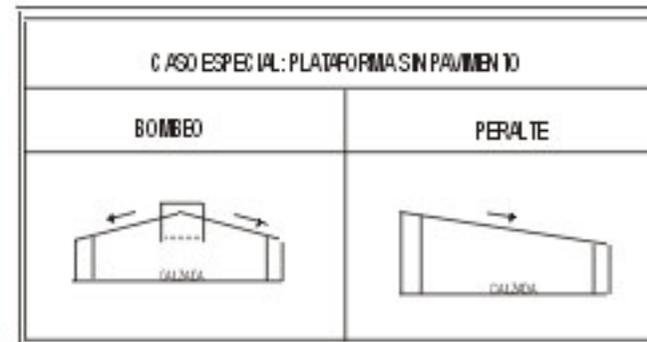
(\*) Si  $P < 8$

Si  $8 < P < 8'$ ,  $P' = 8'$

Superficie de las BERMAS	INCLINACIONES TRANSVERSALES MÍNIMAS DE LAS BERMAS	
	INCLINACIONES NORMAL (N)	INCLINACIONES ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	1%	0% (2)
Grava o Alfirmado	1% - 0% (1)	
Césped	8%	

(1) La Utilización de cualquier valor dentro de este rango depende de la "\*\*\*\*\*" de la zona. Se debe utilizar valores cada vez mayores a medida que aumenta la intensidad promedio de las precipitaciones.

(2) Caso especial cuando el peralte de la curva es igual al 8% y la berma es de río.



h en Tabla 301-03

### 304.04 BOMBEOS

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contraperalte las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La [Tabla 304.03](#) especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según los matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

**TABLA 304.03**  
**BOMBEOS DE LA CALZADA**

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación: < 500 mm/año	Precipitación:> 500 mm/año
Pavimento Superior	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	2,5 <sup>(*)</sup>	2,5 – 3,0
Afirmado	3,0 – 3,5 <sup>(*)</sup>	3,0 – 4,0

(\*) En climas definitivamente desérticos se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2%.

El bombeo se puede dar de varias maneras, dependiendo del tipo de plataforma y de las conveniencias específicas del proyecto en una zona dada. Estas formas se indican en la [Figura 304.02](#).

### 304.05 PERALTE

#### 304.05.01 Valores del Peralte

Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas; salvo en los límites fijados en la [Tabla 304.08](#).

Los valores máximos del peralte, son controlados por algunos factores como: Condiciones climáticas, orografía, zona (rural ó urbana) y frecuencia de vehículos pesados de bajo movimiento, en términos generales se utilizarán como valores máximos los siguientes:

**TABLA 304.04**  
**VALORES DE PERALTE MÁXIMO**

	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Cruce de Areas Urbanas	6,0 %	4,0 %	<a href="#">304.03</a>
Zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)*	8,0 %	6,0 %	<a href="#">304.04</a>
Zona rural (Tipo 3 ó 4)	12,0 %	8,0 %	<a href="#">304.05</a>
Zona rural con peligro de hielo	8,0 %	6,0 %	<a href="#">304.06</a>

(\*) El tipo corresponde a la clasificación vial según condiciones orográficas

### 304.05.02 Transición del bombeo al peralte.

Se ejecutará a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.

Cuando no exista Curva de Transición, se seguirá lo normado en el [Tópico 304.05.03](#).

Para pasar del bombeo al peralte se girará la sección sobre el eje de la corona en carreteras de una calzada y en autopistas y carreteras duales se definirá claramente en el proyecto la ubicación del eje de giro.

### 304.05.03 Condicionantes para el Desarrollo del Peralte.

(a) Proporción del Peralte a Desarrollar en Tangente:

Cuando no existe curva de transición de radio variable entre la tangente y la curva circular, el conductor sigue en la mayoría de los casos una trayectoria similar a una de estas curvas que se describe parcialmente en una y otra alineación.

Lo anterior permite desarrollar una parte del peralte en la recta y otra en la curva.

**TABLA**

**304.05**

#### PROPORCIÓN DEL PERALTE A DESARROLLAR EN TANGENTE

$p < 4.5\%$	$4.5\% < p < 7\%$	$p > 7\%$
0,5p	0,7p	0,8p

Las situaciones mínima y máxima se permiten en aquellos casos en que por la proximidad de dos curvas existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

FIGURA 304.02 - BOMBEO

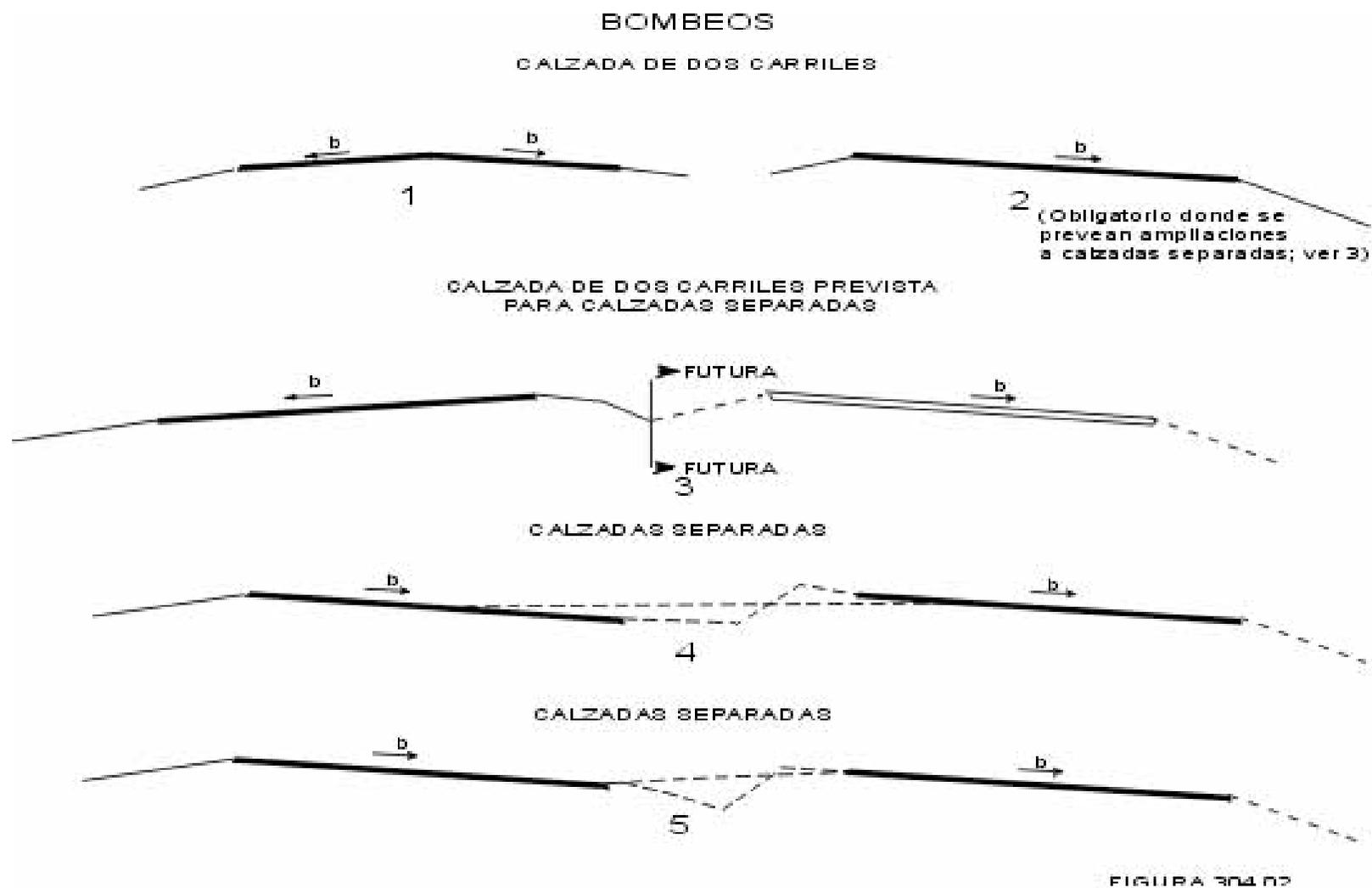


FIGURA 304.03

## PERALTE PARA CRUCE URBANO

Peralte  $p$  (%)

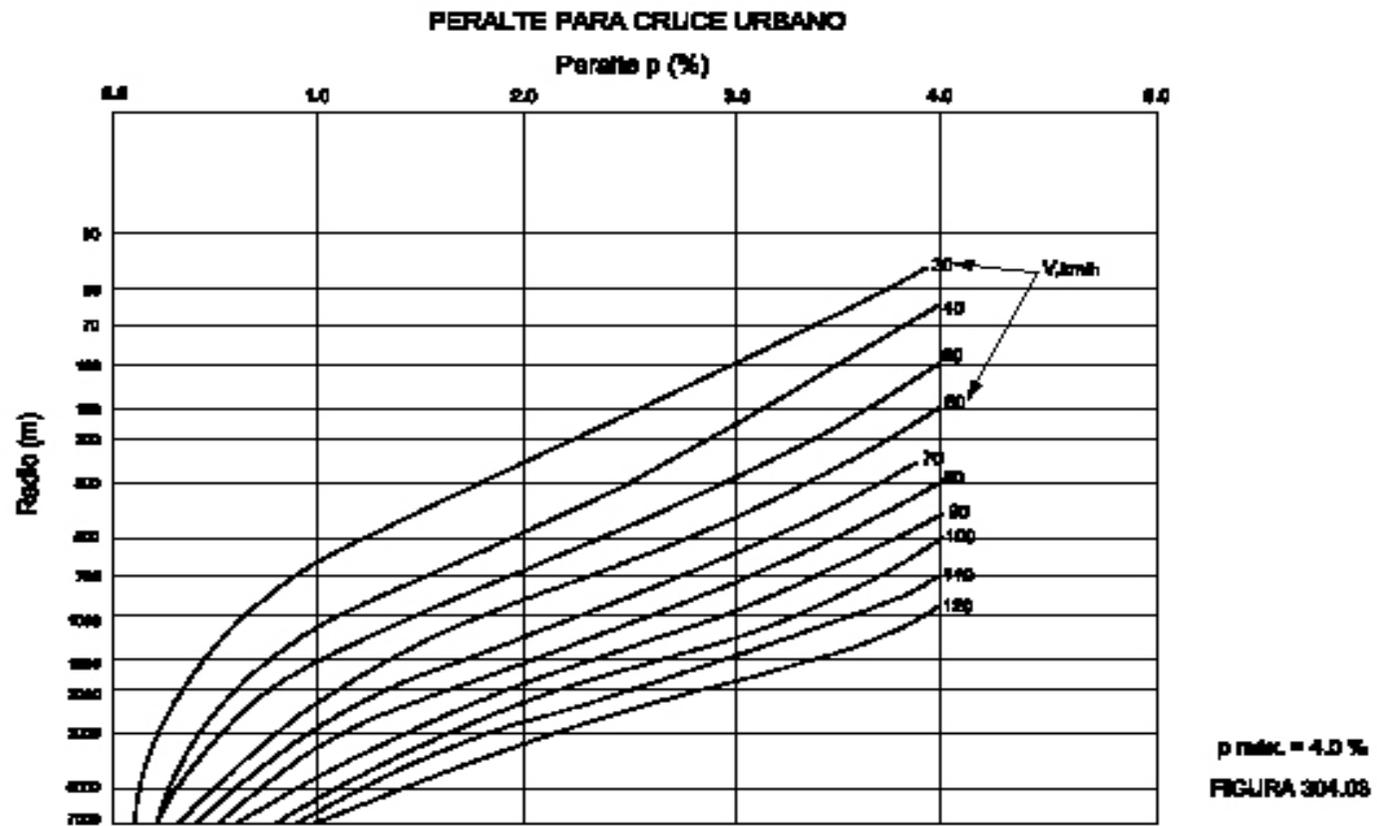


FIGURA 304.04

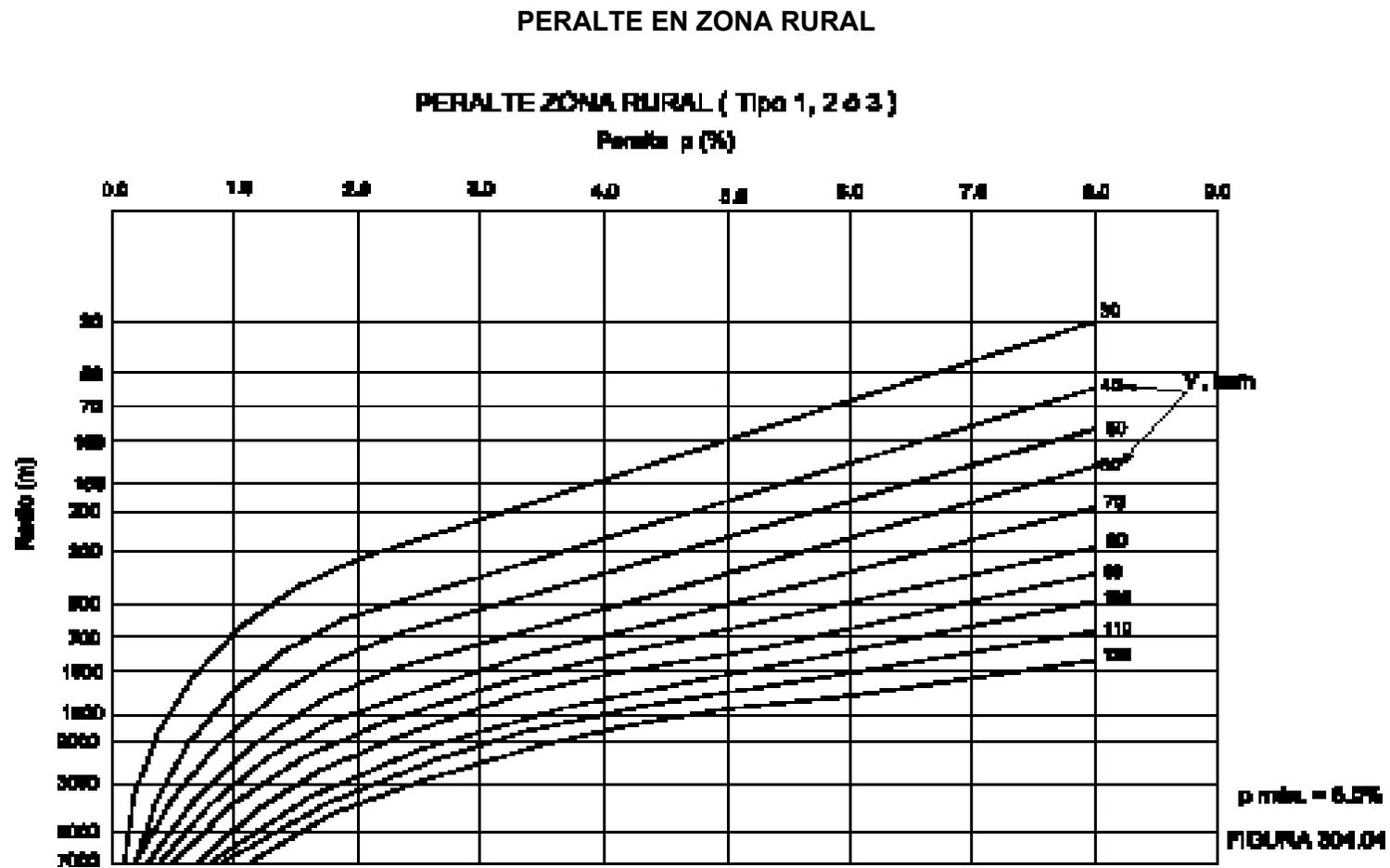


FIGURA 304.04

### PERALTE EN ZONA RURAL (Tipo 3 ó 4)

### PERALTE PARA CRUCE URBANO (Tipo 3 ó 4) Peralte p (%)

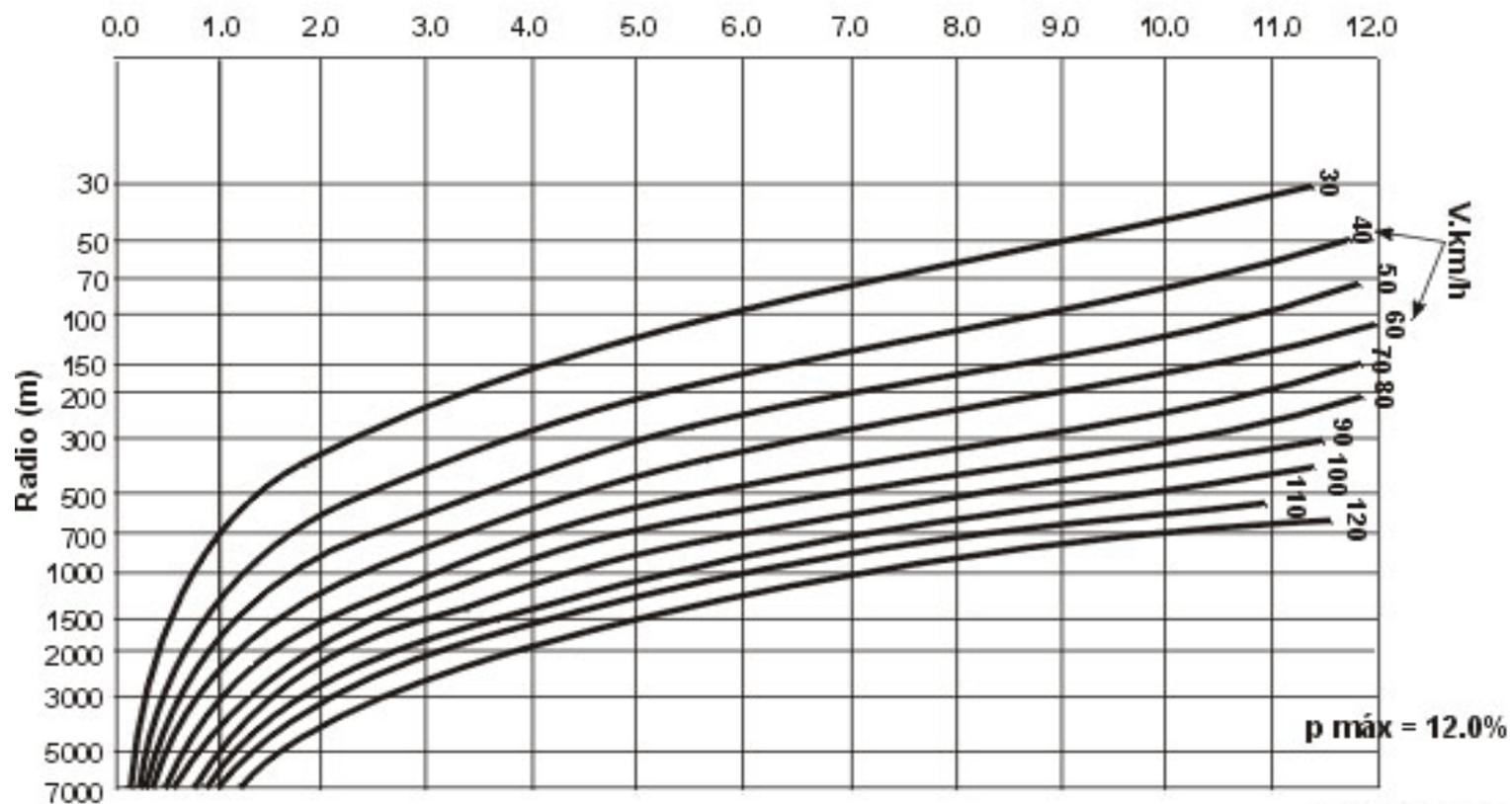
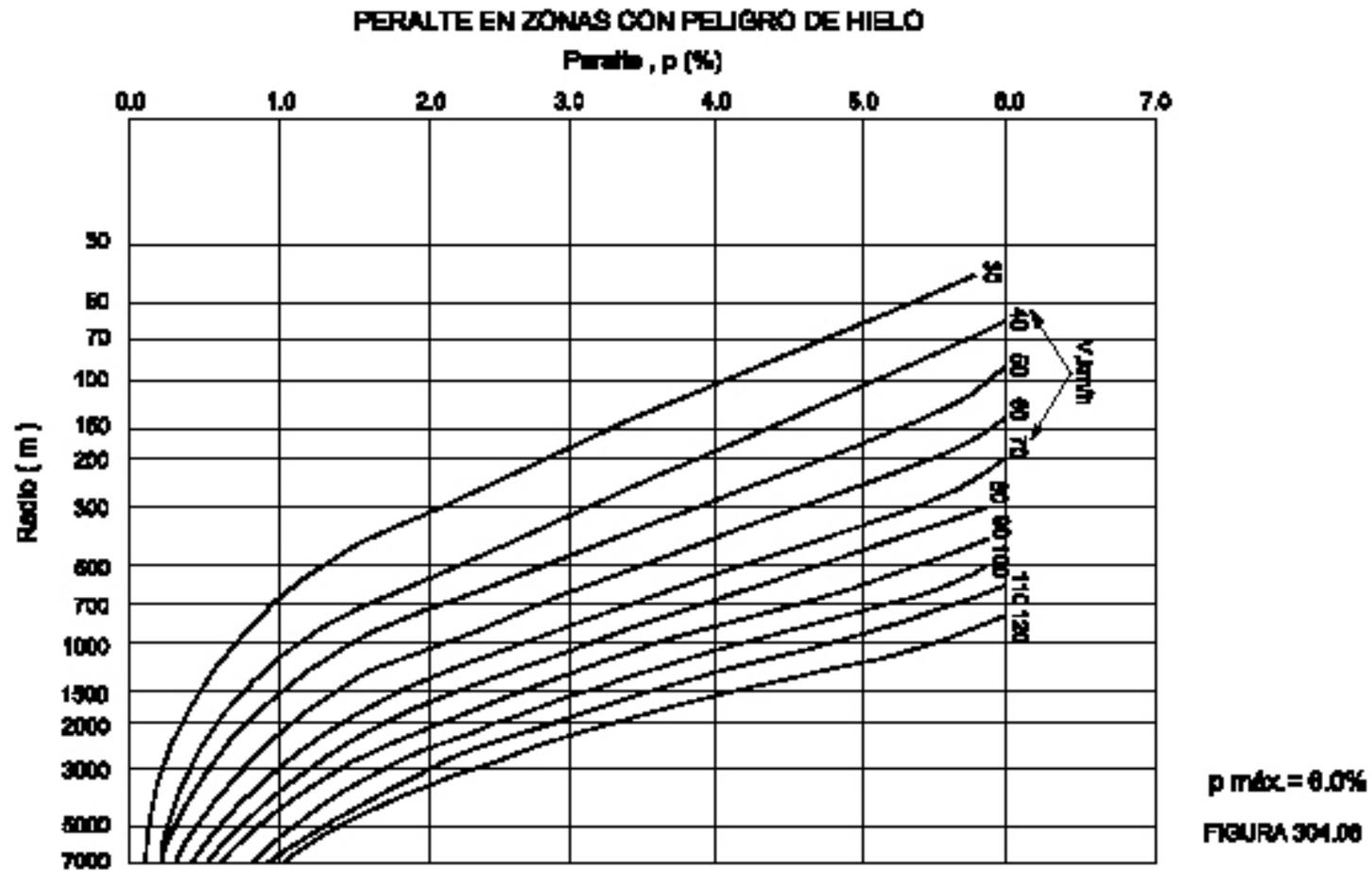


FIGURA 304.05

FIGURA 304.05

### PERALTE EN ZONAS CON PELIGRO DE HIELO

(Peralte, p(%))



**FIGURA**

**304.06**

**(b) Longitud Mínima en Curva con Peralte Total**

En curvas de escaso desarrollo se deberá verificar que el peralte total requerido se mantenga en una longitud al menos igual a  $V/3,6$  (m).

**304.05.04 Desarrollo de Peralte entre Curvas Sucesivas.**

Entre dos curvas del mismo sentido deberá existir, en lo posible, un tramo en tangente mínimo de acuerdo a lo establecido en la [Tabla 304.06](#) por condiciones de guiado óptico.

**TABLA 304.06**

**TRAMO EN TANGENTE ENTRE CURVAS DEL MISMO SENTIDO**

V (Kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
L <sub>r</sub> min. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190	210

**304.05.05 Giro del peralte**

El giro del peralte se hará en general, alrededor del eje de la calzada. En los casos especiales, como por ejemplo en terreno excesivamente llano, cuando se desea resaltar la curva, puede realizarse el giro alrededor del borde interior.

**304.05.06 Peraltes Mínimos**

Las curvas con radios mayores que los indicados en la [Tabla 304.07](#) para cada velocidad directriz mantendrá el peralte de 2%.

**TABLA 304.07**

**VALORES DE RADIOS CON PERALTE MÍNIMO**

Velocidad Directriz (Km/h)	Peralte 2% para curvas con radio mayor de m.
30	330
40	450
50	650
60	850
70	1150
80	1400
90	1700
100	2000
110	2400
≥ 120	3000

**TABLA 304.08**  
**VALORES DE RADIO POR ENCIMA DE LOS CUALES NO ES**  
**INDISPENSABLE PERALTE**

<b>V (Km/h)</b>	30	40	50	60	70	80	90	≥ 100
<b>R (m)</b>	1000	1400	1800	2300	2800	3400	4100	5000

### 304.06 SEPARADORES

El separador central en autopista tendrá, siempre que sea posible, un ancho mínimo de catorce metros (14 m). Cuando dicho ancho no pueda mantenerse por razones técnico - económicas, se podrá disminuir hasta un límite de dos metros (2 m). Excepcionalmente, para casos expresamente justificados (estructuras singulares) podrá reducirse el ancho del separador, previa autorización del MTC, hasta un límite absoluto de 1 m.

Cuando se prevea la ampliación del número de carriles, el separador tendrá un ancho mínimo de 10 m.

La [Tabla 304.09](#) muestra los anchos mínimos de separador central.

Los separadores laterales, son en general, de ancho menor que el separador central a menos que sobre ellos se instalen postes de alumbrado, en cuyo caso su ancho es de 4,00 m.

**TABLA 304.09**  
**ANCHOS DE SEPARADOR CENTRAL**

(Incluye Bermas Interiores)

Velocidad directriz (Km/h)	Con Isla o Barrera		Sin Isla o Barrera		Mín. Abs. Para Ampl. Nº Carriles
	Mín. Absoluto	Mín. Deseable	Mín. Absoluto	Mín. Deseable	
V.D. ≤ 70	2,00	4,50	3,00	6,00	9,00
V.D. > 70	3,00		6,00	10,00	10,00

### 304.07 DIMENSIONES EN LOS PASOS BAJO NIVEL

#### 304.07.01 Altura libre mínima

La altura libre sobre cada punto de la superficie de rodadura será de por lo menos 5,50 m, en casos excepcionales se podrá reducir a un mínimo absoluto de 5,00 m.

En los túneles la altura al borde de la superficie de rodadura será el especificado en [305.02](#).

### **304.07.02 Ancho**

Cuando la carretera pase debajo de una obra de arte vial, su sección transversal permanecerá inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa, deben encontrarse fuera de las bermas o de las cunetas eventuales.

En la [Figura 304.07](#) se muestra los gálibos mínimos en pasos bajo nivel.

## **304.08 TALUDES, CUNETAS Y OTROS ELEMENTOS**

### **304.08.01 Taludes**

#### **(a) Generalidades**

Los taludes para las secciones en corte variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados; la altura admisible del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos, aún aproximados.

#### **(b) Taludes en Corte**

Exige EL Diseño de taludes, el estudio de las condiciones especiales del lugar, especialmente las geológicas, geotécnicas (prospecciones), ensayos de laboratorio, análisis de estabilidad, etc y medio ambientales, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

La inclinación y altura de los taludes para secciones en corte variarán a lo largo del Proyecto según sea la calidad y homogeneidad de los suelos y/o rocas evaluados (prospectados).

En el diseño de estos taludes se tomará en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas y/o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares, ubicados en la zona y que se mantienen estables ante las mismas condiciones ambientales actuales.

Los valores de la inclinación de los taludes para la secciones en corte serán, de un modo referencial, los indicados en la [Tabla 304.10](#)

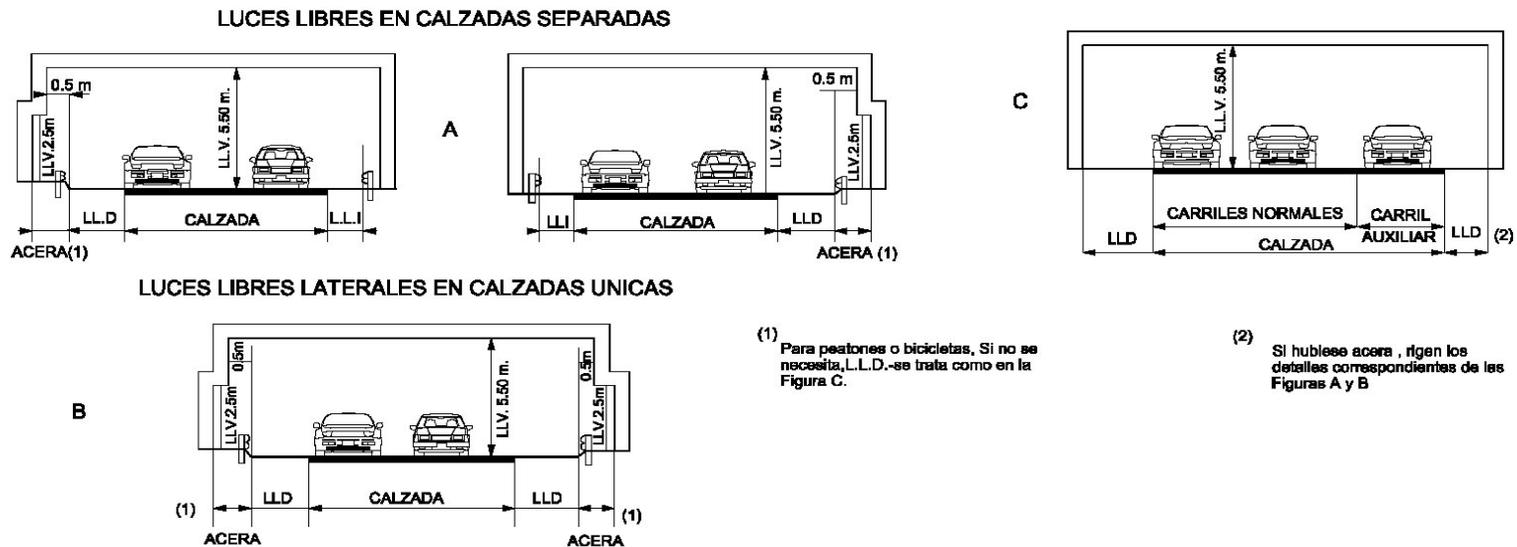
**TABLA 304.10**  
**VALORES REFERENCIALES PARA TALUDES EN CORTE**  
**(RELACION H:V)**

	Clasificación de Materiales de corte	Roca Fija	Roca Suelta	Material Suelto		
				Suelos Gravovosos	Suelos Limoarcillos o Arcillo	Suelos Arenosos
AL TU RA DE COR TE	Menor de 5.00 m	1:10	1:6 – 1:4	1:1 – 1:3	1:1	2:1
	5.00 – 10.00 m	1:10	1:4 – 1:2	1:1	1:1	*
	Mayor de 10.00 m	1:8	1:2	*	*	*

(\*) Requerimiento de Banquetas y/o Análisis de Estabilidad

**FIGURA 304,07**  
**LUCES LIBRES LATERALES Y GALIBOS EN**  
**PASOS BAJO NIVEL**

**LUCES LIBRES LATERALES Y GÁLIBOS**  
**EN PASOS BAJO NIVEL**



	L.L. (m)		L.L.D. (m)			
	MIN.ABS.	MIN.DES.	SIN CARRIL AUXILIAR		CON CARRIL AUXILIAR *	
			MIN.ABS.	MIN.ABS.	MIN.ABS.	MIN.DES.
<b>CALZADA UNICA</b>	1.80	2.40	1.80	2.40	1.50	1.80
<b>CALZADA SEPARADAS</b>	1.20	1.80				

\* Carril lento, de frenado o de cambio de velocidad

**FIGURA 304.07**

### (c) Taludes de Terraplenes

Las inclinaciones de los taludes para terraplenes variarán en función de las características del material con el cual está formado el terraplén, siendo de un modo referencial los que se muestran en la [Tabla 304.11](#).

Exige el diseño de taludes un estudio taxativo, que analice las condiciones específicas del lugar, incluidos muy especialmente las geológico-geotécnicas, facilidades de mantenimiento, perfilado y estética, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

**TABLA 304.11**  
**TALUDES PARA TERRAPLENES**

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	< 5.00	5.00 – 10.00	> 10.00
Material Común (limos arenosos)	1:1,5	1:1,75	1:2
Arenas Limpias	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocados	1:1	1:1,25	1:1,5

Las normas internacionales exigen barreras de seguridad para taludes con esta inclinación, puesto que consideran que la salida de un vehículo desde la plataforma no puede ser controlada por su conductor si la pendiente es más fuerte que el 1:4.

Cuando se tiene dicho 1:4, la barrera de seguridad se utiliza a partir de los 4,0 m, de altura.

El proyectista deberá decidir, mediante un estudio económico, si en algunos tramos con terraplenes de altura inferior a 4,0 m, conviene tender los taludes hasta el mencionado valor, ahorrándose así la barrera, o mantener el 1:1,5, con dicho elemento de protección.

### (d) Alabeo de Taludes

En numerosos puntos del trazado se producen pasos de un talud a otro, debiéndose dar una transición adecuada para cada caso.

Lo más frecuente es el paso de corte a terraplén o viceversa.

En las transiciones de cortes de más de 4 m, a terraplén, o de terraplenes de más de 4 m, a corte, los taludes de uno y otro deberán tenderse a partir del punto en el cual la

altura del corte o del terraplén llega a reducirse a 2,0 m. En todo caso, la longitud de la zona de alabeo no debe ser menor que 10,0 m.

La transición del talud del terraplén se ejecuta pasando, linealmente, desde este último al talud interior de la cuneta. En el corte, la transición consiste en pasar desde su valor normal al 1:4, valor límite teórico en el punto en que su altura se hace nula (punto de paso).

Si los cortes o terraplenes tienen una altura máxima inferior a dos metros, o si la longitud total de ellos es inferior a 40 metros, no es necesario alabeo sus taludes en las transiciones. Si dicha altura máxima está comprendida entre dos y cuatro metros, el tendido deberá hacerse a partir del punto en que ella se reduce a la mitad, y la transición se ejecuta de igual manera que para terraplenes y cortes de más de 4,0 m.

Si el paso es de un talud a otro de la misma naturaleza pero con inclinación distinta, el alabeo se dará en un mínimo de diez metros, cuidando que se realice en la zona de materiales mejores.

La parte superior de los taludes de corte se deberá redondear, para mejorar la apariencia de sus bordes.

### **304.08.02 Cunetas**

Son canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento. La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal o rectangular.

Sus dimensiones se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, la intensidad de lluvia prevista, pendiente de cuneta, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros.

En lo acápites que siguen se abordarán las características geométricas generales como: taludes interiores, las profundidades y los fondos de las cunetas entre otros de forma referencial, considerando fundamentalmente factores geométricos.

#### **(a) Talud Interior de Cunetas**

La inclinación del Talud dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera o camino. Sus valores se presentan en la [Tabla 304.12](#). El valor máximo correspondiente a velocidades de diseño  $\leq 70$  Km/h. (1:2) es aplicable solamente a casos muy especiales, en los que se necesite imprescindiblemente una sección en corte reducida (terrenos escarpados), la que contará con elementos de protección (Guardavías). Inclinaciones fuera de estos

mínimos deberán ser justificadas convenientemente y se dispondrán de los elementos de protección adecuados.

**TABLA 304.12**  
**INCLINACIONES MÁXIMAS DEL TALUD (V:H)**  
**INTERIOR DE LA CUNETETA**

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)		
	< 750		> 750
≤70	1:2	(*)	1:3
	1:3		
> 70	1:3		1:4

(\*) Sólo en casos muy especiales

**(b) Profundidad de la Cuneta**

La profundidad será determinada, en conjunto con los demás elementos de su sección, por los volúmenes de las aguas superficiales a conducir, así como de los factores funcionales y geométricos correspondientes. En caso de elegir la sección triangular, las profundidades mínimas de estas cunetas será de 0.20 m para regiones secas, de 0.30 m para regiones lluviosas y de 0.50 m para regiones muy lluviosas.

**(c) El Fondo de la Cuneta**

El ancho del fondo será función de la capacidad que quiera conferírsele a la cuneta. Eventualmente, puede aumentársele si se requiere espacio para almacenamiento de nieve o de seguridad para caída de rocas. En tal caso, la cuneta puede presentar un fondo inferior para el agua y una plataforma al lado del corte a una cota algo superior, para los fines mencionados.

Longitudinalmente, el fondo de la cuneta deberá ser continuo, sin puntos bajos.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0,2%, para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir.

**(d) Revestimiento**

Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con una pendiente tal que le infiere al flujo una velocidad mayor a la máxima permisible del material constituyente, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

**(e) Velocidad admisible**

La velocidad de las aguas debe limitarse para evitar la erosión, sin reducirla tanto que pueda dar lugar a sedimentación. La velocidad mínima aconsejada es de 0.25 m/s, las máximas admisibles se indican a continuación.

**TABLA 304.13**  
**VELOCIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES**

Material de Cauce	Velocidad Admisible (m/s)
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60 – 1,20
Arena fina o limo (Poca o ninguna arcilla)	0,30 – 0,60 m
Arcillas	1,20
Grava gruesa	1,20
Pizarra blanda	1,50
Mampostería	4,50
Concreto	4,50

**(f) Puntos de Desague**

Se limitará la longitud de las cunetas desaguándolas en los cauces naturales del terreno, obras de drenaje transversal o proyectando desagües donde no existan.

**304.09 ÁREAS DE DESCANSO**

**304.09.01 Plazoletas de Estacionamiento**

Dimensiones y Frecuencia Mínimas. Cuando el ancho de las bermas es menor de 2,40 m se deberá prever, en cada lado de la carretera, plazoletas de estacionamiento, además de aquellas necesarias para los medios de transporte públicos, las dimensiones y frecuencias mínimas se muestran en la [Tabla 304.14](#).

**TABLA 304.14**  
**DIMENSIONES Y FRECUENCIAS MÍNIMAS DE PLAZOLETAS PARA ESTACIONAMIENTO**

Orografía	Dimensiones Mínimas		Frecuencia Mínima (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	AP	MC	DC
Tipo 1	3,0	30,0	2500	2000	1500
Tipo 2	3,0	30,0	2000	1500	1200
Tipo 3	3,0	25,0	-----	1200	1000
Tipo 4	2,5	25,0	-----	-----	800

### **304.09.02 Miradores Turísticos**

En zonas con paisajes turísticos, se preverán áreas destinadas para descanso y que sirvan además como observatorios del paisaje, teniendo en cuenta no generar un incremento desproporcionado del costo de la obra.

Las áreas destinadas, deberán tener una dimensión mínima de 3 x 25 m; su frecuencia será adecuadamente establecida por el Proyectista.

El mirador contará con una superficie apropiada para su empleo

## **Sección 305**

### **Secciones Transversales Especiales**

#### **304.01 NÚMERO DE CARRILES DE LA SECCIÓN TIPO**

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones de la intensidad y composición del tráfico previsible en la hora de diseño del año horizonte, así como del nivel de servicio deseado, y en su caso, de los estudios económicos pertinentes. De dichos estudios se deducirán las previsiones de ampliación.

En cualquier caso se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

En carreteras de calzadas separadas:

- No se proyectarán más de cuatro carriles por calzada ni menos de dos en la sección tipo. No se computarán, a estos efectos, los carriles de cambio de velocidad o de trenzado y los incluidos en confluencias de autovías o autopistas urbanas.

En carreteras de calzada única:

- Se proyectarán dos carriles por calzada, uno para cada sentido de circulación.
- En ningún caso se proyectarán calzadas con dos carriles por sentido. No se computarán, a estos efectos, los carriles adicionales ni los carriles de cambio de velocidad.

#### **304.02 CALZADA**

##### **304.02.01 Ancho de Tramos en Tangente**

En la [Tabla 304.01](#), se indica los valores apropiados del ancho del pavimento para cada velocidad directriz con relación a la importancia de la carretera.

El ancho de la calzada en tangente se determinará con base en el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño o en un determinado año de la vida de la carretera. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio. Los anchos de carril que se usen, serán: 3,00 m; 3,30 m; 3,50 m; 3,60 m y 3,65 m.

##### **304.02.02 Ancho de Tramos en Curva**

Las secciones indicadas en la [Tabla 304.01](#) estarán provistas de sobrecanchos en los tramos en curva, de acuerdo a lo indicado en el inciso 402.07.

#### **304.03 BERMAS**

#### **304.03.01 Ancho de las Bermas**

En la [Tabla 304.02](#), se indican los valores apropiados del ancho de las bermas. El dimensionamiento entre los valores indicados, para cada velocidad directriz se hará teniendo en cuenta los volúmenes de tráfico y el costo de construcción.

#### **304.03.02 Inclinación de las Bermas**

En las vías con pavimento superior la inclinación de las bermas se regirá según la [Figura 304.01](#) para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará el peralte, según lo indicado en el [Párrafo 304.05](#)

En zonas con un nivel de precipitación promedio mensual de 50 mm, en los cuatro meses del año más lluviosos, o para toda carretera construida a una altitud igual o mayor a 3 500 m.s.n.m.; la capa de superficie de rodadura de la calzada se prolongará, pavimentando todo el ancho de la berma o por lo menos un ancho de 1,50 m, a fin de proteger la estructura del pavimento.

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 metros de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas.

**TABLA 304.01**  
**ANCHO DE CALZADA DE DOS CARRILES**

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE			
VEH/DIA (1)	> 4000								4000 - 2001				2000-400				< 400			
CARACTERÍSTICAS	AP <sup>(2)</sup>				MC				DC				DC				DC			
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
VELOCIDAD DE DISEÑO:																				
30 KPH																			6,00	6,00
40 KPH																6,60	6,60	6,60	6,00	
50 KPH											7,00	7,00			6,60	6,60	6,60	6,60		
60 KPH					7,20	7,20	7,00	7,00	7,20	7,20	7,00	7,00	7,00	7,00	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 KPH			7,20	7,20	7,20	7,20	7,00	7,00	7,20	7,20	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00		7,00			
80 KPH	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,00	7,00			7,00			
90 KPH	7,20	7,20			7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,00							
100 KPH	7,20	7,20			7,20	7,20	7,20		7,20				7,00							
110 KPH	7,30	7,30			7,30															
120 KPH	7,30	7,30			7,30															
130 KPH	7,30																			
140 KPH	7,30																			
150 KPH																				

AP : Autopista

MC : Carretera Multicarril o Dual (dos calzadas)

DC:Carretera De Dos Carriles

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía Dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato

NOTA 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha clasificación  
 NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de entidad.

**TUNEL SECCION TIPICA DE UNA GALERIA  
CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS BIDIRECCIONAL**

**TÚNELES SECCIÓN TÍPICA DE UNA GALERÍA  
CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS BIDIRECCIONAL**

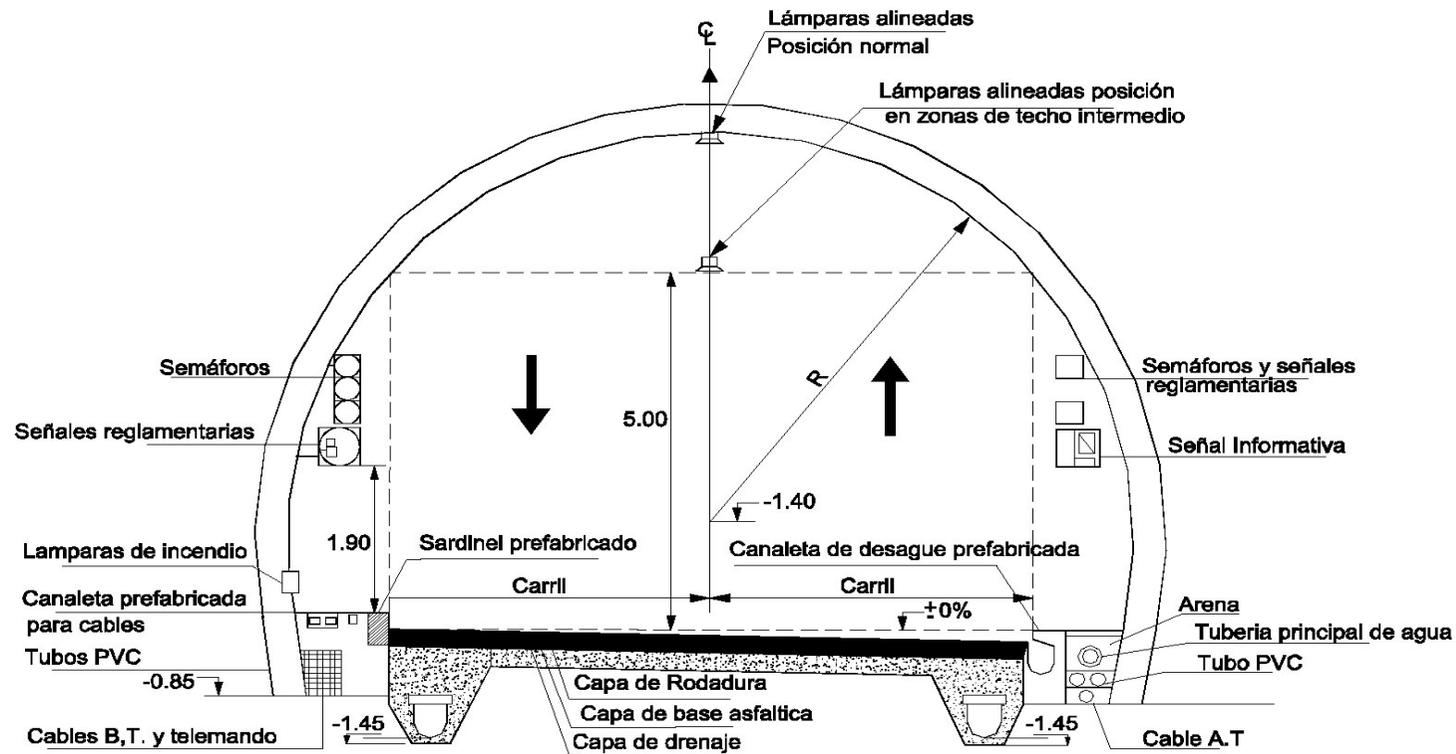


FIGURA 305.01

**TUNELES SECCION TIPICA DE DOBLE GALERIA  
CIRCULACIÓN VEHICULAR UNI DIRECCIONAL**

**TÚNELES SECCIÓN TÍPICA DE DOBLE GALERÍA  
CIRCULACIÓN VEHICULAR UNI DIRECCIONAL**

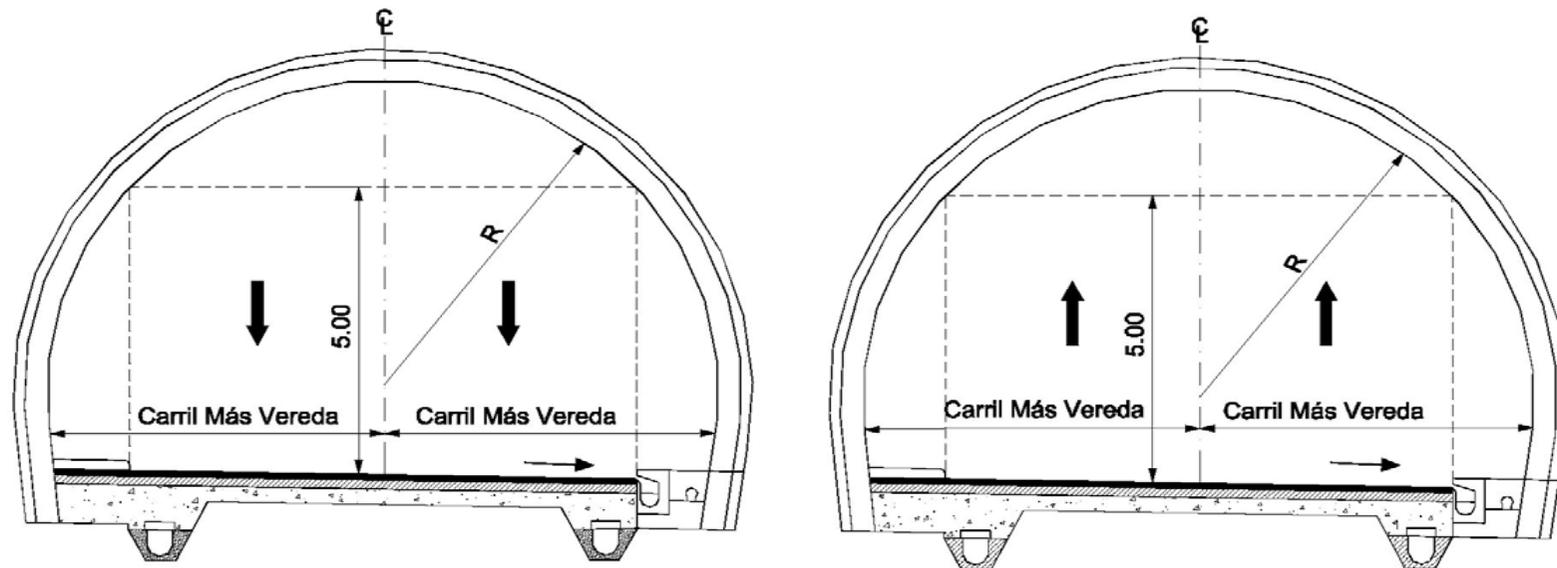


FIGURA 305.02

### 305.03 PASOS A DESNIVEL PARA PEATONES

Los hay elevados y subterráneos. En zonas periféricas y poco pobladas, con más espacio disponible, se usarán los pasos elevados, con altos estándares de estética, limpieza y economía.

En el diseño geométrico de pasos a desnivel para peatones la aplicación de los criterios de la [Tabla 305.02](#) proporciona muy buenas soluciones.

Los accesos a los pasos peatonales a desnivel pueden ser escaleras o rampas con las características que se indican en la [Tabla 305.03](#).

La zona en donde se ubica el acceso debe tener un ancho mínimo de 5,0 metros, tal como se muestra en la [Figura 305.03](#). Lo más conveniente es ubicar el acceso en el lado próximo a la calzada. Si se ubica en el centro de la zona, debe dejarse, a cada lado del acceso, un espacio peatonal de al menos 2,0 metros de ancho.

**TABLA 305.02**  
**CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE PASOS A DESNIVEL PARA**  
**PEATONES**

Descripción	Unidad	Pasos Inferiores	Pasos Superiores
Capacidad		3000 peatones / hora/ metro de ancho	3000 peatones / hora /metro de ancho
Ancho	m	Mínimo 3,0 Recomendable entre 4,0 y 6,0	Mínimo 2,5
Altura	m	Mínimo 2,5	
Gálibo	m	-----	Mínimo 5,50
Altura de las barandas	m	-----	Entre 1,2 y 2,0
Otras características		Buena Iluminación Sin recodos que faciliten atracos. Paredes lisas y lavables	Superficie Antideslizante

**TABLA 305.03**  
**CARACTERÍSTICAS RECOMENDABLES DE LOS ACCESOS A PASOS**  
**PEATONALES A DESNIVEL**

Descripción	Escalera	Rampa
Pendiente	40 a 60%	5 a 15%
Ancho Mínimo	1,0 metro (unidireccional) 2,0 metros (bidireccional)	2,0 m
Capacidad	25 a 40 peatones / metro /minuto	$C = dv (1 - i/100)$ C = Capacidad (peatones / metro /segundo) d = densidad (peatones / m <sup>2</sup> ) v = velocidad (metros / segundo) i = pendiente

Nota: Estos parámetros se indican para evaluación de capacidad y análisis de servicio, más no para análisis estructural.

#### **305.04 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD**

Se proyectarán carriles de aceleración y deceleración en los siguientes casos:

- Ingresos y Salidas de vía con calzadas separadas (autopista o multicarril) con velocidad de diseño mayor a 80 Kph.
- Ingresos y salidas de carreteras de dos carriles con velocidad de diseño mayor a 60 Kph e IMDA mayor a 1 500 veh/día.
- En cualquier otro caso previa justificación técnico-económica.

Las consideraciones de diseño y el dimensionamiento será el mismo al normado en los acápites correspondientes del [Capítulo 5](#). Diseño Geométrico de Intersecciones.

#### **305.05 CONFLUENCIAS Y BIFURCACIONES**

La cotangente del ángulo entre bordes de calzada deberá ser como máximo de sesenta y cinco (65) para confluencias, y de cincuenta (50) para bifurcaciones.

El número de carriles en la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), no debe diferir de la suma del número de carriles después de la bifurcación (o antes de la confluencia) en más de una (1) unidad. Excepcionalmente, en casos suficientemente justificados y previa autorización expresa, la diferencia en el anterior cómputo de carriles podrá ser de dos (2) unidades como máximo.

## ACCESO PASOS A DESNIVEL PEATONAL

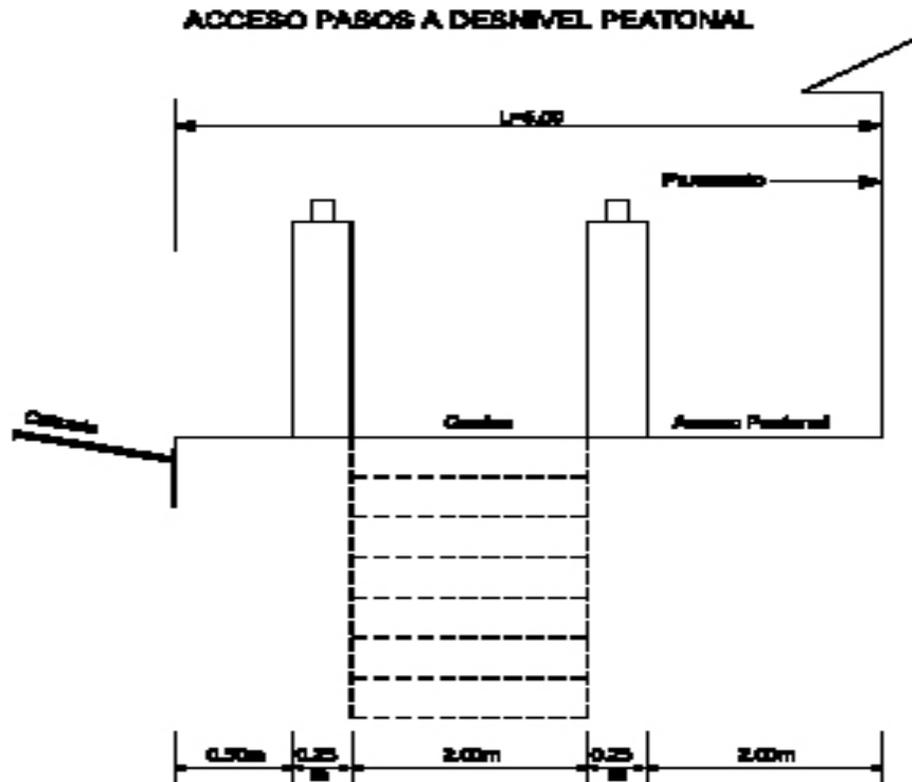


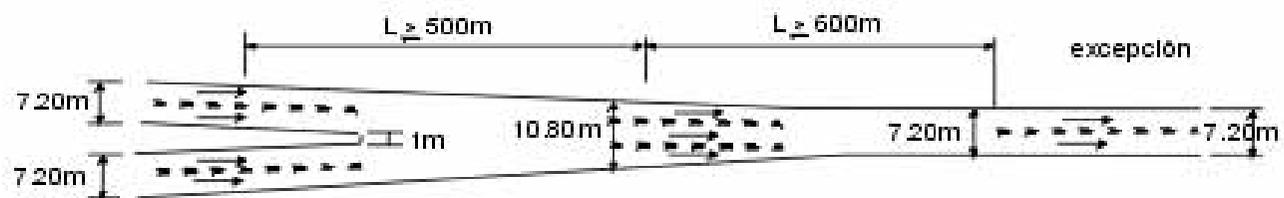
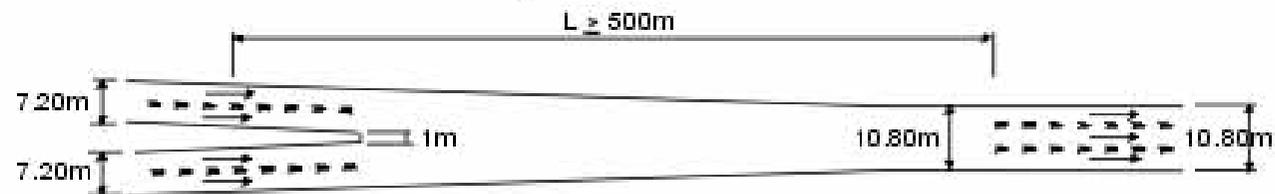
FIGURA 305.03

Longitudes mínimas, medidas entre la última sección de la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), y la sección en que las calzadas después de la bifurcación (o antes de la confluencia) distan entre sí un metro (1m), serán las indicadas en la [Figura 305.04](#).

## CONFLUENCIAS Y BIFURCACIONES

### CONFLUENCIAS Y BIFURCACIONES

#### a) CONFLUENCIAS



#### b) BIFURCACIONES

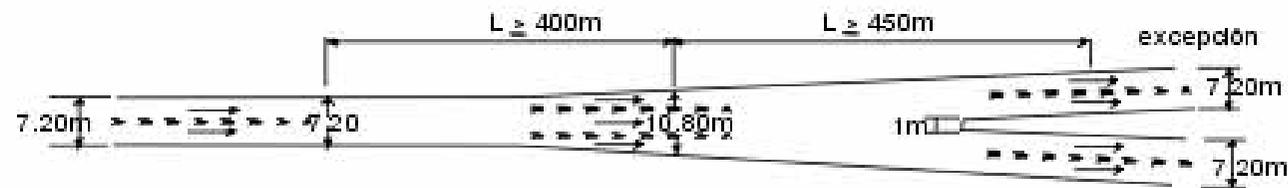
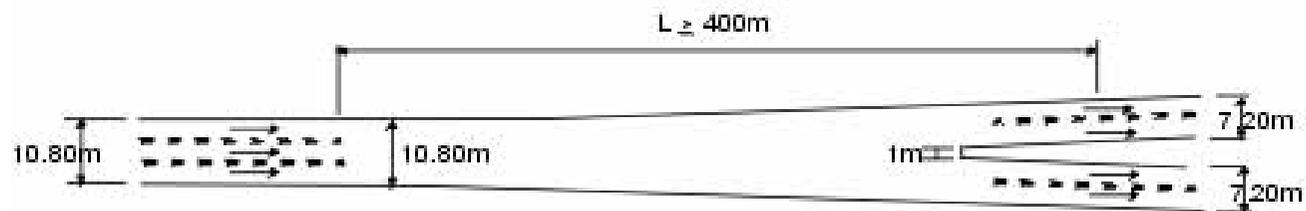


FIGURA 305.04

**CAPÍTULO 4**  
**DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL**

**Sección 401 : Introducción**

**Sección 402 : Alineamiento Horizontal**

**Sección 403 : Diseño Geométrico del Perfil Longitudinal**

**Sección 404 : Coordinación entre Alineamiento Horizontal y Perfil**

**Longitudinal**

**Sección 405 : Diseño Geométrico en Puentes**

**Sección 406 : Diseño Geométrico en Túneles**

## **Sección 401 : Introducción**

### **401.01 CRITERIO GENERAL DE APLICACIÓN**

Las siguientes normas representan generalmente valores mínimos, es decir, las menores exigencias límites de diseño. Deberán usarse las mejores características dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores límites indicados utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

En general, las tablas normativas fijan valores mínimos (ó máximos) absolutos, para un rango de velocidades de diseño entre 30 y 150 Kph, variando cada 10 Kph.

Valores mínimos (ó máximos) deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 Kph superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando.

### **401.02 EXCEPCIONES**

Las normas no serán consideradas inflexibles y podrán hacerse excepciones empleando características por debajo de las especificadas, con la condición de obtener autorización del MTC, siempre que la velocidad directriz no disminuya más del 20%.

En zonas urbanas las restricciones de velocidad, o las condiciones de las rasantes de las calles en las intersecciones así como la ubicación de sumideros de drenaje, etc., exigirá el apartamiento de las normas, debiendo adaptarse el proyectista a las condiciones de cada caso.

## **Sección 402 : Alineamiento Horizontal**

### **402.01 GENERALIDADES**

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz.

Esta última, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

El trazado en planta de un tramo se compondrá de la adecuada combinación de los siguientes elementos: recta, curva circular y curva de transición.

En proyectos de carreteras de calzadas separadas, se considerará la posibilidad de trazar las calzadas a distinto nivel o con ejes diferentes, cuando el terreno así lo aconseje.

La definición del trazado en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

En carreteras de calzadas separadas

- El centro del separador central, si este fuera de ancho constante o con variación de ancho aproximadamente simétrico.
- El borde interior de la calzada a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada calzada en cualquier otro caso.

En carreteras de calzada única

- El centro de la calzada, sin tener en cuenta eventuales carriles adicionales.

#### **402.02 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

Se presenta aquí algunos aspectos fundamentales que habrán de considerarse en el diseño del alineamiento, considerando su fluidez y apariencia general:

- Los tramos excesivamente extensos en tangente, convenientes para las vías férreas, no son deseables para las carreteras. Para las carreteras de un patrón elevado (autopistas o multicarril), el trazado deberá ser más bien una serie de curvas de radios amplios que de extensas tangentes, "quebradas" por curvas de pequeña amplitud circular. Amén de reducir la sensación de monotonía para el conductor, ese patrón de trazado se ajusta mejor a la conformación básica de las líneas naturales, pudiendo reducir los rasgos causados por el terraplén en el paisaje.
- En el caso de ángulos de deflexión  $\alpha$  pequeños, iguales o inferiores a  $5^\circ$ , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:  
$$L > 30 (10 - \alpha), \alpha \leq 5^\circ$$
  
(L en metros;  $\alpha$  en grados)  
No se usará nunca ángulos de deflexión menores de 59' (minutos).  
La longitud mínima de curva (L) será:

Carretera Red Nacional	L (m)
Autopista ó Multicarril	6 V
Dos Carriles	3 V

V = Velocidad de diseño (Kph)

- Las consideraciones de apariencia de la carretera y de orientación del conductor recomiendan que, en la medida de lo posible, las curvas circulares estén dotadas de curvas de transición, incluso en los casos en que, conforme a los criterios usuales, éstas estarían dispensadas.
- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso donde siga inmediatamente un tramo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la mayor posibilidad precedente, preferiblemente bien por encima del mínimo necesario, y proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas de advertencia para paliar las deficiencias que emanen de este hecho.
- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Preferiblemente, serán sustituidas por una curva extensa única bien estudiada o, por lo menos, la tangente intermedia deberá sustituirse por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a los 500 metros.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.

Con todo, en el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.

Aunque sea deseable, se reconoce que, en diversos casos, no será posible aplicar muchos criterios arriba descritos, como por ejemplo, cuando sea necesario ajustar el trazado a elementos rectilíneos del paisaje, tales como valles estrechos, vías férreas, redes viales urbanas, etc., o aprovechar trazados ya existentes.

Además, la necesidad de proporcionar suficiente distancia de visibilidad de parada limita el empleo de tramos curvilíneos.

- Deberá buscarse un alineamiento horizontal homogéneo, en el cual tangente y curvas se suceden armónicamente.

- Desarrollos

No se utilizarán desarrollos en Carreteras de 1er orden y Multicarril de 2do. orden, en las restantes se evitará, en lo posible, los desarrollos artificiales. Cuando las circunstancias hagan indispensable su empleo, el proyectista hará una amplia justificación de ello.

Las ramas de los desarrollo tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando la superposición de varias de ellas sobre la misma ladera.

Al proyectar una sección de carretera en desarrollo, será probablemente necesario reducir la velocidad directriz, lo que se hará con sujeción a lo dispuesto en el [Tópico 204.07.](#)

### 402.03 TRAMOS EN TANGENTE

A efectos de la presente Norma, en caso de disponerse el elemento tangente, las longitudes mínima admisible y máxima deseable, en función de la velocidad de proyecto, serán las dadas en la [Tabla 402.01.](#)

**TABLA 402.01**  
**LONGITUD DE TRAMOS EN TANGENTE**

$V_d$ (Km/h)	$L_{min.s}$ (m)	$L_{min.o}$ (m)	$L_{máx}$ (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171
140	195	390	2338
150	210	420	2510

Siendo:

$L_{min.s}$  = Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineación recta en alineaciones curvas con radios de curvatura de sent contrario).

$L_{min.o}$  = Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{máx}$  = Longitud máxima (m).

$V_d$  = Velocidad de diseño (Km/h)

## 402.04 CURVAS CIRCULARES

### 402.04.01 Elementos de la Curva Circular.

En la [Figura 402.01](#) se ilustran los diversos elementos asociados a una curva circular. La simbología normalizada que se define a continuación deberá ser respetada por el proyectista.

Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada media (m)

R : Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L : Longitud de la curva (m)

L.C : Longitud de la cuerda (m)

$\Delta$  : Angulo de deflexión ( $^{\circ}$ )

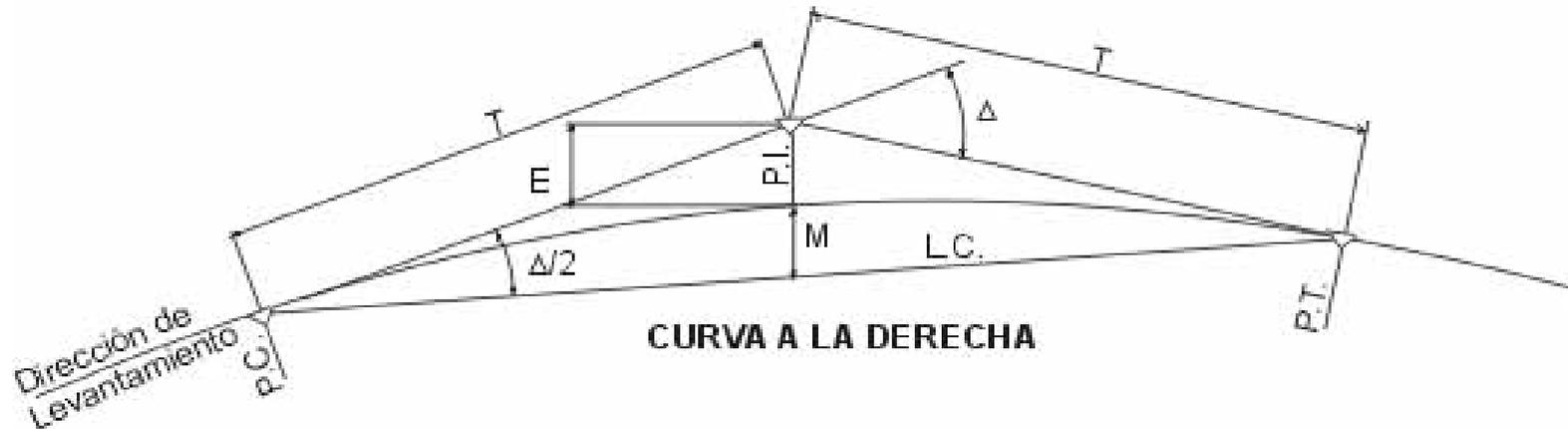
p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobreechancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

#### **402.04.02 Radios Mínimos Absolutos**

Los radios mínimos que se usarán en las diferentes carreteras serán función de la velocidad directriz y del peralte, de acuerdo a los valores que se indican en la [Tabla 402.02](#)

## SIMBOLOGÍA DE CURVA CIRCULAR



- P.C. = Punto de Inicio de la Curva  
 P.I. = Punto de Intersección  
 P.T. = Punto de Tangencia  
 E = Distancia a Externa (m)  
 M = Distancia de la Ordenada Media (m)  
 R = Longitud del Radio de la Curva (m)  
 T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m)  
 L = Longitud de la Curva (m)  
 LC. = Longitud de la Cuerda (m)  
 Δ = Ángulo de Deflexión

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$LC. = 2 R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2}$$

$$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$$

$$M = R [1 - \cos (\Delta/2)]$$

$$E = R [\sec (\Delta/2) - 1]$$

FIGURA 402 01

**TABLA 402.02**

**RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS PARA DISEÑO DE CARRETERAS**

Ubicación de la Vía	Velocidad dediseño (Kph)	p máx%	Radio Mínimo (m)
Area Urbana (Alta Velocidad)	30	4,00	35
	40	4,00	60
	50	4,00	100
	60	4,00	150
	70	4,00	215
	80	4,00	280
	90	4,00	375
	100	4,00	495
	110	4,00	635
	120	4,00	875
	130	4,00	1110
	140	4,00	1405
	150	4,00	1775
Area Rural (con peligro de Hielo)	30	6,00	30
	40	6,00	55
	50	6,00	90
	60	6,00	135
	70	6,00	195
	80	6,00	255
	90	6,00	335
	100	6,00	440
	110	6,00	560
	120	6,00	755
	130	6,00	950
	140	6,00	1190
Area Rural(Tipo 1,2 ó 3)	30	8,00	30
	40	8,00	50
	50	8,00	85

	60	8,00	125
	70	8,00	175
	80	8,00	230
	90	8,00	305
	100	8,00	395
	110	8,00	505
	120	8,00	670
	130	8,00	835
	140	8,00	1030
	150	8,00	1265
Area Rural (Tipo 3 ó 4)	30	12,00	25
	40	12,00	45
	50	12,00	70
	60	12,00	105
	70	12,00	150
	80	12,00	195
	90	12,00	255
	100	12,00	330
	110	12,00	415
	120	12,00	540
	130	12,00	665
	140	12,00	815
	150	12,00	985

#### 402.04.03 Relación del Peralte, Radio y Velocidad Específica

Las Figuras [304.03](#), [304.04](#), [304.05](#) y [304.06](#) permiten obtener el peralte y el radio para una curva que se desea diseñar para una velocidad específica determinada.

#### 402.04.04 Curvas en Contraperalte.

Sobre ciertos valores del radio, es posible mantener el bombeo normal de la calzada, resultando una curva que presenta, en una o en todas sus carriles, un contraperalte en relación al sentido de giro de la curva. Puede resultar conveniente adoptar esta solución cuando el radio de la curva es igual o mayor que el indicado en la [Tabla 402.03](#) de alguna de las siguientes situaciones:

- (1) La pendiente longitudinal es muy baja y la transición de peralte agudizará el problema de drenaje de la calzada.
- (2) Se desea evitar el escurrimiento de agua hacia el separador central.
- (3) En zonas de transición donde existen ramales de salida o entrada asociados a una curva amplia de la carretera, se evita el quiebre de la arista común entre ellas.

**TABLA 402.03**

**RADIO LÍMITES EN CONTRAPERALTE - CALZADAS CON PAVIMENTOS**

<b>V (KPH)</b>	60	70	80	90	100	110	120
<b>RL Adoptado</b>	1000	1000	1200	1600	2000	2800	4000

En caminos de velocidad de diseño inferior a 60 KPH o cuya calzada no cuente con pavimento, no se usarán contraperaltes.

**402.05 TRANSICIÓN DE PERALTE**

La variación del peralte requiere una longitud mínima, de forma que no se supere un determinado valor máximo de la inclinación que cualquier borde de la calzada tenga con relación a la del eje del giro del peralte.

A efectos de aplicación de la presente Norma, dicha inclinación se limitará a un valor máximo ( $ip_{m\acute{a}x}$ ) definido por la ecuación:

$$ip_{max} = 1,8 - 0,01.V$$

Siendo:

$ip_{m\acute{a}x}$  : Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la misma (%).

V : Velocidad de diseño (Kph).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la ecuación:

$$L_{min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{m\acute{a}x}} \cdot B$$

Siendo :

$L_{min}$  : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

$p_f$  : peralte final con su signo (%)

$p_i$  : peralte inicial con su signo (%)

B : distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

## **402.06 SOBREANCHO**

### **402.06.01 Necesidad del sobreancho**

Las secciones en curva horizontal, deberán ser provistas del sobreancho necesario para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

### **402.06.02 Valores del sobreancho**

La [Figura 402.02](#) muestra los valores de sobreancho.

Los valores de sobreancho calculados podrán ser redondeados, para obtener valores que sean múltiplos de 0,10 metros. En la [Tabla 402.04](#), se entregan los valores redondeados para el vehículo de diseño y 2 carriles.

Para anchos de calzada en recta  $\geq 7,0$  m, los valores del sobreancho de la [Tabla 402.04](#) podrán ser reducidos en el porcentaje que se da en la [Figura 402.05](#) (a) en función a la radio de la curva.

El valor del sobreancho, estará limitado para curvas de radio menor a lo indicado en la [Tabla 402.05](#) (asociado a  $V \leq 80$  Kph) y se debe aplicar solamente en el borde interior de la calzada. En el caso de colocación de una junta central longitudinal o de demarcación, la línea se debe fijar en toda la mitad de los bordes de la calzada ya ensanchada.

Para radios mayores, asociados a velocidades mayores de 80 Kph, el valor del sobreancho será calculado en cada caso.

**TABLA 402.04 [Ver Tabla](#)  
VALORES DEL SOBREENCHO**

$$S_a = 1 \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

**L ( EJE POSTERIOR. - PARTE FRONTAL ) : 7,30 m (C2)    Nº DE CARRILES : 2**

R	V = 30 KPH		V = 40 KPH		V = 50 KPH		V = 60 KPH		V = 70 KPH		V = 80 KPH	
	Calculo (m)	Recomendado (m)										
25	2.78	2.8										
28	2.5	2.5										
30	2.35	2.4										
35	2.05	2.1										
37	1.95	2										
40	1.82	1.9										
45	1.64	1.7	1.79	1.8								
50	1.5	1.5	1.64	1.7								
55	1.38	1.4	1.51	1.5								
60	1.28	1.3	1.41	1.4								
70	1.12	1.2	1.24	1.3	1.36	1.4						
80	1	1	1.11	1.1	1.23	1.2						
90	0.91	0.9	1.01	1	1.12	1.1						
100	0.83	0.9	0.93	0.9	1.03	1	1.13	1.1				
120	0.72	0.8	0.81	0.8	0.9	0.9	0.99	1				
130	0.67	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.94	1				
150	0.6	0.6	0.68	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.93	0.9		
200	0.48	0.5	0.55	0.6	0.62	0.6	0.69	0.7	0.76	0.8	0.83	0.8
250	0.4	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.59	0.6	0.66	0.7	0.72	0.7
300	0.35	0.4	0.41	0.4	0.47	0.55	0.52	0.5	0.58	0.6	0.64	0.6
350	0.31	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.58	0.6
400	0.28	0.3	0.33	0.4	0.38	0.4	0.43	0.4	0.48	0.5	0.53	0.5
450			0.31	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.45	0.4	0.5	0.5
500					0.33	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4	0.46	0.5
550							0.35	0.4	0.4	0.4	0.44	0.4
600							0.33	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4
650									0.36	0.4	0.4	0.4
700									0.34	0.3	0.38	0.4
800											0.35	0.4
900											0.33	0.3

**FIGURA 402.02**  
**VALORES DE SOBREALCHO**

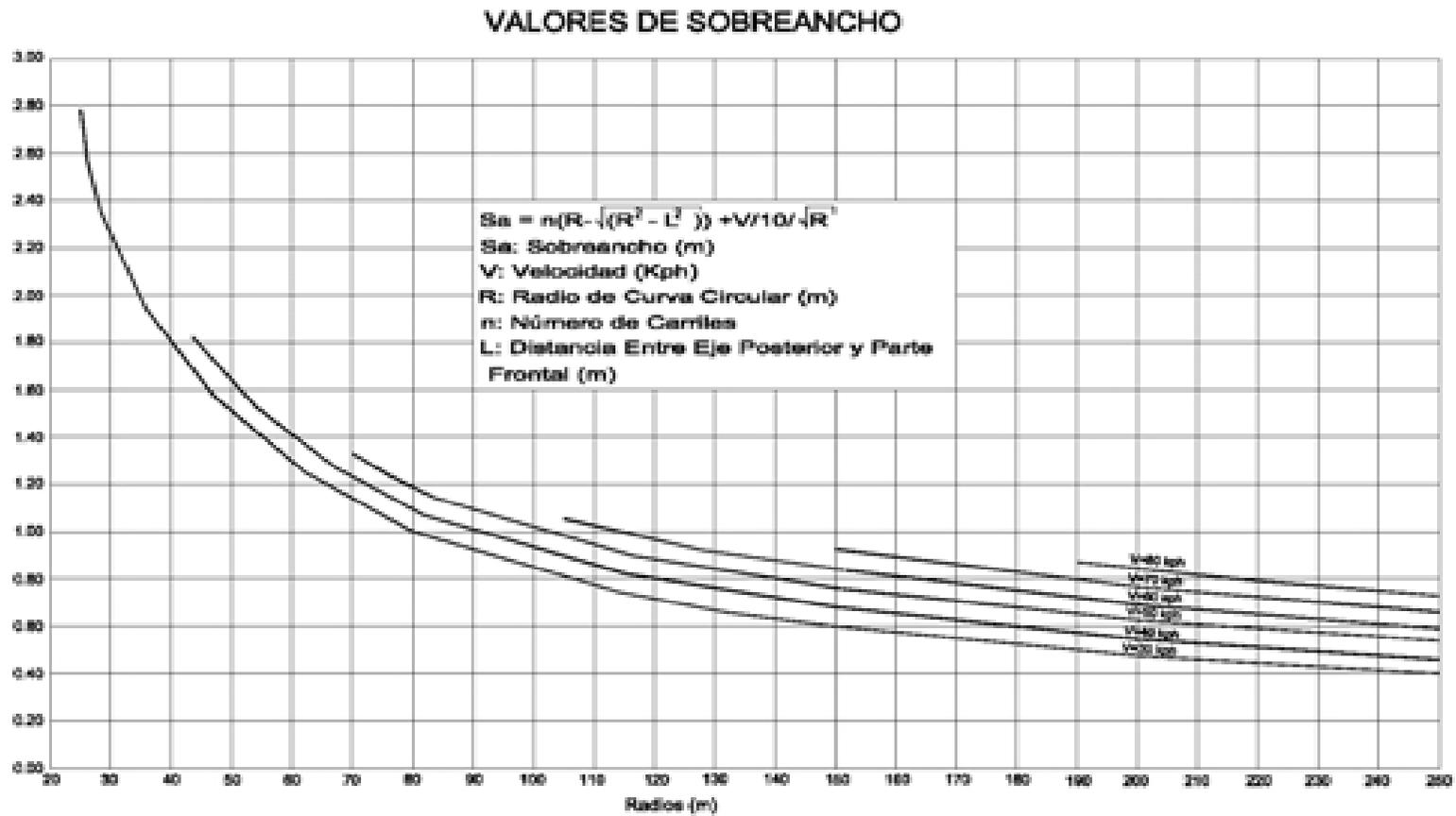


FIGURA 402.02



**TABLA 402.05**  
**FACTORES DE REDUCCION DEL SOBREANCHO PARA ANCHOS DE**  
**CALZADA**  
**EN RECTA > 7m.**

RADIO (R) (m)	FACTOR DE REDUCCION	RADIO (R) (m)	FACTOR DE REDUCCION
25	0.86	130	0.52
28	0.84	150	0.47
30	0.83	200	0.38
35	0.81	250	0.27
37	0.8	300	0.18
40	0.79	350	0.12
45	0.77	400	0.07
50	0.75	450	0.08
55	0.72	500	0.05
60	0.7		
70	0.69		
80	0.63		
90	0.6		
100	0.59		
120	0.54		

NOTA: El valor mínimo del sobreancho a aplicar es de 0,30 m.

#### 402.06.03 Longitud de transición y desarrollo del sobreancho

La [Figura 402.03 \(a\), \(b\) y \(c\)](#), muestran la distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular, con la cual se forma una superficie adicional de calzada, que facilita al usuario especialmente de vehículo pesado maniobrar con facilidad.

En la [Figura 402.03 \(a\)](#), la repartición del sobreancho se hace en forma lineal empleando para ello, la longitud de transición de peralte de esta forma se puede conocer el sobreancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente relación matemática.

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} \times Ln$$

Donde:

$Sa_n$  : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

$Sa$  : Sobreancho calculado para la curva, (m)

$Ln$  : Longitud arbitraria, a la cual se desea determinar el sobreancho (m)

$L$  : Longitud de transición de peralte (m).

La distribución del sobreancho cuando un arco de espiral empalma dos arcos circulares de radio diferente y del mismo sentido. Se debe hacer aplicando la siguiente relación matemática, la cual se obtiene a partir de una distribución lineal; la Figura 402.03 (c), describe los elementos utilizados en el cálculo.

$$Sa_n = Sa_1 + (Sa_2 - Sa_1) \frac{Ln}{L}$$

Donde:

$Sa_n$  : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

$Sa_1$  : Sobreancho calculado para el arco circular de menor curvatura (m)

$Sa_2$  : Sobreancho calculado para el arco circular de mayor curvatura (m)

$Ln$  : Longitud arbitraria, a la cual se desea determinar el sobreancho (m)

$L$  : Longitud del arco de transición (m).

## SOBRE ANCHO EN TRANSICIÓN CON ESPIRALES

### SOBRE ANCHO EN TRANSICIÓN CON ESPIRALES

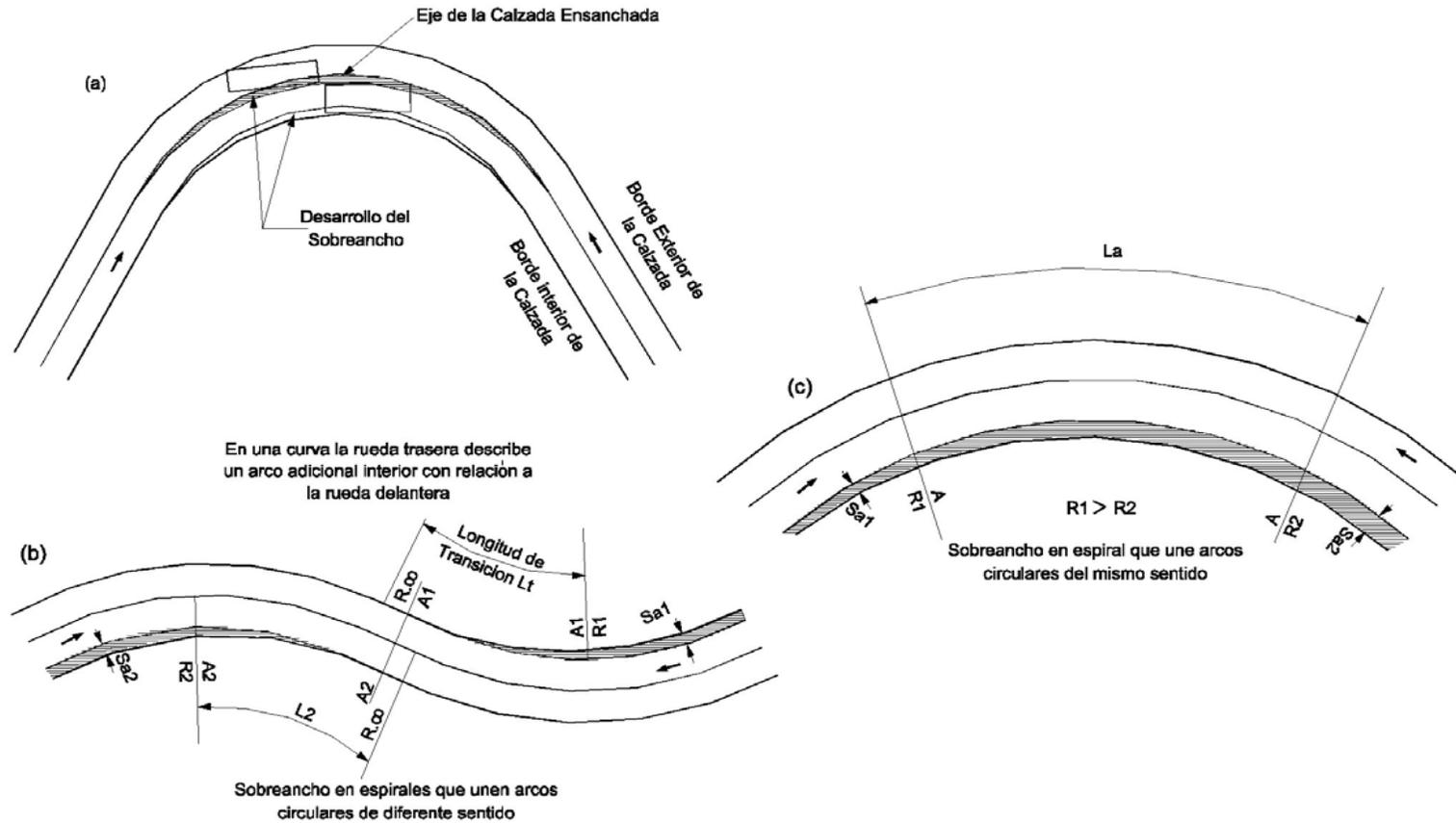


FIGURA 402.03

## 402.07 CURVAS DE TRANSICIÓN.

### 402.07.01 Funciones

Las curvas de transición tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

### 402.07.02 Tipo de espiral de transición

Se adoptará en todos los casos como curva de transición la clotoide, cuya ecuación intrínseca es:

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

Siendo:

R : radio de curvatura en un punto cualquiera

L : Longitud de la curva entre su punto de inflexión ( $R = \infty$ ) y el punto de radio R

A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma

### 402.07.03 Elección del Parámetro para una Curva de Transición

El criterio empleado para relacionar el parámetro de una clotoide con la función que ella debe cumplir en una Curva de Transición en carreteras, se basa en el cálculo del desarrollo requerido por la clotoide para distribuir a una tasa uniforme ( $J \text{ m/seg}^3$ ), la aceleración transversal no compensada por el peralte, generada en la curva circular que se desea enlazar.

$$A_{\text{mín}} = \sqrt{\frac{VR}{46656J} \left( \frac{V^2}{R} - 1.27p \right)} \quad (*)$$

Siendo:

V : Velocidad de Diseño (Kph)

R : Radio de curvatura (m)

J : Tasa uniforme ( $\text{m/seg}^3$ )

p : Peralte correspondiente a V y R. (%)

(\*) Representa la ecuación general para determinar el parámetro mínimo que corresponde a una clotoide calculada para distribuir la aceleración transversal no compensada, a una tasa J compatible con la seguridad y comodidad.

A efectos prácticos, se adoptarán para J los valores indicados en la [Tabla 402.06](#).

**TABLA 402.06**  
**VARIACIÓN DE LA ACELERACIÓN TRANSVERSAL POR UNIDAD DE TIEMPO**

V (Km/h)	V < 80	80 ≤ V < 100	100 ≤ V < 120	120 ≤ V
J (m/s <sup>3</sup> )	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s <sup>3</sup> )	0,7	0,8	0,5	0,4

Sólo se utilizarán los valores de Jmáx cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la comodidad.

En la [Tabla 402.07](#) se muestran tabulados algunos valores mínimos comunes a modo de ejemplo para el calculo. En ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores a 30 m.

**TABLA 402.07**  
**LONGITUD DE CURVA DE TRANSICIÓN MÍNIMA**

Velocidad	Radio min	J	Peralte max.	A min	Longitud de Transición (L)	
					Calculada	Redondeada
KPH	m	m/seg <sup>3</sup>	%	m	m	m
30	24	0,5	12	26	28	30
30	26	0,5	10	27	28	30
30	28	0,5	8	28	28	30
30	31	0,5	6	29	27	30
30	34	0,5	4	31	28	30
30	37	0,5	2	32	28	30
40	43	0,5	12	40	37	40
40	47	0,5	10	41	36	40
40	50	0,5	8	43	37	40
40	55	0,5	6	45	37	40
40	60	0,5	4	47	37	40
40	66	0,5	2	50	38	40

50	70	0,5	12	55	43	45
50	76	0,5	10	57	43	45
50	82	0,5	8	60	44	45
50	89	0,5	6	62	43	45
50	98	0,5	4	66	44	45
50	109	0,5	2	69	44	45
60	105	0,5	12	72	49	50
60	113	0,5	10	75	50	50
60	123	0,5	8	78	49	50
60	135	0,5	6	81	49	50
60	149	0,5	4	86	50	50
60	167	0,5	2	90	49	50
70	148	0,5	12	89	54	55
70	161	0,5	10	93	54	55
70	175	0,5	8	97	54	55
70	193	0,5	6	101	53	55
70	214	0,5	4	107	54	55
70	241	0,5	2	113	53	55
80	194	0,4	12	121	75	75
80	210	0,4	10	126	76	75
80	229	0,4	8	132	76	75
80	252	0,4	6	139	77	75
80	280	0,4	4	146	76	75
80	315	0,4	2	155	76	75
90	255	0,4	12	143	80	80
90	277	0,4	10	149	80	80
90	304	0,4	8	155	79	80
90	336	0,4	6	163	79	80
90	375	0,4	4	173	80	80
90	425	0,4	2	184	80	80
100	328	0,4	12	164	82	85
100	358	0,4	10	171	82	85
100	394	0,4	8	179	81	85
100	437	0,4	6	189	82	85

100	492	0,4	4	200	81	85
100	582	0,4	2	214	81	85
110	414	0,4	12	185	83	90
110	454	0,4	10	193	82	90
110	501	0,4	8	203	82	90
110	560	0,4	6	215	83	90
110	635	0,4	4	229	83	90
110	733	0,4	2	246	83	90
120	540	0,4	12	199	73	75
120	597	0,4	10	209	73	75
120	667	0,4	8	221	73	75
120	756	0,4	6	236	74	75
120	872	0,4	4	253	73	75
120	1031	0,4	2	275	73	75
130	700	0,4	12	208	62	65
130	783	0,4	10	220	62	65
130	887	0,4	8	234	62	65
130	1024	0,4	6	252	62	65
130	1210	0,4	4	274	62	65
130	1479	0,4	2	303	62	65
140	908	0,4	12	208	48	50
140	1029	0,4	10	221	47	50
140	1187	0,4	8	238	48	50
140	1403	0,4	6	259	48	50
140	1715	0,4	4	286	48	50
140	2205	0,4	2	324	48	50

#### 402.07.04 Parámetros Mínimos y Deseables.

El valor  $A_{\min}$  calculado con el criterio de limitación del crecimiento de aceleración transversal no compensada, deberá cumplir además las siguientes condiciones:

(a) Por Estética y Guiado Óptico

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R$$

(b) Por Condición de Desarrollo de Peralte.

Para velocidades bajo 60 Kph, cuando se utilizan radios del orden del mínimo, o en calzadas de más de dos carriles la longitud de la curva de transición correspondiente a  $A_{mín}$ . puede resultar menor que la longitud requerida para desarrollar el peralte dentro de la curva de transición. En estos casos se determinará  $A$ , imponiendo la condición que "L" (largo de la curva de transición) sea igual al desarrollo de peralte "I", requerido a partir del punto en que la pendiente transversal de la calzada o carril es nula.

#### 402.07.05 Radios que permiten Prescindir de la Curva de Transición.

**TABLA 402.08**  
**RADIOS SOBRE LOS CUALES SE PUEDE**  
**PRESCINDIR DE LA CURVA DE TRANSICIÓN**

V (Kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800	2000

La anterior tabla no significa que para radios superiores a los indicados se deba suprimir la curva de transición; ello es optativo y dependerá en parte del sistema de trabajo en uso.

#### 402.07.06 Transición del Peralte.

Cuando la transición del peralte se realice a lo largo de una curva de transición, su longitud deberá respetar la longitud mínima derivada del cumplimiento de la limitación establecida en el [Tópico 402.05](#).

El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m) en carreteras de calzadas separadas y en una longitud máxima de veinte metros (20 m) en carreteras de calzada única, y de la siguiente forma:

- Bombeo con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente, desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.
- Bombeo con pendiente única del mismo sentido que el peralte subsiguiente. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la clotoide.
- Bombeo con pendiente única de sentido contrario al peralte subsiguiente. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollará en los tramos siguientes:

- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento (2%) en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m), para carreteras de calzadas separadas, y de veinte metros (20 m) para carreteras de calzada única.
- Desde el punto de peralte dos por ciento (2%), hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

En el caso de que la longitud de la curva circular sea menor de treinta metros (30 m), los tramos de transición del peralte 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 curvatura de la curva circular.

#### **402.07.07 Desarrollo del Sobreechancho**

La longitud normal para desarrollar el sobreechancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreechancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

El desarrollo del sobreechancho se dará, por lo tanto, siempre dentro de la curva de transición, adoptando una variación lineal con el desarrollo y ubicándose el costado de la carretera que corresponde al interior de la curva.

#### **402.08 CURVAS COMPUESTAS**

##### **402.08.01 Caso General**

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva.

##### **402.08.02 Caso Excepcional**

En caso excepcional se podrá usar curvas compuestas, aclarando las razones, técnico-económicas u otras, que justifican el empleo de dos curvas continuas de radio diverso.

En tal caso y en el caso de usar la policéntrica de tres centros, deberán respetarse las siguientes condiciones:

- El radio de una de las curvas no será mayor de 1.5 veces el radio de la otra.
- Para armonizar los valores del peralte y sobreechancho de cada una de las

curvas vecinas, se empleará una longitud de transición que se determinará con la condición indicada en el [Tópico 402.05](#).

La variación del peralte se efectuará dentro de la curva de radio mayor, a partir del P.C.C.

#### **402.08.03 Curvas Vecinas del mismo sentido**

En general se evitará el empleo de curvas del mismo sentido, cuando sean separadas por un tramo en tangente de una longitud menor de 450 m, más o menos.

Cuando dos curvas del mismo sentido se encuentran separadas por una tangente menor o igual a 100 m, deberán reemplazarse por una sola curva, o excepcionalmente, por una curva policéntrica.

#### **402.08.04 Curva y Contracurva (curva "S")**

(a) Curva "S" con Curva de Transición

Entre dos curvas de sentido opuesto deberá existir siempre un tramo en tangente lo suficientemente largo como para permitir las longitudes de transición indicadas en el [Tópico 402.07](#)

(b) Curva "S" sin Curva de Transición

La longitud mínima de tangente entre dos curvas de sentidos inversos será aquella necesaria para permitir la transición del peralte con los límites de incremento fijados en el [Tópico 402.05](#).

#### **402.09 CURVAS DE VUELTA**

La [Figura 402.04](#), ilustra un caso general en que las alineaciones de entrada y salida de la curva de vuelta presentan una configuración compleja. En la práctica, ambas ramas pueden ser alineaciones rectas con sólo una curva de enlace intermedia. Según sea el desarrollo de la curva de vuelta propiamente tal, estas alineaciones podrán ser paralelas entre sí, divergentes, etc.

La curva de vuelta propiamente tal quedará definida por dos arcos circulares correspondientes al radio interior " $R_i$ " y exterior " $R_e$ ".

Los valores posibles para  $R_i$  y  $R_e$ . Según los vehículos tipo que se prevean, se indican en la [Tabla 402.09](#).

# CURVA DE VUELTA

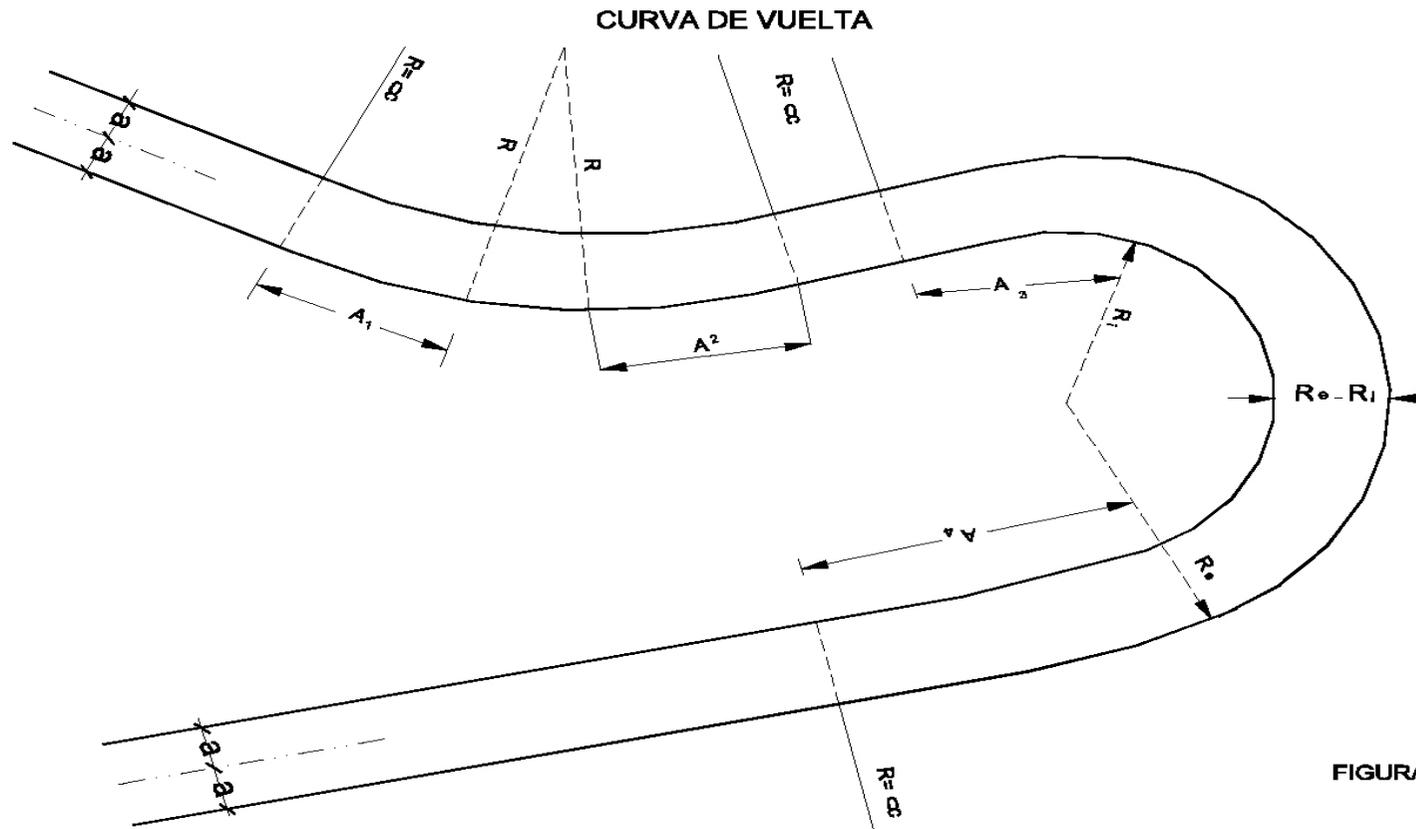


FIGURA 402.04

Figura 402.04

**TABLA 402.09**  
**RADIO EXTERIOR MÍNIMO CORRESPONDIENTE A UN RADIO INTERIOR**  
**ADOPTADO**

Radio interior $R_i$ (m)	Radio Exterior Mínimo $R_e$ (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6,0	14,00	15,75	17,50
7,0	14,50	16,50	18,25
8,0	15,25	17,25	19,00
10,0	16,75 *	18,75	20,50
12,0	18,25 *	20,50	22,25
15,0	21,00 *	23,25	24,75
20,0	26,00 *	28,00	29,25

\* La tabla considera un ancho de calzada en recta de 6m., en caso de que ella sea superior,  $R_e$  deberá aumentarse consecuentemente hasta que  $R_e - R_i =$  Ancho Normal Calzada.

El radio interior de 6 m, representa un mínimo absoluto y sólo podrá ser usado en caminos de muy poco tránsito, en forma excepcional.

El radio interior de 8 m, representa un mínimo normal en caminos de poco tránsito.

En carreteras de importancia se utilizarán radios interiores  $\geq 15$  m.

#### 402.09.01 Pendiente Longitudinal y Peralte

En la zona de la curva de retorno se deberán respetar las siguientes pendientes máximas, según el borde interior de la calzada.

Zona con hielo o nieve: 4%

Otras zonas: 5%

Si las pendientes de los alineamientos anterior y/o posterior son mayores que los valores indicados, las curvas verticales requeridas para enlazar el cambio de pendiente deberán terminarse o iniciarse en el tramo recto anterior o posterior a las citadas curvas de enlace.

Transición. El desarrollo del peralte se dará en las curvas de anterior y posterior a la curva de vuelta.

Cuando el borde exterior de la curva coincide con el carril de subida, se procurará utilizar una transición de peralte lo más larga posible, a fin de que el incremento de

pendiente en la curva de enlace, por concepto de pendiente relativa de borde, sea moderado. Ello puede implicar el uso de un parámetro mayor que el mínimo aceptable, a fin de lograr un mayor desarrollo de la clotoide.

## 402.10 VISIBILIDAD

### 402.10.01 Visibilidad de Parada

La distancia de visibilidad de parada será la determinada de la [Figura 402.05](#)

### 402.10.02 Visibilidad de Paso

La distancia de visibilidad de paso será la determinada de la [Figura 402.06](#)

### 402.10.03 Banquetas de Visibilidad

En las curvas horizontales deberán asegurarse la visibilidad a la distancia mínima de parada, de acuerdo a lo indicado en la [Sección 204](#) y en el [Tópico 402.10](#).

El control de este requisito y la determinación de la eventual banquetta de visibilidad se definirá, luego de verificar si una curva provee o no la distancia de visibilidad requerida. Con ese fin se presenta la [Figura 402.07](#), si la verificación indica que no se tiene la visibilidad requerida y no es posible o económico aumentar el radio de la curva. Se recurrirá al procedimiento de la [Figura 402.08](#).

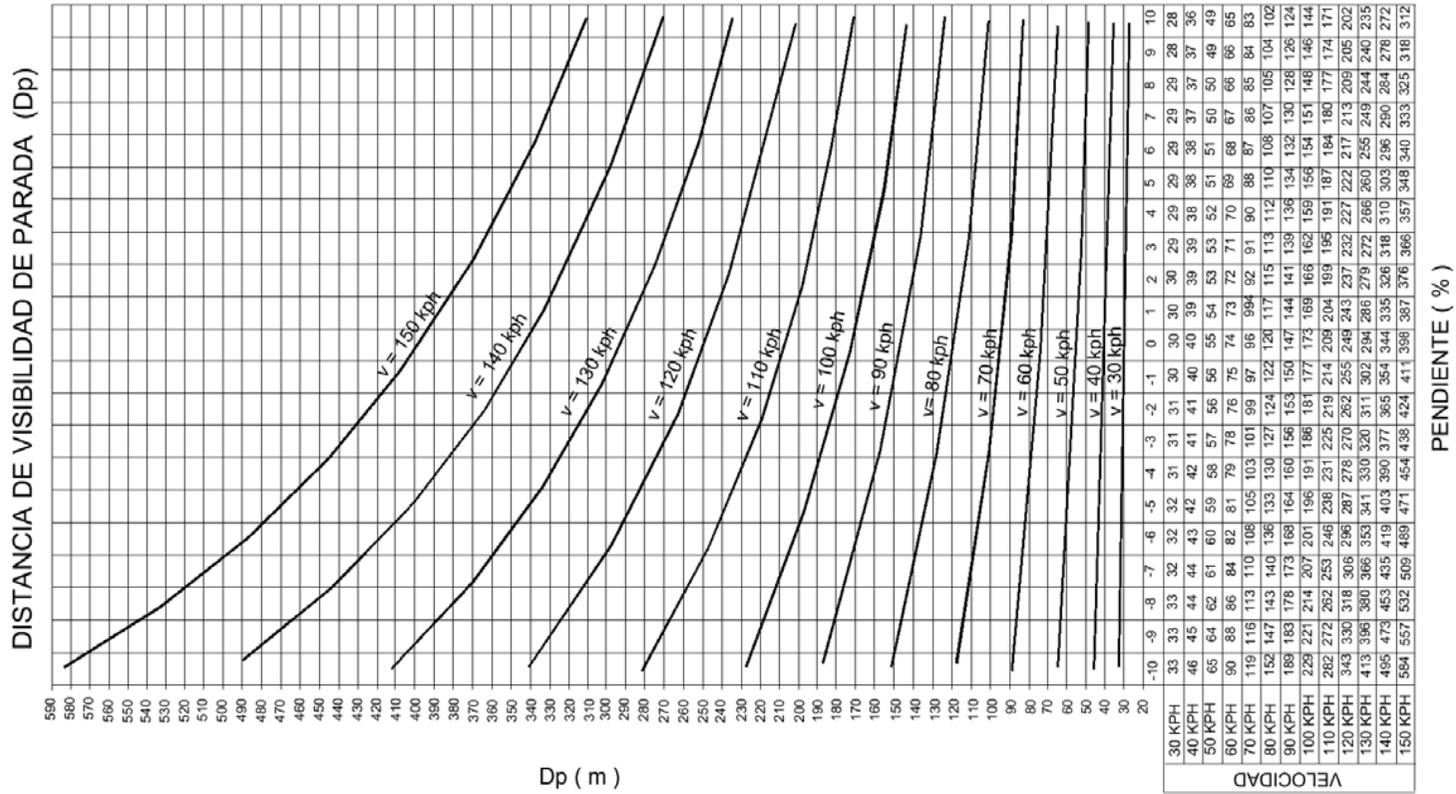
Asimismo se presenta la [Tabla 402.10](#) con los alejamientos mínimos de obstáculos en tangente.

**TABLA 402.10**  
**ALEJAMIENTO MÍNIMO DE LOS OBSTÁCULOS FIJOS EN TRAMOS EN**  
**TANGENTE MEDIDO DESDE EL BORDE DE LA BERMA HASTA EL BORDE DEL**  
**OBJETO**

Descripción	Alejamiento (m)
Obstáculos aislados (pilares, postes, etc)	1,50 (0,60)
Obstáculos continuos (muros, paredes, barreras, etc)	0,60 (0,30)
Pared, muro o parapeto, sin flujo de peatones	0,80 (0,60)
Idem, con flujo de peatones	1,50

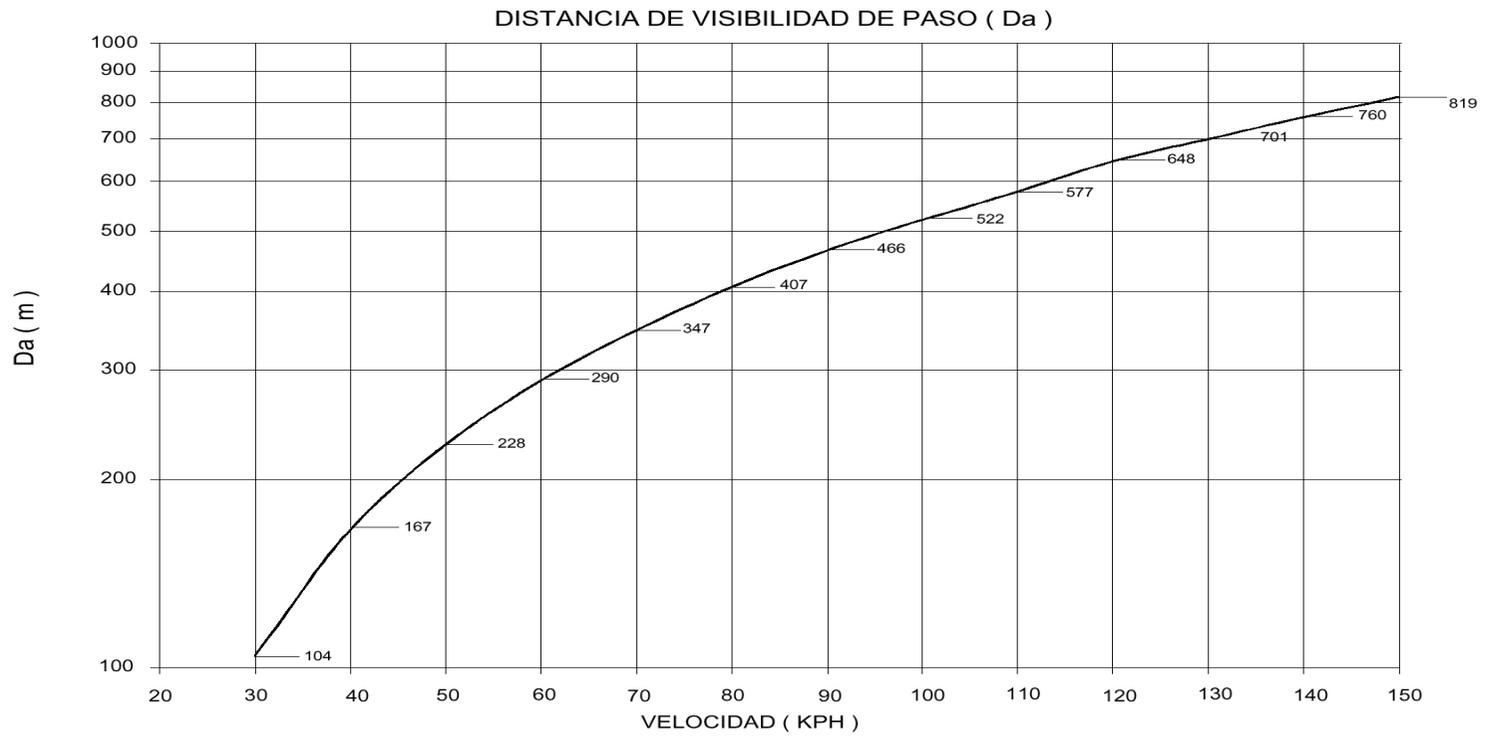
Nota : Alejamientos desde el borde exterior de la berma  
( ) : Valores mínimos absolutos, no aceptables para las carreteras de la Red Vial Nacional.

**Figura 402.05**  
**DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA**



**FIGURA 402.05**

## DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO



V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
$D_a$ ( m )	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

FIGURA 402.06

FIGURA 402.06

DESPEJE LATERAL REQUERIDO POR VISIBILIDAD DE PARADA O ADELANTAMIENTO

DESPEJE LATERAL REQUERIDO POR VISIBILIDAD DE PARADA O ADELANTAMIENTO

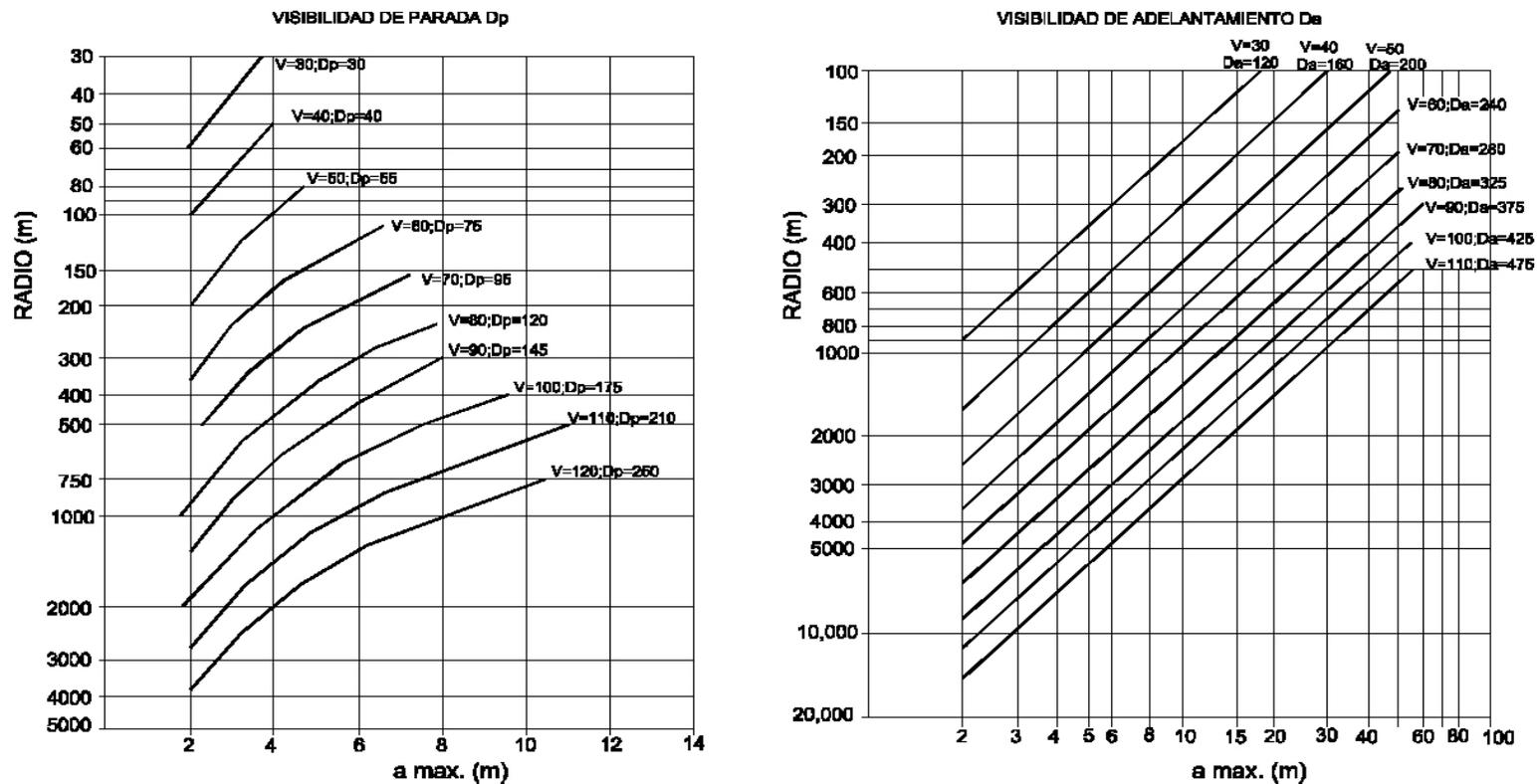


FIGURA 402.07

FIGURA 402.07

VISIBILIDAD EN CURVA

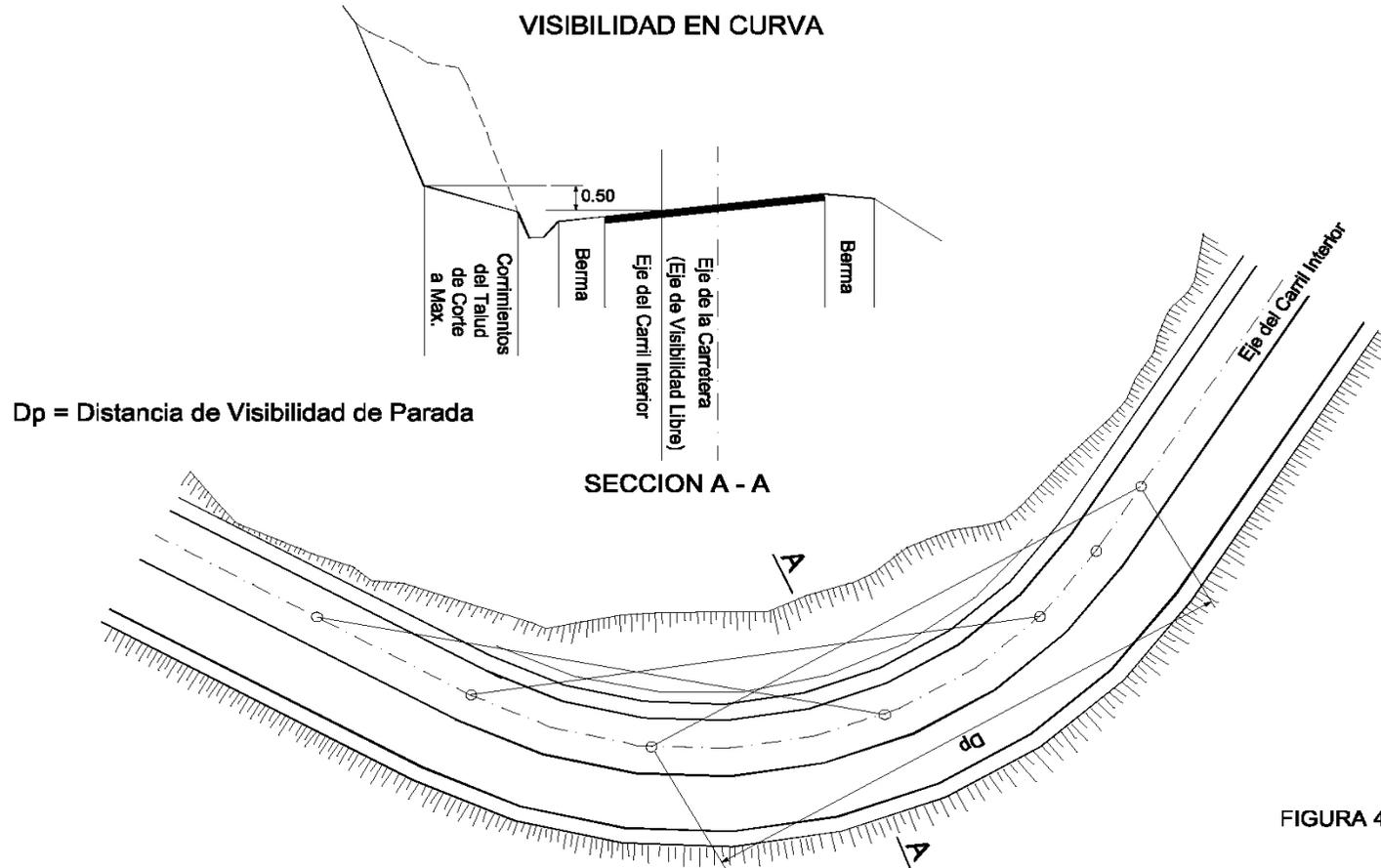


FIGURA 402.08



#### **402.10.04 Zonas de No Adelantar**

Toda vez que no se disponga la visibilidad de adelantamiento mínima, por restricciones causadas por elementos asociados a la planta o elevación o combinaciones de éstos, la zona de adelantamiento prohibido deberá quedar señalizada mediante pintura en el pavimento y/o señalización vertical. En caminos de alto tránsito en que los mismos vehículos pueden obstaculizar la visibilidad de la señalización, se considerará la utilización de señalización vertical adicional, en el lado izquierdo de la carretera.

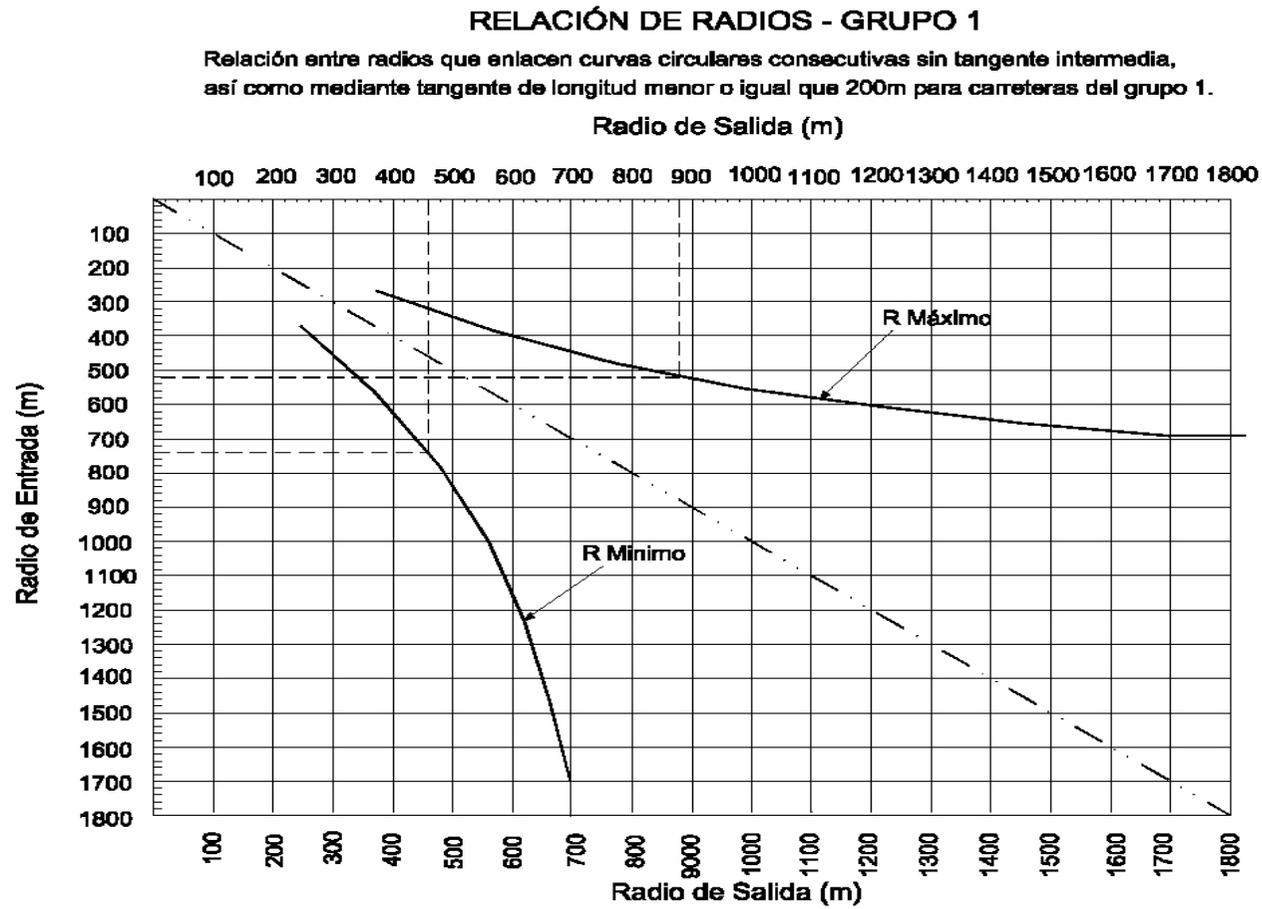
#### **402.11 COORDINACIÓN ENTRE CURVAS CIRCULARES.**

Para todo tipo de carretera, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas sin recta intermedia, así como mediante recta de longitud menor o igual que 200 m, la relación de radios de las curvas circulares no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las [Figuras 402.09](#) y [402.10](#). La tabulación correspondiente a las figuras está en las [Tablas 402.11](#) y [402.12](#), considerando:

Grupo 1 : Carreteras de calzadas separadas y carreteras de 1ra. clase.

Grupo 2 : Carreteras de 2da. clase.

**FIGURA 402.09**  
**RELACION DE RADIOS GRUPO 1**



**FIGURA 402.09**

FIGURA 402.10

Relación entre radios que enlace curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia.  
asi como mediante tangente de longitud menor o igual que 200m para carreteras de grupo 2  
Radio de Salida (m)

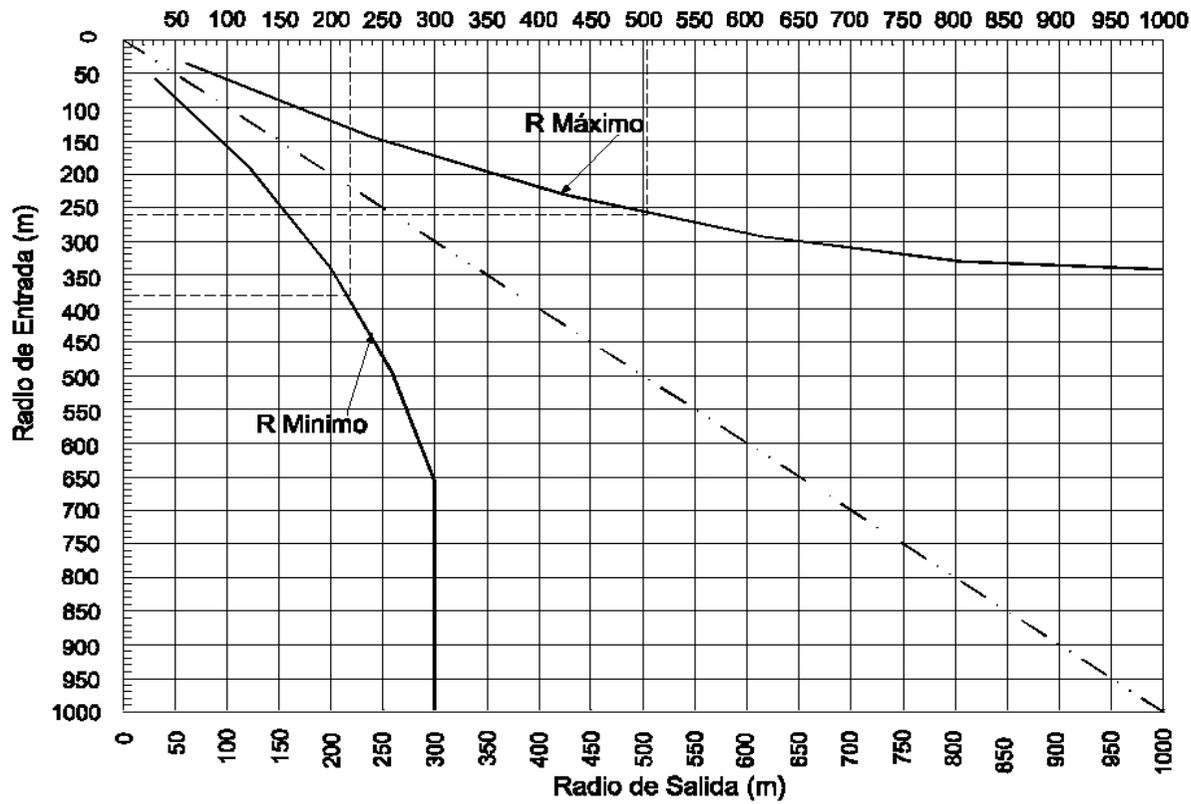


FIGURA 402.10

FIGURA 402.10

**TABLA 402.11**  
**RELACIÓN ENTRE RADIOS CONSECUTIVOS - GRUPO 1**

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
250	375	250	820	> 1720	495
260	390	250	840	> 1720	503
270	405	250	880	> 1720	510
280	420	250	880	> 1720	517
290	435	250	900	> 1720	524
300	450	250	920	> 1720	531
310	466	250	940	> 1720	537
320	481	250	960	> 1720	544
330	497	250	980	> 1720	550
340	513	250	1000	> 1720	558
350	529	250	1020	> 1720	561
360	545	250	1040	> 1720	567
370	562	250	1060	> 1720	572
380	579	253	1080	> 1720	578
390	596	260	1100	> 1720	583
400	614	267	1120	> 1720	588
410	633	273	1140	> 1720	593
420	652	280	1160	> 1720	598
430	671	287	1180	> 1720	602
440	692	293	1200	> 1720	607
450	713	300	1220	> 1720	611
460	735	306	1240	> 1720	616
470	758	313	1260	> 1720	620
480	781	319	1280	> 1720	624
490	806	326	1300	> 1720	628

500	832	332	1320	> 1720	632
510	859	338	1340	> 1720	636
520	887	345	1360	> 1720	640
530	917	351	1380	> 1720	644
540	948	357	1400	> 1720	648
550	981	363	1420	> 1720	651
560	1015	369	1440	> 1720	655
570	1051	375	1460	> 1720	659
580	1089	381	1480	> 1720	662
590	1128	386	1500	> 1720	666
600	1170	392	1520	> 1720	669
610	1214	398	1540	> 1720	672
620	1260	403	1560	> 1720	676
640	1359	414	1580	> 1720	679
660	1468	424	1600	> 1720	682
680	1588	434	1620	> 1720	685
700	1720	444	1640	> 1720	688
720	> 1720	453	1660	> 1720	691
740	> 1720	462	1680	> 1720	694
760	> 1720	471	1700	> 1720	697
780	> 1720	479	1720	> 1720	700
800	> 1720	488		> 1720	

**TABLA 402.12**  
**RELACIÓN ENTRE RADIOS CONSECUTIVOS - GRUPO 2**

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	> 670	212
50	75	50	370	> 670	216
60	90	50	380	> 670	220
70	105	50	390	> 670	223
80	120	53	400	> 670	227
90	135	60	410	> 670	231
100	151	67	420	> 670	234
110	166	73	430	> 670	238
120	182	80	440	> 670	241
130	198	87	450	> 670	244
140	215	93	460	> 670	247
150	232	100	470	> 670	250
160	250	106	480	> 670	253
170	269	112	490	> 670	256
180	289	119	500	> 670	259
190	309	125	510	> 670	262
200	332	131	520	> 670	265
210	355	137	530	> 670	267
220	381	143	540	> 670	270
230	408	149	550	> 670	273
240	437	154	560	> 670	275
250	469	160	570	> 670	278
260	503	165	580	> 670	280
270	540	171	590	> 670	282
280	580	176	600	> 670	285
290	623	181	610	> 670	287
300	670	186	620	> 670	289
310	> 670	190	640	> 670	294
320	> 670	195	660	> 670	298
330	> 670	199	680	> 670	302
340	> 670	204	700	> 670	306
350	> 670	208		> 670	

En autopistas y vías rápidas, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas con una recta intermedia de longitud superior a cuatrocientos metros (400 m), el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será igual o mayor que setecientos metros (700 m).

## Sección 403

### Diseño Geométrico del Perfil Longitudinal

#### 403.01 GENERALIDADES

El perfil longitudinal está formado por la rasante constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales dichas rectas son tangentes. Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del Kilometraje, siendo positivas aquéllas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el Perfil Longitudinal 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.

#### 403.02 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para la definición del perfil se adoptarán, salvo casos suficientemente justificados, los siguientes criterios:

- Posición del Perfil respecto a la planta

##### En carreteras de calzadas separadas

- La definición del perfil podrá ser común para ambas calzadas o diferente para cada una de ellas. En general el eje que lo defina coincidirá con el borde interior del carril más próximo al separador central.
- Cuando se prevea un aumento de carriles a costa del separador, se considerará la conveniencia de adoptar el eje considerando la sección transversal ampliada

##### En carreteras de calzada única

- El eje que define el perfil, coincidirá con el eje físico de la calzada (marca vial de separación de sentidos de circulación).

- La Rasante en relación a la Orografía.

En terreno Plano

En terreno plano, la rasante estará sobre el terreno, por razones de drenaje, salvo casos especiales.

En terrenos Ondulados

En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante seguirá las inflexiones del terreno, sin perder de vista las limitaciones impuestas por la estética, visibilidad y seguridad.

En terrenos Montañosos

En terreno montañoso, será necesario también adaptar la rasante al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario.

En terreno escarpado

El perfil estará condicionado por la divisoria de aguas

- Resulta desde todo punto de vista deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presente variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán estar presentes en el trazado si resultan indispensables. Sin embargo, la forma y oportunidad de su aplicación serán las que determinen la calidad y apariencia de la carretera terminada

- Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas toda vez que sea posible. Si las curvas son convexas se generan largos sectores con visibilidad restringida, y si ellas son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se crean falsas apreciaciones de distancia, curvatura, etc. Lo último es especialmente válido en carreteras con calzadas separadas
- En pendientes que superan la longitud crítica establecida como deseable para la categoría de carretera en proyecto, se deberá analizar la factibilidad de incluir carriles para tránsito lento. Un carril de tránsito lento puede implicar sólo un moderado aumento de costos de movimiento de tierras en carreteras de alto standard.

## **403.03 CURVAS VERTICALES**

### **403.03.01 Necesidad de Curvas Verticales**

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea de 1%, para carreteras con pavimento de tipo superior y de 2% para las demás.

### **403.03.02 Proyecto de las Curvas Verticales**

Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la distancia de visibilidad mínima de parada, de acuerdo a lo establecido en el [Tópico 402.10](#) y la distancia de paso para el porcentaje indicado en la [Tabla 205.02](#).

### **403.03.03 Longitud de las Curvas Convexas.**

La longitud de las curvas verticales convexas, viene dada por las siguientes expresiones:

- (a) Para contar con la visibilidad de parada (Dp)

Deberá utilizarse los valores de longitud de Curva Vertical de la [Figura 403.01](#) para esta condición.

- (b) Para contar con la visibilidad de Paso (Da).

Se utilizará los valores de longitud de Curva Vertical de la [Figura 403.02](#) para esta condición.

### **403.03.04 Longitud de las Curvas Cóncavas.**

Los valores de longitud de Curva Vertical serán los de la [Figura 403.03](#)

### **403.03.05 Consideraciones Estéticas.**

La longitud de la curva vertical cumplirá la condición:

$$L \geq V$$

Siendo:

L : Longitud de la curva (m)

V : Velocidad Directriz (Kph).

## **403.04 PENDIENTE**

### **403.04.01 Pendientes Mínimas**

En los tramos en corte generalmente se evitará el empleo de pendientes menores de 0,5%.

Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo superior a 2%.

#### **403.04.02 Pendientes Máximas**

El proyectista tendrá, en general, que considerar deseable los límites máximos de pendiente que están indicados en la [Tabla 403.01](#).

En zonas superiores a los 3000 msnm, los valores máximos de la [Tabla 403.01](#), se reducirán en 1% para terrenos montañosos o escarpados.

En carreteras con calzadas independientes las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la [Tabla 403.01](#)

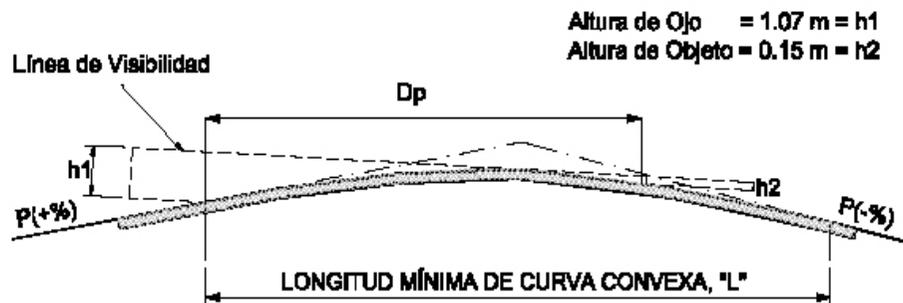
#### **403.04.03 Pendientes Máximas Absolutas**

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados, en las condiciones más desfavorables de pavimento.

El Proyectista tendrá, excepcionalmente, como máximo absoluto, el valor de la pendiente máxima ([Tópico 403.04.03](#)), incrementada hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificar técnica y económicamente la necesidad del uso de dicho valor.

FIGURA 403.01 LONGITUD MINIMA DE CURVA VERTICAL PARABOLICA CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL PARABÓLICA  
CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA



L = Longitud de la curva vertical (m)  
 $D_p$  = Distancia de Visibilidad de Frenado (m)  
 V = Velocidad de Diseño (Km/h)  
 A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para  $D_p > L$       Para  $D_p < L$

$$L = 2D_p - \frac{404}{A} \qquad L = \frac{AD_p^2}{404}$$

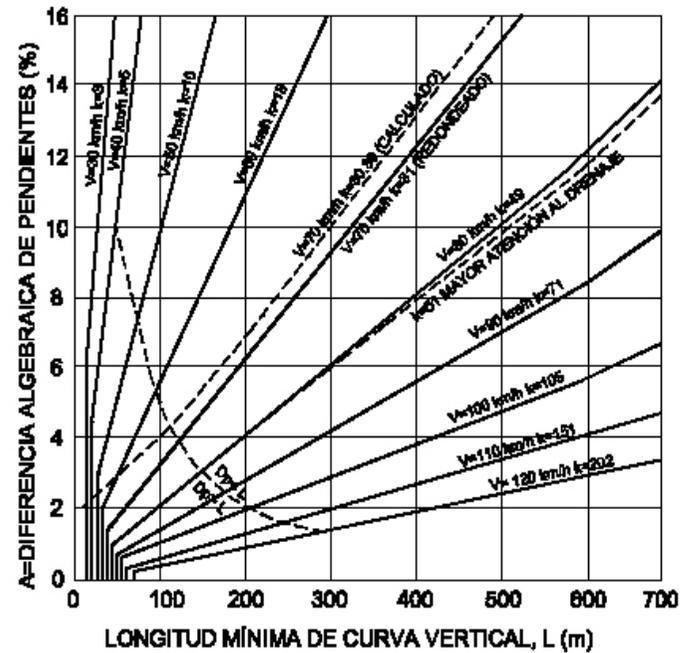
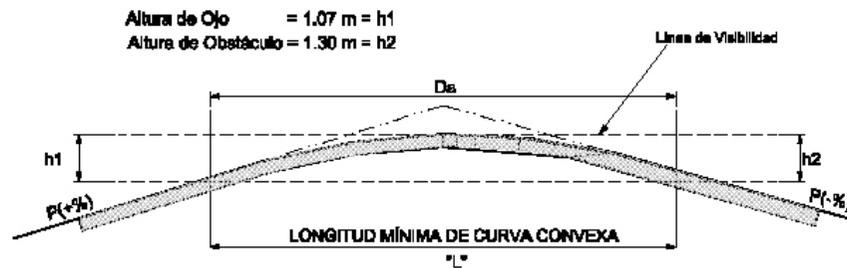


FIGURA 403.01

FIGURA 403.02 LONGITUD MINIMA DE CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL CONVEXA CON VISIBILIDAD DE PASO



L = Longitud de la Curva Vertical (m)  
 D = Distancia de Visibilidad de Paso (m)  
 V = Velocidad de Diseño (km/h)  
 A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para  $D_a > L$       Para  $D_a < L$

$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

$$L = \frac{AD_a^2}{946}$$

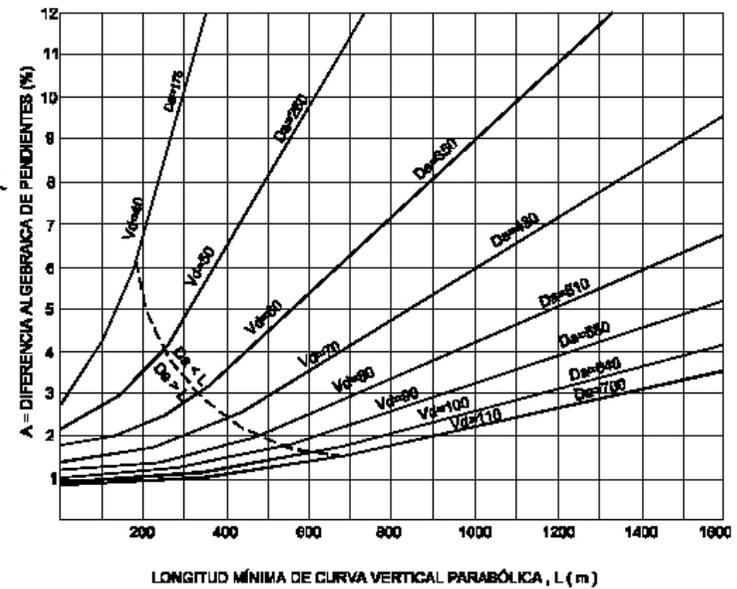
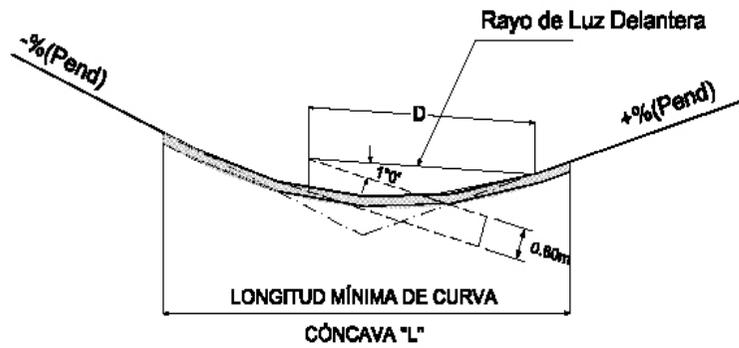


FIGURA 403.02

FIGURA 403.03 LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES

LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS  
VERTICALES CÓNCAVAS

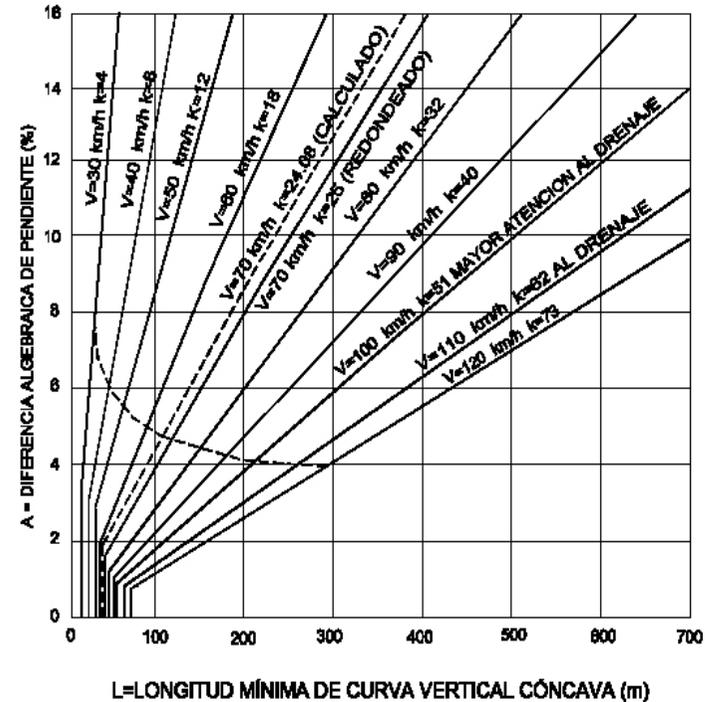


L = Longitud de la Curva Vertical (m)  
 D = Distancia desde los Faros a la Rasante (m)  
 V = Velocidad de diseño (km/h)  
 A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)  
 D = Dp

Dp > L                                      Dp < L

$$L = 2Dp - \left( \frac{120 + 3.50 Dp}{A} \right)$$

$$L = \frac{A Dp^2}{120 + 3.5 Dp}$$



CONCAVAS

FIGURA 403.03

**TABLA 403.01  
PENDIENTES MÁXIMAS (%)**

CLASIFICACIÓN	SUPERIOR								PRIMERA CLASE				SEGUNDA CLASE				TERCERA CLASE				
TRAFICO VEH/DIA (1)	> 4000								4000 - 2001				2000-400				< 400				
CARACTERÍSTICAS	AP (2)				MC				DC				DC				DC				
OROGRAFÍA TIPO	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
VELOCIDAD DE DISEÑO:																					
30 KPH																				10,00	12,00
40 KPH																	9,00	8,00	9,00	10,00	
50 KPH											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00			
60 KPH					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00			
70 KPH			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00				
80 KPH	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00				
90 KPH	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00								
100 KPH	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00								
110 KPH	4,00	4,00			4,00																
120 KPH	4,00	4,00			4,00																
130 KPH	3,50																				
140 KPH	3,00																				
150 KPH																					

AP : Autopista

MC : Carretera Multicarril o Dual

DC : Carretera De Dos Carriles

NOTA 1: En orografía tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía de segundo orden y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad

NOTA 4: En los casos de pendientes elevadas, verificar la capacidad de la vía y necesidad de carril de ascenso.

#### **403.04.04 Relación entre velocidad directriz y pendiente**

Las pendientes máximas a que se refiere la [Tabla 403.01](#), podrán usarse, siempre con los criterios indicados, cualesquiera que sean las características planimétricas y de visibilidad de trazado, es decir, su velocidad directriz.

Sin embargo el proyectista estudiará la sucesión de los diferentes tramos en pendiente en forma tal que se limite en lo posible las reducciones de velocidad respecto a la directriz.

#### **403.04.05 Tramos en descanso.**

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5% se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m., con pendiente no mayor de 2%.

El proyectista determinará la frecuencia y la ubicación de tales tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas a los menores incrementos del costo de construcción.

### **403.05 LONGITUD EN PENDIENTE**

La [Figura 403.04](#) ilustra el efecto de las pendientes uniformes de subida, de longitudes dadas, sobre la velocidad de operación de los camiones que circulan en caminos pavimentados.

La [Figura 403.04b](#) ilustra el concepto la Longitud Crítica en Pendientes, es decir, la combinación de magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso en la velocidad de operación del camión de "X" KPH.

Este ábaco permite por lo tanto establecer la longitud máxima que puede darse a una pendiente de magnitud dada, si se desea evitar que la velocidad de operación de los camiones en horizontal disminuya en más de "X" KPH en las zonas en pendientes del trazado.

Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores a los 25 KPH, en especial en caminos bidireccionales donde no existe visibilidad para adelantar, se impone la realización de un análisis técnico económico a fin de establecer la factibilidad de proyectar carriles de ascenso.

### **403.06 CARRILES DE ASCENSO**

#### **403.06.01 Necesidad del Carril**

Se ampliará la plataforma añadiendo un carril adicional, cuando la longitud de la pendiente cause una reducción de la velocidad de 25 Kph ó más en la velocidad de

operación de los camiones cargados, en el supuesto que el volumen de tránsito y el porcentaje de camiones justifiquen el costo adicional que ello implique.

La ampliación se podrá realizar por la derecha (carriles para circulación lenta) o por el centro en carreteras de calzadas separadas (carriles para circulación rápida), de tal forma que los carriles de las secciones anteriores mantengan su continuidad y alineación.

Además de lo anterior en carreteras de calzada única se ampliará la plataforma si la velocidad del vehículo pesado tipo en la rampa o pendiente disminuye por debajo de cuarenta kilómetros por hora (40 Kph), calculada de acuerdo con las curvas de la [Figura 403.04a](#) en coincidencia con una disminución del nivel de servicio, en dicha pendiente, en dos (2) niveles respecto al existente en los tramos adyacentes.

Siempre que se amplíe la plataforma para disponer un carril adicional, se mantendrán las dimensiones de las bermas.

En ningún caso se permitirá en carreteras de calzada única, en toda la longitud del carril adicional, que los vehículos que dispongan de dos carriles utilicen el carril del sentido contrario (prohibición de adelantamiento).

#### **403.06.02 Disposición**

La implantación de los carriles adicionales se hará de acuerdo con los siguientes criterios:

Carreteras de Calzadas Separadas:

Se dispondrán carriles adicionales por la izquierda de la calzada (carriles para circulación rápida).

Excepcionalmente, siempre que se justifique suficientemente, se permitirá la ampliación por la derecha (carriles para circulación lenta), previa autorización del organismo titular de la carretera.

Carreteras de Calzada Única:

Se dispondrán carriles adicionales por la derecha de la calzada (carriles para circulación lenta).

Excepcionalmente, siempre que se justifique suficientemente, se permitirá la ampliación por el centro (carriles para circulación rápida), previa autorización del MTC.

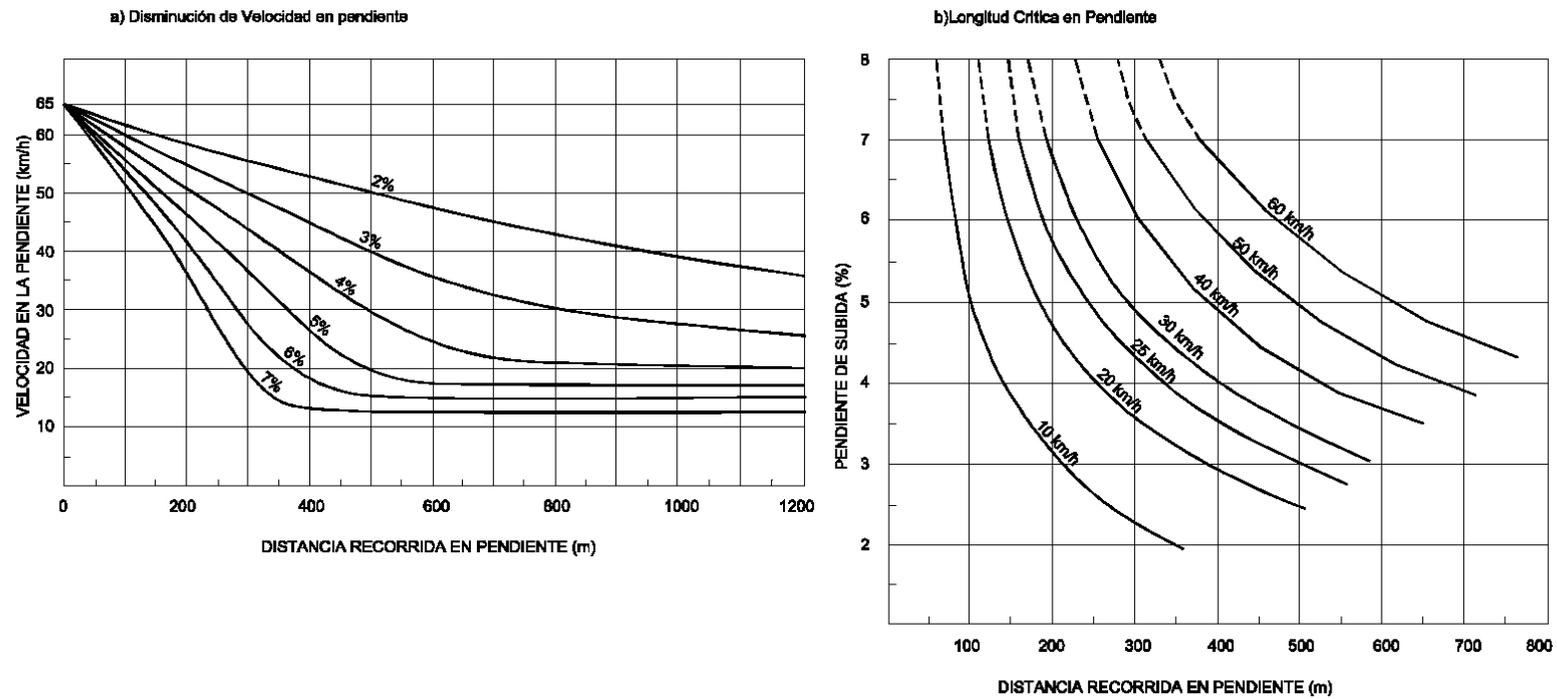
#### **403.06.03 Dimensiones**

Los carriles adicionales tendrán el mismo ancho que los que constituyen la calzada.

Se omitirá proyectar el carril con longitud menor de 250 m. Deben evitarse tramos cortos de carretera de dos carriles entre tramos consecutivos dotados con carriles de ascenso.

**FIGURA 403.04 VELOCIDAD DE CAMIONES EN PENDIENTE  
EFECTO DE LA MAGNITUD Y LONGITUD DE LA PENDIENTE**

**VELOCIDAD DE CAMIONES EN PENDIENTE  
EFECTO DE LA MAGNITUD Y LONGITUD DE LA PENDIENTE**



**FIGURA 403.04**

Antes de los carriles adicionales para circulación lenta o rápida se dispondrá una cuña de transición con una longitud mínima de setenta metros (70 m).

El carril adicional para circulación rápida se prolongará a partir de la sección en la que desaparecen las condiciones que lo hicieron necesario en una longitud dada por la siguiente expresión:

$$L = \frac{6(V + 20)}{5}$$

Siendo:

L : Longitud de prolongación (m).

V : Velocidad de diseño (Kph)

A la prolongación anterior le seguirá una cuña de transición con una longitud mínima de ciento veinte metros (120 m) y una zona cebreada de una longitud mínima de doscientos metros (200 m).

El carril adicional para circulación lenta se prolongará hasta que el vehículo lento alcance el ochenta y cinco por ciento (85%) de la velocidad de diseño, sin que dicho porcentaje pueda sobrepasar los ochenta Kilómetros por hora (80 Km/h).

A la prolongación anterior se añadirá una cuña de transición con un valor mínimo de cien metros (100 m)

El final de un carril adicional para circulación lenta no podrá coincidir con la existencia de prohibición de adelantar (carencia de visibilidad de adelantamiento).

## **Sección 404**

### **Coordinación entre Alineamiento Horizontal y Perfil Longitudinal**

#### **404.01 GENERALIDADES**

Las normas y recomendaciones precedentes apuntan a producir niveles aceptables de visibilidad, comodidad, agrado visual y de servicio en general, mediante una correcta elección de los elementos en planta y elevación que configuran el trazado. No obstante esto, dichas normas y recomendaciones, aplicadas por separado a los referidos planos, no aseguran un buen diseño.

Por ello es necesario estudiar también sus efectos combinados aplicarles ciertas normas de compatibilización y coordinarlos, de acuerdo a criterios funcionales y estéticos que se asumirán a continuación.

La presente sección, por lo tanto, se referirá a los principios, procedimientos y medios que deben tenerse presentes y usarse para ejecutar un trazado que integre cada uno de sus elementos en un diseño seguro, cómodo, sin indeterminaciones para el usuario y adecuadamente implantado en el medio ambiente.

La ejecución de las combinaciones posibles de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva, para la totalidad de un trazado no es siempre factible ni indispensable. En la mayoría de los casos basta con respetar las normas y recomendaciones aquí consignadas para evitar efectos contraproducentes para la seguridad y la estética de la vía.

#### **404.02 DISEÑO ESPACIAL DE LA VÍA**

Los trazados en planta y perfil de una carretera deberán estar coordinados de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente, se evitará que se produzcan pérdidas de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

Para conseguir una adecuada coordinación de los trazados, para todo tipo de carretera, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

(1) Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva horizontal, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más próximos al punto de radio infinito. En general los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo.

(2) Se deberá cumplir la siguiente relación:

$$5A \leq \frac{L}{R} \leq 10A$$

Donde:

L : Longitud de curva vertical (m)

A : Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (tanto por uno)

R : Radio de curva circular en planta (m)

(3) En carreteras con velocidad igual o menor que sesenta Kilómetros por hora (60 Kph) y en carreteras de características reducidas, se cumplirá siempre que sea posible la condición:

$$L = \frac{100 \cdot A \cdot R}{p}$$

Donde:

p : Peralte correspondiente a la curva circular (%)

L, A y R : Idem (2)

##### **404.02.01 Combinaciones No permitidas**

Para todo tipo de carretera se evitarán las siguientes situaciones:

- Alineación única en planta (tangente o curva) que contenga una curva vertical cóncava o convexa corta.
- Curva vertical convexa en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Tangente en planta con curvas convexa y cóncava consecutivas.
- Tangente seguida de curva en planta en correspondencia con curvas convexa y cóncava.
- Alineación curva, de desarrollo corto, que contenga una curva cóncava corta.
- Conjunto de alineaciones en planta en que se puedan percibir dos curvas verticales cóncavas o dos curvas verticales convexas simultáneamente.
- Curva horizontal de radio mínimo próxima al punto más bajo de una curva vertical cóncava que conecte rasantes de pronunciadas pendientes.

Además de las condiciones anteriores, en carreteras de calzadas separadas y vías rápidas se evitará:

- Curva cóncava en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Curva vertical corta entre pendientes largas dentro de una misma alineación en planta
- Rasantes uniformes entre curvas verticales consecutivas del mismo signo (cóncavas o convexas) dentro de una misma alineación en planta.
- Curvas en planta cortas dentro de una curva vertical larga.
- Cuando las rasantes de una y otra calzada son distintas, no se deben variar sus posiciones relativas, si no es en tramos donde existan combinaciones de curvas horizontales y verticales.

Cuando se utilicen elementos de trazado de parámetros amplios ( $R \geq 2,000$  m,  $L \geq 15,000$  A), podrán admitirse otras combinaciones planta - elevación. En este caso, se justificará adecuadamente que, debido a la amplitud de los elementos, no se produce el efecto a que el incumplimiento de tales condiciones de coordinación da lugar utilizando parámetros más ajustados.

#### **404.02.02 Intersecciones y Estructuras.**

Las intersecciones deben estar situadas en zonas de amplia visibilidad. Curvas verticales cóncavas son especialmente indicadas para esto. Si esto no es posible para las dos vías que se cruzan o empalman, por lo menos debe serlo para la de mayor importancia.

Las plantaciones de árboles pueden advertir la presencia de una intersección, pero sus ubicaciones y tipos deben ser tales que no obstruyan las visibilidades.

La bifurcación entre dos carreteras de distinta importancia no deben hacerse de modo que puedan confundir al conductor. Debe preferirse una salida que se produzca en un ángulo pronunciado a las salidas tangenciales.

Por otra parte, las obras de arte deben incorporarse al trazado de una manera fluida y natural, así como éste debe ser compatible con la geometría del accidente topográfico que obliga la construcción de la estructura.

En general, las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva, cuando ellas dificultan la visión del camino. Es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca, y en lo posible con una buena visibilidad previa.

#### **404.03 EFECTOS DEL ENTORNO DE LA CARRETERA EN EL DISEÑO ESPACIAL.**

La forma y escala del espacio ambiental por el que discurre una carretera tienen influencia definida sobre los conductores.

Durante el día, todos los elementos laterales que ayuden al guiado óptico, tales como plantaciones, muros, barreras, postes - guía, etc, son favorables si ellos están a una distancia suficiente de la plataforma.

De noche, el espacio ambiental se reduce a lo que las luces, del auto o de la carretera, alcanzan. Entonces, un guiado óptico es aún más necesario.

En uno y otro caso, los elementos que el proyectista disponga deben ser estudiados desde el punto de vista de su efecto en perspectiva.

#### **Sección 405: Diseño Geométrico en Puentes**

En general la localización de los puentes está determinada por el alineamiento de la vía y debe seleccionarse para que se ajuste al obstáculo que se requiere superar. Los cruces sobre corrientes de agua deben ubicarse teniendo en cuenta los costos iniciales del puente y la minimización de los costos totales incluyendo los correspondientes a la corrección del lecho, si fuere el caso, y los de las medidas necesarias de mantenimiento de la cuenca para reducir la erosión.

En los cruces sobre vías vehiculares y férreas deben preverse futuros trabajos tales como ampliación de la vía.

El diseño geométrico en puentes debe satisfacer además de las Normas Peruanas de Puentes, las siguientes:

(1) Cuando el puente es para superar un río o canal, el alineamiento horizontal de la carretera en el tramo del puente puede ser curvo y no necesariamente perpendicular al eje de la corriente del agua.

(2) El peralte utilizado en puentes localizados en curvas horizontales o zonas de transición debe cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.

(3) Gálibos:

- Sobre corrientes de agua, relativamente limpias en toda época: mínimo 2.0 metros por encima del nivel de aguas máximas.
- Sobre corrientes de agua que en algunos periodos transportan desechos, troncos y otros objetos voluminosos: mínimo 2.5 metros por encima del nivel de agua máximas, para el periodo de retorno que establezcan los correspondientes términos de referencia.
- Sobre carreteras: mínimo 5.50 metros para vías principales rurales y urbanas y 5.00 metros para otras vías, por encima de la rasante de la carretera.
- Sobre vías férreas: mínimo 5.50 metros. Se debe solicitar aprobación del MTC.
- Sobre ríos navegables: se debe hacer la consulta al MTC.

(4) Sección transversal: en toda la longitud del puente se mantendrá la sección transversal típica del tramo de la carretera en el cual se encuentra el puente. Dicha sección debe comprender las bermas, tal y como se norma en el [Tópico 305.01](#).

(5) En el alineamiento vertical del puente no habrá más limitaciones que las propias del diseño geométrico del tramo donde esté ubicado, es decir, en ningún caso un puente limitará el diseño vertical de una carretera.

## **Sección 406 : Diseño Geométrico en Túneles**

### **406.01 GENERALIDADES**

Un túnel es una cavidad subterránea o subacuática que como solución vial implica una operación vehicular a cielo cerrado.

Este tipo de operación obliga a la toma de ciertas precauciones para garantizar a los usuarios un recorrido a través del túnel dentro de las mejores condiciones de seguridad.

Efectivamente las precauciones están relacionadas con la iluminación, la presencia de monóxido de carbono, óxido de nitrógeno y aldehidos dentro de la galería, el tipo de circulación vehicular ya sea unidireccional o de doble sentido y los alineamientos en planta y en perfil, con los elementos de la sección transversal.

## **406.02 SENTIDOS DE CIRCULACIÓN VEHICULAR**

### **406.02.01 Una Galería**

Operará con dos carriles de circulación para ambos sentidos. Será reconocido como sentido bidireccional.

### **406.02.02 Doble Galería**

Operará con dos o tres carriles de circulación en un solo sentido. Será reconocido como sentido unidireccional.

## **406.03 ALINEAMIENTOS**

Los alineamientos tanto horizontal como vertical dentro de un túnel mantendrán las mismas especificaciones de curvatura vertical y curvatura horizontal que las de los tramos en superficie.

### **406.03.01 Alineamientos y Ayudas**

Desde el punto de vista del perfil longitudinal, un túnel vehicular puede ser construido con cualquier pendiente, pero se hace necesario advertir que de acuerdo a la longitud, pendientes longitudinales del orden del 3,0 % y un poco menores, comienzan a ser difíciles de manejar en el problema de resolver la evacuación de aire viciado.

Para longitudes especialmente cortas, tanto en túneles unidireccionales como bidireccionales, se establecen recomendaciones especiales, a saber:

- (a) Longitudes menores de 100 metros  
Alineamientos vertical y horizontal en tangente e iluminación de 120 candelas por metro cuadrado en toda su longitud.
  
- (b) Longitudes entre 100 y 200 metros  
Alineamientos vertical y horizontal en tangente, iluminación de 120 candelas por metro cuadrado en los sesenta metros próximos a cada portal y de 10 candelas por metro cuadrado en la parte central.
  
- (c) Longitudes entre 200 y 500 metros  
Alineamientos vertical y horizontal con curvatura compatible con la velocidad de diseño.  
Iluminación de 120 candelas por metro cuadrado en los sesenta metros próximos a cada portal y de 10 candelas por metros cuadrado en el cuerpo central del túnel. Se debe verificar la necesidad o no de ventilación forzada y la conveniencia de una intercomunicación entre galerías unidireccionales de

servicio automotor y de peatones.

(d) Longitudes mayores de 500 metros.

Las características recomendadas son semejantes a las consideradas en el acápite c. En caso de tratarse de un túnel largo, se deben considerar las siguientes ayudas especiales.

- Conexiones Transversales

Para galerías unidireccionales se recomienda la construcción de conexiones de tipo peatonal entre cada 300 y 400 metros, y de tipo vehicular cada 1000 metros.

- Bahías para estacionar

Sería necesario proyectar bahías para estacionar tanto en galerías unidireccionales como bidireccionales. En las primeras, sobre el costado derecho, una cada 1000 metros y en las segundas, una cada 1000 metros alternadas izquierda y derecha.

Estas bahías tienen la finalidad principal de permitir el estacionamiento de vehículos varados, indeseables dentro de un túnel y del personal de mantenimiento, sin alterar las condiciones de operación normal del túnel. Sobre estas bahías deben construirse nichos de auxilio para casos de emergencia provistos de teléfonos intercomunicados con el Centro de Control, para los usuarios y para el personal de mantenimiento.

Las bahías tendrán como mínimo una longitud de 40 metros y ancho de 4.00 metros.

- Nichos

Debe proveerse de nichos de auxilio, los cuales corresponden a excavaciones menores localizadas cada 200 metros, provistas de teléfonos de emergencia conectados con un Centro de Control, para solicitar ayuda, con botón de emergencia, extintores para casos de incendios e hidrantes

Centro de Control

- \* Para túneles de longitud mayor a 500 m, se debe proyectar un centro de control, el cual es el medio para la operación y supervisión del túnel. Toda información de servicio y emergencia, las señales de telemetría y los reportes de las fallas de los equipos desde las diferentes instalaciones deberán ser transmitidos al Centro de Control.

- Las diferentes señales deberán ser agrupadas en paneles indicadores en una escala de mando donde serán visualizadas en conjunto, de manera que permitan al personal de mando o al equipo electrónico de control, tomar oportunamente las decisiones y resolver cualquier problema dentro del menor tiempo posible

Otros Dispositivos

- Para túneles de longitud mayor a 500 m, se debe plantear la localización de dispositivos de uso exclusivo en este tipo de obras, como:  
Detectores de monóxido de carbono, de humos, de incendios, monitores de tránsito y anemómetros, todos ellos conectados al Centro de Control.  
Señalización vertical y horizontal, vigilancia permanente mediante cámaras de televisión y monitores en el Centro de Control.

#### **406.04 ILUMINACIÓN**

Un tiempo de adaptación de 2,5 segundos ofrece condiciones muy razonables entre niveles de iluminación de gran intensidad en el exterior, del orden de 8000 candelas por metro cuadrado a 120 candelas por metro cuadrado dentro de una primera zona de transición y otros 2.5 segundos para pasar de esta zona de transición a una zona de intensidad mínima recomendable de 10 candelas por metro cuadrado dentro del cuerpo central del túnel.

Estas cantidades de iluminación están previstas para las horas diurnas y pueden ser reducidas a la mitad durante las horas nocturnas.

Los requerimientos de intensidad en la primera zona de transición pueden también disminuirse durante el día si de alguna manera se disminuye la intensidad en el exterior, lo cual se puede lograr con una adecuada disposición de árboles, galerías de aproximación, etc., estrategias que mejoran notablemente las condiciones de seguridad en la operación.

La disposición de las lámparas de iluminación es conveniente hacerla sobre la bóveda del túnel, a 45° de la vertical, sobre ambos costados.

#### **406.05 VENTILACIÓN**

Se ha observado como efectivamente la operación vehicular dentro de la galería de un túnel es un factor de demasiada importancia para su mayor seguridad. Esta observación forzosamente concluirá en recomendaciones muy precisas sobre la velocidad de operación.

La denominación de túnel largo es aplicada a aquellas soluciones que requieren ventilación forzada para su operación y túnel corto para aquellos que no la requieren. De hecho, en el diseño de toda solución tipo túnel se debe exigir la verificación de esta necesidad.

Una concentración de monóxido de carbono admisible dentro de una galería es de 150 a 250 partes por millón. Los requerimientos para otros tipos de gases no venenosos, producidos por los vehículos tipo diesel, por ejemplo, también deben ser evaluadas pero son mucho más amplias, por lo que se consideran cubiertas dentro de las primeras.

Sea cual sea el sistema de ventilación (longitudinal, transversal y/o mixta) que se instale para atender la evacuación de aire viciado, la velocidad del mismo dentro de la galería de circulación vehicular deberá mantenerse dentro de rangos razonables, limitándola a 10 ó 12 metros por segundo

## **CAPÍTULO 5**

### **DISEÑO GEOMETRICO DE INTERSECCIONES**

**Sección 501 : Intersecciones a Nivel**

**Sección 502 : Intersecciones a Desnivel**

**Sección 503 : Cruce por Áreas Urbanas y Suburbanas**

## **Sección 501**

### **Intersecciones a Nivel**

#### **501.01 GENERALIDADES**

Las intersecciones son áreas comunes a dos o más carreteras que se cruzan al mismo nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles.

Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

Tanto en las intersecciones como en las vías, pero con mayor razón en las intersecciones, se trata de obtener condiciones óptimas de seguridad y capacidad, dentro de posibilidades físicas y económicas limitadas.

#### **501.02 CRITERIOS DE DISEÑO**

La mejor solución para una intersección es la más simple y segura que sea posible. Esto significa que cada punto de conflicto de la misma debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas, carriles auxiliares, etc) para evitar maniobras difíciles o peligrosas y sin producir con ello recorridos superfluos. En el proceso de lograr tal diseño, es preciso tener presente los siguientes principios:

- Preferencia de los Movimientos más importantes.  
Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción de ancho de vías, introducción de curvas de radio pequeño. Eventualmente, convendrá eliminarlos totalmente.
- Reducción de las Áreas de Conflicto.  
No se proyectarán grandes superficies pavimentadas, ya que ellas invitan a los vehículos y peatones a movimientos erráticos, con la consiguiente confusión, que aumenta los accidentes y disminuye la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las Intersecciones oblicuas y una de las causas de que ellas no sean recomendables.

- Perpendicularidad de las Trayectorias cuando se cortan.  
Las Intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto. Además disminuyen los posibles choques y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores que cruzan juzgar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás.  
Se recomienda intersecciones con ángulos comprendidos entre 60° y 120°.
- Separación de los Movimientos.  
Cuando la intensidad horaria de proyecto de un determinado movimiento es importante, del orden de 25 o más vehículos, es conveniente dotarle de una vía de sentido único, completándola con carriles de aceleración o deceleración si fuera necesario. Las islas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas.
- Control de la Velocidad.  
También mediante la canalización puede controlarse la velocidad de tránsito que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o abocinando las calzadas. Esta última disposición permite, además de reducir la velocidad, evitar los adelantamientos en las áreas de conflicto.
- Control de los Puntos de Giro.  
Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes empleando islas adecuadas que los hagan materialmente imposibles o muy difíciles. La seguridad es mayor si se disponen islas con sardinel que si la canalización se obtiene mediante marcas pintadas en el pavimento.
- Visibilidad  
La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir como mínimo, la distancia de visibilidad de parada.
- Previsión  
En general, la canalización exige superficies amplias en las intersecciones. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta al autorizar construcciones o instalaciones al margen de la carretera y en los proyectos de nueva construcción.

- Sencillez y Claridad

Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

### **501.03 VISIBILIDAD DE CRUCE**

#### **501.03.01 Triángulo de Visibilidad**

Se llama triángulo de visibilidad a la zona libre de obstáculos que permite, a los conductores que acceden simultáneamente, verse unos a otros y observar la intersección a una distancia tal que sea posible evitar una eventual colisión. (Ver [Figura 501.01](#)).

Cualquier objeto de una altura determinada, que quede dentro del triángulo de visibilidad requerida, debe removerse o reducirse a una altura límite. Esta altura depende de las alturas relativas de las vías y debe ser estudiada en cada caso.

Si el triángulo de visibilidad fuese imposible de obtener, se debe limitar la velocidad de aproximación a valores compatibles con el triángulo de visibilidad existente.

#### **501.03.02 Triángulo Mínimo de Visibilidad**

Consecuentemente con estas definiciones, el triángulo mínimo de visibilidad que se considera seguro, corresponde a dicha zona que tiene como lado, sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de visibilidad de parada.

#### **501.03.03 Señalización de Intersecciones**

Toda intersección debe estar convenientemente regulada mediante señales informativas, preventivas y restrictivas en concordancia con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC.

Las señales informativas deben estar ubicadas a una distancia suficiente del cruce como para permitir que el conductor decida con anticipación las maniobras que debe ejecutar.

La señalización preventiva debe indicar al conductor el tipo y categoría de los caminos que forman la intersección, especificando cuál tiene preferencia sobre el otro. La señal preventiva deberá preceder a la señal restrictiva en una distancia equivalente a 1,5 veces la de visibilidad de parada correspondiente.

La señalización en la intersección misma será restrictiva y responderá a los siguientes principios:

En toda Intersección a nivel, en que al menos uno de los caminos sea pavimentado, la importancia de un camino prevalecerá sobre la del otro, y, por tanto, uno de ellos deberá enfrentar un signo PARE o una señal CEDA EL PASO.

La elección entre uno u otro se hará teniendo presente las siguientes consideraciones.

- (a) Cuando exista un triángulo de visibilidad adecuada a las velocidades de diseño de ambos caminos y las relaciones entre flujos convergentes no exijan una prioridad absoluta, se usará el signo CEDA EL PASO.
- (b) Cuando el triángulo de visibilidad obtenido no cumpla con los mínimos requeridos para la velocidad de aproximación al cruce, o bien la relación de los flujos de tránsito aconseje otorgar prioridad absoluta al mayor de ellos, se utilizará el signo PARE.
- (c) Cuando las intensidades de tránsito en ambos caminos sean superiores a las aceptables para regulación por signos fijos (Pare o Ceda el Paso), se deberá recurrir a un estudio técnico - económico que analice las posibilidades de separar niveles. En cruces de carretera se aceptará el uso de semáforos sólo como solución provisoria o inevitable.

#### **501.03.04 Intersección Regulada por Señal CEDA EL PASO.**

- (a) Las distancias de visibilidad de parada que se consideran seguras en diseño o Intersecciones, son las mismas usadas en cualquier otro elemento de camino.
- (b) Cuando el triángulo de visibilidad no cumple las exigencias impuestas por las velocidades de diseño de los caminos y las características del tránsito no justifican un signo PARE, se debe ajustar la velocidad de los vehículos de la carretera de menor importancia, a un valor que llamaremos velocidad crítica.

La velocidad crítica para la vía secundaria depende de la velocidad de diseño de la carretera preferencial y de la distancia de visibilidad que el obstáculo permite sobre la carretera secundaria. Ver [Figura 501.01](#), caso I.

Se llama velocidad crítica de la carretera B a la velocidad única tal que la distancia  $d_b$  corresponde a la distancia de visibilidad de parada.

Se puede calcular la velocidad crítica  $V_b$  en función de la velocidad de diseño de la carretera A ( $V_a$ ) y de las distancias  $a$  y  $b$  entre el obstáculo y la trayectoria de A y B. Conocido  $V_a$  se conoce la distancia mínima de visibilidad de parada " $d_a$ ". Cuando el vehículo en A está a la distancia " $d_a$ " de la Intersección y los conductores en A y B pueden verse, el vehículo B está a su vez a la distancia  $d_b$  de la Intersección. Por semejanza de triángulos se obtiene que:

$$d_b = \frac{a \cdot d_a}{d_a - b}$$

Se debe proveer a la carretera B de la señalización adecuada que indique a los vehículos la velocidad segura de aproximación a la Intersección, de manera que al pasar por el punto  $d_a$  distancia  $d_b$  del cruce, su velocidad no sea superior a la crítica.

## VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES

### VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES

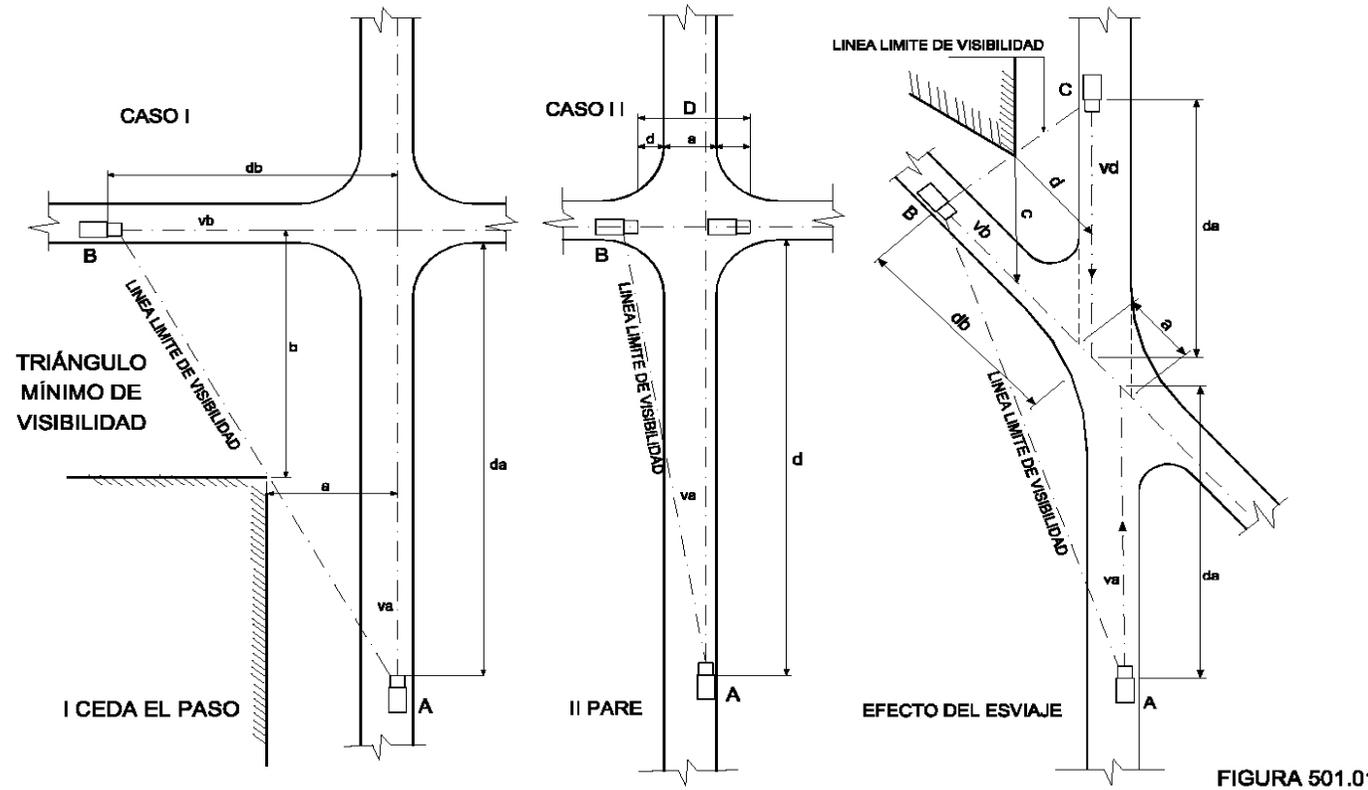


FIGURA 501.01

Figura 501.01

**501.03.05 Intersección en que los Vehículos de una Carretera que accede al Cruce, deben detenerse por señalización.**

En una Intersección en que los vehículos de la carretera secundaria deben efectuar la operación de cruce desde el estado de detención total, el conductor debe tener visibilidad sobre aquella zona de la carretera principal que le permita cruzar sin riesgo, aun cuando un vehículo aparezca en el preciso instante de su partida.

La distancia de visibilidad sobre la carretera preferencial debe ser mayor que el producto de su velocidad de diseño por el tiempo total necesario para que el vehículo detenido se ponga en marcha y complete la operación de cruce.

La distancia requerida puede ser expresada como:

$$D_c = 0.275 V ( t_p + t_a )$$

Siendo:

$D_c$  : Distancia de visibilidad sobre la carretera preferencial, en metros.

$V$  : Velocidad de diseño de la carretera preferencial en Km / hr.

$t_p$  : Tiempo de percepción más tiempo de arranque en segundos.

$t_a$  : Tiempo requerido para acelerar y despejar la carretera principal en segundos.

El tiempo  $t_p$  asume un valor de 2 segundos para cruces en zona rural y 1 segundo en zonas urbanas donde el fenómeno es más repetitivo. Se hace hincapié en que al reducir estos valores en un 50%, la distancia de visibilidad necesaria sólo se reduce en un 15%.

Se dan en la [Tabla 501.01](#) los tiempos ( $t_a$ ) para cruzar distancias totales. Estas distancias totales de cruce se forman por adición de tres distancias parciales medidas en metros, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D = d + C + L$$

Siendo:

$D$  : Distancia total de cruce

$d$  : Distancia de vehículo detenido hasta el borde de la calzada de la vía que se cruza. Se acepta generalmente un valor de 3 metros.

$C$  : Ancho de la calzada medida según la trayectoria del vehículo que cruza.

$L$  : Largo del vehículo que cruza.

Vehículo Ligero (VL) : 5,80 metros

Vehículo Pesado rígido (VP) : 9,10 metros

Vehículo Articulado (VA) : 16,70 metros

Donde:

$$t_a = \sqrt{\frac{2D}{9.8j}}$$

- Vehículo Ligero : 0,150 m/seg<sup>2</sup>

j: aceleración del { - Vehículo Pesado : 0,075 m/seg<sup>2</sup>  
vehículo:

- Vehículo Articulado : 0,055 m/seg<sup>2</sup>

**TABLA 501.01**

**TIEMPOS (ta) REQUERIDOS PARA CRUZAR UNA CARRETERA**

Vehículo Tipo	Distancia total del Cruce (m)					
	15	20	25	30	35	40
	<b>ta para cruzar y recorrer D (segundos)</b>					
V. Ligero	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
V. Pesado	-----	7,5	8,5	9,0	10,0	11,0
V. Articulado	-----	-----	10,0	11,0	12,0	13,0

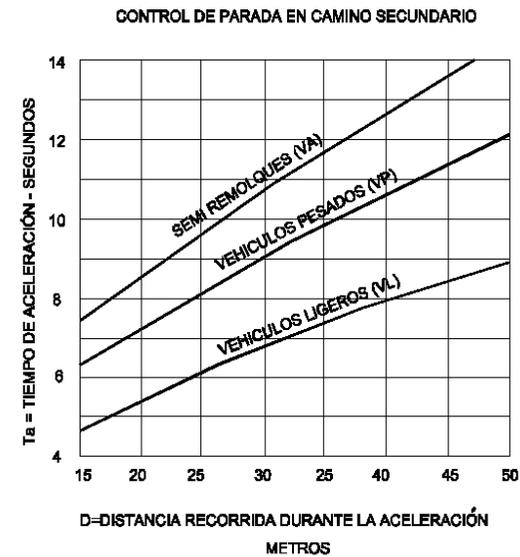
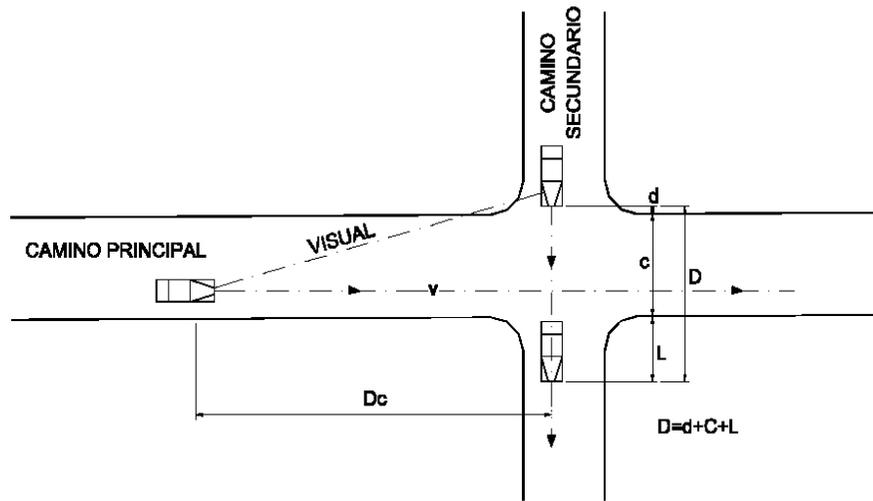
La distancia de visibilidad así obtenida  $D_c = 0.275 V (t_p + t_a)$ , resulta generalmente mayor que la distancia mínima de visibilidad de parada. Esto da una seguridad adicional a los vehículos que cruzan desde el reposo. La situación descrita se ilustra en la [Figura 501.02](#).

Si la carretera que se debe cruzar tiene calzadas separadas se pueden presentar dos casos: Si el separador central tiene un ancho mayor o igual al largo del vehículo tipo escogido, se considera que el cruce se realiza en dos etapas; el separador tiene un ancho inferior al largo del vehículo, se debe incluir en el término C el ancho correspondiente al mismo.

Cuando la distancia de visibilidad a lo largo de la carretera preferencial sea inferior a la mínima calculada, debe regularse la velocidad de los vehículos de esta carretera, hasta conseguir que la distancia  $D_c$  obtenida sea segura. Si las condiciones son muy desfavorables, se debe incluso introducir elementos de diseño para reducir efectivamente la velocidad de aproximación al cruce.

**DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE**

**DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE**



**FIGURA 501.02**

**Figura 501.02**

### 501.03.06 Efecto del Esviaje del Cruce en el Triángulo de Visibilidad.

Cuando sea técnica y económicamente factible, se deberá optar, en las intersecciones esviadas, por una rectificación de los ángulos de cruzamiento, teniendo a la intersección en ángulo cercano al recto. Se considerarán inconvenientes los ángulos inferiores a 60° o superiores a su suplemento.

### 501.04 INTERSECCIONES SIN CANALIZAR.

Cuando el espacio disponible para la intersección sea muy reducido, o los movimientos de giro de muy poca importancia, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos el diseño está gobernado exclusivamente por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

En casos muy justificados, en que sea necesario utilizar trazados mínimos, como los que aquí se presentan, asociados a caminos de importancia, esta tabla o valores similares podrán utilizarse, siempre que se dispongan carriles de deceleración (y aceleración en el caso de calzadas unidireccionales) para poder pasar de la velocidad de diseño del camino principal a los 15 Km/hora que permite el ramal de giro, (y viceversa) sin disminuir la capacidad de la vía principal o crear situaciones de peligro (Véase [Tópico 501.07](#)).

Véase [Acápite 501.04](#) de la Guía de Diseño Geométrico.

TABLA 501.02

### CURVAS MÍNIMAS EN INTERSECCIONES SIN CANALIZAR

Vehículo Tipo	Angulo de giro (°)	Curva Sencilla Radio (m)	Curva compuesta de tres centros (Simétrica - ver figura 501.03)	
			Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL VP VA	25	18,00 30,00 60,00	----- ----- -----	----- ----- -----
VL VP VA	45	15,00 22,50 50,00	60,0 ---- 30 ---- 60,0	----- ----- 0,90

Vehículo Tipo	Angulo de giro (°)	Curva Sencilla Radio (m)	Curva compuesta de tres centros (Simétrica - ver figura 501.03)	
			Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL	60	12,00	-----	-----
VP		18,00	-----	-----
VA		-----	60,0 --- 22,5 --- 60,0	1,65
VL	75	10,50	30,0 --- 7,5 --- 30,0	0,60
VP		16,50	36,0 --- 13,5 --- 36,0	0,60
VA		-----	45,0 --- 15,0 --- 45,0	1,80
VL	90	9,00	30,0 --- 6,0 --- 30,0	0,75
VP		15,00	36,0 --- 12,0 --- 36,0	0,60
VA		-----	55,0 --- 18,0 --- 55,0	1,80
VL	105	-----	30,0 --- 6,0 --- 30,0	0,75
VP		-----	30,0 --- 10,5 --- 30,0	0,90
VA		-----	55,0 --- 13,5 --- 55,0	2,40
VL	120	-----	30,0 --- 6,0 --- 30,0	0,60
VP		-----	30,0 --- 9,0 --- 30,0	0,90
VA		-----	55,0 --- 12,0 --- 55,0	2,55
VL	135	-----	30,0 --- 6,0 --- 30,0	0,45
VP		-----	30,0 --- 9,0 --- 30,0	1,20
VA		-----	48,0 --- 10,5 --- 48,0	2,70
VL	150	-----	22,5 --- 5,4 --- 22,5	0,60
VP		-----	30,0 --- 9,0 --- 30,0	1,20
VA		-----	48,0 --- 10,5 --- 48,0	2,10
VL	180	-----	15,0 --- 4,5 --- 15,0	0,15
VP		-----	30,0 --- 9,0 --- 30,0	0,45
VA		-----	40,0 --- 7,5 --- 40,0	2,85

(\*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

### **501.05 INTERSECCIONES CANALIZADAS**

En la [Tabla 501.03](#) se entregan los valores a usar en giros mínimos canalizados. Los tamaños de las islas resultantes han sido considerados para dichos valores, dejando 0,60 m, como mínimo entre sus bordes y los bordes del pavimento. Los anchos de ramales que allí aparecen permiten que las ruedas del Vehículo tipo seleccionado se inscriban con una holgura de 0,60 m, respecto de los bordes del pavimento.

Por tratarse de giros mínimos, no se consulta en estas soluciones el ensanche de las carreteras que acceden a la intersección. Por lo tanto, el tipo de islas que consultan los valores de la [Tabla 501.03](#) se refiere a islas triangulares ubicadas en los ángulos que forma la prolongación de los bordes del pavimento de las vías que se cruzan. Cuando los diseños estén por sobre los mínimos y sea posible ensanchar las vías que acceden al cruce, este tipo de islas pueden reemplazarse o combinarse con islas centrales en el camino subordinado.

Diseños mayores que los mínimos no son posibles de normalizar y el proyectista deberá estudiar cada caso de acuerdo con la disponibilidad de espacio y la importancia de los giros en la intersección.

#### **Figura 501.03**

## CURVA DE TRES CENTROS

### CURVA DE TRES CENTROS

DATOS:

Ángulo de Giro  $\Omega = 110^\circ$   
 Curva Tres Centros =  $R - r - R$  (m)  
 Desplazamiento =  $a$  (m)

$$O'A = O'B' = R$$

$$OB' = r$$

$$O'D = R - (r+a)$$

$$O'O = R - r$$

$$\cos \alpha = \frac{R - (r+a)}{R - r}$$

$$\alpha = \arccos\left(1 - \frac{a}{R - r}\right)$$

$$OD = (R - r) \operatorname{sen} \alpha$$

$$CB = r \operatorname{sen} \alpha$$

$$VA = VC + OD$$

$$VB = VC - CB$$

$$VC = (r+a) \operatorname{tg} \frac{\Omega}{2}$$

$$VA = (r+a) \operatorname{tg} \frac{\Omega}{2} - (R - r) \operatorname{sen} \alpha$$

$$VB = (r+a) \operatorname{tg} \frac{\Omega}{2} - r \operatorname{sen} \alpha$$

$$BB' = r(1 - \cos \alpha) + a$$

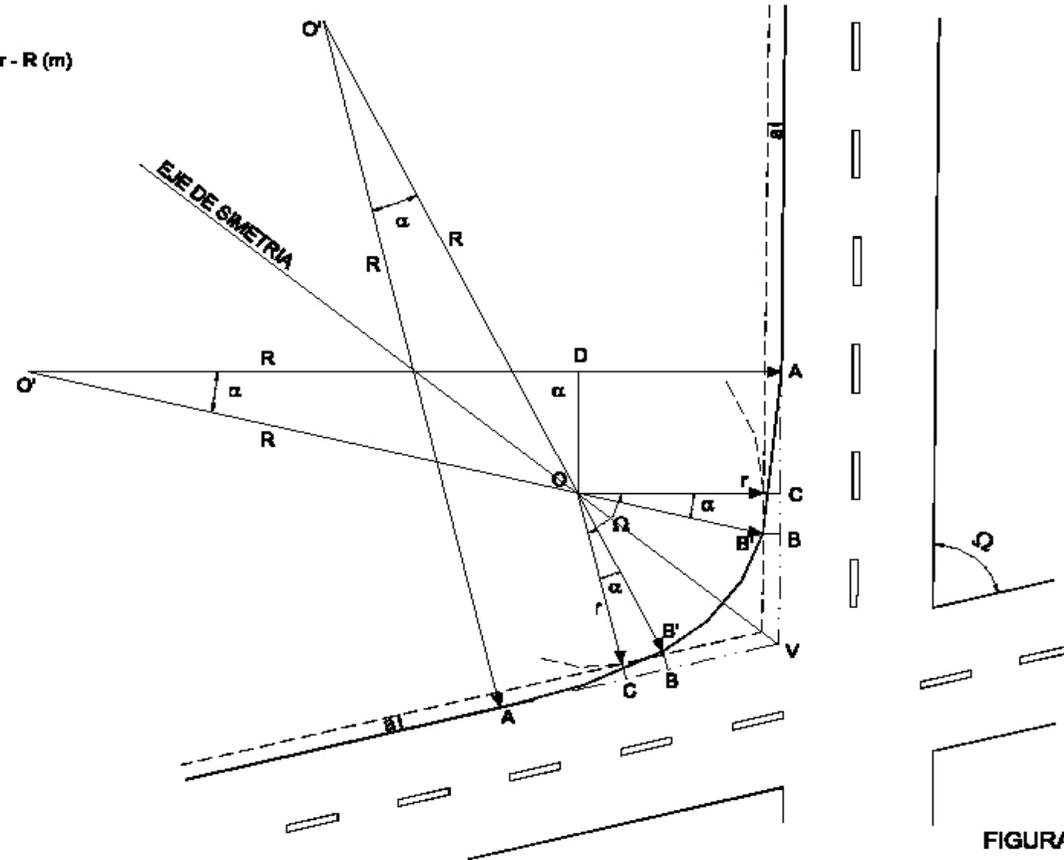


FIGURA 501.03

TABLA 501.03

**CURVAS MÍNIMAS PARA RAMALES DE GIRO EN INTERSECCIONES  
CANALIZADAS**

Vehículo Tipo	Angulo de Giro(°)	Curva Compuesta de tres centros		Ancho del Ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m <sup>2</sup> )
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL VP VA	75	45 ---- 22,5 - ---45 45 ---- 22,5 - ---45 54 ---- 27,0 - ---54	1,05 1,50 1,05	4,20 5,40 6,00	5,50 4,50 4,50
VL VP VA	90	45 ---- 15,0 - ---45 45 ---- 15,0 - ---45 54 ---- 19,5 - ---54	0,90 1,50 1,80	4,20 5,40 6,00	4,50 7,50 11,50
VL VP VA	105	36 ---- 12,0 - ---36 30 ---- 10,5 - ---30 54 ---- 13,5 - ---54	0,60 1,50 2,40	4,50 6,60 9,00	6,50 4,50 5,50
VL VP VA	120	30 ---- 9,0 --- -30 30 ---- 9,0 --- -30 54 ---- 12,0 - ---54	0,75 1,50 2,55	4,80 7,20 10,40	11,00 8,40 20,40
VL VP VA	135	30 ---- 9,0 --- -30 30 ---- 9,0 --- -30 48 ---- 10,5 - ---48	0,75 1,50 2,70	4,80 7,90 10,70	43,00 34,50 60,00
VL VP VA	150	30 ---- 9,0 --- -30 30 ---- 9,0 --- -30 48 ---- 10,5 - ---48	0,75 1,80 2,15	4,80 9,00 11,60	130,00 110,00 160,00

La [Tabla 501.04](#) muestra los valores de los radios mínimos en intersecciones canalizadas con Velocidades de Diseño superiores a 20 Km/hora, para peraltes de 0% y 8%.

**TABLA 501.04**  
**RADIOS MÍNIMOS EN INTERSECCIONES CANALIZADAS**  
**SEGÚN PERALTES**  
**MÍNIMOS Y MÁXIMOS ACEPTABLES**

<b>VD (Km/H)</b>	25	30	35	40	45	50	55	60	65
<b>f máximo</b>	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
<b>Radio mínimo(m) (p = 0%)</b>	15	25	40	55	75	100	130	170	210
<b>Radio mínimo(m) (p = 8%)</b>	(*)	20	30	40	55	75	90	120	140

(\*) Radio mínimo < 15: no aceptable en Intersecciones Canalizadas, salvo en curvas de tres centros. S

La [Figura 501.04](#) entrega los valores de radios y peraltes en intersecciones cuando no existen condiciones limitantes.

## **501.06 CURVAS DE TRANSICIÓN**

### **501.06.01 Generalidades**

Para pasar de una alineación a un ramal se podrá utilizar como curva de transición clotoides o curvas circulares de radio mayor según sea el caso.

### **501.06.02 Uso de Clotoides.**

Los factores mínimos del parámetro A se dan en la [Tabla 501.05](#)

**Figura 501.04**

**RADIO Y PERALTES DESEABLES EN INTERSECCIONES  
CUANDO NO EXISTEN CONDICIONAMIENTOS LIMITANTES**

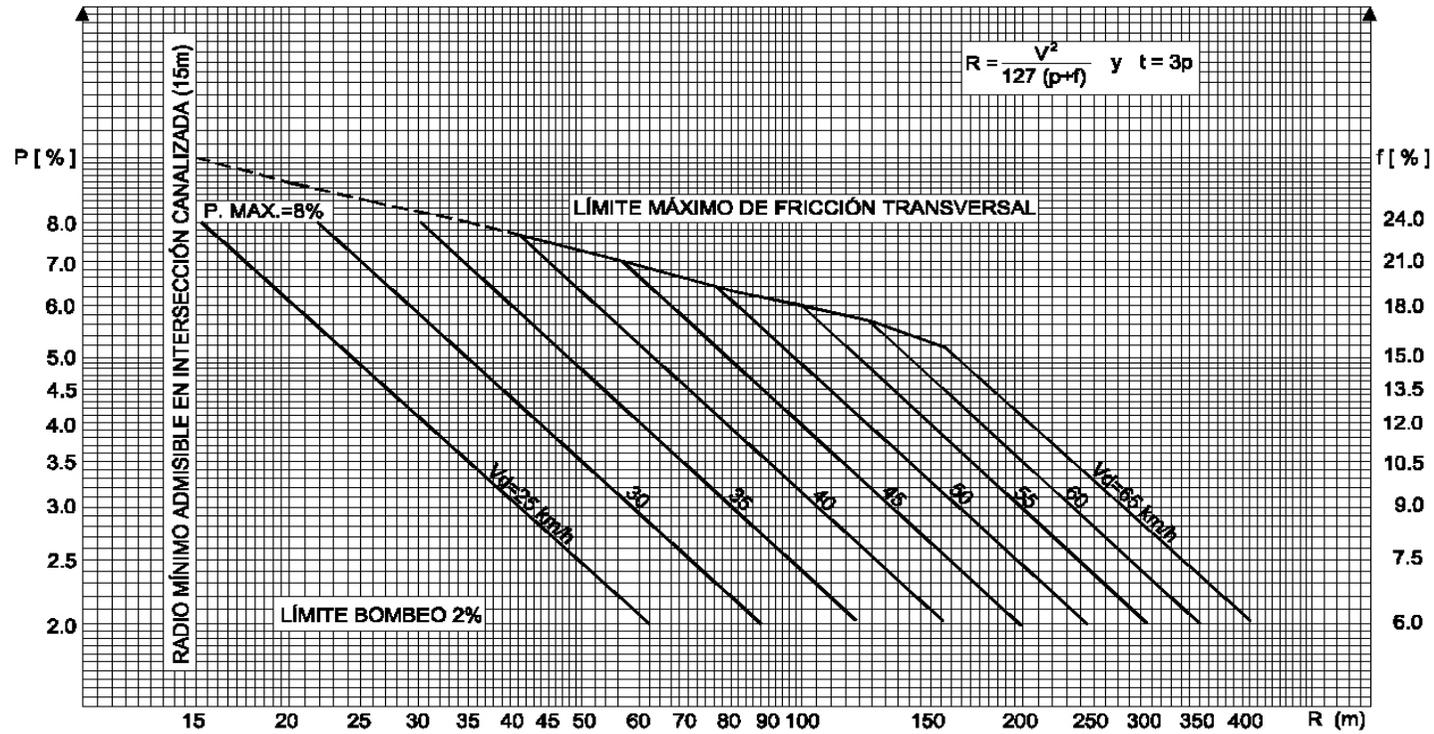


FIGURA 501.04

**TABLA 501.05**  
**VALORES MÍNIMOS DE A PARA RADIOS MÍNIMOS**

<b>VD (Km/h)</b>	30	35	40	45	50	55	60
<b>Radio mínimo (m)</b>	25	35	45	60	75	90	120
<b>A adoptado (m)</b>	20	30	35	40	50	60	70

**501.06.03 Curvas Compuestas.**

La [Tabla 501.06](#) indica los desarrollos aceptables que deberá tener la curva de enlace, en el supuesto de que esté seguida por una curva de radio igual a la mitad o bien precedida por una curva de radio el doble.

**TABLA 501.06**  
**DESARROLLO DE LA CURVA CIRCULAR DE ENLACE**  
**CUANDO LA RAZÓN**  
**MAYOR A RADIO MENOR ES 2**

<b>Radio Mayor (m)</b>	30	45	60	75	90	120	150 ó más
<b>Desarrollo Mínimo (m)</b>	12	15	18	24	30	36	42
<b>Desarrollo Normal (m)</b>	18	21	27	36	42	54	60

**501.06.04 Combinación de Más de Dos Curvas**

Cuando la velocidad de operación de entrada obliga a diseñar curvas de radio mayor que superan la relación límite -2-, será necesario utilizar una tercera curva circular de radio intermedio que cumpla la relación establecida o una clotoide que enlace a ambas curvas.

El desarrollo que debe darse a esta clotoide intermedia se calculará haciendo la diferencia de los valores recíprocos de los radios de curvatura a enlazar, despejando de allí el radio de una curva, que al ser interpolada en los datos de la [Tabla 501.05](#) permite obtener el valor de su parámetro y el desarrollo correspondiente.

**01.07 RAMALES DE GIRO**

**501.07.01 Generalidades**

El ancho del pavimento y las bermas en calzadas de giro, está regulado por el volumen y composición de tránsito que por ella circula, así como por el radio de la

curva circular asociada al giro. Se describen varias posibilidades de operación según la importancia del ramal.

#### **501.07.02 Anchos de Pavimento en Ramales de Giro.**

Los tipos de operación que puedan considerarse en el ramal de giro, dan origen a una primera clasificación de tres posibilidades:

Caso I Un carril con tránsito en un solo sentido, en que no se consulta la posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga.

Caso II Un carril con tránsito en un solo sentido, diseñada de modo que sea posible adelantar a un vehículo detenido por emergencia a un costado de la calzada.

Caso III Dos carriles, ya sea para tránsito en uno o dos sentidos.

**El Caso I**, se reserva para ramales de giro de poca importancia, bajo volumen de tránsito y corta longitud. Al menos unos de los bordes del pavimento debe tener una berma que permita ser transitada en una emergencia.

**El Caso II**, consulta la posibilidad de adelantamiento a bajas velocidades, con espacios libres entre vehículos restringido, pero manteniéndose ambos dentro de la calzada.

**El Caso III**, se reserva para las situaciones en que el volumen de tránsito supera la capacidad de un sólo carril o para el tránsito en doble sentido cuando así esté consultado.

La segunda clasificación dice relación con la composición del tránsito que utiliza el ramal, identificándola por medio de los vehículos tipo y la proporción en que intervienen.

**Caso A**, predominan los vehículos ligeros (VL), considerando el paso eventual de camiones o Buses (VP).

**Caso B**, la presencia de vehículos tipo VP es superior al 5% y no sobrepasa el 25% del tránsito total. Eventualmente circulan vehículos articulados en muy baja proporción.

**Caso C**, los vehículo tipo VP con más del 25% del tránsito total y/o los vehículos articulados (VA) circulan normalmente por el ramal bajo consideración.

La [Tabla 501.07](#) resume los anchos que deben adoptarse según sea la hipótesis combinada de tipo de operación y tránsito que corresponda, a partir de los casos antes enumerados.

**TABLA 501.07**  
**ANCHOS DE PAVIMENTO EN RAMALES**

R(m)	Anchos de Pavimento en Ramales, en m para:								
	Caso I 1Carril 1Sentido Sin adelantar			Caso II 1Carril 1Sentido Con adelantar			Caso III 2 Carriles 1 ó 2 Sin adelantar		
	Características del Tránsito								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.5	5.5	7	7	7.6	8.8	9.4	10.6	12.8
20	5	5.3	6.2	6.6	7.2	8.4	9	10.2	11.7
22.5	4.8	5.1	5.8	6.4	7	8.2	8.8	10	11.2
25	4.7	5	5.7	6.3	6.9	8	8.7	9.8	11
30	4.5	4.9	5.4	6.1	6.7	7.6	8.5	9.4	10.6
40	4.3	4.9	5.2	5.9	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2
45	4.2	4.8	5.1	5.8	6.4	7.3	8.2	9.1	10
60	4	4.8	4.9	5.8	6.4	7	8.2	8.8	9.4
80	4	4.7	4.9	5.8	6.2	6.8	8	8.6	9.2
90	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9.1
100	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9
120	3.9	4.5	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
150	3.7	4.5	4.6	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
250	3.7	4.4	4.4	5.4	6	6.6	7.6	8.3	8.5
Recta	3.7	4	4	5.2	5.8	6.4	7.4	8	8

**MODIFICACIÓN DE ANCHOS POR EFECTO DE BERMAS Y SARDINEL**

Bermas sin revestir	Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinell montable	Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinell	Un lado	Añadir 0,30	Sin modificación
Elevado	Dos lados	Añadir 0,30	Añadir 0,30
Berma revestida a uno o ambos lados	Sin modificación	Deducir ancho de las bermas Ancho mínimo como caso I.	Deducir 0,60 donde la berma sea de 1,20 m como mínimo

### **501.07.03 Bermas o Espacios Adyacentes al Pavimento del Ramal de Giro.**

Dentro de una Intersección canalizada no es siempre necesario disponer bermas a los lados de los ramales de giro, los carriles quedan delimitados por islas y en las condiciones del trazado de éstas ya está incluida la necesaria luz libre lateral a la izquierda del pavimento y en gran parte de los casos estos ramales son relativamente cortos y no es necesario prever bermas a lo largo de ellos para estacionamiento temporal de vehículos.

La berma derecha, en dimensión y tratamiento, es esencialmente la misma que en el resto de la sección normal de la carretera de la que provienen los vehículo, pudiendo aprovecharse el ramal para hacer las transiciones de ancho si la berma de llegada es de dimensiones distintas.

En grandes intersecciones canalizadas los ramales de giro pueden ser de tal longitud que se consideren como independientes de las carreteras que se cortan. Bajo este punto de vista, deberán proyectarse con bermas a ambos lados del pavimento. Los anchos mínimos de éstas serán lo correspondientes a ramales de Intersecciones a Desnivel ([Sección 502](#))

### **501.08 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD**

#### **501.08.01 Generalidades.**

La salida o ingreso de un vehículo del flujo principal hacia otro que lo interseca, debe desarrollarse con un mínimo de perturbaciones, para lo cual se debe diseñar carriles de cambio de velocidad. Estos son carriles auxiliares.

#### **501.08.02 Carril de Aceleración.**

Serán del tipo paralelo, su longitud total (LT) es la suma de los largos de las zonas de aceleración propiamente tal y de transición o cuña. LT no superará en ningún caso los 300 metros.

La [Tabla 501.08](#) presenta los valores de LT y LC en función de las velocidades de diseño de los ramales y de la carretera. Los valores de LC son fijos para velocidades iguales o inferiores a 80 Kph (50 m) y para velocidades superiores a ésta (75 m)

LT = Largo Total

LA = Largo área de aceleración

LC = Largo de la cuña

**TABLA 501.08**  
**LONGITUDES DE CARRILES DE ACELERACION ENTRE**  
**RAMAL Y CARRETERA**

**LT = LA + LC (i = 0)**

Vc (Km/h)	Lc (m)	Vr = 0 (Km/h)	Vr = 30 (Km/h)	Vr = 40 (Km/h)	Vr = 50 (Km/h)	Vr = 60 (Km/h)	Vr = 70 (Km/h)	Vr = 80 (Km/h)	Vr = 90 (Km/h)
60	50	100	75	50					
70	50	150	120	100					
80	50	240	200	180	140	100			
90	75	300	275	250	220	170	140		
100	75	300	300	300	275	250	225	200	
110	75	300	300	300	300	300	250	250	250
≥120	75	300	300	300	300	300	300	300	300

Los valores LT y LA son válidos para inclinaciones longitudinales comprendidas entre +3 % y -3 %, debiendo corregirse si éstas exceden dichos valores límites. En la [Tabla 501.09](#) se entregan los factores que relacionan la longitud en pendiente (±) con la longitud en horizontal.

En el caso de pendientes negativas, las correcciones sólo se hacen cuando se da el raro caso de una condición de parada previa al inicio del carril de aceleración, puesto que en este caso se supone que el vehículo parte cuando tiene planificada su maniobra, que consiste solamente en acelerar.

Las correcciones por pendiente se calculan sobre el total del valor LT de la tabla 501.08 pero la longitud adicional o la que haya que deducir, como resultado de la aplicación de los coeficientes que correspondan al caso, afectan sólo a la dimensión LA, permaneciendo LC fijo, aunque eventualmente pudiera resultar un LT menor que LC.

**TABLA 501.09**  
**RELACIÓN DE LONGITUD ENTRE VÍAS EN PENDIENTE Y EN**  
**HORIZONTAL**

Factores de Corrección de Lt (*) en Carriles de Aceleración, para Velocidades de diseño de la Carretera (Vc) de:							
60 Km/h		70 Km/h		80 Km/h		100 (**) Km/h	
Caso Pendiente de Subida de: (%)							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
1,30	1,50	1,30	1,60	1,35	1,70	1,40	1,90
Caso pendiente de Bajada, Si Vr = 0 (**), de:							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
0,5	0,5	0,75	0,65	0,90	0,80	1,00	1,00

(\*) Factores se aplican a LT, pero afectan a LA; LC = Constante.

(\*\*) LT Máximo = 300 m. VC = 100 sirve para interpolar

(\*\*\*) Si Vr > 0 no hay reducciones

En la [Figura 501.05](#) se muestran los puntos singulares de los carriles de aceleración en lo que se deben tener anchos de pavimentos normalizados.

En C se tiene el ancho final de la cuña (c) que deberá ser de 1 m, esto con el fin de hacer utilizable la zona de cuña en una extensión mayor y para evitar roturas de la misma en el caso de pavimentos rígidos debido a su menor sección, lo que sucede frecuentemente dado que su construcción se ejecuta generalmente después de la de la calzada principal.

En el punto B, inicio de la cuña y final de la zona de aceleración, se debe tener el ancho total del carril (b). Normalmente, en recta, este ancho es de 3,5 m (b<sub>0</sub>), pudiendo rebajarse a b<sub>0</sub> = 3,0 m. si el tránsito en el ramal es de poca importancia. Si el carril fuera proyectado en una curva que requiera un sobreaancho S<sub>a</sub>. b = b<sub>0</sub> + S<sub>a</sub>.

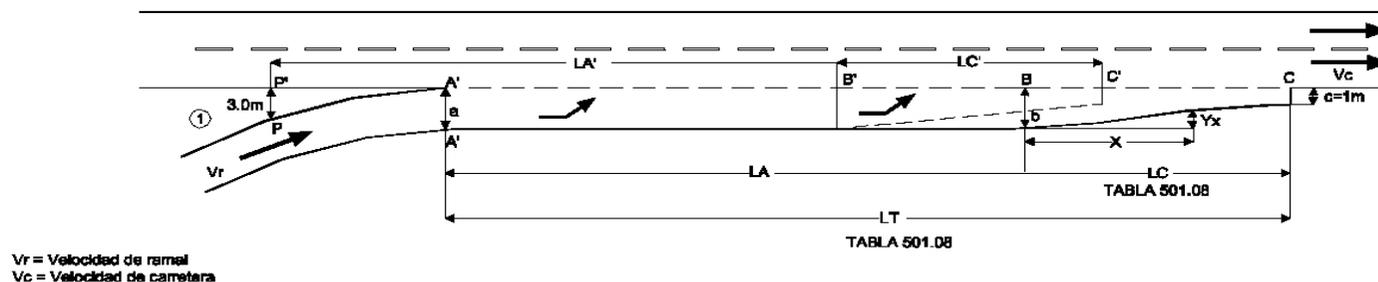
### 501.08.03 Carriles de Deceleración

(a) Caso I (existe curva de transición de longitud mayor o igual que LD)

Este primer caso ([Figura 501.06](#)) es el de la geometría considerada mejor para estos dispositivos, o sea, cuando se puede hacer incidir el ramal sobre la carretera con un ángulo (∠) que haga claramente perceptible su función.

Figura 501.05  
CARRIL DE ACELERACION

CARRIL DE ACELERACIÓN



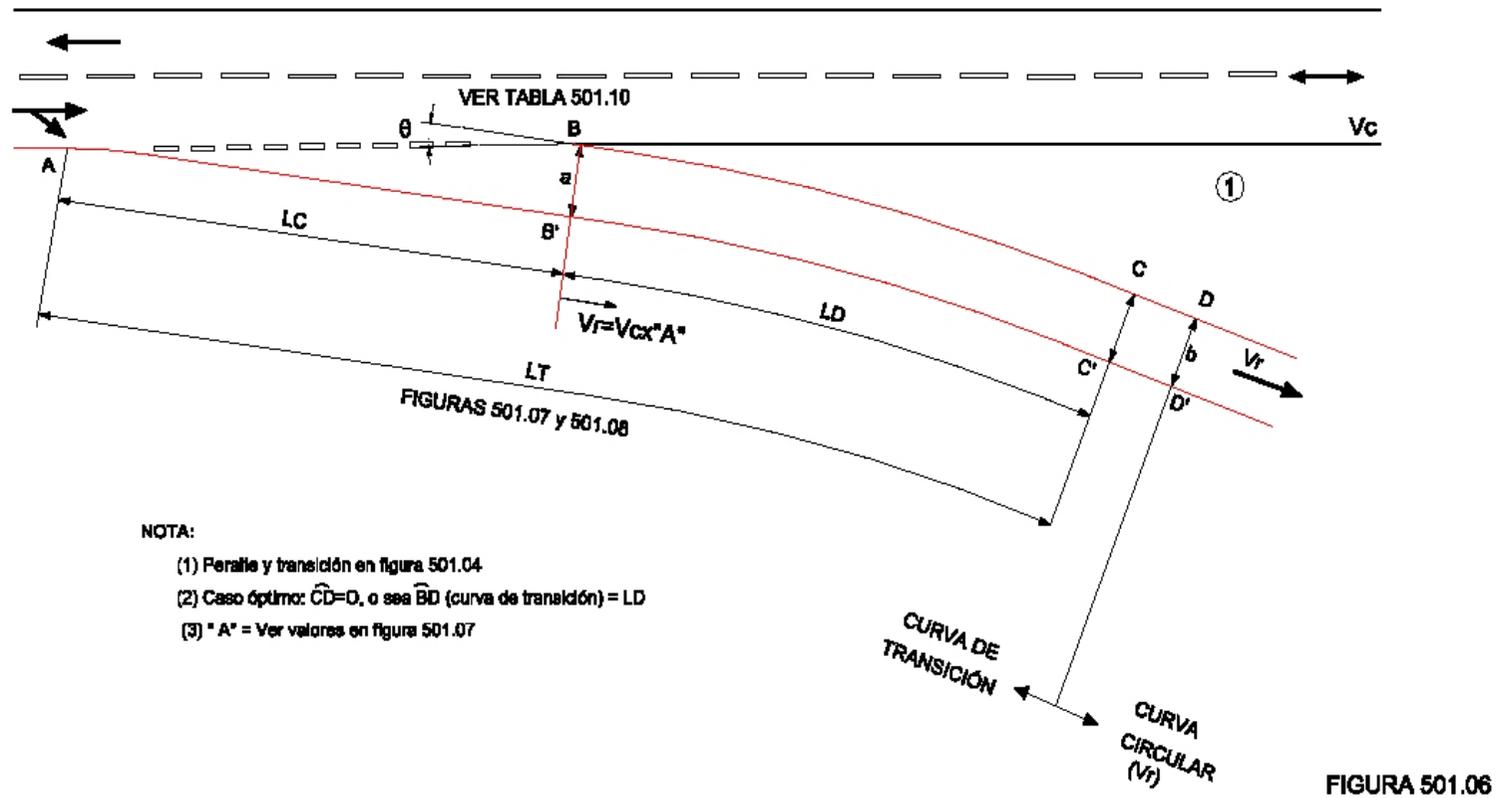
- NOTAS:
- (1) Esta zona se define según tópico 501.10
  - (2) Peraltes y transiciones en figura 501.04
  - (3)  $Y_x = F(b-c)$  (F en Tabla)

		DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO B ó B' (m)														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Velocidad de Diseño (km/h)	Largo de Cuaña (Lc) (m)	VALORES "F" PARA EL CALCULO DE Yx														
60-80	50	0.0127	0.0629	0.1656	0.3190	0.5000	0.6810	0.8344	0.9371	0.9873	1.0000					
90-120	75	0.0063	0.0246	0.0629	0.1262	0.2129	0.3190	0.4382	0.5518	0.6610	0.7881	0.8748	0.9371	0.9755	0.9947	1.0000

FIGURA 501.05

Figura 501.06  
 CARRIL DE DECELERACIÓN CASO-1

CARRIL DE DECELERACIÓN - CASO I: DIRECTA



Los valores LD se grafican en las [Figuras 501.07](#) y [501.08](#), para las Velocidades Específicas de Carretera que van desde 60 Km/hora hasta 120 Km/hora, considerando distintas velocidades de diseño de los ramales, y en función de las inclinaciones longitudinales de las calzadas.

En la [Figura 501.06](#) se muestran los puntos singulares de éstos carriles en los que se deben tener anchos de pavimentos normalizados.

Si B'C'(o BC) es parte de una clotoide,  $a = 3,50$  m.

Si BC es una curva circular de transición que requiere un sobreebanco  $Sa_1$ ,  $a = 3,50 + Sa_1$ .

En DD' se debe tener el ancho de ramal que corresponda según la [Tabla 501.07](#).

**TABLA 501.10**  
**ÁNGULO Ø DE INCIDENCIA DE CARRIL DE DECELERACIÓN**

VC (Km/h)	< 60	60	70	80	90	100	110	120
Ø (°)	11,0	9,0	7,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

(b) Caso II (La curva de transición es menor que LD o no existe).

La cuña es igual que en el Caso I, sólo que ahora se inicia con un ancho de 1 metro, con el fin de compensar el efecto de la maniobra de curva - contra - curva, que por lo general hace desaprovechar la zona de cuña, y para hacer más visible dicho inicio. El borde derecho se define igual que para el caso del carril de aceleración, según los valores de la tabla incluida en la [Figura 501.09](#).

#### **501.08.04 Carriles centrales de Deceleración.**

En la [Figura 501.10](#) se muestra un carril de este tipo. Las longitudes  $L_c$  y  $L_D$  son las de las [Figuras 501.07](#) y [501.08](#) respectivamente. A  $L_c$  y  $L_D$  hay que sumarle una longitud  $L_E$ , o largo de la zona de espera, que depende del número de vehículos por hora que giran y que debe considerarse si existe condición de parada al final de la zona de deceleración, cosa que generalmente ocurre.

Si existe un semáforo en ese punto (D en la [Figura 501.10](#)).  $L_E$  estará determinada por el cálculo del largo de las filas de vehículos que esperan en un ciclo, estimando en 7,5 m el espacio promedio requerido por cada uno.

Si existe una señal "PARE"  $L_E$  tendrá el valor que le corresponda de la [Tabla 501.11](#)

**TABLA 501.11**  
**LONGITUD ADICIONAL EN CARRILES DE DECELERACIÓN PARA**  
**ALMACENAMIENTO Y ESPERA DE VEHÍCULOS**

<b>Nº Vehículos/hora que giran</b>	30	60	100	200	300
<b>Longitud adicional (m)</b>	8	15	30	60	75

La cuña tiene la forma prevista para los casos I y II del artículo 501.08.03

### **501.09 CRUCE POR EL SEPARADOR CENTRAL**

#### **501.09.01 Generalidades**

La pendiente transversal de la zona abierta del separador no debe superar el 5%

#### **501.09.02 Abertura Mínima**

Ya sea que se trate de una intersección de 3 ó 4 ramales, la abertura debe ser a lo menos igual al ancho del camino que la cruza (pavimento más bermas) y en ningún caso menor de 12 m de ancho. Si el camino que cruza no tiene bermas la abertura del separador será igual al ancho del pavimento más 2,5 m y no menor de 12 metros.

Si el camino que cruza también es una doble calzada, la abertura mínima será igual al ancho de las dos calzadas más su separador central y no menor que el ancho de los pavimentos más el separador central más 2,5 m en caso de tener las bermas un ancho inferior.

#### **501.09.03 Trazados Mínimos para Giros a la Izquierda**

Los radios mínimos que a baja velocidad garantizan una trayectoria adecuada, dejando huelgos de al menos 0,60 m entre las ruedas y los bordes del pavimento son:

Automóviles                    VL            R = 12    m

Camiones Y Buses            VP            R = 15    m

V. Articulado                 VA            R = 22,5 m

Normalmente un diseño mínimo en base al vehículo tipo VP es adecuado a la mayoría de los casos en que los vehículos articulados son escasos.

La [Tabla 501.12](#) resume las características que deben darse a la abertura del separador para permitir giros a la izquierda en condiciones mínimas.

Figura 501.07

LONGITUDES DE CARRILES DE DECELERACION(LD=f(i))

LONGITUDES DE CARRILES DE DECELERACIÓN (LD = f(i))  
 CUADROS RESÚMENES PARA LT = Lc + LD CUANDO i = 0 y Vc = 50, 60, 70 y 80 km/h

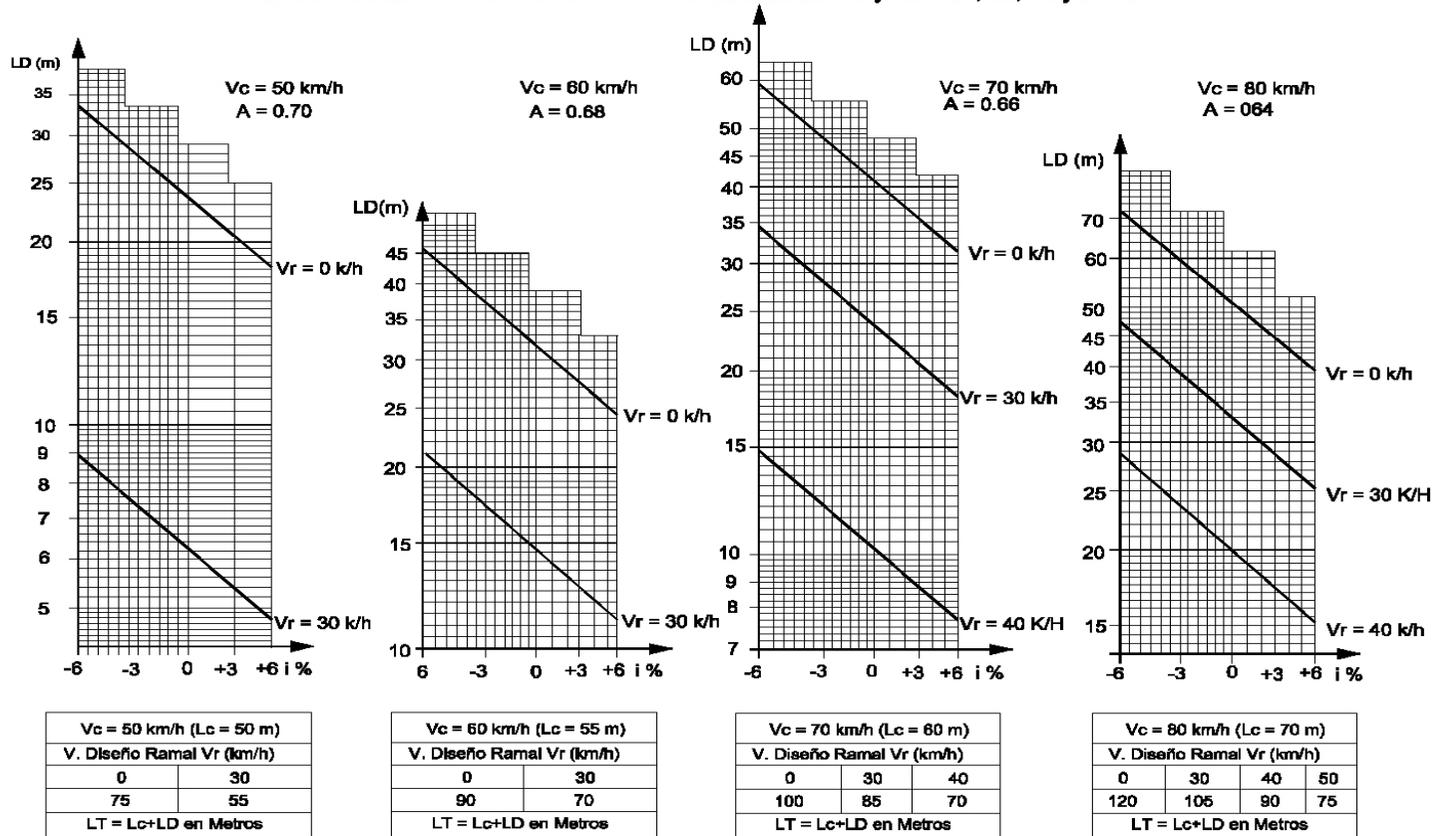


FIGURA 501.07

Figura 501.08

LONGITUD DE CARRILES DE DECELARACION (LD=f(i))

LONGITUDES DE CARRILES DE DECELERACIÓN ( LD = f(i) )  
 CUADROS RESÚMENES PARA LT = Lc + LD CUANDO i = 0  
 Vc = 90; 100; 110 y 120 Km/h

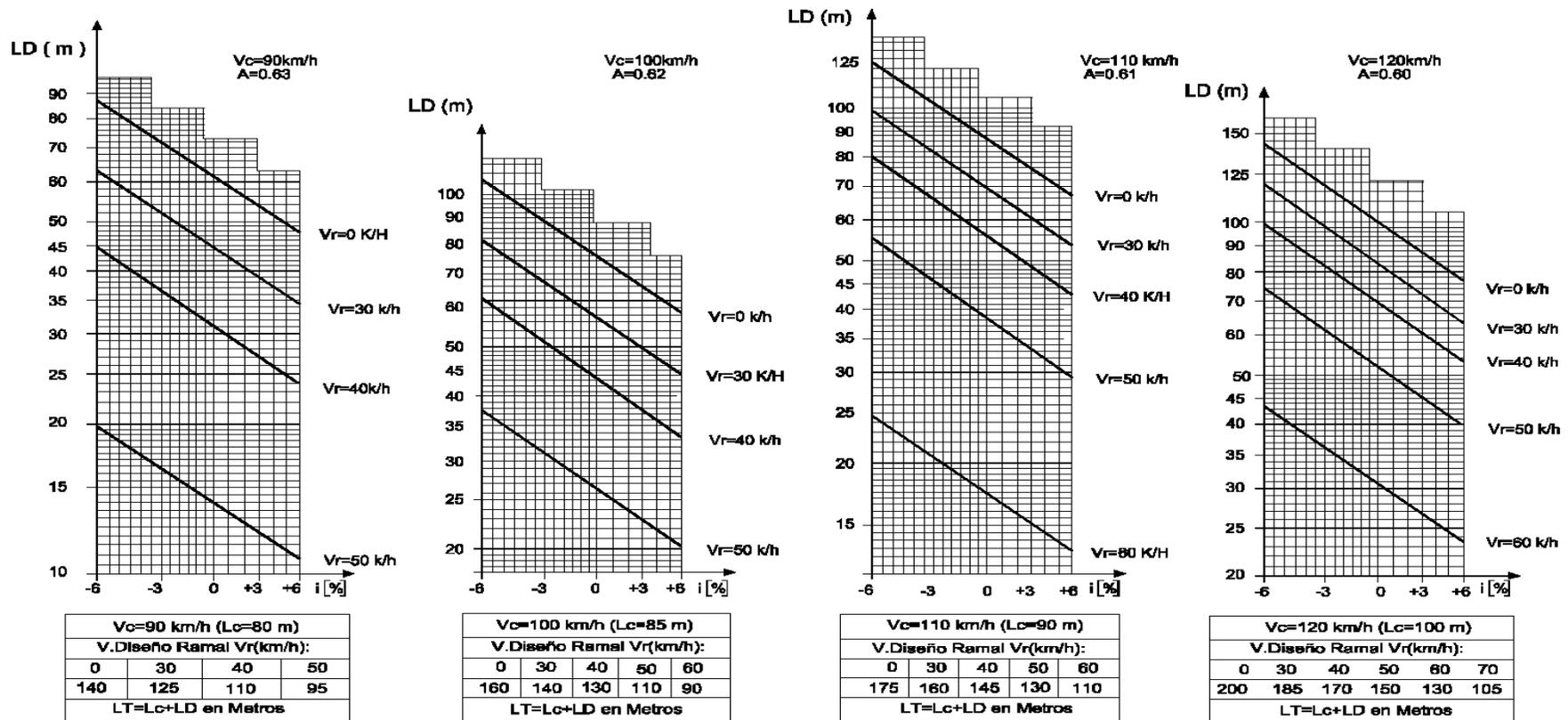


FIGURA 501.08

**FIGURA 501.09**  
**CARRIL DE DECELERACION**

**CARRIL DE DECELERACIÓN**  
**CASO II: EN PARALELO**

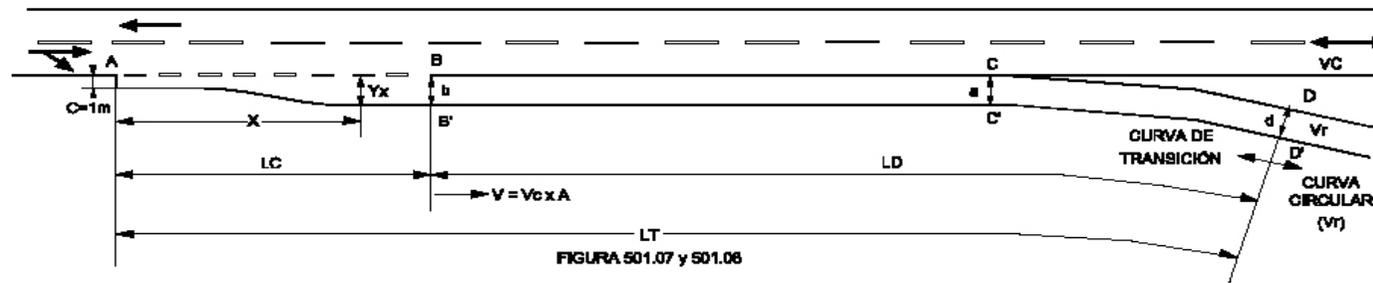


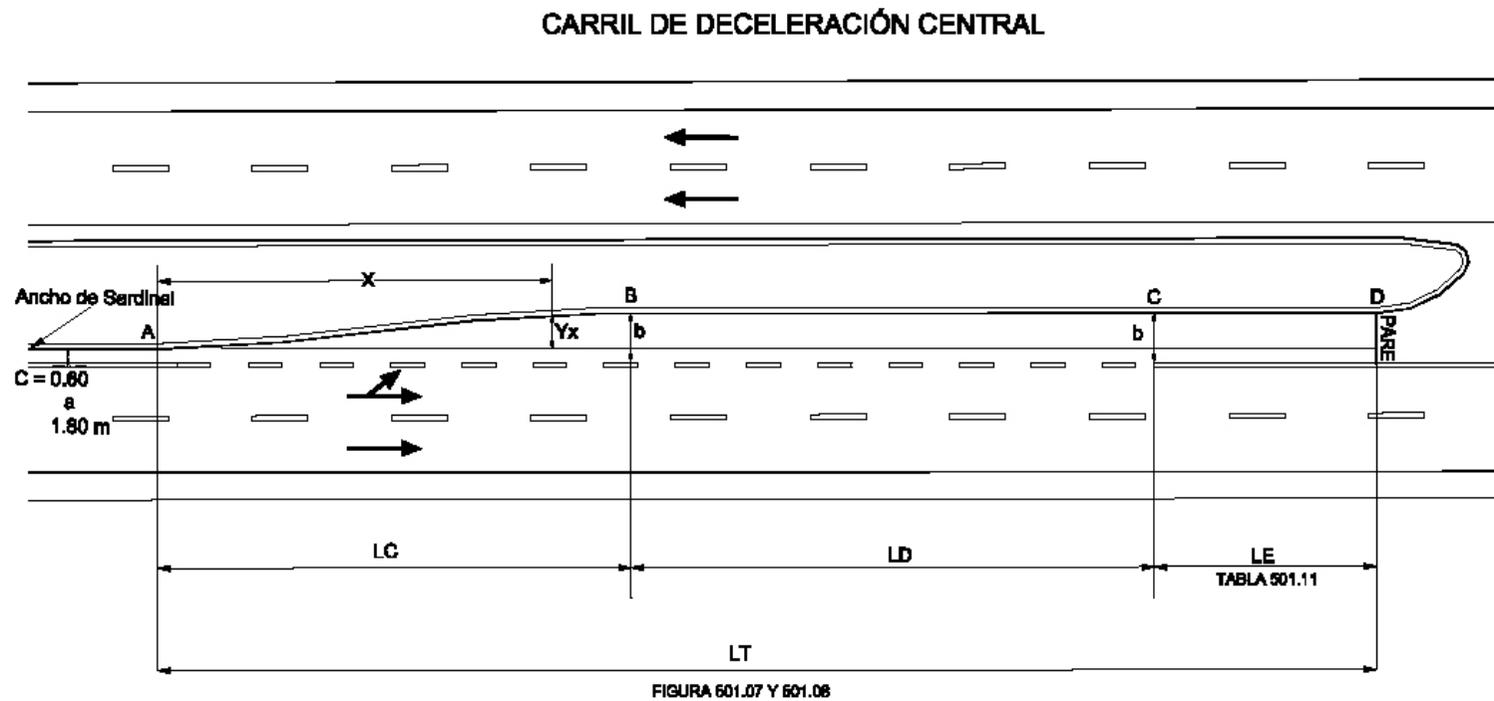
FIGURA 501.07 y 501.08

NOTA:  
 $Y_x = c + F(b - c)$   
(Ver Tabla)

		DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO A (m)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Velocidad de Diseño (Km/h)	Largo de Curva (Lc) (m)	VALORES DE "FF" PARA EL CALCULO DE Yx																			
80	65	0,0104	0,0603	0,1320	0,2688	0,4160	0,5640	0,7414	0,8680	0,0487	0,8698	1,0000									
70	60	0,0088	0,0411	0,1073	0,2119	0,3481	0,5000	0,6519	0,7881	0,8827	0,9389	0,9814	1,0000								
60	70	0,0061	0,0287	0,0742	0,1474	0,2481	0,3681	0,5000	0,6309	0,7518	0,8325	0,8858	0,9173	0,9398	1,0000						
90	90	0,0048	0,0211	0,0540	0,1073	0,1622	0,2271	0,3051	0,5000	0,6148	0,7229	0,8178	0,8827	0,9480	0,9758	0,9964	1,0000				
100	85	0,0040	0,0183	0,0489	0,0828	0,1260	0,2414	0,3385	0,4455	0,5545	0,6605	0,7584	0,8420	0,9072	0,9531	0,9817	0,9980	1,0000			
110	90	0,0038	0,0160	0,0411	0,0809	0,1389	0,2118	0,3000	0,3978	0,5000	0,6024	0,7000	0,7881	0,8611	0,9181	0,9589	0,9840	0,9984	1,0000		
120	100	0,0029	0,0127	0,0321	0,0628	0,1073	0,1658	0,2370	0,3190	0,4077	0,5000	0,5823	0,6810	0,7630	0,8344	0,8827	0,9371	0,9678	0,9873	0,9971	1,0000

FIGURA 501.09

FIGURA 501.10  
CARRIL DE DECELERACION CENTRAL

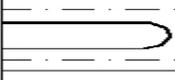


NOTA: Para valores de  $Y_x = f(x)$ , Véase Tabla en Figura 501.09 ( $C=0.60$  m. $a = 1.20$  m.)

FIGURA 501.10

**FIGURA 501.11**  
**ABERTURAS DE SEPARADOR**

**ABERTURAS DE SEPARADOR**  
**TRAZADOS MÍNIMOS PARA GIROS EN "U"**

TIPO DE MANIOBRA		ANCHO MÍNIMO DEL SEPARADOR M en m .PARA VEHIC. TIPO			
		VL	VP	VA	
CARRIL INTERIOR A CARRIL INTERIOR		3.50	12.00	21.00	20.50
	M	3.50			
CARRIL INTERIOR A CARRIL EXTERIOR		3.50	8.50	17.60	17.00
	M	7.00			
CARRIL INTERIOR A BERMA		3.50	5.50	14.50	14.00
	M	7.00			
CARRIL EXTERIOR A CARRIL EXTERIOR		7.00	5.00	14.00	13.50
	M	7.00			
CARRIL EXTERIOR A BERMA		7.00	2.00	11.00	10.50
	M	7.00			
BERMA A BERMA		7.00	0.00	8.00	7.50
	M	7.00			
LONGITUD MÍNIMA DE ABERTURA (m)	L - REMATE CON TRANSICIÓN (1)	6.00	6.00	9.00	
	L1 - REMATE SEMICIRCULAR (2)	7.00	6.00	9.00	

**NOTAS:**

- Usar las siguientes combinaciones de radios:  
 Para M = 9m ó menos 15 - 0.4 m - 15  
 Para M = 12 a 15 m 22.5 - 0.4 m - 22.5  
 Para M = 18 a 24 m 30 - 0.4 m - 30
- La longitud L' es mayor cuando M > 15 m. remate con transiciones preferible.

**FIGURA 501.11**

**TABLA 501.12**  
**CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA ABIERTA EN EL SEPARADOR**  
**CENTRAL PARA CONDICIONES MÍNIMAS DE GIRO A LA IZQUIERDA.**  
**Vehículo Tipo VP Radio de Giro Mínimo 15 mts.**

* Esviaje	Ancho Separador m.	Abertura normal al camino que cruza (m)			R1
		Semi-círculo A	Punta de Proyectil		Caso C asimétrico m.
			Simétrico B	Asimétrico C	
0°	1,00	29,0	29,0	-----	-----
	2,00	28,0	23,0	-----	-----
	2,50	28,0	21,0	-----	-----
	3,00	27,0	19,0	-----	-----
	6,00	24,0	13,0	-----	-----
	9,00	21,0	12,0 min.	-----	-----
	12,00	18,0	12,0 min.	-----	-----
	15,00	15,0	12,0 min.	-----	-----
	18,00	12,0	12,0 min.	-----	-----
10°	3,00	32,0	24,5	23,0	21,5
	6,00	28,0	17,5	16,0	20,5
	9,00	24,5	13,5	12,0 min.	19,5
	12,00	21,5	12,0 min.	12,0 min.	19,0
	15,00	18,0	12,0 min.	12,0 min.	18,5
	18,00	14,0	12,0 min.	12,0 min.	18,0
20°	3,00	37,0	29,5	27,5	29,5
	6,00	32,5	22,0	19,5	27,5
	9,00	28,5	18,0	14,5	26,0
	12,00	24,5	14,5	12,0 min.	24,5
	15,00	20,5	12,0 min.	12,0 min.	23,0
	18,00	16,0	12,0 min.	12,0 min.	21,5
30°	3,00	41,0	35,0	32,0	42,5
	6,00	36,5	27,5	23,0	39,5
	9,00	31,5	22,5	17,5	36,5
	12,00	27,5	18,5	12,5	33,5
	15,00	23,0	15,5	12,0 min.	30,5
	18,00	18,0	12,0	12,0 min.	27,5
40°	3,00	44,5	38,5	36,0	64,0
	6,00	40,0	32,0	27,5	58,5
	9,00	35,0	27,5	20,5	53,0
	12,00	30,0	23,5	15,5	47,5
	15,00	25,0	19,5	12,0 min.	42,0
	18,00	19,5	15,5	12,0 min.	36,5

\* Esviaje medido como el número de grados sexagesimales que separa el camino secundario de la normal al camino principal.

#### **501.09.04 Giros en U en Torno al Separador Central**

Esta posibilidad no es una práctica recomendable, sin embargo, hay ciertos casos en que su existencia puede considerarse como un mal menor o bien puede aceptarse para volúmenes muy bajos que en otras circunstancias entorpecen el funcionamiento de una intersección.

Los casos en que se aceptará este dispositivo son:

- En Carretera con control total de acceso sólo se aceptarán cuando se disponen para labores del personal de conservación de la carretera, uso de la policía o como lugar de estacionamiento de vehículos inutilizados. En estos casos el espacio estará cerrado por una cadena u otro dispositivo fácilmente removible por la autoridad, pero no así por el público en general. Las aberturas se construirán regularmente espaciadas a lo largo de la carretera.
  
- En Carreteras con control parcial de accesos, se pondrán aceptar para dar servicio a ciertas áreas de desarrollo marginales a la carretera. Si estas facilidades se dan de acuerdo con un estudio es posible elegir los lugares más adecuados para hacerlo; si esto no se prevé, la presión pública posterior suele obtener aberturas a través del separador en mayor número y en peor ubicación.
  
- En relación con cruces a nivel de importancia, suelen diseñarse aberturas para giros en U a distancias de 400 a 600 metros del cruce propiamente tal, ya sea con el objeto de permitir el retorno de aquellos pocos conductores que por desconocimiento de la intersección equivoquen la maniobra, o bien para trasladar algún giro de poca importancia, desde el cruce a la abertura para giro en U, con el objeto de eliminar algunos puntos de conflicto en el propio cruce.
  
- Inmediatamente antes de una intersección misma, obstaculizando el tránsito que cruza la vía principal. Esta situación es especialmente válida en zonas suburbanas en que el desarrollo lateral es de consideración.

#### **501.09.05 Ancho del Separador y Tipo de Maniobra Asociada al Giro en U.**

Evidentemente para que el giro en U no produzca demasiados trastornos, es necesario que el separador tenga un ancho lo mayor posible. La [Figura 501.11](#) indica los anchos mínimos requeridos según sea el tipo de maniobra que se esté realizando.

## **501.10 ISLAS**

### **501.10.01 Generalidades**

Una isla es una zona bien definida, situada entre los carriles de circulación y destinada a guiar el movimiento de vehículos o a servir de refugio para peatones.

### **501.10.02 Tamaño y Trazado de Islas.**

Las islas deben ser lo suficientemente grandes para llamar la atención de los conductores. El menor tamaño de isla debe tener una superficie mínima de 4,5 m<sup>2</sup> preferiblemente 7 m<sup>2</sup>. A su vez, las triangulares deben tener un lado mínimo de 2,4 metros y preferiblemente de 3,6 metros. Las alargadas (con forma de gota) deben tener un largo mínimo de 3,6 a 6 metros y un ancho de 1,2 metros, salvo en aquellos casos donde el espacio esté limitado que pueden reducirse a un ancho mínimo absoluto de 0,6 metros.

Las islas divisorias en carreteras importantes de alta velocidad de diseño deben tener una longitud mínima de 30 metros y preferiblemente de 100 metros o más, sobre todo cuando sirven a su vez para la introducción de un carril central de cambio de velocidad y espera de vehículos si no pudieran tener la longitud recomendada deben ir precedidas de un pavimento rugoso bien notorio, resaltos sobre la calzada o, al menos, de marcas bien conservadas sobre el pavimento. Cuando coincidan con un punto alto del trazado en perfil o del comienzo de una curva horizontal, la isla debe prolongarse lo necesario para hacerla claramente visible a los conductores que se aproximan.

Las narices o vértices de las islas deben redondearse o rebajarse de nivel a efectos de visibilidad y sencillez constructiva. Los lados de las islas que quedan contiguos a los carriles utilizados por el tránsito directo, deben desplazarse en una dimensión que depende del contraste de la isla, longitud de la transición o pavimento auxiliar que la precede, la velocidad de circulación, etc. No es necesario dicho desplazamiento referido al borde del pavimento de un carril de giro, excepto en su vértice de entrada.

Este debe desplazarse de 0,60 a 0,90 metros. Si se emplean sardineles elevados estos deben desplazarse de todos los bordes del pavimento. En la [Figura 501.12](#) se muestra el detalle del trazado de islas. En la [Tabla 501.13](#) se indican normas para replantear los desplazamientos de los sardineles que puede ser de gran utilidad para efectos constructivos.

## **501.11 ELEVACION EN INTERSECCIONES**

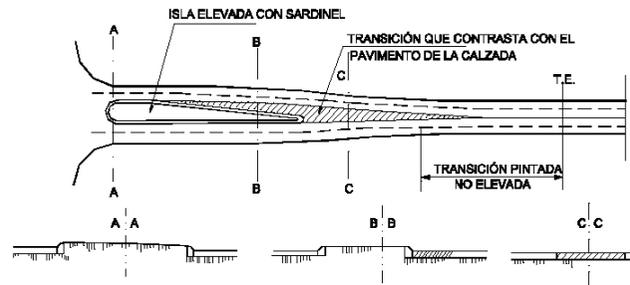
La [Figura 501.13](#), muestra la solución del perfil longitudinal de una intersección de una sola calzada.

De dicha figura se puede anotar que el perfil longitudinal de la vía secundaria puede iniciarse en un punto cualquiera entre  $E_0$  y F, si esto es necesario o conveniente. Con esto, el plano en el que se inscribirá la Intersección seguirá siendo una prolongación del carril correspondiente, pero con una pendiente variable en el sentido del eje de la vía secundaria si existe alguna curva vertical en esa parte de dicho eje.

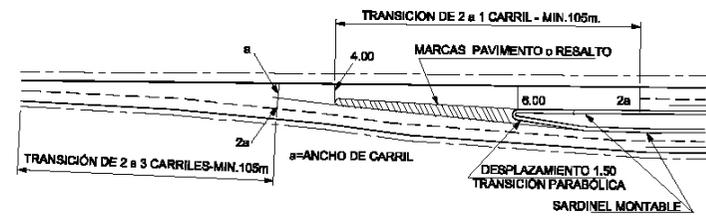
La pendiente inicial del perfil longitudinal de la vía secundaria deberá ser de preferencia la del carril prolongado. Sin embargo, en casos justificados, podrá permitirse una arista con diferencias de inclinación de hasta un 4% en el caso de condición de parada, y de un 0,5% en el caso de un "CEDA EL PASO"

**FIGURA 501.12**  
**ISLA: DETALLE DE TRAZADO**

ISLA: DETALLE DE TRAZADO

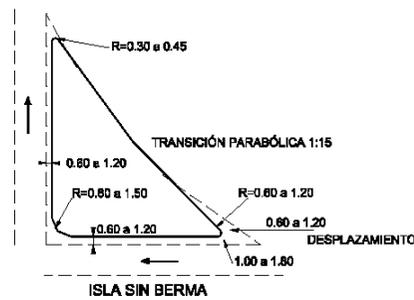


TRANSICIÓN PARA LA APROXIMACIÓN DE UNA ISLA DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS EN UNA CARRETERA DE CIRCULACIÓN RÁPIDA



DETALLE

DE TRANSICIÓN DE DOS CARRILES A CUATRO CON CALZADAS SEPARADAS



DETALLE DEL TRAZADO DE ISLAS TRIANGULARES

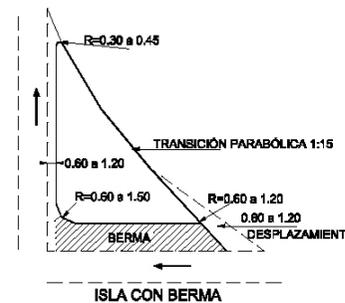
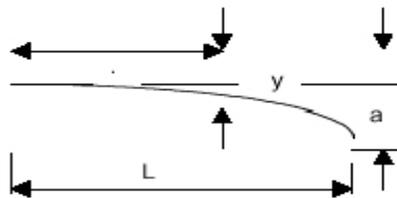


FIGURA 501.12

**TABLA 501.13**  
**TRANSICIONES PARABÓLICAS MÁS CORRIENTES PARA EL DESPLAZAMIENTO DE VÉRTICES DE ISLAS**

ORDENADAS, Y , PARA UNA ABCISA DADA, x																
Abcisa X en mts. L. Long. de transición	3	4,5	6	7,50	9	12	13,50	15	18	21	22,50	24	27	30	33	36
<b>TRANSICION 1:5</b>																
7,5	0,24	0,54	0,96	1,50	1,08	1,92		3,00								
15	0,12		0,48													
<b>TRANSICION 1:10</b>																
15	0,06		0,24		0,54	0,96		1,50								
30	0,03		0,12		0,27	0,48		0,75	1,08	1,47		1,92	2,43	3,00		
<b>TRANSICION 1:15</b>																
7,5	0,080	0,18	0,320	0,50	0,40	0,71										
13,5	0,045		0,177		0,24	0,43	0,90									
22,5	0,027		0,108		0,20	0,36		0,67	0,96	1,31	1,50					
27	0,021		0,090		0,15	0,27		0,55	0,80	1,09		1,42	1,80			
36	0,018		0,066					0,42	0,60	0,82		1,07	1,35	1,67	2,02	2,40

$$Y = \frac{aX^2}{L^2}$$



- L = Longitud transición, m.
- a = Desplazamiento total, m
- X = Abscisas, m
- Y = Ordenadas, m.

FIGURA 501.13 ..... ELEVACIÓN EN INTERSECCIONES...CASO PLANTA UNICA

ELEVACIÓN EN INTERSECCIONES  
CASO DE PLATAFORMA ÚNICA

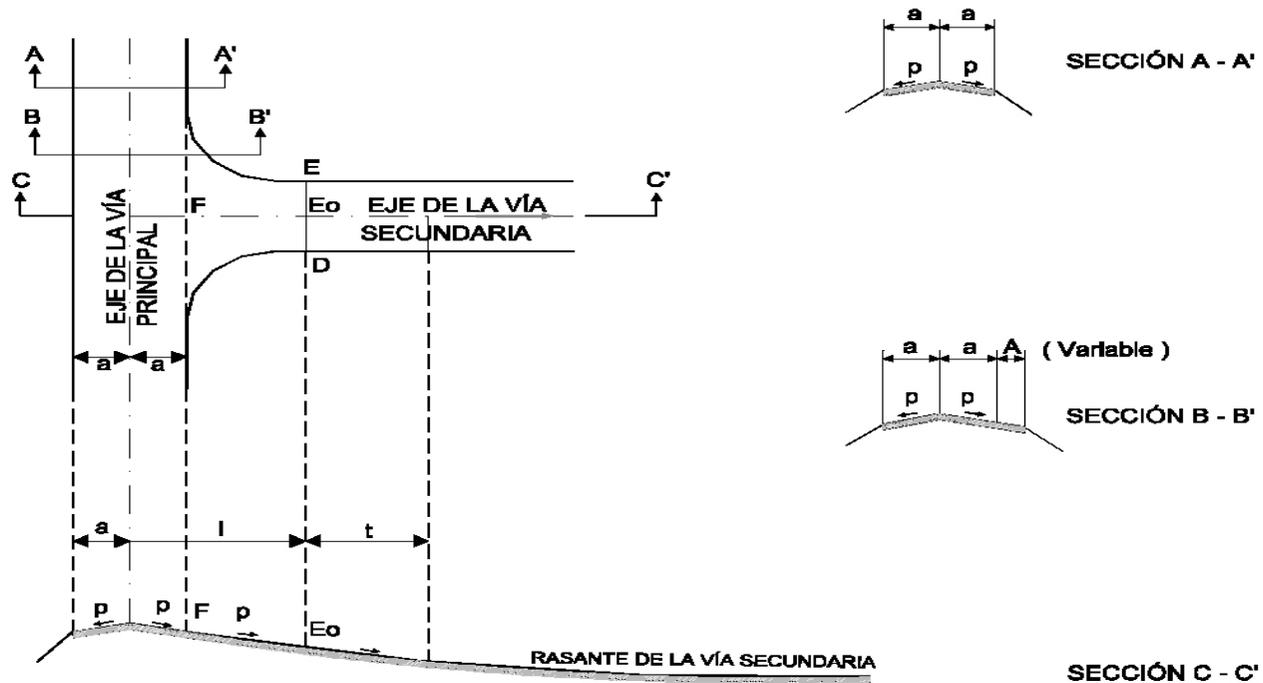


FIGURA 501.13

## Sección 502

### Intersecciones a Desnivel

#### 502.01 GENERALIDADES

En general, una intersección solucionada a diferentes niveles requiere inversiones importantes, por lo que su diseño y construcción deben justificarse por razones como:

- **Funcionalidad.** Ciertas carreteras como autopistas y multicarril, porque tienen limitación de accesos las primeras, o por la categoría y características que les atribuyen los planes viales nacionales, regionales o departamentales, requieren la construcción de intersecciones a desnivel.
- **Capacidad.** Si la capacidad es insuficiente en una intersección, una alternativa por considerar, en el estudio de factibilidad, es separar niveles, así haya alternativas posibles a nivel.
- **Seguridad.** Puede ser la seguridad, unida a otras razones, uno de los motivos para construir un intercambio vial y no una intersección.
- **Factibilidad.** Por las elevadas inversiones que implica, en general, la construcción de una intersección a desnivel, es necesario el estudio de factibilidad, en el que debe analizarse, si a ello hubiere lugar, la construcción por etapas.

#### 502.02 CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

##### (1) Capacidad de las Vías

En la [Tabla 502.01](#) se indica la capacidad de las vías principales y de las vías de enlace en intersecciones a desnivel, expresada en vehículos ligeros equivalentes por hora (VL/hora).

**TABLA 502.01**  
**CAPACIDAD DE LAS VÍAS EN INTERSECCIONES A DESNIVEL**

Tipo de Vía	Ancho del Carril (metros)	Capacidad Práctica por carril (VI/hora)
Vía Principal	3,5 a 3,65	1500
Vía Secundaria	3,0	1 350
Vía de Enlace		1 200
Carril de Deceleración		1 200, siempre y cuando se anuncie mediante señal informativa ubicada mucho antes de llegar a la intersección (200 m).

### **(2) Flujos emergentes**

El flujo máximo que emerge (flujo en el carril más cercano, aguas arriba del punto de entrada, más el flujo proveniente de la vía que conecta a la principal) está comprendido entre 1300 y 2000 vehículos por hora.

Si el flujo que emerge es superior a 2000 vehículos por hora, se debe proveer un carril adicional en la vía principal, más allá del punto de intersección

## **502.03 DISEÑO EN PLANTA**

### **502.03.01 Sección de Entrecruzamiento**

Es aquella zona donde se entrecruzan distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación. La longitud y el ancho de la sección de entrecruzamiento determinan la facilidad de maniobra de los vehículos a través del mismo y en consecuencia su capacidad.

La longitud y ancho del tramo de entrecruzamiento determinan la facilidad de maniobra de los vehículos a través del mismo y consecuentemente su capacidad.

El ancho del tramo de entrecruzamiento expresado en carriles, se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{F_1 + F_2 + W_1 + W_2 * k}{V_s}$$

Donde:

N = ancho del tramo de entrecruzamiento en carriles

F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> = volúmenes de tránsito directo

W<sub>1</sub> = volumen mayor que se entrecruza

W<sub>2</sub> = volumen menor que se entrecruza

K = factor de influencia de entrecruzamiento

V<sub>s</sub> = volumen de servicio correspondiente a la calidad del flujo deseado (Tabla 502.02)

**TABLA 502.02**  
**VOLÚMENES DE SERVICIO MÁXIMO SEGÚN CALIDAD DE FLUJO**

Calidad de Flujo	Volumen de Servicio Veh/Hora/Carril
I	2000
II	1900
III	1800
IV	1700
V	1600

La calidad de flujo es equivalente a lo que se denomina niveles de servicio en el tratamiento de la capacidad de carreteras con tránsito ininterrumpido; del mismo modo como se definen estos niveles de servicio, también se definen los grados de calidad de flujo. En la siguiente [Tabla \(502.02A\)](#) se presenta la relación entre el nivel de servicio y la calidad de flujos en los tramos de entrecruzamiento.

**TABLA 502.02A**

**RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE SERVICIO BASICO DE CARRETERAS Y LA CALIDAD DE FLUJO DE TRAMOS DE ENTRECruzAMIENTO**

Nivel de Servicio	Calidad de Flujo de Tramos de entrecruzamiento (a)			
	Autopistas y Carreteras de 4 ó más pistas		Carreteras de dos pistas	Arterias Urbanas y Suburbanas
	En la propia carretera	Carreteras conexión, colectoras, distribuidoras y de enlace		
A	I - III	II - III	II	III - IV
B	II	III	II - III	III - IV
C	II - III	III - IV	III	IV
D	III - IV	IV	IV	
E (b)	IV - V	V	V	IV
F (c)		insatisfactorio		V

(a) Según se representa en la Figura 501.01

(b) Operación a capacidad

(c) Volumen máximo equivalente a la calidad de flujo V, pero puede ser mucho más bajo

En la [Tabla 502.03](#) se indica la longitud mínima de la sección de entrecruzamiento correspondiente a una velocidad de entrecruzamiento de 50 Km/h,  $C = 1700$ ,  $K = 3$ , que son los valores mínimos absolutos.

**TABLA 502.03**  
**LONGITUD MÍNIMA DE ENTRECruzAMIENTO**  
**(VE = 50 Kph, C = 1700 VL/hr, K = 3)**

Volumen de Entrecruzamiento = $W1 + W2$ (VL/hora)	Longitud Mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1000	75
1500	120
2000	200
2500	290
3000	410
3500	565

En el análisis de secciones de entrecruzamiento se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- Cuando N es menor que 3, para un volumen total con un volumen exterior que sobrepase 600 VL/hora, se debe suministrar un carril adicional para el flujo exterior.
- Cuando N es menor que 4, para un volumen total con dos volúmenes exteriores, cada uno superior a 600 VL/hora, se debe suministrar un carril adicional a cada uno.
- No se tendrá en cuenta el entrecruzamiento si la distancia en metros entre las vías de entrada y salida es igual o superior a 0.8 veces el volumen horario que se entrecruza.
- En donde emergen dos vías, el número de carriles más allá del punto de entrada no debe ser menor que la suma de los carriles de las calzadas que emergen menos uno.
- Más allá del punto de salida el ancho de la calzada principal no se debe reducir en más de un carril.

### **502.03.02 Balance de Carriles**

En el estudio de intersecciones a desnivel se debe efectuar un balance de carriles que contemple los siguientes puntos como mínimo:

- La distancia entre puntos de salida sucesivos debe ser al menos la longitud del carril que interviene en el cambio de velocidad y se debe incrementar hasta donde sea necesario para facilitar las maniobras y la señalización.
- Distancia mínima entre puntos consecutivos de entrada y salida: 180 metros
- Angulo deseable entre la vía de enlace o secundaria y la calzada de la vía principal: 4 a 5°.
- Longitud mínima de las narices de entrada y salida: 45 metros.
- Si después de una punta de salida el ancho de la vía principal se reduce en un carril, la reducción debe hacerse mediante una línea diagonal cuya longitud sea superior a 90 metros, medidos a partir de la nariz de salida.

### **502.03.03 Carriles de Cambio de Velocidad**

Los carriles de cambio de velocidad se deben ubicar en los tramos en donde la vía principal es razonablemente recta y los estándares de nivel y visibilidad son altos. Nunca se deben ubicar en los alineamientos curvos de la vía principal.

En general, se regirán las dimensiones mínimas y recomendaciones según, lo normado en el [Tópico 501.08](#)

#### **502.03.04 Vías de Enlace**

En la [Tabla 502.04](#) se presentan los criterios correspondientes a velocidad de diseño, ancho de la calzada y pendiente en vías de enlace de intersecciones a desnivel y en las [Tablas 502.05](#), [502.06](#), [502.07](#) y [502.08](#), los valores mínimos para velocidad en ramales, radio de curvatura, parámetro de clotoide y anchos de berma, respectivamente.

Las distancias de visibilidad de parada se deben chequear entre puntos a 1.15 metros por encima de la calzada, a lo largo de líneas a 1.8 metros de ambos bordes de la calzada.

FIGURA 502.01  
LONGITUD DE ENTRECruzAMIENTO

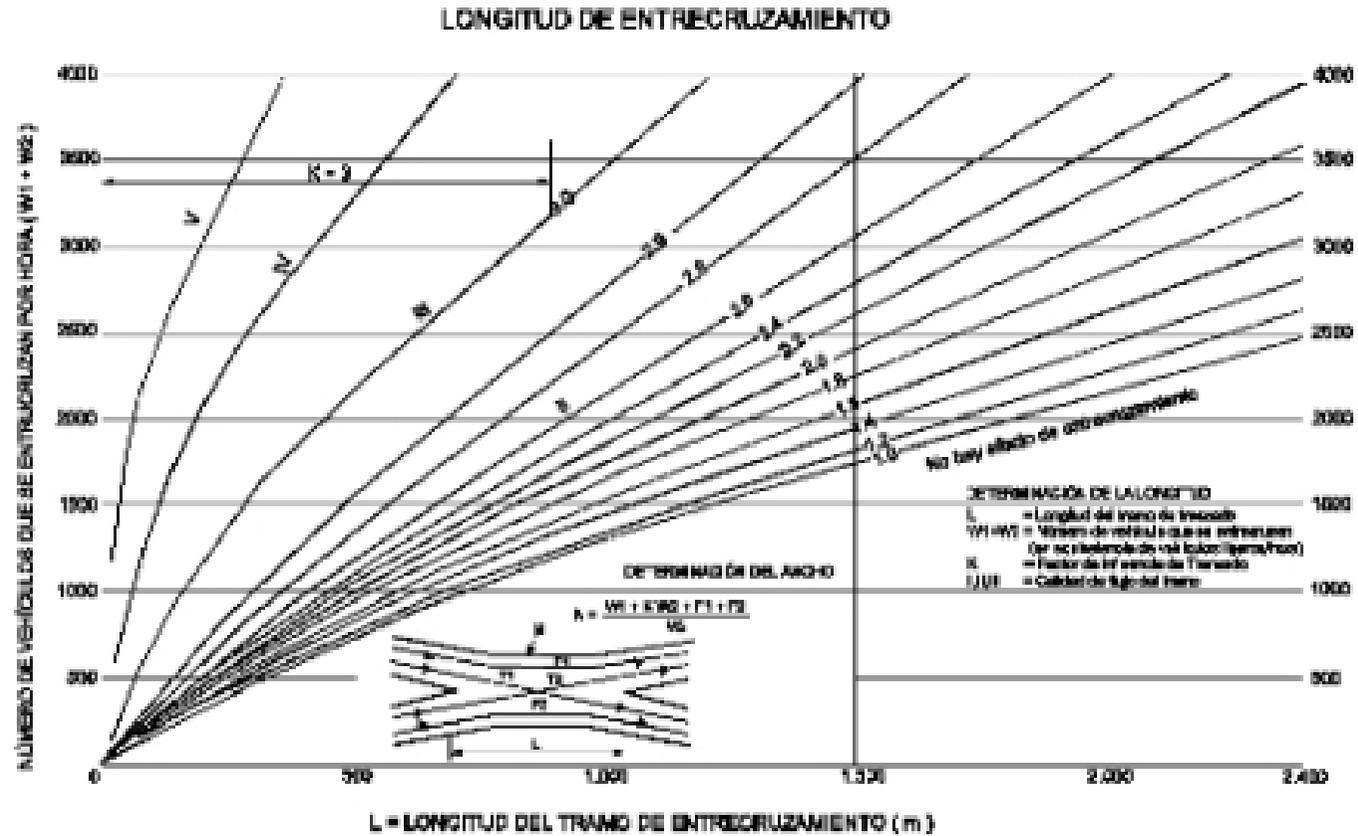


FIGURA 502.01

**TABLA 502.04**  
**VELOVIDAD DE DISEÑO, ANCHO DE CALZADA Y**  
**PENDIENTE EN VIAS DE ENLACE**

Descripción	Criterio
Velocidad de diseño	* Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y por homogeneidad se procurará que no sea inferior a $\frac{1}{2}$ de la correspondiente a la Vía que se procede. * Si es un enlace, mínimo 25 Km/h.
Ancho	* Mínimo 4,0 metros de calzada. * Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,30 metros.
Sobreancho	* No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30 metros el ancho de calzada será de 4,50 metros.
Pendiente	* Aconsejable $\leq 5\%$
	* Máxima. 8% cuando el tránsito es liviano. 5% cuando hay porcentaje alto de vehículos pesados.

La [Tabla 502.05](#), muestra las velocidades de diseño de ramales de enlace distinto para cada una de las velocidades según el sentido del ramal de enlace; el caso de un ramal de salida, desde una carretera de velocidad mayor hacia otra de velocidad inferior, no es igual al caso inverso.

**TABLA 502.05**  
**VELOCIDADES DE DISEÑO EN RAMALES DE ENLACE**

V.D. Carretera de Destino (Kph)	Directos Entre Autopistas			Directos					Semidirectos					Lazos	
	80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40- 80	100- 120
40					30	30	35	40		30	30	35	40	25	30
60				30	35	40	45	50	30	35	40		45	30	35
80	60	65	70	45		50	55	60	40	45	50		35		
100	70		80	70					60					40	
120	80	90	100	80					70					50	

Nota 1: Estos valores son los mínimos deseables. En el caso desde 40 Km/h, a cualquier VD de la carretera de destino, para cualquier tipo de ramal, se podrá reducir VDR en 5 Km/h., siendo el mínimo 25 Km/h.

Nota 2: Para Velocidades de Diseño de una o ambas vías, que sean intermedias entre los valores dados, se deberá interpolar.

Nota 3: Si el ramal es de doble sentido, se aplica el valor que corresponda al sentido más exigente.

**TABLA 502.06**  
**RADIOS MÍNIMOS CON PERALTES MÁXIMOS**

VD Ramal (Km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
<b>f máx %</b>	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13	13
<b>p máx %</b>	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7,5	7	6,5	6,5
<b>R mín adoptado</b>	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	240	330	400

**TABLA 502.07**  
**PARÁMETROS MÍNIMOS DE CLOTOIDES (A mín)**

<b>VD Ramal (Km/h)</b>	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
<b>R mín (m)</b>	25	35	45	60	75	90	120	170	240	330	400
<b>A mín (m)</b>	20	30	35	40	50	60	70	100	135	160	190

**TABLA 502.08**  
**BERMAS MÍNIMAS EN RAMALES DE ENLACE**

	Ancho Mínimo en Ramales de 1 carril (m)		Ancho Mínimo en Ramales de dos carril (m)		
	V.D. $\leq 70 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$	V.D. $> 70 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$	1 Sentido (Ramales import. entre aut.)	2 Sentidos	
				V.D. $\leq 70 \frac{\text{K}}{\text{h}}$	V.D. $> 70 \frac{\text{K}}{\text{h}}$
Derecha	1,50 (1,20)	2,00 (1,20)	2,00 (1,20)	1,50 (1,20)	1,50 (1,20)
Izquierda	0,60	1,00 (0,60)	1,00 (0,60)		

(\*) Los valores entre paréntesis corresponden a los mismos anchos de berma cuando no se desea prever detenciones y se utilizan sardineles.

#### **502.03.05 Espaciamiento entre intersecciones a desnivel**

Para la definición del espaciamiento entre intersecciones a desnivel se establecen los siguientes criterios:

- Mínimo espaciamiento: 800 metros
- Espaciamiento ideal: 1.200 metros

## 502.04 PERFIL LONGITUDINAL

El trazado en elevación de los ramales de un intercambio es similar al de los ramales largos de una intersección, ([Figura 502.02](#)).

En la [Tabla 502.09](#) se encuentran los valores mínimos de los parámetros de las curvas verticales, cóncavas y convexas y las longitudes mínimas de dichas curvas. Asimismo, se dan los máximos valores de la pendiente  $i$  (+ y -) en ramales. Todo ello en función de la velocidad de diseño.

**TABLA 502.09**  
**PARÁMETROS MÍNIMOS ABSOLUTOS PARA EL PERFIL LONGITUDINAL DE**  
**RAMALES**

V.D. Ramal (Km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia de Visibilidad de Parada (m)	20	26	32	39	47	55	65	75	85	95	120	145	175
K Convexo (m)	300	300	300	400	525	700	1000	1400	1700	2200	3500	5000	7200
K Cóncavo (m)	250	350	450	600	800	1000	1200	1500	1750	2000	2700	3400	4200
L mínimo (m)	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones máximas de rasante (%)	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 8.0	± 7.5	± 7.0	± 6.5	± 6.0	± 6.0	± 5.5	± 5.0	± 4.5	± 4.0

**Nota1:** Los parámetros mínimos recomendables para una V.D. dada son aquéllos correspondientes a la V.D. 10 Km/h superior.

**Nota2:** En lugares donde se prevean formaciones de hielo, las pendientes no deberán exceder el 6%

**Nota3:** En ramales con V.D. < 40 Km/h, en bajada, se pueden tolerar excepcionalmente pendientes de -10% si no es zona de hielos.

**Nota4:**  $K = L/A$ , L= Longitud de curva vertical, A= Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

- a = ancho carril vía principal (V.P.)
- O = Origen del eje ramal (en este caso, sobre el borde de la calzada de V.P.)
- O' = Proyección de O sobre el eje de la vía principal
- p = Peralte del carril de la V.P. contigua al ramal
- p<sub>1</sub> = Inclinación transversal de la punta (de preferencia igual a p)
- p<sub>2</sub> = Peralte del ramal (es variable en la zona de transición)
- AB = Ancho de la punta en la nariz: distancia entre bordes de calzada a partir del cual el eje longitudinal del ramal se independiza. En este caso:  $c + b + 0.6 < AB < c + b + 0.9$ .
- A' = Punto próximo a A dentro de la cuña y sobre el eje del ramal (AA' @ 1 m).
- C<sub>O'</sub> = Cota O'
- C<sub>O</sub> = Cota de origen del ramal ( $C_o = C_{O'} \pm a \cdot p$ )
- C<sub>B'</sub> = Cota del eje de la vía principal en la nariz (en B')
- C<sub>B</sub> = Cota del borde del carril en la nariz ( $C_B = C_{B'} \pm a \cdot p$ )
- C<sub>A</sub> = Cota de partida del perfil longitudinal del ramal en su zona independiente ( $C_B \pm AB \cdot p_1$ )
- C<sub>A'</sub> = Cota del puente A' (Se deduce igual que C<sub>A</sub>)
- i = Pendiente inicial del P.L. del ramal en su zona independiente  $i = (C_A - C_{A'}) / A$

**FIGURA 502.02**  
**PERFIL LONGITUDINAL DE RAMAL**

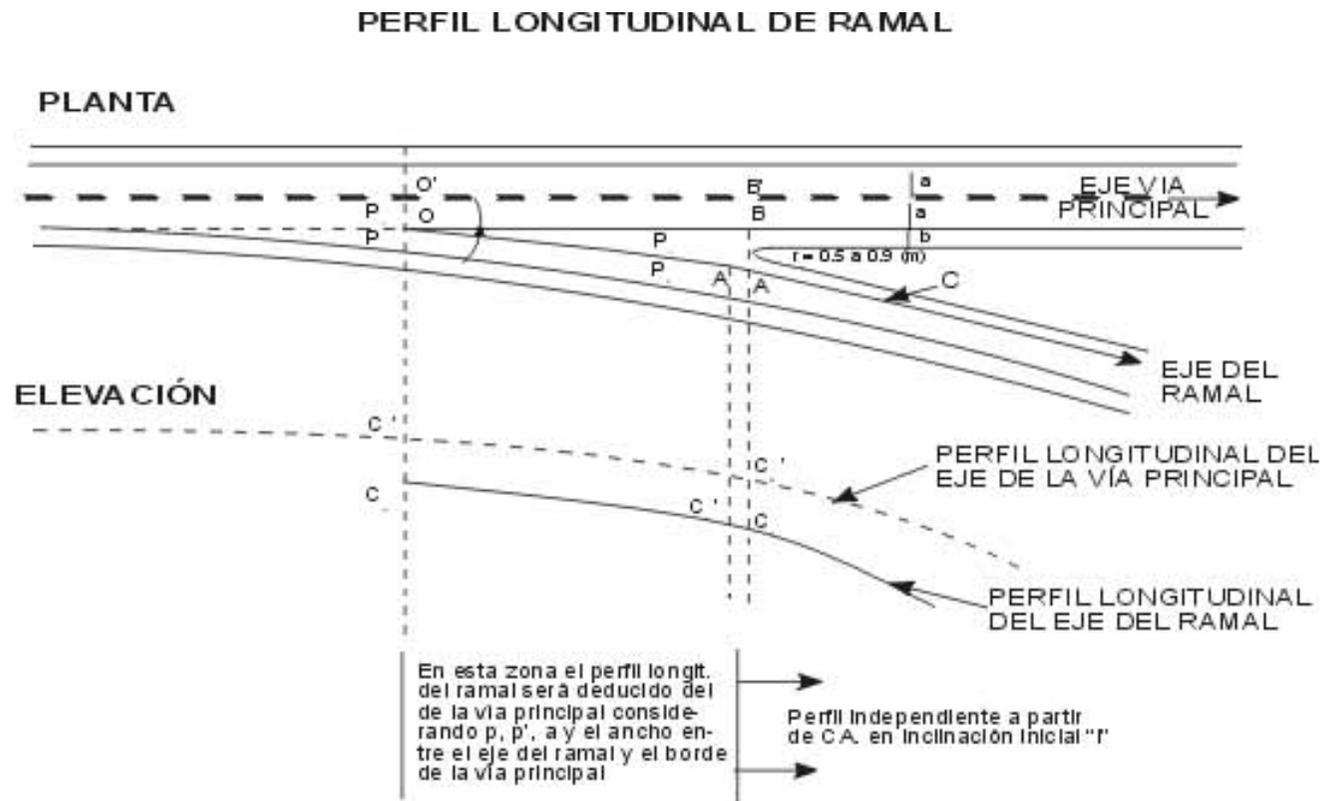


FIGURA 502.02

## 502.05 SECCIÓN TRANSVERSAL

### 502.05.01 Generalidades

Calzada, bermas, cunetas, sardineles y protecciones son los elementos principales que se unen a las condiciones del terreno (taludes de corte y terraplén) para definir las secciones transversales de un ramal. Ocasionalmente pueden aparecer separadores que serán tratados como islas divisorias ([Tópico 501.10](#))

Cunetas y taludes no serán abordados en el presente volumen, los anchos de calzada, bermas y peraltes, han sido expuestos en las Tablas [502.04](#), [502.08](#) y [502.06](#) respectivamente, por ser necesarios para la definición en planta del intercambio.

### 502.05.02 Transición de Peralte

El desarrollo del peralte debe iniciarse cuando el ramal de giro haya adquirido un ancho mínimo de 0,50 m., de preferencia 1,00 m, en los casos en que existe longitud suficiente para alcanzar el desarrollo total.

En general se deberá seguir las mismas recomendaciones y restricciones dadas en el tópico 402.05 Transición de Peralte para carreteras.

### 502.05.03 Arista común entre Carretera de Paso y Ramal de giro.

La comodidad del paso desde la carretera al ramal exige la limitación del peralte a elegir, esto se norma en la [Tabla 502.10](#)

**TABLA 502.10**  
**MÁXIMA DIFERENCIA ALGEBRAICA ENTRE INCLINACIÓN TRANSVERSAL DEL**  
**CARRIL DE LA CARRETERA Y EL PERALTE DEL RAMAL DE GIRO EN SU**  
**ARISTA COMÚN.**

Velocidad de diseño en ramal (Kph)	Diferencia Algebraica (Pcarretera – Pramal) %
25 – 30	5 – 8
40 – 50	5 – 6
≥60	4 – 5

#### **502.05.04 Barandas Vehiculares y Barandas para Bicicletas**

La altura de la baranda debe medirse a partir de una superficie de referencia que debe ser la parte superior de la superficie de rodadura, la parte superior de la sobrecapa futura si se prevé una repavimentación o la parte superior del sardinel cuando la proyección del sardinel es mayor que 225mm desde la cara vehicular de la baranda.

Las barandas vehiculares y las partes de tránsito de las barandas combinadas no deben tener una altura menor de 700mm medida desde la parte superior de la superficie de referencia.

La altura mínima de una baranda usada para proteger ciclistas es 1,40 m, medidos desde la parte superior de la superficie sobre la cual circulan las bicicletas a la parte superior de la baranda.

#### **502.05.05 Espacios libres para pasos inferiores**

Las dimensiones mínimas recomendadas para los espacios libres en pasos inferiores, serán:

- Altura libre vertical: 5,50 m, para vías principales rurales y urbanas 5,00 m para otras vías, de acuerdo al tópico 304.07.
- Separación entre estribos o pilares:
  - Deseable: ancho de calzada más 18 metros.
  - Mínimo: ancho de calzada más ancho de las bermas más 1,20 metros. En el caso de túneles, el ancho mínimo entre muros para túneles de dos carriles de tránsito debe ser 9,00m.
- Los guardavías u otros elementos deben soportarse independientemente con la cara de tránsito localizado por lo menos a 0,60m desde la cara del pilar o el estribo.
- La cara del guardavía u otro elemento debe localizarse por lo menos 0,60 m por fuera de las bermas

### **Sección 503**

#### **Cruce de Areas Urbanas y Suburbanas**

En su paso por zonas urbanas y suburbanas se diseñará las carreteras geométricamente de acuerdo con los criterios indicados en la [Tabla 503.01](#)

En los pasos por zonas urbanas y suburbanas son totalmente aplicables los criterios de diseño geométrico presentados para pasos a diferente nivel, tanto para vehículos como para peatones, presentados en las Secciones [502](#) y [206](#) respectivamente.

En el diseño geométrico de los tramos de carreteras a través de zonas urbanas y suburbanas se debe contemplar la utilización de reductores de velocidad y se debe reducir a un mínimo el ancho del carril.

**TABLA 503.01**  
**CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CRUCE DE CARRETERAS POR**  
**ZONAS URBANAS Y SUBURBANAS.**

Descripción		Unidad	Velocidad de diseño, Kph		
			80	60	50
• Distancia mínima de visibilidad	De parada De Paso	m m	130	90	70
• Pendiente Longitudinal	Máxima Mínima	% %	7 0,5	7 0,5	7 0,5
• Curvas Verticales	Kmín de Paso = L/A	m/%	-----	-----	50
	Kmín de Parada = L/A	m/%	15	10	5
	Longitud mínima	m	45	35	25
• Peralte máximo %		%	7	7	7
• Eliminar bombeo no favorable si el radio es menor que		m	1 830	1220	810
• Emplear curva de transición si el radio es menor que		m	1220	610	305
• Distancia mínima a un obstáculo lateral desde el borde de la corona		m	0.7	0.7	0.5
• Altura mínima de pasos peatonales subterráneos.		m	2,50	2,50	2,50
• Entretangencia entre curvas de distinto sentido.		m	110	80	80
• Entretangencia entre curvas del mismo sentido.		m	330	240	180
Intersecciones no semaforizadas	Radio mínimo en las esquinas Nota: Todas las demás características según sección 501.	m	10	10	10
Intersecciones Semaforizadas	Ancho Zonal Peatonal	m	3,0 a 5,0 (depende del flujo peatonal)		
	Ancho Tramos Rectos	m	3,0 mínimo, 4,0 máximo		
	Ancho de carril Tramos no Rectos	m	4,5 mínimo, 6,0 máximo		

## **ANEXO 01:**

### **CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO**

#### **A1.01 GENERALIDADES**

La teoría de Capacidad de Carreteras desarrollada por el Transportation Research Board (TRB), a través del Comité de Capacidad de Carreteras y Calidad del Servicio, de los Estados Unidos, edición 1994, constituye una poderosa herramienta para analizar la calidad del servicio que es dable esperar para el conjunto de vehículos que operan en una carretera de características dadas.

A continuación se resumen los principios básicos y se dan algunas tablas elaboradas para ilustrar el concepto de capacidad y nivel de servicio en situaciones particulares. los valores que allí se indican deben ser considerados sólo como indicadores que permiten ilustrar órdenes de magnitud para las condiciones más corrientes en Perú.

La Teoría de Capacidad para Caminos Rurales es aplicable a carreteras o secciones de ellas que presenten tránsito ininterrumpido, libre de interferencias tales como semáforos, cruces a nivel de mayor prioridad, etc. por otra parte, la carretera o camino debe poseer pavimento superior en un razonable estado de conservación, de donde se deduce que esta teoría no es aplicable a caminos con carpeta de ripio o afirmado que introducen variables no cuantificadas por el método.

#### **A1.02 TIPOS DE CARRETERAS RURALES CONSIDERADAS**

La teoría da un tratamiento diferente al problema según se trate de:

- a. Carreteras o Caminos de dos carriles con tránsito bidireccional. En estos casos se considera que la vía no tiene control de acceso, pero sí que tiene prioridad sobre todas las demás vías que empalman o la cruzan. En caso que existan vías de mayor prioridad, deberá sectorizarse el camino y analizar por separado los sectores así determinados, posiblemente el punto de cruce pasará a ser un punto crítico.
- b. Carreteras de más de dos carriles, sin control de acceso, en que se cuenta por los menos con dos carriles adyacentes para cada sentido de tránsito (Tránsito Unidireccional). puede tratarse de una sola calzada sin separación central, o dos calzadas separadas.
- c. Carreteras de dos o más carriles para tránsito unidireccional, con control total o parcial de acceso y calzadas separadas. Corresponde al caso de Autopistas y multicarriles que cumplan con las condiciones descritas.

#### **A1.03 CONDICIONES IDEALES O DE REFERENCIA**

A fin de establecer las condiciones que permitan obtener los máximos volúmenes para una cierta calidad del flujo, se definen las condiciones ideales respecto del tránsito y de las características del camino. Para condiciones que se apartan de las ideales la metodología define coeficientes de corrección que permiten calcular los volúmenes máximos asociados a una calidad de flujo, bajo las condiciones prevalecientes. Las condiciones ideales o de referencia son:

- a. Flujo de Tránsito Continuo. Libre de interferencias según lo definido en [A1.01](#) para las diferentes categorías de caminos que considera la teoría.
- b. En el flujo de tránsito existen solamente vehículos ligeros de pasajeros (automóviles, camionetas).
- c. Carriles de 3,6 m, de ancho, con bermas a los costados de la carretera de un ancho igual o mayor a 1,8 m, libres de obstáculos. Se considera obstáculo cualquier elemento de más de 0,15 m, de alto y su influencia será diferente si se trata de obstáculos continuos o aislados.
- d. En carreteras rurales la alineación horizontal y vertical debe poseer una "Velocidad Promedio del Camino" (VPC: velocidad de diseño de sus diversos elementos geométricos ponderada por la longitud), igual o mayor a 110 Kph. En caminos de dos carriles con tránsito bidireccional debe contarse, además con distancias de visibilidad adecuadas para adelantar, en forma continua, a lo largo de todo el sector bajo análisis.

En la práctica la condición b) es de muy rara ocurrencia, ya que lo normal es que en el flujo existan camiones (cualquier vehículo de carga con seis o más ruedas) y buses para el transporte público. La presencia de estos vehículos implica un factor de corrección, cuyo valor base está determinado para trazados que se desarrollan por terrenos prácticamente planos. Cuando la topografía es en general ondulada o montañosa la metodología consulta las correcciones adicionales necesarias.

#### **A1.04 CAPACIDAD DE UNA CARRETERA O CAMINO**

Se define como el número máximo de vehículos por unidad de tiempo que pueden pasar por una sección de un camino, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino. Normalmente se expresa como un volumen horario, cuyo valor no se puede sobrepasar a no ser que las condiciones prevalecientes cambien.

Como valores de referencia se cita a continuación la "Capacidad en Condiciones Ideales".

**TABLA A1.04.01**  
**CAPACIDAD EN CONDICIONES IDEALES**

Sentido de Tránsito	Clase de Vía		Capacidad Ideal
Unidireccional	Autopista	2 carriles por sentido	2200 V.L./hr/carril
		3 ó más carriles por sentido	2300 V.L./hr/carril
	Multicarril		2200 V.L./hr/carril
Bidireccional	Dos carriles		2800 V.L./hr/ambos sentidos

Como puede observarse, la unidireccionalidad del tránsito, que evita tener que compartir los carriles para efectos de adelantamiento, tiene una importancia capital en la capacidad de una carretera. Las cifras mencionadas representan valores medios determinados mediante procesos de medición directa y son actualmente aceptadas como válidas internacionalmente.

La capacidad de las carreteras de dos carriles está afectada por el reparto del tráfico por sentidos. Según se separa el reparto de la situación ideal 50/50, la capacidad total de ambos sentidos que reducida como se indica a continuación:

**TABLA A1.04.02**  
**CAPACIDAD CARRETERAS DE DOS CARRILES**

Reparto por Sentidos	Capacidad Total (VL/hr)	Relación Capacidad / Capacidad Ideal
50/50	2 800	1,00
50/40	2 650	0,94
70/30	2 500	0,89
80/20	2 300	0,86
90/10	2 100	0,75
100/0	2 000	0,71

#### **A1.05 NIVELES DE SERVICIO**

Cuando el volumen de tránsito es del orden de aquel correspondiente a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aún cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. En efecto, la velocidad de operación fluctuará alrededor de los 48 Kph para la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo será inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el período de detención.

Es necesario, por lo tanto que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen de Servicio.

La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (A, B, C y D) que permiten condiciones de operación superiores a las antes descritas. Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel E y cuando se tiene flujo forzado se le denomina Nivel F.

Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la Velocidad de Operación que permiten y la densidad (VL/Km/carril), para las condiciones prevalecientes en la carretera. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por el volumen máximo que permite alcanzar la velocidad de operación especificada como propia de ese nivel.

Los niveles de servicio abarcan un rango en que volúmenes menores que el volumen de servicio permiten velocidades de operación mayores que la mínima exigida para el nivel. Cuando el volumen disminuye y la velocidad de operación aumenta hasta aquellos definidos para el nivel Superior, se ha alcanzado dicho nivel, por el contrario, si el volumen aumenta y la velocidad disminuye, se pasa a las condiciones definidas para el nivel inferior.

Las características principales de operación que se dan dentro del rango correspondiente a cada nivel son :

Nivel A : Representa la condición de flujo libre, que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. La velocidad está sólo limitada por la velocidad de diseño de la carretera, la que en todo caso debe ser al menos igual a 110 Kph, por definición de condiciones físicas exigidas para el nivel. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 96 Kph.

Nivel B : Representa la condición de flujo estable, los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Para poder brindar este nivel la carretera debe poseer una velocidad de diseño igual o mayor que 96 Kph. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 80 pero menores que 96 Kph.

Nivel C : Representa aún condición de flujo estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están íntimamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores no puede seleccionar su propia

velocidad. En caminos con tránsito bidireccional hay restricción para ejecutar maniobras de adelantamiento. La velocidad de diseño exigida por el nivel debe ser de al menos 80 Kph y la velocidad de operación posible debe ser igual o mayor que 64 pero menor que 80 Kph.

Nivel D : Representa el principio del flujo inestable, con volúmenes del orden, aunque algo menores, que los correspondientes a la capacidad del camino. Las restricciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones de la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar, poca comodidad en el manejo, pero estas condiciones pueden tolerarse por cortos períodos de tiempo. La velocidad de operación fluctúa alrededor de 56 Kph.

Nivel E : Representa la capacidad del camino o carretera y por tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación del orden de 48 Kph. El nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como los niveles superiores.

Nivel F : Describe el flujo forzado a bajas velocidades con volúmenes menores que la capacidad de la carretera. Estas condiciones se dan generalmente por la formación de largas filas de vehículos debido a alguna restricción en el camino. Las velocidades y las detenciones pueden ocurrir por cortos o largos períodos debido a la congestión en el camino.

Cabe destacar que la descripción cualitativa dada anteriormente es válida tanto para caminos de tránsito bidireccional como para los unidireccionales con o sin control de acceso, sin embargo, los rangos de velocidad de operación son válidos sólo para caminos con tránsito bidireccional, siendo algo mayores los asociados a cada nivel en caso de caminos unidireccionales con y sin control de acceso.

**VOLUMEN II:**  
**GUÍA DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

**Generalidades**

**Capítulo 1 : Clasificación de la Red Vial**

**Capítulo 2 : Criterios y Controles Básicos para el Diseño**

**Capítulo 3 : Sección Transversal**

**Capítulo 4 : Diseño Geométrico en Planta y Perfil**

**Capítulo 5 : Diseño Geométrico de Intersecciones**

## **GENERALIDADES**

**Sección 001 : Generalidades**

**Sección 002 : Procedimiento**

## **Sección 001: Generalidades**

Este documento reúne los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el trazado de una carretera. Sus disposiciones son de carácter explicativo y de recomendación para todos los proyectistas que realicen diseños contratados por el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción de la República del Perú.

La actualización de las Guías de Diseño Geométrico de Carreteras, conjuntamente, con las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras y las Normas para la presentación de Estudios de Carreteras, forman parte del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) el cual a su vez, junto con, la actualización de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000) y con el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM-2000) integran el Programa de Mejoramiento de Documentos Técnicos, patrocinado por la Dirección General de Caminos del MTC.

### **001.01 OBJETIVO**

Estandarizar los diseños que se realicen en el Perú, uniformizando criterios y procedimientos para el diseño vial. Al mismo tiempo servirá de guía y elemento de consulta para el personal profesional, técnico y de mando medio dedicado a estudios y proyectos viales en sus diferentes fases

### **001.02 ALCANCE**

Los aspectos tratados en este documento son recomendaciones y sólo abarcan temas geométricos. No se plantean instrucciones sobre capacidad vehicular, obras hidráulicas y dimensionamiento de estructuras de paso y pavimentos.

Los métodos y procedimientos han sido redactados en términos no mandatorios, no constituyen norma. Sin embargo son los que se estima como más adecuados en cada caso. El proyectista no queda limitado en estas situaciones al uso exclusivo del método recomendado, pero deberá justificar, adecuadamente la validez del procedimiento propuesto en reemplazo.

Cabe destacar, como mala práctica, la tendencia a reducir costos de construcción extremando el uso de elementos geométricos mínimos. En efecto, resulta difícil y oneroso mejorar, posteriormente, los sectores conflictivos que resultan de implantar dichos elementos, con lo que ello implica en términos de visibilidad. Cuando exista limitación de fondos para ejecutar una obra cuya categoría está bien definida, se debe analizar primero la posibilidad de construirla por etapas, antes de minimizar las características geométricas que le corresponden.

### **001.03 CONCEPCIÓN**

Las distintas materias aquí tratadas se presentan analizando y detallando suficientemente los fundamentos de la normativa presentada en el Volumen I, pero sin llegar a niveles didácticos.

Ante problemas complejos, no se pretende que este documento reemplace el conocimiento y experiencia del especialista. Por el contrario, en algunos aspectos se ha preferido entregar aquellos antecedentes que permiten calibrar la complejidad del problema que se debe resolver, a fin de que sea la labor conjunta del proyectista de carreteras y del especialista la que permita arribar a la solución más adecuada desde el punto de vista técnico, operacional, económico y humano.

### **001.04 ESTRUCTURA DE LA GUÍA**

El volumen se compone de cinco Capítulos, concordantes con los presentados en el volumen N° 01, es decir, la estructuración y codificación será la misma que la Norma.

Sin embargo, la numeración de los tópicos de la guía no son correlativos con la Norma, al no contar siempre son recomendaciones y/o ampliación de conceptos de los tópicos correspondientes en la Norma. Los temas principales tratados en la presente guía son:

#### **Capítulo 1.0 SISTEMAS Y CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN EL PERÚ**

Presenta las Clasificaciones de las Carreteras de la Red Vial, de acuerdo a diferentes factores, administrativos, funcionales, geométricos, de demanda y geográficos, que permiten definir claramente la Categoría y Jerarquización de una Vía en el Perú, a fin de permitir el uso de características geométricas acordes con la Importancia de la carretera en Estudio.

#### **Capítulo 2.0 CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO**

Este capítulo persigue ilustrar la relación que debe existir entre aspectos de planificación y diseño de carreteras. Se presentan los principales criterios utilizados para cuantificar o acotar las características de los diversos tipos de carreteras, dando especial énfasis en los conceptos relacionados con: Demanda, características y composición del tráfico, Velocidad de diseño y operación, Facilidades de la Vía para el Usuario (visibilidad, Controles de acceso y facilidades para peatones), Paisajismo y Ecología, y elementos de Capacidad y Niveles de Servicio.

#### **Capítulo 3.0 GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

Las dimensiones de los elementos de la sección: calzadas, bermas, peraltes, sobreechamientos y separador central se han normalizado en función de la velocidad de diseño y la clasificación de la vía. Se presentan algunas secciones transversales típicas.

Se presentan además elementos recomendatorios para la formación y protección de taludes.

#### **Capítulo 4.0 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL**

Contiene las recomendaciones para el diseño del alineamiento horizontal y vertical. Los diversos aspectos se presentan en primer término como elementos aislados, para posteriormente indicar la compatibilización que deba darse al conjunto. Se hace especial análisis de las curvas de transición.

Especial importancia se le da al tópico de Diseño Espacial de la Vía y los efectos del entorno de carretera en el diseño espacial, mostrando a través de figuras, una serie de sugerencias de coordinación de elementos y de conjunción no recomendada.

#### **Capítulo 5.0 DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES**

El tratamiento de cruces y empalmes a nivel se desarrolla en extensión, acompañado de figuras que ilustran las soluciones tipo, que complementan las respectivas tablas y gráficos para el diseño de los diversos elementos constituyentes, entregados en el capítulo correspondiente de la normatividad.

El tratamiento de los dispositivos viales que permiten el intercambio de vehículos entre dos o más vías que se cruzan a distinto nivel, se presenta bajo un ordenamiento similar al descrito para el caso de las intersecciones a nivel. De hecho existe entre ambos tópicos una estrecha ligazón y en diversos aspectos de éste tópico que hace referencia a materias tratadas en el tópico de intersecciones a nivel.

Las soluciones tipo que se analizan en detalle corresponden básicamente al caso de dos carreteras que empalman o se cruzan, presentando sólo a título informativo los casos de intercambios de más de cuatro ramales.

#### **Sección 002: Procedimiento**

El diseño de una vía se inicia con el reconocimiento o establecimiento de los corredores favorables que conecten los extremos del proyecto y unan puntos de paso obligado intermedios. Con la ayuda de imágenes de satélite, fotografías aéreas o cartografía existente, bien sea procedente de restituciones aerofotogramétricas o de topografía terrestre, se trazan las mejores rutas posibles a lo largo de la región o área afectada, teniendo en cuenta los factores externos más destacados, como las características geológicas, geotécnicas del terreno y ambientales del entorno, la climatología y el desarrollo urbanístico. Es imprescindible el recorrido visual in situ de las diferentes soluciones alternativas para su mejor evaluación.

Respetando al máximo las condiciones externas, en esta primera etapa del diseño primarán los criterios económicos vinculados a los alargamientos de las soluciones y el

costo de las obras de explanación, de arte (puentes, viaductos, muros) y túneles, quedando el resto de los objetivos supeditados en gran medida al perfeccionamiento de la solución definitiva.

Seleccionado el corredor más favorable se inicia propiamente la fase de diseño geométrico para darle la forma física a la carretera más apropiada o adaptada a todos los requisitos intentando satisfacer al máximo los distintos objetivos del diseño.

Como la carretera es una superficie continua y regular transitable, inserta en un espacio tridimensional, la reducción de su forma geométrica a un modelo matemático igualmente tridimensional resulta complicada, y por tanto, es poco empleada. Dado el predominio de la dimensión longitudinal que tienen las vías frente a la dimensión transversal, es habitual la simplificación del diseño geométrico, estudiando por un lado, la forma de la línea que describe en el espacio un punto representativo de la sección transversal denominado generalmente eje, y por otro lado, las sucesivas secciones transversales a él vinculadas.

Sólo en los casos en que la vía acusa un marcado carácter tridimensional como, por ejemplo, en las intersecciones a desnivel, se puede recurrir para su mejor estudio al empleo, de modelos informáticos, o la técnica de planos acotados, complementando los métodos bidimensionales que se describen a continuación.

En casi todos los diseños se realizan dos análisis bidimensionales complementarios del mismo eje, prescindiendo en cada caso de una de las tres dimensiones. Así, si no se toma en cuenta la dimensión vertical (cota), resulta el alineamiento en planta, que es la proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal.

La forma del alineamiento en planta es percibida por el conductor fundamentalmente como una sucesión continua y cambiante de rumbos o acimuts a lo largo del camino recorrido.

Las formas geométricas planas (o alineaciones) que se utilizan para la definición del trazado en planta responden a modelos polinómicos, pudiendo ser rectas, curvas circulares o curvas de transición entre rectas y círculos, o entre distintas curvaturas del mismo sentido. Habitualmente los alineamientos se establecen de tal forma que se garantice, además de la continuidad de acimuts, la continuidad absoluta de curvaturas, obteniendo así una variación gradual de las fuerzas transversales que afectan la comodidad de los usuarios y la seguridad de los vehículos. Se requiere por tanto el uso de las curvas de transición.

Si no se toma en cuenta más que la dimensión horizontal (la proyección del eje del camino recorrido, definido ya el alineamiento en planta del mismo) y, junto con ella, se considera la cota, resultará el alineamiento vertical o perfil longitudinal, que es percibido por el conductor como una sucesión de rasantes a lo largo del camino recorrido. Las formas geométricas planas que se utilizan para la definición del perfil longitudinal

responden también a modelos polinómicos, pudiendo ser rectas de pendiente uniforme y empalmes verticales parabólicos que enlacen rasantes contiguas.

Esta simplificación (alineamiento en planta / alineamiento vertical / sección transversal) resulta bastante práctica, incluso en los elementos del trazado que presentan un carácter bidimensional (intersecciones a nivel) o tridimensional (intersecciones a distinto nivel); dónde su aplicación adecuada permita también buenos resultados en el análisis.

Sin embargo, no se debe olvidar que se trata de un modelo, y que si se quiere evitar la aparición de efectos no deseados, relacionados especialmente con la perspectiva apreciable por el conductor, el diseñador debe conseguir una coordinación adecuada entre el alineamiento en planta y el alineamiento vertical, de forma que queden satisfechas las exigencias correspondientes a los objetos o criterios del diseño.

El procedimiento habitual de diseño geométrico de un alineamiento tiene una cierta naturaleza interactiva: se exige un alineamiento previo en planta por cada corredor considerado como favorable, y luego se estudia el perfil longitudinal al que da origen y, especialmente, su relación con el terreno natural y la coordinación con el alineamiento en planta. Toda separación del terreno natural incrementa el presupuesto de construcción; a veces sobre todo en terrenos accidentados es preciso tener en cuenta también la sección transversal. A continuación, se establece el alineamiento en planta a la vista de los resultados, obteniéndose un nuevo perfil longitudinal; y así sucesivamente hasta optimizar la solución definitiva por aproximaciones sucesivas, logrando un resultado apropiado o satisfactorio.

El perfeccionamiento de los medios técnicos disponibles, fundamentalmente de la fotogrametría aérea, los ordenadores y las técnicas de simulación (perspectivas, maquetas y animaciones) han permitido una mejora muy importante de la técnica del trazado vial en los últimos años. Con las aplicaciones informáticas se obtiene una mayor fiabilidad en los procesos, y una mayor rapidez y facilidad en los tanteos sucesivos, alcanzándose la interactividad en el diseño.

La última fase del diseño geométrico consiste en la localización de la solución optimizada para su comprobación in situ y su perfeccionamiento final en su caso. Para ello se localiza en el terreno natural el eje, nivelándolo longitudinalmente y transversalmente en los puntos o secciones que se corresponden con perfiles transversales, habitualmente equidistantes cada 20 metros. Con base en las cotas reales del terreno se lleva a cabo el diseño definitivo del perfil longitudinal y de las secciones transversales, ya que normalmente no es preciso mover el eje en planta, aunque no imposible empleando las herramientas informáticas apropiadas que faciliten la labor. De esa forma se puede obtener la geometría analítica y los planos finales del diseño geométrico efectuado y realizar las mediciones de las obras de explanación y pavimentos correspondientes.

**CAPÍTULO 1**  
**CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL**

**Sección 101 : Clasificación de las Carreteras según su Función**

**Sección 102 : Clasificación de Acuerdo a la Demanda**

**Sección 103 : Clasificación según Condiciones Orográficas**

**Sección 104 : Relación entre Clasificaciones**

### **Sección 101: Clasificación de las carreteras según su función**

La clasificación por función corresponde al proceso de agrupar las carreteras en sistemas de acuerdo a las funciones que ejercen; este servicio está determinado en la relación entre las funciones de movilidad del tráfico y acceso, así como otras, de carácter político administrativo.

### **Sección 102: Clasificación de Acuerdo a la Demanda**

Uno de los principales aspectos que ha de tenerse en la clasificación técnica y operativa es el tráfico; es por ello que se adoptó como criterio de clasificación el volumen de tráfico futuro que soportará la carretera en el año horizonte.

NOTA: Los criterios utilizados para determinar las clases de diseño, difieren de los utilizados para la clasificación funcional en vista que ésta última se basa en la función que desempeña la carretera dentro de la red vial del país; la clase de diseño se basa fundamentalmente en los volúmenes futuros de tráfico a soportar.

### **Sección 103: Clasificación Según Condiciones Ortográficas**

Para la clasificación vial, otro factor importante es el económico, influye en éste principalmente el relieve de la región, aunado a ello se contemplan criterios de comodidad, seguridad y economía de los usuarios englobados estos últimos en las características de la velocidad de los vehículos pesados en estos territorios.

Estas condiciones son las relacionadas con la naturaleza en la zona del proyecto que impone limitaciones al diseño.

### **Sección 104: Relación entre Clasificaciones**

Las clasificaciones de carreteras, de las secciones precedentes están orientadas específicamente al diseño de carreteras rurales, otras clasificaciones que puedan existir en relación a aspectos administrativos o catastrales no están considerados aquí.

## **CAPÍTULO 2**

### **CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO**

**Sección 201 : Introducción**

**Sección 202 : Vehículos del Diseño**

**Sección 203 : Características del Tránsito**

**Sección 204 : Velocidad de Diseño**

**Sección 205 : Visibilidad**

**Sección 206 : Control de Acceso**

**Sección 207 : Instalaciones al Lado de la Carretera**

**Sección 208 : Facilidades para peatones**

**Sección 209 : Valores Estéticos y Ecológicos**

## **Sección 201: Introducción**

En este capítulo se presentan los criterios y controles que deberán adoptarse para las características físicas y geométricas de las carreteras nuevas en zonas rurales, así como las carreteras que habrán de ser restauradas con mejoras importantes, especialmente de trazado.

No se debe perder de vista al definir las características geométricas de la vía, que el objetivo del diseño de los caminos es el de crear una carretera de tipo apropiado, con dimensiones y características de alineamientos tales que la capacidad resultante sea, cuando menos, tan grande como la demanda del proyecto, pero no tanto como para que su realización represente una extravagancia o un desperdicio. Donde se logre este objetivo, el resultado será un sistema de carreteras bien equilibrado y económico.

## **Sección 202: Vehículos de Diseño**

### **202.01 CARACTERISTICAS GENERALES**

Las características de los vehículos, además de condicionar los aspectos referidos en la norma, a través del peso bruto admisible, conjugado con la configuración de los ejes, influyen en las dimensiones del pavimento.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o omnibus).

Al mismo tiempo, la selección del vehículo de diseño para una determinada carretera no debe basarse solamente en el número de vehículos de cada clase que utilizará la vía, sino también en la naturaleza del elemento de diseño. Por ejemplo, el gálibo vertical mínimo será establecido en función de los vehículos de mayor altura legal.

### **202.02 DIMENSIONES VEHÍCULOS LIGEROS**

Las alturas que se citan en el tópico correspondiente son en general de vehículos pequeños, cuya participación en el parque es ya significativa, pero excluye algunos modelos deportivos existentes en muy baja proporción.

### **202.03 DIMENSIONES VEHÍCULOS PESADOS**

La [Tabla 202.01](#) de la normativa, resume las dimensiones principales de los vehículos de diseño recomendadas para utilizarlas en los diseños geométricos de carreteras.

## **202.04 GIRO MÍNIMO DE VEHÍCULOS TIPO**

Las dimensiones de los vehículos están representadas gráficamente en las Figuras 202.01 a 202.06. El empleo de reproducciones transparentes de esos esquemas facilita el diseño, especialmente el de las intersecciones.

## **Sección 203: Características del Tránsito**

### **203.01 GENERALIDADES**

El Ingeniero de caminos debe conocer las características del tránsito, ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de diseño geométrico, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes.

Conjuntamente con la selección del vehículo de diseño, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de conteos del tráfico o de proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

### **203.02 INDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)**

El IMDA es una medida de tránsito fundamental que se utiliza para determinar los Kilómetros - vehículo recorridos en las diferentes categorías de los sistemas de carreteras rurales y urbanas.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al ingeniero de caminos, al planificador y al administrador, la información esencial necesaria para determinar las normas de diseño, clasificar sistemáticamente las carreteras y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores kilómetros - vehículo son importantes para el financiamiento y para establecer las tarifas de las carreteras, para evaluar los programas de seguridad y para medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

Siempre es deseable efectuar conteos continuos a lo largo de todos los tramos de un sistema de carreteras durante los 365 días del año, sin embargo ante la imposibilidad de contar con dicha información los valores del índice medio diario anual para muchos tramos se basan en procedimientos de muestreo estadístico, dentro de una planificación del transporte.

### **203.03 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE VEHICULO**

Según sea la función del camino la composición del tránsito variará en forma importante de una a otra vía.

En países en vías de desarrollo la composición porcentual de los distintos tipos de vehículos suele ser variable en el tiempo.

### **203.04 DEMANDA HORARIA**

El volumen horario de diseño es un volumen horario futuro que se utiliza en los proyectos. Como el volumen de tránsito es mucho más grande durante ciertas horas del día o del año, la carretera se diseña para estas horas de tránsito máximo u horas pico.

El volumen horario de diseño corresponde al 12% del IMDA estimado para el año horizonte del diseño.

## **Sección 204: Velocidad de Diseño**

### **204.01 GENERALIDADES**

Los criterios que en esta sección se presentan tiene que ver con la variable velocidad como elemento básico para el diseño geométrico de carreteras y como parámetro de cálculo de la mayoría de los diversos componentes del proyecto.

La velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que ella origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la carretera, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

### **204.02 RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ Y LAS CARÁCTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.**

La velocidad de diseño es la velocidad seleccionada para fines del diseño vial y que condiciona las principales características de la carretera, tales como: curvatura, peralte y distancia de visibilidad, de las cuales depende la operación segura y cómoda de los vehículos. Es la mayor velocidad a la que puede recorrerse con seguridad un tramo vial, incluso con pavimento mojado, cuando el vehículo estuviere sometido apenas a las limitaciones impuestas por las características geométricas.

Uno de los principales factores que rigen la adopción de valores para la velocidad de diseño es el costo de construcción resultante. Una velocidad de diseño elevada exige características físicas y geométricas más amplias, principalmente en lo que respecta a curvas verticales y horizontales, declives y anchos, las cuales, salvo que midan condiciones muy favorables, elevarán el costo de construcción considerablemente. Esa elevación en los costos será tanto menos pronunciada cuanto más favorables sean las características físicas del terreno, principalmente la topografía, aunque también la

geotecnia, el drenaje, etc. Además, en los tramos que, según los usuarios, sean los más favorables, habrá una tendencia inevitable espontánea de los conductores a aumentar la velocidad. Este hecho habrá de ser reconocido mediante la adopción de valores, principalmente de curvatura horizontal y vertical y de visibilidad, que corresponden a velocidades de diseño más elevadas. Lo mismo ocurre en relación con los tramos donde se desea proporcionar una distancia de visibilidad de paso adecuada.

#### **204.03 VELOCIDAD DE MARCHA**

La velocidad de marcha es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores, y varía durante el día principalmente por la variación de los volúmenes de tránsito.

Nos permitirá en base a un estudio real de ella, contar con un factor para la obtención de la velocidad de diseño.

#### **204.04 VELOCIDAD DE OPERACIÓN**

La velocidad de operación es la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en una carretera con una velocidad de diseño dada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente. Si el tránsito y la interferencia son bajas, la velocidad de operación puede llegar a ser muy similar a la velocidad de diseño. A medida que el tránsito crece la interferencia entre vehículos aumenta tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera, así como parámetro de comparación entre una vía existente con características similares a una vía en proyecto a fin de seleccionar una velocidad de diseño lo más acorde con el servicio que se desee brindar.

#### **204.05 RELACIÓN ENTRE LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN Y DE MARCHA**

Normalmente se asimila la velocidad de operación al percentil 85 de la distribución de velocidades observadas en una localización determinada, es decir, se asume que hay un 15% de los vehículos que circulan a una velocidad superior a la de operación en el elemento. Para tener en cuenta el concepto, generalmente reconocido, sólo se consideran en el análisis de las velocidades las correspondientes a los vehículos livianos que circulan con un intervalo amplio, para no estar así condicionados por una circulación en caravana.

La estimación de las velocidades reales de operación deberá apoyarse en el uso de un determinado modelo matemático, que tenga en cuenta todos o algunos de los parámetros involucrados, relacionados con las características físicas o geométricas de la carretera y

su entorno, tales como: radio de las curvas, peraltes, longitud, tipo de vía, ancho de calzada, ancho de bermas, pendiente longitudinal, topografía, entorno urbanístico, etc. De todos ellos, el más importante es el radio de las curvas horizontales.

La inclusión de los conceptos de velocidad de operación y de marcha, nos permite tener otro criterio para la elección de la velocidad de diseño, en función de un estudio de velocidades de alguna vía con características similares a la que se proyecta.

#### **204.06 ELECCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ**

La velocidad de diseño de un tramo de características geométricas homogéneas y longitud razonable esta relacionado con las velocidades específicas de sus curvas, y con la longitud e inclinación de su rasante. Para que un tramo pueda ser considerado homogéneo, no debe haber una gran diferencia entre esta velocidad de diseño y la máxima velocidad de operación (percentil 85) que pueda alcanzarse en cualquier punto de él.

En la elección de la velocidad directriz, se debe tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- Desde el punto de vista de la seguridad, no siempre es beneficiosa la adopción de la mayor velocidad posible de diseño, pero tampoco debe olvidarse que, si bien los conductores aceptan fácilmente limitar su velocidad de operación en zonas evidentemente difíciles, en otras que no lo sean suelen rebasar con frecuencia la velocidad específica de sus elementos, especialmente de los del perfil.
- En autopistas y multicarriles fuera de poblado se pueden emplear velocidades de diseño superiores a 120 Km/h en entornos cuya lectura por el usuario favorecería altas velocidades de recorrido
- Consideraciones de costo de construcción, especialmente en carreteras de calzada única, limitan la velocidad de diseño fuera de poblado a valores comprendidos entre 30 (en terreno tipo 4) y 100 Km/h (en terreno tipo 1).
- Velocidades de proyecto inferiores a 80 Km/h fuera de poblado guardan poca relación con las velocidades de operación, que son generalmente superiores apenas el entorno lo permite. Su empleo sólo está justificado para acoplar un trazado a un terreno muy accidentado, especialmente en curvas aisladas.

- Las velocidades de diseño empleadas en vías urbanas pueden ser menores que fuera de poblado, no sólo por consideraciones de costo, especialmente el relacionado con las expropiaciones, tanto más importante cuanto mayor sea aquélla, sino también funcionales: la frecuente gran intensidad de la circulación en ellas - que sólo necesita las velocidades de operación asociadas a la capacidad - y la menor distancia entre intersecciones. Su valor está relacionado con la función asignada a la vía urbana en la estructura vial jerarquizada.
- En intersecciones, únicamente en ramales de enlace que no crucen a nivel ninguna otra trayectoria, y que vayan a funcionar cerca de su capacidad, está justificado adoptar velocidades de proyecto del orden de 60 y aun 80 Km/h. En los demás casos, se emplean velocidades de proyecto más bajas, sobre todo donde haya limitaciones de espacio o los cruces a nivel de otras trayectorias pudieran obligar a la detención.

En el caso de vías de giro de intersecciones o ramales de intercambios se emplean velocidades de diseño mucho menores por las siguientes razones:

- Algunos movimientos suelen realizarse a velocidad de maniobra (p. ej. Menos de 15 Km/h), sobre todo aquellos que implican detenciones del tráfico por un semáforo o por la aplicación de una regla de prioridad de paso.
- En la mayoría de las intersecciones, las limitaciones de espacio o económicas no permiten que los movimientos se realicen a velocidades superiores a 25 Km/h. En estos casos las vías de giro no se separan totalmente del área de la intersección, aunque surgen islas (intersección canalizada).
- En ramales de intercambios es deseable que la velocidad específica sea mayor, por motivos de capacidad (mínimo 40 Km/h). Es conveniente adoptar una velocidad de diseño no inferior a la menor de las correspondientes a las carreteras o autopistas que une al ramal, y como mínimo del 50 al 80% de la mayor. El tipo y forma del ramal a veces resultan limitativos.

#### **204.07 VARIACIONES DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ**

Se admite una diferencia máxima de 20 Km/h entre las velocidades directrices de tramos contiguos. En caso de superar esa diferencia debería intercalarse entre ambos uno o varios tramos que cumplan esa limitación, y proporcionen un adecuado escalonamiento de velocidades

## Sección 205: Visibilidad

### 205.01 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.

- Distancia por Adoptarse:

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Donde:

- D<sub>p</sub> : Distancia de Parada (m)
- V : Velocidad de Diseño de la Carretera (KPH)
- t<sub>p</sub> : Tiempo de Percepción + Reacción (segs)
- f : Coeficiente de fricción, Pav. Húmedo
- i : Pendiente Longitudinal (en tanto por uno)
  - + i = Subidas respecto sentido circulación.
  - i = Bajadas respecto sentido circulación.

El primer término de la expresión representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (d<sub>ip</sub>) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención junto al obstáculo (d<sub>f</sub>).

En la [Figura 402.05](#), se indica la variación de la distancia de visibilidad de parada con la velocidad de diseño y la pendiente .

Donde t<sub>p</sub> corresponde aproximadamente a 2 seg y f varía entre 0,30 - 0,40, según aumente la velocidad.

- Influencia de la pendiente sobre la distancia:

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de más o menos 6% y para velocidades directrices mayores de 80 Km/hora.

### 205.02 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO

- Distancias por Adoptarse

La distancia de visibilidad de paso varía con la velocidad directriz según el diagrama de la [Figura 402.06](#).

Para ordenar la circulación en relación con la maniobra de adelantamiento, se pueden definir:

- Una zona de preaviso, dentro de la que no se debe iniciar un adelantamiento,

pero si se puede completar uno iniciado con anterioridad.

- Una zona de prohibición propiamente dicha, dentro de lo que no se puede invadir el carril contrario.

En carreteras de calzada única de doble sentido de circulación, debido a su repercusión en el nivel de servicio y, sobretodo, en la seguridad de la circulación, se debe tratar de disponer de la máxima longitud posible con posibilidad de adelantamiento de vehículos más lentos, siempre que la intensidad de la circulación en el sentido opuesto lo permita.

Tanto los tramos en los que se pueda adelantar como aquellos en los que no se pueda deberán ser claramente identificables por el usuario.

## **Sección 206: Control de Acceso**

### **206.01 GENERALIDADES**

Para asegurar que una carretera a la que se le otorga control total o parcial de accesos permanezca bajo ese estado, deberán proyectarse e instalarse las barreras, rejas o cercos adecuados, según lo especifique el MTC.

## **Sección 207: Instalaciones al lado de la Carretera**

### **207.01 GENERALIDADES.**

Los tipos de instalaciones más corrientes son:

- Refugios para los viajeros que utilizan los medios de Transporte Colectivo urbano o rural, en los caminos que admiten detenciones regulares.
- Casetas telefónicas, destinadas a los usuarios que se encuentran en dificultades (especialmente en las Autopistas), para la rápida solución de las averías,
- Estaciones de peaje y pesaje de camiones.
- Estaciones de servicio
- Puestos de Control de la P.N.P.
- Restaurantes, hospedajes.
- Aduanas.
- Lugares de descanso y miradores

## **Sección 208: Facilidades para Peatones**

### **208.01 GENERALIDADES**

Muchos peatones, ya sean jóvenes, viejos o impedidos, se enfrentan con dificultades especiales para desplazarse en las calles y aceras congestionadas con vehículos y otros peatones. El incremento en los volúmenes de tránsito y en las pérdidas por accidente en los que están involucrados peatones, se ha acompañado por un conocimiento creciente

del público acerca de la necesidad de construir instalaciones seguras y adecuadas para los peatones.

## **208.02 CRUCE DE ÁREAS URBANAS**

La necesidad de veredas depende en primer lugar del tipo y densidad de desarrollo de un lugar, y del volumen de tránsito vehicular y peatonal. En las áreas rurales es raro que se requieran veredas, ya que el tránsito de peatones es usualmente muy ligero.

Deben tenerse consideraciones especiales para los peatones de edad avanzada e incapacitados. Generalmente, la altura de los sardineles no deberán exceder de 175 mm, y en los lugares en que se prevé el tránsito de sillas de ruedas, deberán habilitarse las rampas necesarias.

La superficie de las aceras deberá estar libre de hoyos, protuberancias y otras irregularidades, y la superficie deberá ser antiderrapante. Las rejillas y tapas de agua potable y/o alcantarillado tienen la tendencia a deslizarse y con el subsiguiente peligro de tropezar, por lo que cuando sea factible, deben quitarse de los cruces y otras áreas de peatones. Las barreras especiales y la textura diferentes en las superficies que se puedan palpar son necesarias en las zonas donde existe un número importante de peatones ciegos.

## **Sección 209: Valores Estéticos y Ecológicos**

### **209.01 PAISAJISMO**

#### **209.01.01 Generalidades**

La paisajística en las carreteras tiene muy estrechas relaciones con el diseño, la estética de la vía y los estudios ambientales, pero persigue objetivos muy específicos:

- Hacer de la carretera parte integrante del paisaje, para reducir las correcciones y mejoras tanto en el trazado de la carretera como en el propio paisaje, buscando la debida armonía entre la naturaleza y la obra.
- Permitir que el conductor perciba una sensación tal de perspectivas del camino que su previsión de los cambios de dirección y otras acciones sea rápida, correcta, segura y agradable.
- Disipar el cansancio provocado por la monotonía del pavimento y el ancho uniforme de la sección transversal de la vía.
- Realizar los componentes estéticos de la vía, controlar la erosión e incrementar las labores de conservación; y disminuir los costos de mantenimiento, tanto de la carretera como del trabajo paisajístico realizado.

#### **209.01.02 El Trabajo Paisajístico: Criterios Generales**

- El éxito de un trabajo paisajístico radica en un proyecto vial muy bien estudiado, balanceado en sus parámetros de diseño, muy bien coordinado en sus alineamientos, estéticamente analizado y con viabilidad ambiental garantizada.
- La rígida concepción geométrica de la obra de ingeniería no pugna con la adecuación al paisaje ni al entorno de la vía en proyecto.
- Muchos aspectos del trabajo paisajístico se contemplan en la etapa de construcción de la vía y no deben ser eliminados por un equivocado concepto de la economía en costos. Entre tales aspectos están: tratamiento, suavización y perfilado de taludes, empedradización de los mismos; acarreo de materiales necesarios frente a préstamos laterales que deterioran el paisaje natural; conservación y cuidado de laderas; restauración de cauces; disposición final de materiales de desecho en zonas adecuadas y tratamiento geotécnico de las mismas; utilización racional de explosivos; conservación de ejemplares de especies vegetales; adecuado mantenimiento del ancho de zona o derecho de vía, otros.

#### **209.01.03 Actividades Básicas**

Los aspectos paisajístico y estético del diseño de una carretera deben contemplar las siguientes actividades básicas:

- Tratamiento paisajístico de taludes en corte y terraplén.
- Explanaciones
- Terraplenes, cuyo taludes se tratan, en general, con superficies verdes.
- Arborización, cuyas ventajas son grandes en cuanto a circulación, conservación del camino, paisajística y conservación del ecosistema; y su implantación varía para cada región.
- Tratamiento paisajístico del ancho de zona o derecho de vía.
- Tratamiento de la zona marginal, próxima al límite del ancho de zona o derecho de vía.
- Tratamiento paisajístico de las estructuras.

#### **209.01.04 Estética Vial**

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- La carretera no sólo debe permitir un fácil y seguro movimiento del tránsito, sino también presentar un aspecto estético placentero.
- La coordinación de alineamientos debe hacerse teniendo en cuenta la seguridad del usuario, así como los valores estéticos asociados con el proyecto, de tal

manera que se obtenga un conjunto que proporcione al conductor un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas desagradables y desorientación.

- La vía se debe insertar en la topografía, de tal manera que proporcione al usuario un viaje variado que asegure condiciones de manejo interesantes, sin fatigar al conductor ni a los pasajeros.
- El diseñador debe considerarse que, al transitar por una carretera, se debe tener permanentemente una sensación de continuidad natural, a medida que se observa la vía y el terreno aledaño, evitando visuales fuertes entre el medio natural y partes de la carretera como bermas, vallas, otros.
- Aparte del diseño acertado y la calidad de la vía construida, elementos de ésta como obras de arte, puentes y obras adicionales deben ser diseñados y construidos con ayuda del arquitecto paisajista, de tal manera que haya armonía entre proyecto vial, obras y terreno circundante.

#### **209.01.05 Tratamiento de la Sección Transversal**

El tratamiento de la sección transversal es de gran importancia para un buen aspecto estético y paisajista, debido a que cortes y terraplenes están sujetos a la erosión y problemas consecuentes, como son los derrumbes y la obstrucción de elementos del sistema de drenaje (cunetas, alcantarillas, por ejemplo). Se debe proyectar la sección transversal de la carretera con miras a su estabilidad geotécnica y a los elementos técnicos que la garanticen, dentro de los cánones de la estética vial.

#### **209.01.06 Criterios Generales**

Elaborar un inventario detallado de:

- Vegetación existente que se debe conservar
- Zonas recreativas marginales
- Areas de descanso
- Zonas de estacionamiento
- Estaciones de servicio
- Vallas y propaganda
- Zonas disponibles para plantaciones
- Servidumbre paisajísticas.

Por consideraciones estéticas, en el diseño geométrico de las carreteras se deben tener en cuenta los criterios señalados para los alineamiento horizontal ([sección 402](#)), vertical ([sección 403](#)) y coordinación del trazado en planta con el perfil longitudinal ([sección 404](#)) de las normas.

## **CAPÍTULO 3**

### **SECCIÓN TRANSVERSAL**

**Sección 301 : Introducción**

**Sección 302 : Elementos**

**Sección 303 : Derecho de Vía o Faja de Dominio**

**Sección 304 : Sección Transversal**

**Sección 305 : Secciones Transversales Especiales**

### **Sección 301: Introducción**

En el capítulo correspondiente se describen los distintos elementos de la sección transversal.

La sección transversal influye fundamentalmente en la capacidad de la vía, en su costo de expropiación, construcción, conservación, y también en la seguridad de la circulación. Un proyecto realista deberá en general adaptarse a las condiciones existentes o previstas a corto plazo, pero estudiará la viabilidad de las ampliaciones necesarias en el futuro.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada al paso de los vehículos o calzada. Sus dimensiones deberán ser tales que permitan mantener un nivel de servicio adecuado, para la intensidad de tráfico previsible.

Pero no por ello deben descuidarse otras partes de la corona no destinadas a la circulación normal, como las bermas, zonas que permiten a los vehículos apartarse momentáneamente de la calzada en caso de avería o emergencia, o las aceras destinadas a los peatones.

También las holguras de la carretera tienen una gran influencia en el caso de accidentes causados por la salida de un vehículo fuera de la calzada. En carreteras con calzadas separadas juega un importante papel el separador central o faja de terreno comprendida entre ambas calzadas.

### **Sección 302: Elementos de la Sección**

En las figuras siguientes se muestran detalle de subrasante en secciones típicas ([Figura 302.01g](#)), asimismo se presenta un esquema de presentación y detalles en secciones ([Figura 302.02g](#)).

Finalmente se muestran dos gráficos relacionando la orografía y estratigrafía del terreno donde se emplazará la carretera ([Figura 302.03g](#)).

FIGURA 302.01g.  
Secciones Transversales

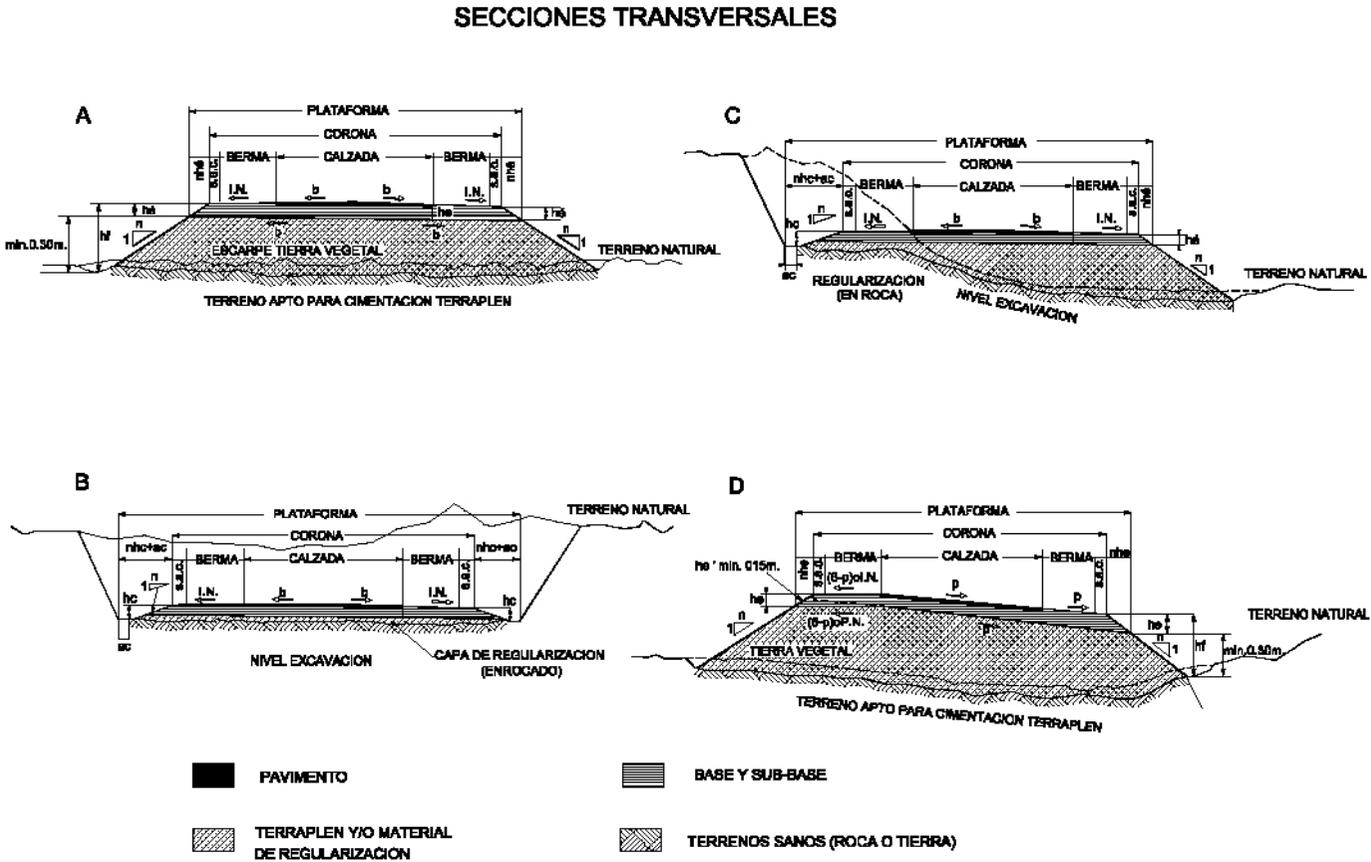


FIGURA 302.01g

FIGURA 302.02g ESQUEMA DE SECCIONES TRANSVERSALES

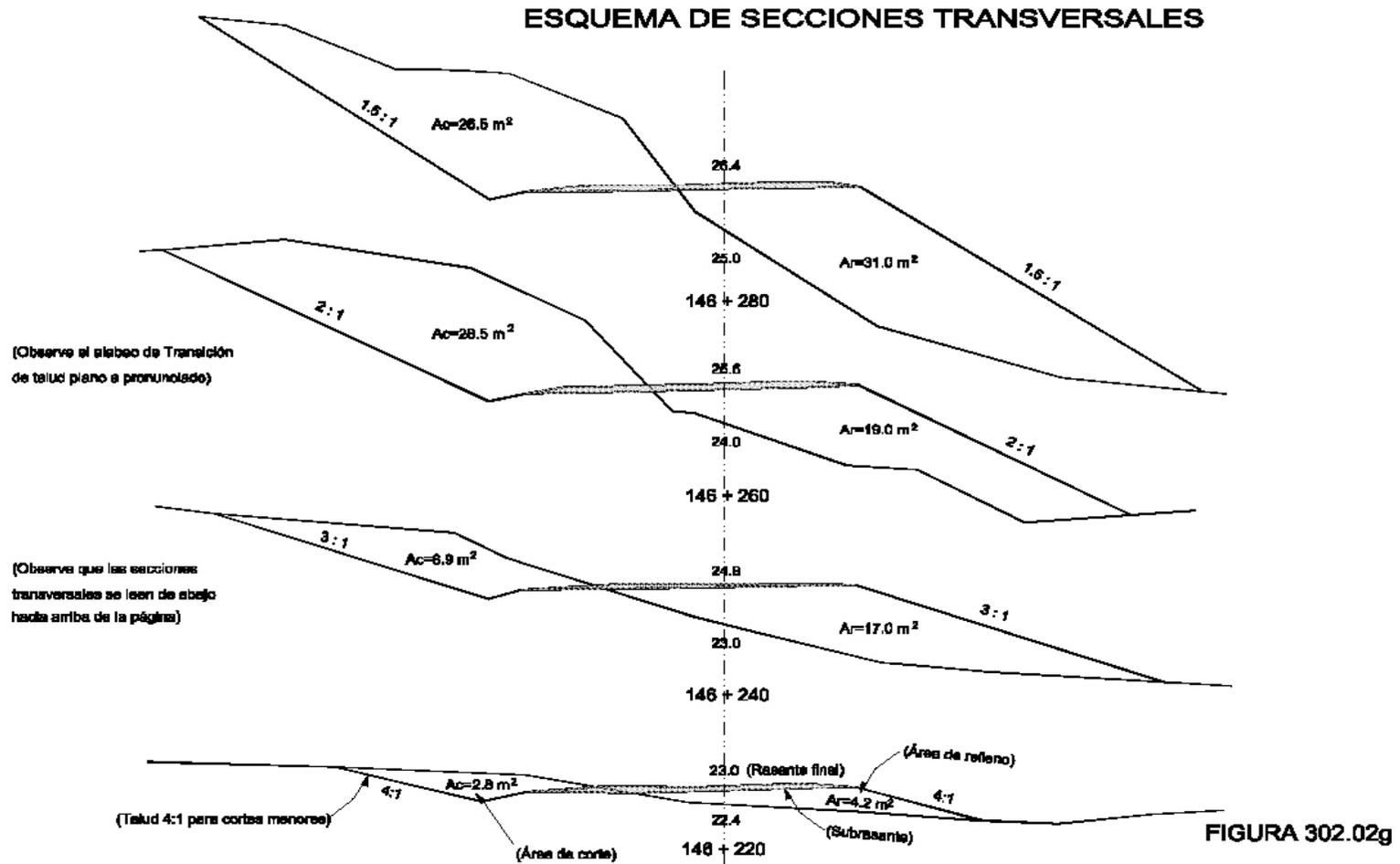


FIGURA 302.03g

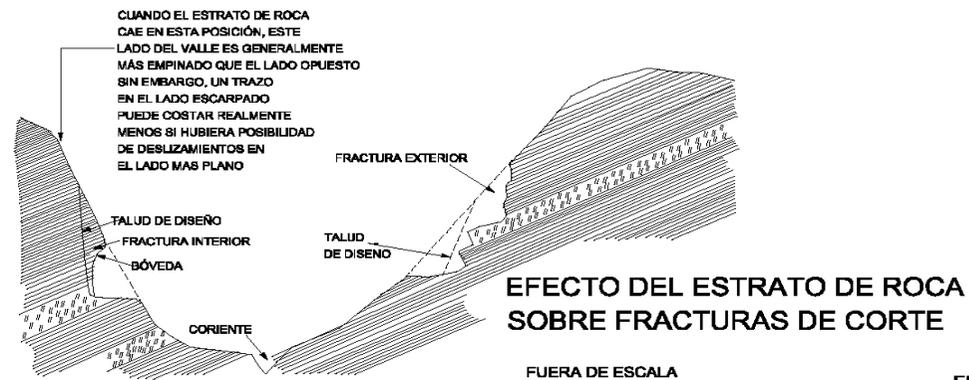
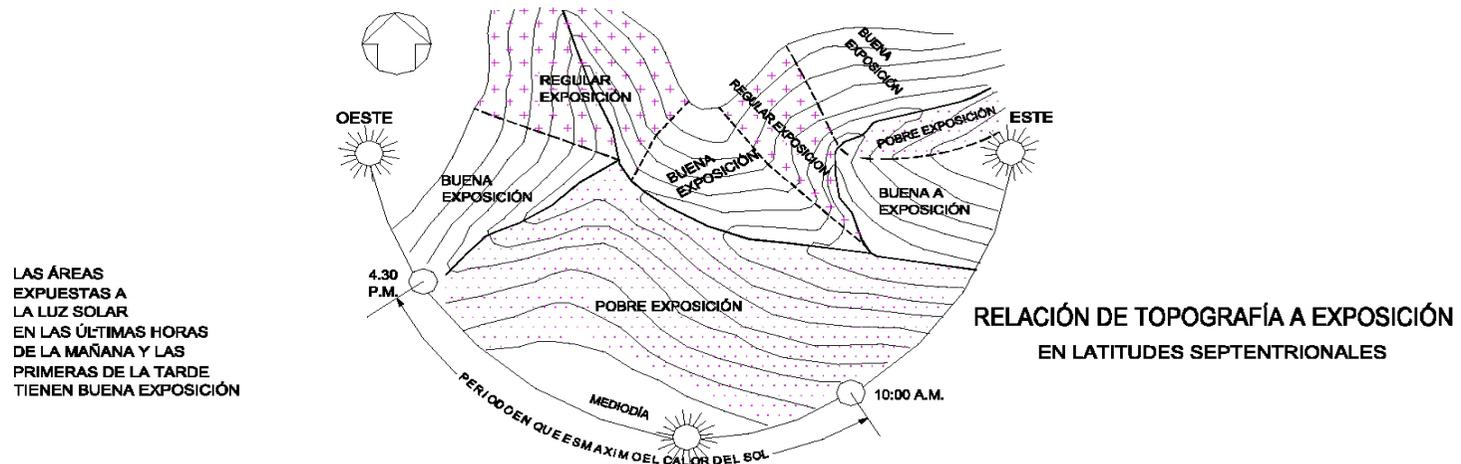


FIGURA 302.03g

## Sección 303

### Derecho de Vía o Faja de Dominio

#### 303.01 ANCHO DE LA FAJA DE DOMINIO

Constituyen Elementos del Derecho de Vía las zonas afectadas para su operación y explotación tales como:

- Zonas de Descanso y/o Estacionamiento
- Zonas de Auxilio y Emergencia
- Paraderos de Emergencia
- Paraderos de Camiones o Autobuses
- Instalaciones Públicas
- Areas Paisajistas, etc.

Deberá adquirirse suficiente derecho de vía con objetivo de evitar gastos posteriores al comprar propiedades urbanizadas o la eliminación de otras en el derecho de vía de la carretera.

Una sección amplia del derecho de vía proporciona una carretera más segura, permite tener taludes de acabado suave y, en general, costos más bajos en el mantenimiento y en la remoción de la nieve.

En la [Tabla 303.01g](#), se dan rangos por clase de vía, por el ancho de faja de dominio deseable.

**TABLA 303.01g**  
**ANCHO DE FAJA DE DOMINIO DESEABLE**

Clasificación	Ancho de Faja de Dominio (m)
Carretera Nacional de dos calzadas	70 – 50
Carretera Nacional de una calzada	70 – 30
Carretera Departamental	40 – 30
Carretera Vecinal	25 – 20

#### 303.02 ZONA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA

Ante la necesidad sea por seguridad, visibilidad o futura ampliación, se restringe la capacidad de construir edificaciones permanentes o de grandes dimensiones (altura fundamentalmente). Esta restricción toda vez que se trata de una limitación en el derecho de propiedad, implica una compensación pecuniaria o de otra índole entre el Estado y el propietario a fin de no coartar los derechos de propiedad que la Constitución preserva y el Estado respeta

## Sección 304

### Sección Transversal

#### 304.01 NÚMERO DE CARRILES DE LA SECCIÓN TIPO

El número de carriles es fundamental para determinar el nivel de servicio que puede conseguirse, y por ende tiene un efecto marcado en la seguridad y en la capacidad de tráfico de una carretera.

En la elección del número de carriles es necesario tener las siguientes consideraciones:

- La inmensa mayoría de las carreteras tiene una calzada constituida por dos carriles, uno para cada sentido de circulación. Este tipo de carreteras permite obtener un buen nivel de servicio con intensidades diarias de hasta unos 5000 veh/día, y aún aceptable mientras no rebasen unos 10 000 veh/día. Tienen la desventaja de que para adelantar a otros vehículos es preciso ocupar durante un tiempo el carril destinado al sentido contrario y, para evitar accidentes, hay que prohibir esta maniobra cuando la visibilidad es insuficiente. Algunos ramales de intercambio tienen asimismo dos (rara vez más) carriles, por los que la circulación es casi siempre en sentido único.
- Para facilitar las maniobras de adelantamiento, se ha recurrido a veces a carreteras de doble sentido con tres carriles. Los dos extremos se destinan a cada uno de los sentidos de tráfico, mientras que el central se reserva a los vehículos que hayan de adelantar a otros. Pero las maniobras en este carril central, en el que pueden circular vehículos en sentidos opuestos, resultan peligrosas porque pueden dar lugar a choques frontales, por lo que actualmente no se construyen nuevas carreteras de este tipo. Muchas de las existentes han sido transformadas haciendo que en el carril central sólo se pueda circular en un sentido, que va cambiando a lo largo de la carretera. Este caso es similar al de las carreteras de 2 carriles con carril adicional para vehículos lentos.
- Cuando se desee conseguir una capacidad mayor (para atender, por ejemplo, a una intensidad diaria comprendida entre 10 000 y 20 000 veh/día) y no se disponga de mucho espacio, puede recurrirse a una calzada con cuatro carriles, dos para cada sentido. Este tipo de carreteras es relativamente frecuente en zonas urbanas y suburbanas. Generalmente se registran en ellas unos altos índices de accidentes que, al menos en parte, pueden deberse a sus características geométricas. Por ello no se suelen emplear más que en aquellos tramos en los que sería muy costosa otra solución, instalándose con frecuencia algún elemento separador del tráfico en el centro de la calzada.

- Si las intensidades de tráfico son muy altas (más de 10 000 veh/día), y se desea conseguir un buen nivel de servicio y gran seguridad, se recurre al empleo de dos calzadas convenientemente separadas y destinadas cada una a un sentido de circulación. Cada calzada tiene como mínimo dos carriles (que suele ser lo más frecuente) y muy rara vez más de cuatro. Calzadas con mayor número de carriles dan lugar a ciertas dificultades cuando algunos vehículos necesitan cambiar de carril. Por ello, si las intensidades de tráfico son tan altas como para exigir más de cuatro carriles por calzada, parece conveniente emplear más de una vía.
- Un caso diferente es el de algunas grandes arterias urbanas, cuya calzada llega a tener 6 o más carriles, en uno o dos sentidos de circulación. En estos casos se trata de aprovechar lo más posible el espacio disponible.

### **304.02 CALZADA**

La calzada es la zona de la sección transversal destinada a la circulación segura y cómoda de los vehículos. Para ello es necesario que su superficie esté pavimentada de forma tal que sea posible utilizarla prácticamente en todo tiempo, salvo quizás en situaciones meteorológicas extraordinarias.

El tipo de pavimento que se emplee dependerá de diversos factores, entre ellos de la intensidad y composición del tráfico previsible pero, en general, no estará relacionado con las dimensiones y características geométricas de la calzada.

La calzada se divide en carriles, cada uno con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

#### **304.02.01 Ancho de Carriles**

El ancho de los carriles depende de las dimensiones de los mayores vehículos que utilizan la vía, y de otras consideraciones:

- Cuanto mayor sea la velocidad, mayor es la oscilación de la posición transversal del vehículo dentro del carril, y por tanto el ancho de éste debe ser mayor.
- Cuando el radio de curvatura es reducido, como en las vías de giro de las intersecciones y en la mayoría de los ramales de enlaces, y aun en algunas carreteras, es necesario un ancho mayor que el normal en tangente.

El ancho de los carriles tiene, además, repercusiones sobre el nivel de servicio.

- El mínimo ancho de carril, teniendo en cuenta la presencia de camiones es de 3,00 m. con un estándar fuera de poblado de 3,50 ó 3,60 m.

### **304.03 BERMAS**

Las bermas son un elemento importante de la sección transversal. Además de contribuir a la resistencia estructural del pavimento de la calzada en su borde, mejoran las

condiciones de funcionamiento del tráfico de la calzada y su seguridad: para ello, las bermas pueden desempeñar, por separado o conjuntamente, varias funciones que determinan su ancho mínimo y otras características, que se enumeran a continuación. Consideraciones de costos (sobre todo en terreno muy accidentado) pueden inclinar a prescindir de alguna de estas funciones.

Las bermas deberán tener un ancho que les permita cumplir al menos la función de protección del pavimento, un mínimo de 0.50 m. Asimismo la plataforma debe tener un sobreancho que permita una compactación uniforme de la berma, sin riesgos para el operador de la maquinaria (s.a.c) este sobreancho además cumple una función defensora de la berma.

- Detención Ocasional de Vehículos
- Si un vehículo se detiene en la calzada, forzará al resto del tráfico a circular por menos carriles y a menor velocidad.

Por tanto, al disponer un espacio para la detención de vehículos, la berma mantiene la capacidad de la calzada y su seguridad. Las razones de la detención pueden ser varias: averías del vehículo ó también el deseo del conductor de descansar, comer u orientarse; en este último caso la previsión de áreas de descanso resulta más adecuada.

Esta función de detención está reservada a la berma derecha, por lo que no se aplica a la berma interior en el caso de calzadas separadas. Tampoco debe confundirse la berma con un carril de estacionamiento: la parada ha de ser esporádica y momentánea, ya que para que la berma pueda cumplir sus funciones, es preciso que esté en gran parte libre de obstáculos.

Para que pueda detenerse cualquier vehículo en la berma sin ocupar parte de la calzada, sería preciso que el ancho de la misma fuera al menos de 2,50 m. En carreteras de tráfico intenso, en las que un estrechamiento de la calzada puede causar un descenso excesivo en el nivel de servicio, las bermas deben tener este ancho mínimo. En carreteras de alta velocidad, como las autopistas, es deseable que el ancho sea de 3 m, lo que permite que entre el borde de la calzada y un vehículo detenido quede una cierta separación.

En carreteras con tráfico menos intenso, unas bermas tan anchas resultan costosas y no suelen estar justificadas económicamente. En estos casos sería deseable que un vehículo parado pudiera apartarse lo suficiente para que en el carril adyacente quedara libre una zona de ancho superior a 2,50 m, lo que permitiría el paso de un camión sin necesidad de ocupar otro carril. Para ello bastaría con que el ancho de la berma no fuera inferior a 1,50 m. Este suele ser el caso de los ramales de intercambios.

Para que los vehículos puedan detenerse sobre la berma es necesario que tenga, en cualquier circunstancia, resistencia suficiente para soportar el peso de los mayores vehículos que circulan por la carretera sin que se produzcan grandes deformaciones; ya que en caso contrario, los vehículos que se paren no lo utilizarán por parecerles insegura, y puede ser peligroso para los que se salgan de la calzada a gran velocidad. Por ello, debe emplearse algún tipo de afirmado para poder resistir las cargas a que se va a ver sometido; pero como éstas serán esporádicas, no será imprescindible emplear un pavimento igual al de la calzada, aún cuando a veces es conveniente por razones constructivas.

- Zona de Seguridad

Un vehículo que se salga de la calzada por causas no intencionadas, sobre todo a alta velocidad, debe tener un margen de seguridad para que esa salida no origine un accidente, sino que pueda volver a la calzada una vez dominada la situación. Combinado con lo anterior está el denominado "efecto de pared", que hace que el conductor se aparte de obstáculos contiguos al borde de la calzada y disminuya el nivel de servicio.

Un mínimo absoluto de ancho, a los efectos anteriores, puede establecerse en 0,50 m, siendo deseable 1,00 m. El efecto pared se anula a partir de 1,50 a 1,75 m, y si en una carretera de calzada única se desea posibilitar que, durante una maniobra de adelantamiento fallido, el vehículo "contrario" recurra a la berma para no colisionar con el "adelantador", el ancho de la berma no debería bajar de 2,00 m.

El pavimento de las bermas, en relación con esta función de seguridad, depende de consideraciones constructivas y de costo: por un lado, las bermas estrechas (menos de 1,20 m) tienen un pavimento que es prolongación del de la calzada contigua, pues no es práctica la construcción en ancho tan reducido; por otro lado, si va a cumplir una función de seguridad a alta velocidad, la berma no debe presentar un aspecto peligroso, y su pavimento debe poder resistir los esfuerzos tangenciales relacionados con las maniobras de emergencia. A veces se disponen marcas viales ó resaltos transversales que sirven de advertencia al conductor distraído, sin constituir un peligro.

- Circulación de Vehículos Lentos

En zonas rurales, el tráfico de tractores agrícolas, y en zonas urbanas el tráfico de bicicletas, por su lentitud, tienen una elevada probabilidad de colisionar con el tráfico más rápido que emplea la calzada. Normalmente, las bicicletas circulan en campo abierto por la berma, aunque ésta sea estrecha, siempre que su aspecto

sea atractivo para el ciclista; si en zona urbana los ciclistas son un problema, es conveniente disponer un carril especial para ello.

Los tractores agrícolas pueden utilizar la berma, siempre que su ancho sea superior a 1,75 ó 2,00 m. Si la berma no está pavimentada y el tráfico de tractores es intenso, puede producirse su deterioro.

Cuando se forman caravanas, es frecuentemente que los conductores de los vehículos pesados transiten por la berma para facilitar el ser adelantados, lo que puede deteriorarla si no está dimensionada para ello. La reiteración de esta maniobra, sobre todo en rasantes de pendientes positivas, es indicio de que se necesita un carril adicional para circulación lenta.

Para evitar que los vehículos confundan la berma con un carril más de la calzada, es conveniente que el aspecto (textura y color) de ambos sea lo más distinto posible; con lo que se mejora, además, la estética de la vía, y se contribuye a la guía del conductor, sobre todo de noche. También el empleo de marcas viales o resaltos puede resultar adecuado para evitar el paso habitual de vehículos lentos, aunque puede resultar molesto.

- **Circulación de Emergencia**

En ciertas ocasiones las bermas pueden servir al tráfico normal en circunstancias extraordinarias, como si de un carril más se tratara, si su ancho se lo permite.

Un ejemplo típico lo constituyen las operaciones de conservación o reparación de la calzada, normalmente ejecutadas por medios anchos, y durante las cuales una al menos de las bermas, debidamente señalizada, puede servir para mantener el tráfico. En otras ocasiones, durante horas punta extraordinarias (salida y regreso de vacaciones), se recurre a habilitar las bermas como carriles adicionales, con la consiguiente mejora de la capacidad.

- **Otros usos**

Otras funciones que las bermas pueden desempeñar son las siguientes:

- Transformación en carriles de cambio de velocidad en intersecciones: si su dimensionamiento estructural se lo permite, y siempre que se señalicen convenientemente.
- Almacenamiento de la nieve eliminada por los quitanieves.
- Paso de ambulancias o vehículos de policía.
- Recogida de basuras o correspondencia.

En la [Tabla 303.02g](#) , se presenta la reducción de la capacidad de la vía, según la variación del ancho del carril y el ancho de berma ó despeje lateral.

**TABLA 303.02g**  
**EFFECTO COMBINADO DE ANCHO DE CARRIL Y DESPEJE LATERAL EN LA**  
**CAPACIDAD**

Ancho de Berma o Despeje Lateral	Capacidad de Carril con Restricción de Despeje Lateral (% de Capacidad de un Carril de 3.60 m) <sup>a</sup>		
	Ancho de Carril		
	3,60 m	3,30 m	3,00 m
	<b>Carretera de Una Calzada</b>		
1,80 m	100	93	84
1,20 m	92	85	77
0,60 m	81	75	68
0,00 m	70	65	58
	<b>Carretera De Calzadas Separadas</b>		
1,80 m	100	95	89
1,20 m	98	94	88
0,60 m	95	92	86
0,00 m	88	85	80

<sup>a</sup> : Flujo Ininterrumpido, Nivel de Servicio B. Pavimento superior

### **304.04 BOMBEOS**

El drenaje de un pavimento depende tanto de la pendiente transversal o bombeo, como de su pendiente longitudinal. En rasantes a nivel o casi a nivel, tales como los que se encuentran en trazos en las planicies de la costa, así como en las curvas verticales cóncavas, el agua que cae sobre el pavimento se esparce en ángulo recto con respecto al eje central del camino, hacia los taludes y cunetas. Cuando exista una gradiente longitudinal, el agua fluirá diagonalmente hacia el lado exterior del pavimento, siguiendo la gradiente negativa. Si la pendiente fuera pronunciada y no tuviera bombeo, el agua permanecerá sobre el pavimento una distancia considerable antes de salir hacia las bermas.

### **304.05 PERALTE**

#### **304.05.01 Valores del Peralte**

El valor del peralte, bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, está dado por la expresión

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

- p : Peralte máximo asociado a V  
 V : Velocidad directriz o de diseño (Kph)  
 R : Radio mínimo absoluto (m)  
 f : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Normalmente resultan justificados radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, que resultan más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativos) como para vehículos rápidos (que necesitan menores f). Si se eligen radios mayores que el mínimo, habrá que elegir el peralte en forma tal que la circulación sea cómoda tanto para los vehículos lentos como para los rápidos.

#### **304.05.02 Transición del bombeo al peralte.**

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la espiral de transición.

Cuando la curva circular no tiene espirales de transición, la transición del peralte puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curva, recomendándose para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Empíricamente se ha determinado que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con peralte completo.

La consideración anterior limita la longitud mínima de la tangente entre dos curvas circulares consecutivas de sentido contrario que no tengan espirales de transición. Esa longitud debe ser igual a la semisuma de las longitudes de transición de las dos curvas.

La longitud mínima de transición para dar el peralte puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

Para pasar del bombeo a la sobreelevación, se tienen tres procedimientos. El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la corona; el segundo en girar la sección sobre la orilla interior de la corona y el tercero en girar la sección sobre la orilla exterior de la corona. El primer procedimiento es el más conveniente, ya que requiere menor longitud de transición y los desniveles relativos de los bordes son uniformes; los otros dos métodos tienen desventajas y sólo se emplean en casos especiales.

En carreteras conformadas por dos calzadas y separador central, el procedimiento para dar el peralte depende de los anchos de la corona y del separador; en general, pueden considerarse los siguientes procedimientos:

La sección total de la carretera se peralta girando sobre el eje de simetría, girando también el separador central.

El separador central se mantiene horizontal y cada calzada se gira sobre el borde contiguo al separador central.

Las dos calzadas se giran independientemente en torno al eje de cada una.

### **304.05.03 Condicionantes para el Desarrollo del Peralte**

#### **(a) Proporción del Peralte a Desarrollar en Tangente**

El desarrollo de una parte del peralte en la tangente y otra en la curva se da, por que en la parte de la tangente vecina a la curva, el conductor recorre una trayectoria circular que no hace demasiado incómoda una inclinación transversal mayor que el 2% (bombeo), y porque en la parte de la curva vecina a la tangente, el vehículo describe un círculo de radio mayor que el de diseño. En ciertas oportunidades, sin embargo, el tránsito en sentido contrario puede restringir la libertad para desarrollar ésta maniobra y por tanto el peralte a desarrollar en tangente, debe alcanzar a un mínimo que no incremente peligrosamente el coeficiente de fricción transversal a utilizar en el sector inicial de la curva.

### **304.05.04 Desarrollo de Peralte entre Curvas Sucesivas.**

En general, el cumplimiento de la recomendación de la Tabla 304.06, para velocidades de diseño mayores a 60 KPH, provee una longitud en tangente suficiente para efectuar las transiciones de peralte. En caminos con velocidad de diseño inferiores y curvas sucesivas de peralte muy diferentes, puede llegar a ser necesario mantener la calzada en el tramo recto con una inclinación transversal constante, que en lo posible no deberá sobrepasar el 3,5%.

### **304.05.05 Giro del Peralte**

Para el giro del peralte, se utilizan los métodos:

- Giro del pavimento de la calzada alrededor de su línea central, el más empleado, que permite un desarrollo más armónico y provoca menor distorsión de los bordes de la corona.
- Giro del pavimento alrededor de su borde interior, cuando al peraltarse alrededor del eje central, se produce una depresión acentuada de su cuneta interior, para

mejorar la visibilidad de la curva, o para evitar dificultades en el drenaje superficial de la carretera en secciones en corte.

- Giro del pavimento alrededor de su borde exterior, cuando se quiere destacar la apariencia del trazado.

#### **304.05.06 Peraltes Mínimos**

Si el coeficiente  $f$  rebasase el coeficiente de resistencia al deslizamiento ( $m$ ), el vehículo deslizaría y podría sufrir un accidente, sin llegar a este extremo, la mayoría de los conductores y los vehículos articulados experimentan dificultades si  $f > 0,25$ , lo que lleva a definir la máxima velocidad a la que una curva de radio  $R$  y peralte  $p$  dados puede ser recorrida sin riesgo de accidente ( con  $f=0,25$  en la fórmula de [304.05.01](#)).

Cuando la velocidad es inferior a la que equilibra exactamente la fuerza centrífuga,  $f$  resulta negativo, es decir, el vehículo lento tiende a deslizarse hacia el interior de la curva y para corregirlo, el conductor debe girar el volante hacia el exterior de ésta. Para que ésta maniobra no resulte poco natural, el valor absoluto de esa  $f$  negativa no debe rebasar el que resulta habitual al conducir en una alineación recta (bombeo = 2%), lo que lleva a definir un peralte mínimo asociado a una velocidad mínima (en la fórmula de [304.05.01](#) con  $f=0,02$ ).

#### **304.06 SEPARADORES**

Se denomina separador central el espacio comprendido entre los bordes internos de las calzadas con tráfico en ambas direcciones, establecida con el fin de separarlas física, psicológica y estéticamente. Por definición, engloba toda la faja comprendida entre los bordes internos de las dos calzadas que separa, inclusive las bermas internas y/o los sobreamanchos.

Es deseable disponer de separadores centrales con el mayor ancho posible y viable. El ancho del separador central solo está restringido por factores económicos. Según las circunstancias, aumentos irrazonables en el terraplén o en la extensión de las obras viales transversales, en los costos de la faja de dominio, etc, podrán desaconsejar el establecimiento de separadores centrales anchos. Por otro lado, los separadores centrales anchos podrán permitir economías al obviar la necesidad de instalar defensas o barreras centrales. Estas, en algunos casos, pueden representar una proporción notable de los gastos de construcción.

El ancho del separador central es función también de la necesidad y el ancho de las bermas internas, de carriles eventuales de deceleración y espera para giros a izquierda en nivel, etc (incluidos, por definición, en el ancho del separador central). Frecuentemente, deberá resguardar completamente a un vehículo que, en intersecciones

o en giros a nivel, cruce la carretera en dos etapas. El vehículo de diseño que deberá considerarse será un vehículo representativo de las condiciones locales y específicas de un determinado diseño.

Por consiguiente, la selección de un valor para una determinada carretera será fundamentalmente un intercambio alterno entre las necesidades y conveniencias del proyecto, especialmente en lo que respecta a seguridad, y los aspectos económicos

Preferiblemente, los separadores centrales deberán sembrarse y rebajarse, recibiendo el drenaje de la berma interna y, en las curvas, también el de una vía y tendrán una cuneta en su punto bajo. La sección transversal de ésta no deberá constituir un obstáculo para los vehículos fuera de control. Para ello es conveniente la aplicación de un sistema tipo berma - cuneta, aun cuando la disminución en la capacidad de la cuneta obligue a la colocación de mayor número de estructuras de paso de las aguas.

En ciertas condiciones, es deseable un separador central de ancho variable, como consecuencia de trazados independientes en planta y/o perfil para las dos calzadas, con las ventajas de romper la monotonía, permitir una mejor adaptación a la topografía, un óptimo aprovechamiento paisajístico y escénico y la reducción de los deslumbramientos.

Lugares especialmente probables para ello son las zonas despejadas en declives, a lo largo de orillas marítimas, etc.

En el caso de separadores centrales con ancho reducido en carreteras de elevada velocidad, quizás sea necesario establecer una barrera física rígida que requiere prestar una mayor atención al desagüe, especialmente en las secciones de peralte. En los casos en que solo hay una defensa, el centro del separador central podrá pavimentarse y establecerse de forma ligeramente elevada para facilitar el drenaje. En casos extremos, el separador central se reducirá a la barrera o defensa y a una faja de seguridad o berma a cada lado. Esos casos corresponden a grandes estructuras, túneles o trechos con graves restricciones en la faja de dominio. En tales casos, deberá preverse el establecimiento de una protección adecuada contra el deslumbramiento ocasionado por luces altas.

### **304.07 DIMENSIONES EN LOS PASOS BAJO NIVEL**

Un gálibo vertical adecuado debe permitir a los camiones con altura que se encuentran dentro de los límites legales pasar sin restricciones bajo una estructura o por un paso bajo nivel sin necesidad de reducir, por cautela, la velocidad del vehículo o parar. Además es necesario no impedir completamente el tránsito - controlado y fiscalizado - de los vehículos que transportan objetos de dimensiones excepcionales, generalmente equipos industriales.

## **304.08 TALUDES, CUNETAS Y OTROS ELEMENTOS**

### **304.08.01 Taludes**

Los taludes laterales y contra-taludes varían en gran medida, dependiendo del tipo de material con que se construyan y de su ubicación geográfica. Los taludes planos bien acabados presentan una apariencia agradable y son más económicos en su construcción y mantenimiento.

En ciertas secciones con terraplén se construyen taludes especiales con revestimiento de piedra, mampostería seca de piedra tosca, concreto armado y diferentes tipos de muros de contención.

La mejor evidencia del comportamiento del talud probable, es un talud existente en un material similar sometido a las variaciones de clima, de preferencia uno que se encuentre en las cercanías. En materiales no cohesivos, ese talud existente dará un índice fidedigno, prescindiendo de su altura para la comparación con el talud propuesto.

La segunda consideración que se hará para el diseño de taludes laterales, es la influencia del intemperismo, apreciando fundamentalmente el efecto erosivo del agua y el viento, en taludes sin protección. Es así que el suelo removido de los taludes, tiene que encontrar inevitablemente su nueva ubicación en las cunetas y alcantarillas, aumentando así el costo de conservación.

Una cubierta vegetativa adecuada, prevendrá la mayor parte de los daños originados por el esfuerzo climático, para ello se debe seleccionar la vegetación adecuada a la inclinación del talud empleado.

El redondear convenientemente la parte superior de los cortes no solamente mejora la apariencia, sino que también tiene un empleo práctico. El suelo que se remueve al hacer el redondeo del talud, es generalmente tierra vegetal de la capa superior, al hacer este redondeo al final, el suelo vegetal caerá sobre la cara del talud ayudando a que se arraigue la vegetación.

Una tercera consideración en el diseño del talud, es la apariencia del acabado en los lados del camino. Una faja a los lados del afirmado cuyo acabado sea suave y conveniente, es una fuente de satisfacción al público que utiliza la carretera, siendo muy pequeña su diferencia en costo con un trabajo que esté mal acabado. Es una práctica conveniente, el redondear taludes y hacer la transición de corte a relleno en forma gradual y natural.

#### **(a) Taludes en Corte**

Un talud de corte con más de una inclinación se puede dar en dos casos básicos. El primero, cuando la inclinación con la cual él se inicia, a partir del borde exterior del fondo

de la cuneta, debe ser disminuida más arriba, teniéndolo, al existir terrenos de inferiores características estructurales.

El segundo caso se presenta cuando se elige diseñar un talud de corte con banquetas, por ser esta solución, en el caso estudiado, preferible a un talud más tendido, ya sea único o quebrado.

Un talud de corte puede presentar uno o más banquetas. El primer escalón, contado desde abajo, queda definido por su ancho, por su pendiente transversal y por la altura entre su borde exterior y el de la cuneta, o entre el primero y el eje de la carretera, según aconseje las conveniencias estéticas e hidráulicas en cada caso. Las banquetas pueden ser diseñadas como permanentes, o transitorias si se prevé que ellos serán cubiertos con materiales desprendidos o derramados desde los siguientes. En ambos las banquetas deben tener un ancho mínimo que es función de las características geológicas del terreno y, en zonas de nevadas frecuentes, de la intensidad de éstas. En todo caso es necesario que dicho ancho permita el paso de maquinaria de construcción y conservación.

Sus inclinaciones transversales deben ser del orden del 4%, vertiendo hacia la pared del corte si son permanentes y no superiores al 1:5 (V:H), vertiendo hacia la plataforma, si son transitorios.

A continuación, se presenta la [Figura 304.01g](#), mostrando diversos métodos de tratamientos de taludes; [Figura 304.02g](#) graficando el alabeo de taludes y la [Figura 304.03g](#) con una perspectiva del alabeo y redondeo de taludes.

### **304.08.02 Cunetas**

Cuando no se requiera drenaje profundo, los distintos elementos de las cunetas deben combinarse adecuadamente para resolver los problemas hidráulicos y de mecánica de suelos que las motivan, a la vez que para lograr una sección transversal de la carretera que tenga costo mínimo.

Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior y su fondo, ya incluidos en la plataforma de subrasante, y su talud exterior. Este último, por lo general, se confunde con el del corte, pero se limita, con el propósito de completar la definición de la cuneta, a una altura que resulta de proyectar horizontalmente el borde exterior de la corona sobre dicho talud.

#### **(a) Talud Interior de Cunetas**

El talud o pared interior de la cuneta se inicia en el punto extremo de la corona del pavimento y se desarrolla, bajando con una cierta inclinación, hasta llegar a la profundidad que corresponda a las circunstancias del proyecto en tramo estudiado.

Como estos valores son distintos de las inclinaciones de los taludes de terraplén, se requerirán transiciones de uno u otro cuando la vía pase de corte a terraplén y viceversa. El proyectista, sin embargo, deberá juzgar, en aquellos tramos en los que por razones altimétricas se produzcan muchos de estos cambios, la conveniencia de mantener la inclinación del talud interior de la cuneta en zonas de terraplén, si éstos son de poca altura. Esto con el fin de evitar los efectos antiestéticos de una sucesión de alabeos.

(b) Profundidad de la Cuneta.

La profundidad o altura interior de la cuneta se mide, verticalmente, desde el extremo de la plataforma hasta el punto más bajo de su fondo.

(c) El Fondo de la Cuneta

El fondo de la cuneta, transversalmente, será horizontal si se considera una sección trapezoidal.

### **304.09 ÁREAS DE DESCANSO**

#### **304.09.01 Plazoletas de Estacionamiento**

Las plazoletas estarán provistas de pavimento apropiado para su empleo.

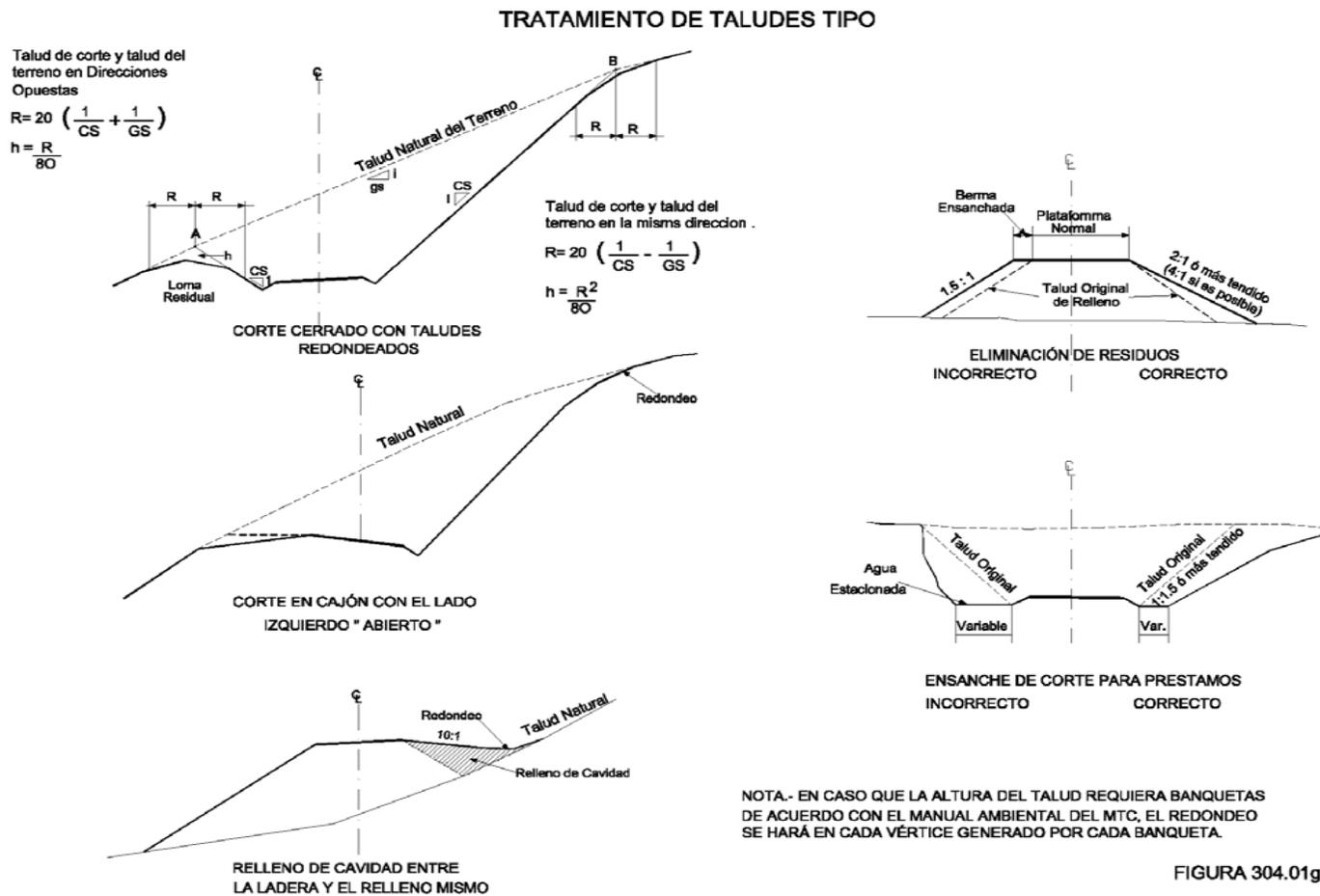
Es conveniente aumentar las dimensiones mínimas y el número de plazoletas previstas en el tópico correspondiente, cuando se disponga de suficiente material excedente.

La ubicación de las plazoletas se fijará convenientemente en los puntos más favorables del terreno natural para que el volumen de las explanaciones sea mínimo, teniendo en cuenta el desarrollo del trazado para asegurar la visibilidad de parada.

#### **304.09.02 Miradores Turísticos**

Nuestro país, con paisajes naturales tan exquisitos y ante una industria turística en constante evolución, hace necesaria la inclusión de miradores, los cuales además del espacio físico propuesto deberán con el tiempo y el aumento de la afluencia turística contar con instalaciones que brinden mayor comodidad al turista, siempre salvaguardando los aspectos ecológicos y paisajísticos de la zona.

**FIGURA 304.01g**  
**TRATAMIENTO DE TALUDES TIPO**



**FIGURA 304.02g**  
**ALABEO DE LOS TALUDES EN TRANSICIONES DE CORTE Y RELLENO**  
**ALABEO DE LOS TALUDES EN TRANSICIONES DE CORTE A RELLENO**  
**(PERSPECTIVA)**

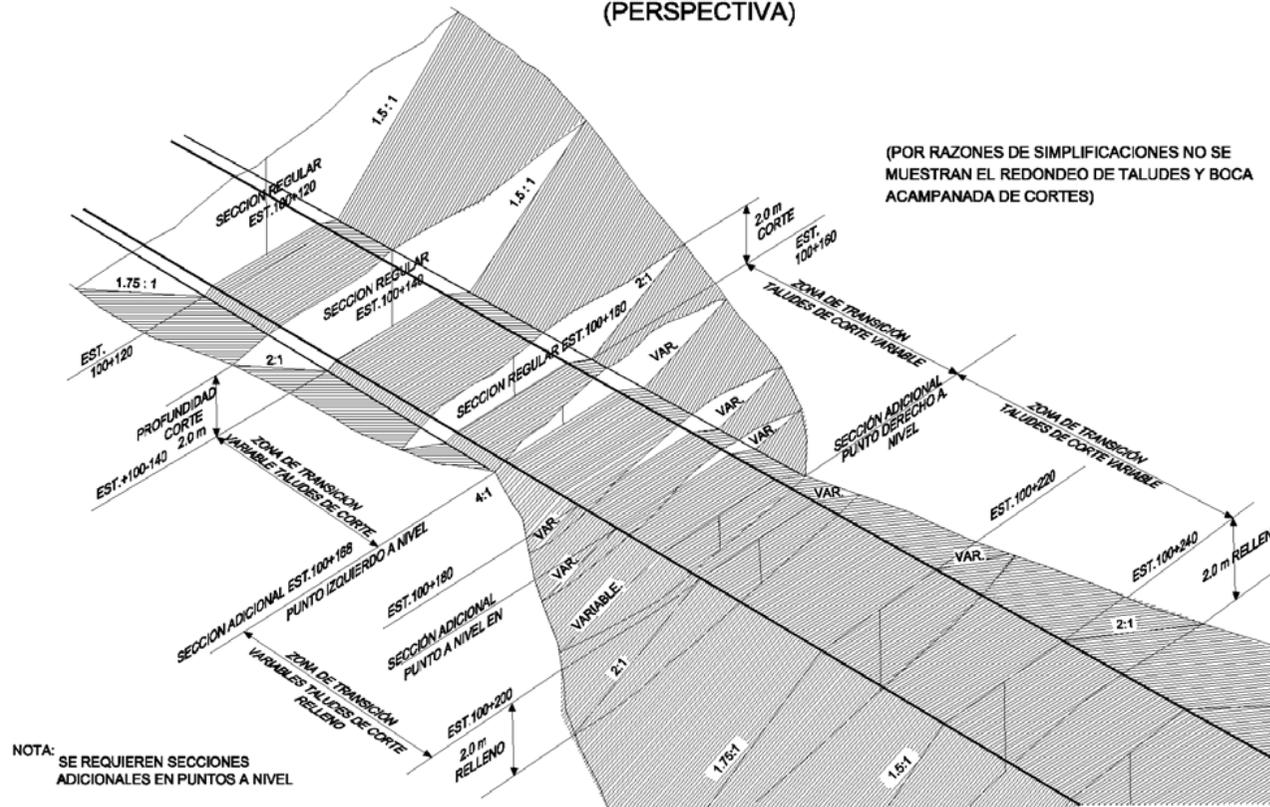
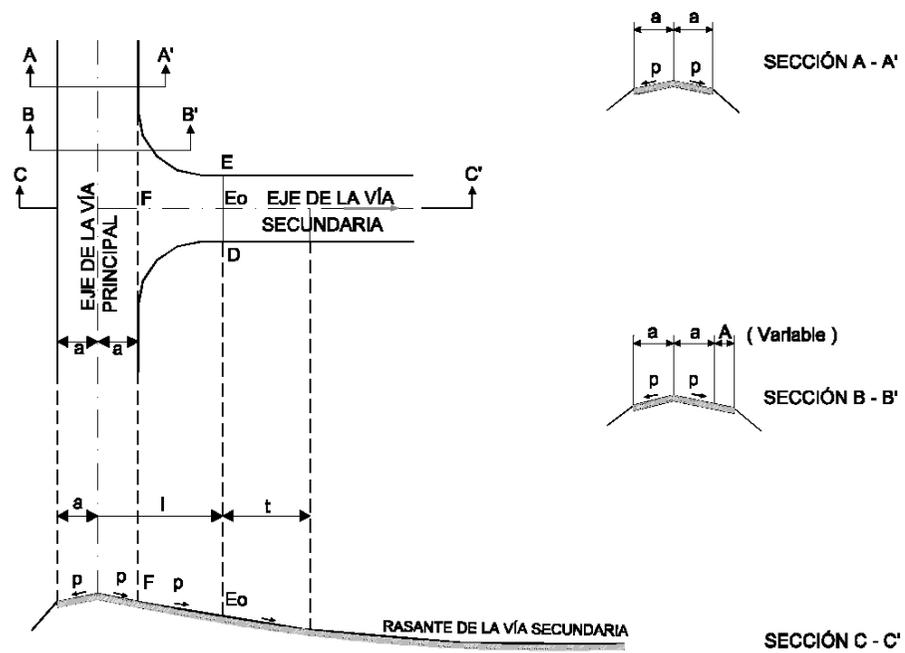


FIGURA 304.02g

**FIGURA 304.03g**  
**TRATAMIENTO DE BOCA ACAMPANADA Y RELLENO ABOCINADO**

**ELEVACIÓN EN INTERSECCIONES  
 CASO DE PLATAFORMA ÚNICA**



**FIGURA 501.13**

## **Sección 305**

### **Secciones Transversales Especiales**

#### **305.01 PUENTES, PONTONES Y OBRAS DE PASO**

Considerando el costo inicial de construcción de las obras de paso, manteniendo la sección típica de la carretera, en balance con el costo operativo y seguridad vial, hace necesario el mantenimiento de las dimensiones a lo largo de la vía. En todo caso, el MTC tiene la potestad de aprobar casos excepcionales tanto por debajo del mínimo como exigir secciones de estructuras mayores que estos mínimos en aquellos casos

en que las características del trazado o del tránsito lo recomienden, así como el derecho de autorizar secciones especiales para puentes de longitud o de luces excepcionales.

## **305.02 TÚNELES**

### **305.02.01 Sección Transversal**

Desde el punto de vista constructivo la forma de la galería puede ser circular, generada por sistemas de perforación tipo rotativo mediante máquinas conocidas como topos o fresas, puede tener forma de herradura o rectangular logradas mediante sistemas de perforación convencional de voladuras.

### **305.03 PASOS A DESNIVEL PARA PEATONES**

El paso a desnivel para peatones deberá ser motivo de un cuidadoso estudio de ubicación y de acceso. El ajuste adecuado de la rasante del paso y la carretera se debe efectuar en la etapa de planificación y diseño.

La recomendación general para el acceso a los pasos peatonales a desnivel es la construcción de escaleras y rampas, a fin de permitir el paso de todos los usuarios sin restricciones o limitaciones por ello es necesario que la ubicación del paso sea tal que cuente con un área suficiente para ambos accesos y los movimientos peatonales que genere.

### **305.04 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD**

Los carriles de cambio de velocidad de aceleración y deceleración, se proyectarán independientemente de la existencia o no de carriles adicionales o de ascenso, en los casos prescritos en la norma.

En carreteras de calzadas separadas deben evitarse las conexiones que necesiten carriles de cambio de velocidad en el lado izquierdo de la calzada., Si existiese más de una calzada por sentido esto se aplicará al lado izquierdo de las centrales.

### **305.05 CONFLUENCIAS Y BIFURCACIONES**

Las confluencias y bifurcaciones se establecerán por la coincidencia de flujos de tráfico similares. Las velocidades específicas de los elementos que concurren en una confluencia o bifurcación, deberán ser similares.

Cuando las intensidades de los tráficos de paso y de giro son comparables, la divergencia entre ambos se plantean como una bifurcación más que como una salida; análogamente, la convergencia se plantea como una confluencia más que como una entrada.

Las velocidades específicas de los elementos que concurren en una bifurcación o confluencia deben ser prácticamente iguales: los cambios de velocidad deben, por tanto, efectuarse fuera de la zona.

El número de carriles de cada una de las calzadas bifurcadas es frecuentemente de uno, como ocurre por ejemplo en los enlaces tipo "trompeta"; análogamente ocurre con las confluencias. Con tráfico más intenso es preciso recurrir a dos carriles; rara vez a más.

El número de carriles en la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia) no debe diferir de la suma del número de carriles después de la bifurcación (o antes de la confluencia) en más de una unidad, salvo excepciones por razón de continuidad.

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA Y PERFIL**

[Sección 401 : Introducción](#)

[Sección 402 : Alineamiento Horizontal](#)

[Sección 403 : Diseño Geométrico del Perfil Longitudinal](#)

[Sección 404 : Coordinación entre Alineamiento Horizontal y Perfil Longitudinal](#)

[Sección 405 : Diseño Geométrico en Puentes](#)

[Sección 406 : Diseño Geométrico en Túneles](#)

## **Sección 401: Introducción**

### **401.01 CRITERIO GENERAL DE APLICACIÓN**

Los valores mínimos (ó máximos) normales o deseables a que se refiere la norma, son aquellos mínimos a utilizar regularmente y cuya utilización no generará pérdida considerable en la comodidad y seguridad del usuario. En cambio, los mínimos (ó máximos) absolutos o excepcionales, están referidos a valores límites que el diseñador podrá utilizar previo a una justificación técnico - económica de su uso, pese a las restricciones en la comodidad del usuario y manteniendo al límite los niveles de seguridad (en algunos casos se deberá incluir procedimientos adicionales para mantener o aumentar la seguridad).

### **401.02 CONSIDERACIONES GENERALES**

Dentro de la denominación de trazado se incluyen métodos y técnicas relacionados con:

- La forma geométrica del camino en relación con el tráfico al que se prevé servir.
- Sus dimensiones físicas.
- Su relación con el terreno.

El trazado es el primer aspecto que debe considerarse al diseñar un camino, y en general ello puede hacerse con independencia de otros aspectos tales como el drenaje, las estructuras o el pavimento, aunque en algunos puntos pueda ser luego necesaria una reconsideración del trazado.

Al ser el camino una superficie transitable regular, inserta en un espacio tridimensional, la reducción de la forma geométrica a un modelo matemático igualmente tridimensional resulta complicada, y, por tanto, es poco empleada. Dado el predominio de la dimensión longitudinal que tienen los caminos frente a la dimensión transversal, es habitual la simplificación de estudiar por un lado la forma de la curva que describe en el espacio un punto característico de la sección transversal, el eje o un borde y por otro lado, la sección transversal a él vinculada.

Sólo en los casos en que el camino acusa un marcado carácter tridimensional, como por ejemplo en los intercambios, se recurre para su estudio al empleo de maquetas o a la técnica de planos acotados, complementando a los métodos bidimensionales que se describen a continuación.

En la casi totalidad de los casos, se efectúa un análisis bidimensional prescindiendo de una de las tres dimensiones, tomadas ya en sentido euleriano (longitud, latitud y cota, inmóviles respecto al entorno), ya en sentido lagrangiano (recorrido, acimut y pendiente, vinculadas al conductor).

Esta simplificación (trazado en planta - perfil longitudinal - sección transversal) resulta bastante práctica, salvo en los elementos del trazado que presentan un carácter bidimensional (intersecciones) o tridimensional intercambios; aun en estos casos, su aplicación juiciosa permite también buenos resultados en el análisis.

Sin embargo, no conviene olvidar que se trata de una simplificación, y que si se quiere evitar la aparición de efectos no deseados, relacionados especialmente con la perspectiva apreciable por el conductor, hay que conseguir una cierta coordinación entre el trazado en planta y el perfil longitudinal, de forma que queden en todo caso satisfechas las necesidades exigencias de seguridad, comodidad e integración del camino en su entorno.

El procedimiento habitual de elección de un trazado, además del respeto de unos condicionantes exteriores - puntos obligados de paso, zonas favorables o desfavorables - tiene una cierta naturaleza interactiva: se elige un trazado en planta, y luego se estudia el perfil longitudinal al que da origen, y especialmente su relación con el terreno natural. Toda separación de éste repercute negativamente en el presupuesto de construcción; a veces sobre todo en terrenos accidentados, es preciso tener en cuenta también la sección transversal, A continuación, se afina el trazado en planta a la vista de los resultados, obteniéndose un nuevo perfil longitudinal, y así sucesivamente.

El perfeccionamiento de los medios técnicos disponibles, fundamentalmente de la fotogrametría aérea, las computadoras y las técnicas de simulación (perspectivas, maquetas y películas), han permitido una mejora muy importante de la técnica del trazado en los últimos años. Esta mejora se refleja, por ejemplo, en la sustitución de la sucesión de alineaciones rectas enlazadas por curvas circulares, que era habitual hasta la década de los 50, por trazados en planta en los que aparecen las curvas de transición de curvatura variable como enlace entre alineaciones rectas y curvas circulares, o de éstas entre sí; y más tarde, por trazados constituidos por una sucesión continua de curvas de transición, no ya como tales, sino como alineaciones fundamentales de curvatura constantemente variable.

## **Sección 402: Alineamiento Horizontal**

#### **402.01 GENERALIDADES**

Los criterios a aplicar en los distintos casos se establecen mediante normas y recomendaciones que el proyectista debe respetar y en lo posible, dentro de límites económicos razonables, superar, para lograr un trazado que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde la calidad del servicio que se pretende obtener de la carretera.

El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de la norma. Por el contrario, él requiere buen juicio y flexibilidad, por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y elevación.

El trazado debe ser homogéneo: sectores de este que permitan velocidades superiores a las de diseño no deben ser seguidos de otros en los que las características geométricas se reducen bruscamente.

Las posibles transiciones entre una u otra situación, deberán darse en longitudes suficientes como para ir reduciendo las características del trazado a lo largo de varios elementos, hasta llegar a los mínimos absolutos permitidos, requeridos en un sector dado.

#### **402.02 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

Adicionalmente a los parámetros numéricos de diseño especificados en la normativa para el alineamiento horizontal, se debe estudiar un número de controles, los cuales no están sujetos a demostraciones empíricas o a fórmulas matemáticas, pero son muy importantes para lograr carreteras seguras y de flujo de tránsito suave y armonioso.

Para evitar el diseño geométrico que presenta vías inseguras e incómodas se deben usar los siguientes criterios generales:

- El alineamiento debe ser tan directo como sea posible, ser consistente a los contornos de topografía que siguen una línea de ceros, de acuerdo con la línea de pendiente seleccionada.
- En un proyecto geométrico con velocidad de diseño especificada, se debe procurar establecer curvas con velocidad específica no muy superior a la velocidad de diseño.
- En general el ángulo de deflexión para cada curva debe ser tan pequeño como sea posible, en la medida que las condiciones topográficas lo permitan, teniendo en cuenta que las carreteras deben ser tan directas como sea posible.

- El alineamiento con tangente larga entre dos curvas del mismo sentido tiene un aspecto agradable, especialmente cuando no se alcanza a percibir las dos curvas horizontales.
- Es necesario mediante sistemas de señalización horizontal y como medida de seguridad vial, separar la calzada de las bermas y los carriles entre sí de acuerdo con la dirección del tránsito.

### 402.03 TRAMOS EN TANGENTE

La tangente es un elemento de trazado que está indicado en carreteras 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 planos, etc.).

Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos, excesos de velocidad, etc. es deseable limitar las longitudes máximas de las alineaciones rectas y para que se produzca una acomodación y adaptación a la conducción se deberá establecer unas longitudes mínimas de las alineaciones rectas.

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la Tabla 402.01, están dados por las expresiones:

$$L_{\min.s} = 1,39 V_d$$

$$L_{\min.o} = 2,78 V_d$$

$$L_{\max} = 16,70 V_d$$

Siendo:

$L_{\min.s}$  = Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{\min.o}$  = Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{\max}$  = Longitud máxima (m).

$V_d$  = Velocidad de diseño (Km/h)

En general, para carreteras de calzadas separadas se emplearán alineaciones rectas en tramos singulares que así lo justifiquen, y en particular en terrenos llanos, en valles de configuración recta, por conveniencia de adaptación a otras infraestructuras lineales, o en las proximidades de cruces, zonas de detención obligada, etc.

#### **402.04 CURVAS CIRCULARES**

##### **402.04.01 Elementos de la Curva Circular**

Las curvas circulares se definen por el radio. Fijada una cierta velocidad de diseño, el radio mínimo a considerar en las curvas circulares, se determinará en función de:

- El peralte y el rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada en toda su longitud.
- La coordinación del trazado en planta y elevación, especialmente para evitar pérdidas de trazado.

En carreteras rurales, la mayoría de los conductores adopta una velocidad más o menos uniforme, cuando las condiciones del tránsito lo permiten. Cuando pasan de un tramo tangente a una curva, si estos no están diseñados apropiadamente, el vehículo deberá conducirse a una velocidad reducida, tanto por seguridad como por el confort de los ocupantes. Con el objeto de mantener la velocidad promedio y evitar la tendencia al deslizamiento se deben compatibilizar los elementos de la curva circular, con dimensiones que permitan esa maniobra.

##### **402.04.02 Radios Mínimos Absolutos**

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y de comodidad en el viaje.

Los radios mínimos para cada velocidad de diseño, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión:

$$R_m = \frac{V^2}{127 (P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

- Rm : Radio Mínimo Absoluto  
 V : Velocidad de Diseño  
 Pmáx : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).  
 f máx : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

El resultado de la aplicación de la expresión dada se muestra en la [Tabla 402.01g](#).

**TABLA 402.01g**  
**RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS PARA DISEÑO DE CARRETERAS.**

Ubicación de la Vía	Velocidad dediseño (Kph)	p máx%	f máx	Radio calculado(m)	Radio Redondeado(m)
Área Urbana (Alta Velocidad)	30	4,00	0,17	33,7	35
	40	4,00	0,17	60,0	60
	50	4,00	0,16	98,4	100
	60	4,00	0,15	149,2	150
	70	4,00	0,14	214,3	215
	80	4,00	0,14	280,0	280
	90	4,00	0,13	375,2	375
	100	4,00	0,12	835,2	495
	110	4,00	0,11	1108,9	635
	120	4,00	0,19	872,2	875
	130	4,00	0,08	1108,9	1110
	140	4,00	0,07	1403,0	1405
	150	4,00	0,06	1771,7	1775
Área Rural (con peligro de Hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30
	40	6,00	0,17	54,8	55
	50	6,00	0,16	89,5	90

		60	6,00	0,15	135,0	135
		70	6,00	0,14	192,9	195
		80	6,00	0,14	252,9	255
		90	6,00	0,13	437,4	335
		100	6,00	0,12	560,4	440
		110	6,00	0,11	755,9	560
		120	6,00	0,09	950,5	755
		130	6,00	0,08	1187,2	950
		140	6,00	0,07	1476,4	1190
		150	6,00	0,09	755,9	1480
Area (Tipo ó 3)	Rural	30	8,00	0,17	28,3	30
	1,2	40	8,00	0,17	50,4	50
		50	8,00	0,16	82,0	85
		60	8,00	0,15	123,2	125
		70	8,00	0,14	175,4	175
		80	8,00	0,14	229,1	230
		90	8,00	0,13	303,7	305
		100	8,00	0,12	393,7	395
		110	8,00	0,11	501,5	505
		120	8,00	0,09	667,0	670
		130	8,00	0,08	831,7	835
	140	8,00	0,07	1028,9	1030	
	150	8,00	0,06	1265,5	1265	
Area (Tipo 3 ó 4)	Rural	30	12,00	0,17	24,4	25
		40	12,00	0,17	43,4	45
		50	12,00	0,16	70,3	70
		60	12,00	0,15	105,0	105
		70	12,00	0,14	148,4	150
		80	12,00	0,14	193,8	195

	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665
	140	12,00	0,07	812,3	815
	150	12,00	0,06	984,3	985

Normalmente resultan justificados radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, que resultan más cómodos tanto para los vehículos lentos, como para vehículos rápidos. Si se decide emplear radios mayores que el mínimo, habrá que elegir el peralte en forma tal que la circulación sea cómoda, tanto para los vehículos lentos como para los rápidos.

#### 402.04.03 Relación del Peralte, Radio y Velocidad Específica

El uso de los ábacos de las [Figuras 304.03](#), [304.04](#), [304.05](#) y [304.06](#), establecen una relación única entre los elementos de diseño: radio, peralte y velocidad, con la cual se obtendrá diseño cómodos y seguros. Igualmente permite establecer el peralte y la velocidad específica para una curva que se desea diseñar con un radio dado.

#### 402.04.04 Curvas en Contraperalte.

El criterio empleado para establecer los radios límites que permiten el uso del contraperalte se basa en:

- Bombeo considerado de la calzada o pista = - 2,5%
- Coeficiente de Fricción Lateral Aceptable  $f = f_{\text{máx}}/2$

Por lo tanto:

$$R \quad \text{Límite} \quad \text{contraperalte} \quad = \frac{V^2}{127 (f_{\text{máx}}/2 - 0.025)}$$

Para velocidades menores que 80 KPH el radio mínimo con contraperalte se elevó sustancialmente en prevención de velocidades de operación muy superiores a las de diseño. Para las demás velocidades esta eventualidad está ampliamente cubierta por el factor de seguridad aplicado al factor " $f_{\text{máx}}$ ".

**TABLA 402.03**  
**RADIO LÍMITES EN CONTRAPERALTE - CALZADAS CON PAVIMENTOS**

<b>V (KPH)</b>	60	70	80	90	100	110	120
<b>(<math>f_{\text{máx}}/2-0,0250</math>)</b>	0,05	0,05	0,045	0,04	0,04	0,035	0,03
<b>RL Calculado</b>	567	772	1120	1560	1970	2722	3780
<b>RL Adoptado</b>	1000	1000	1200	1600	2000	2800	4000

#### **402.05 TRANSICIÓN DE PERALTE.**

La determinación de la longitud de transición del peralte se basará en el criterio que considera que las longitudes de transición deben permitir al conductor percibir visualmente la inflexión del trazado que deberá recorrer y, además, permitirle girar el volante con suavidad y seguridad.

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

En las Tablas [402.02g-1](#), [402.02g-2](#), [402.02g-3](#), [402.02g-4](#) y [402.02g-5](#), se presentan valores de longitud de transición mínimos para combinaciones de velocidad de diseño y anchos de calzada más comunes con el eje de giro de peralte al borde de la calzada y al centro, de una vía de dos carriles; a modo de ejemplo del procedimiento a seguir.

**Tabla 402.02g-1**

**LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE SEGÚN VELOCIDAD Y POSICIÓN DEL EJE DEL PERALTE**

Velocidad Directriz 30 Kph

Ancho de Calzada 6.00 m

Eje de Giro al borde de la Calzada B = 6.00 m

<b>PERALTES</b>											
<b>FINAL</b>	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
<b>INICIAL</b>											
2%	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
3%	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
4%	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
5%	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
6%	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72
7%	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76
8%	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
9%	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84
10%	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88
11%	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
12%	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96

**TABLA 402.02g-2**

**LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE SEGÚN VELOCIDAD Y POSICIÓN DEL EJE DEL PERALTE**

Velocidad Directriz 60 Kph

Ancho de Calzada 7.00 m

Eje de Giro al borde de la Calzada B = 7.00 m

PERALTES FINAL INICIAL	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
	2%	23	29	35	41	47	53	58	64	70	76
3%	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88
4%	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93
5%	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99
6%	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105
7%	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111
8%	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117
9%	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123
10%	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128
11%	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134
12%	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134	140

**TABLA 402.02g-3**

**LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE SEGÚN VELOCIDAD Y POSICIÓN DEL EJE DEL PERALTE**

Velocidad Directriz 60 Kph

Ancho de Calzada 7.00 m

Eje de Giro al borde de la Calzada B = 3.50 m

PERALTES FINAL INICIAL	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
	2%	12	15	18	20	23	26	29	32	35	38
3%	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44
4%	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
5%	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50
6%	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53
7%	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55
8%	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58
9%	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61
10%	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64
11%	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67
12%	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67	70

**TABLA 402.02g-4**

**LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE SEGÚN VELOCIDAD Y POSICIÓN DEL EJE DEL PERALTE**

Velocidad Directriz 80 Kph

Ancho de Calzada 7.20 m

Eje de Giro al borde de la Calzada B = 7.20 m

PERALTES FINAL INICIAL	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
	2%	29	36	43	50	58	65	72	79	88	94
3%	36	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108
4%	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115
5%	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122
6%	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130
7%	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137
8%	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144
9%	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151
10%	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158
11%	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166
12%	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166	173

**TABLA 402.02g-5**  
**LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE SEGÚN VELOCIDAD Y POSICIÓN DEL EJE DEL PERALTE**

Velocidad Directriz 100 Kph  
 Ancho de Calzada 7.20 m  
 Eje de Giro al borde de la Calzada B = 7.20 m

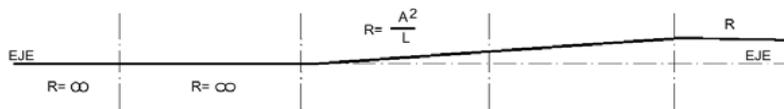
PERALTES FINAL INICIAL	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
	2%	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117
3%	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
4%	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144
5%	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153
6%	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162
7%	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
8%	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180
9%	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189
10%	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198
11%	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207
12%	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216

En las figuras siguientes se muestran los procedimientos de transición del peralte (paso de bombeo a peralte con y sin curvas de transición, Figuras [402.01g](#) y [402.02g](#) respectivamente y paso de peralte de curvas de sentido inverso con y sin curvas de transición, Figuras [402.03g](#) y [402.04g](#).

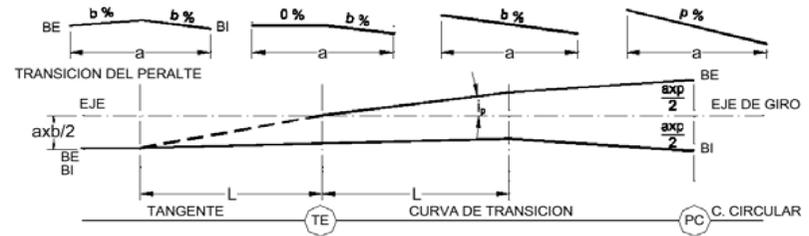
**FIGURA 402.01g DESVANECIMIENTO DEL BOMBEO Y TRANSICIÓN DEL PERALTE**

## DESVANECIMIENTO DEL BOMBEO Y TRANSICION DEL PERALTE

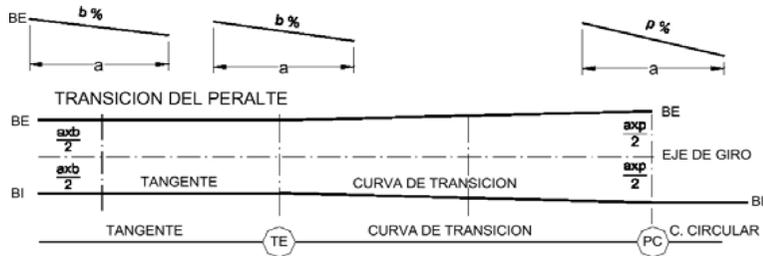
DIAGRAMA DE CURVATURA



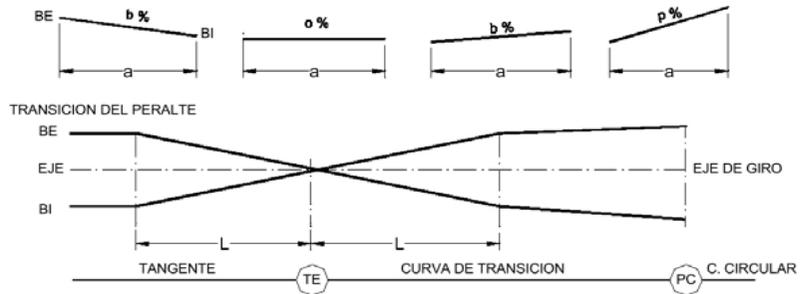
a) BOMBEO CON DOS PENDIENTES  
SECCION TRANSVERSAL



b) BOMBEO CON PENDIENTE UNICA DEL MISMO SENTIDO QUE EL PERALTE  
SECCION TRANSVERSAL



c) BOMBEO CON PENDIENTE UNICA DE SENTIDO CONTRARIO AL PERALTE  
SECCION TRANSVERSAL



L = 40 m. Máximo en carreteras de calzadas separadas

L = 20 m. Máximo en carreteras de calzada única

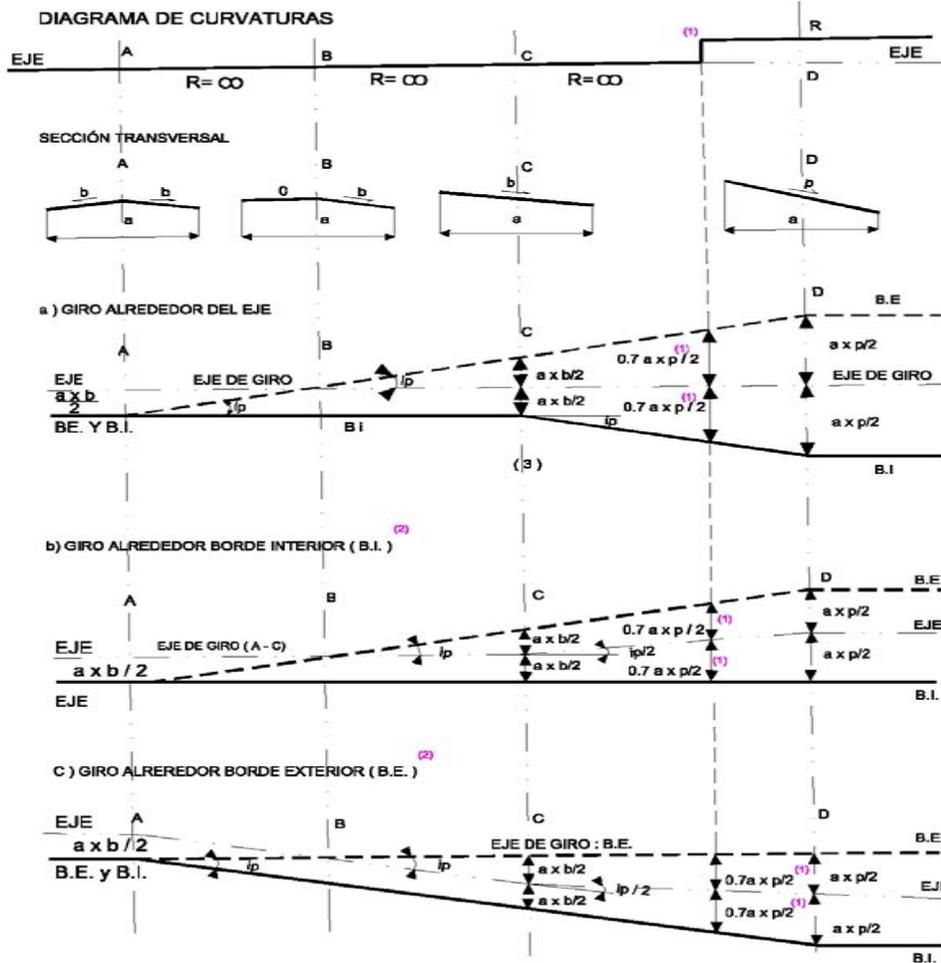
a = Ancho de plataforma

FIGURA 402.01g

FIGURA 402.02g

TRANSICIÓN DE PERALTE SIN CURVAS DE TRANSICIÓN

TRANSICIÓN DEL PERALTE SIN CURVAS DE TRANSICIÓN



- (1) Proporción normal de peralte a desarrollar en tangente : 0,7p
- (2) Dados p e ip la longitud necesaria para desarrollar el peralte en los casos ( b y c ) es mayor que para el caso a

FIGURA 402.02g

**FIGURA 402.03g**  
**TRANSICIÓN DE PERALTE EN CURVAS EN S**

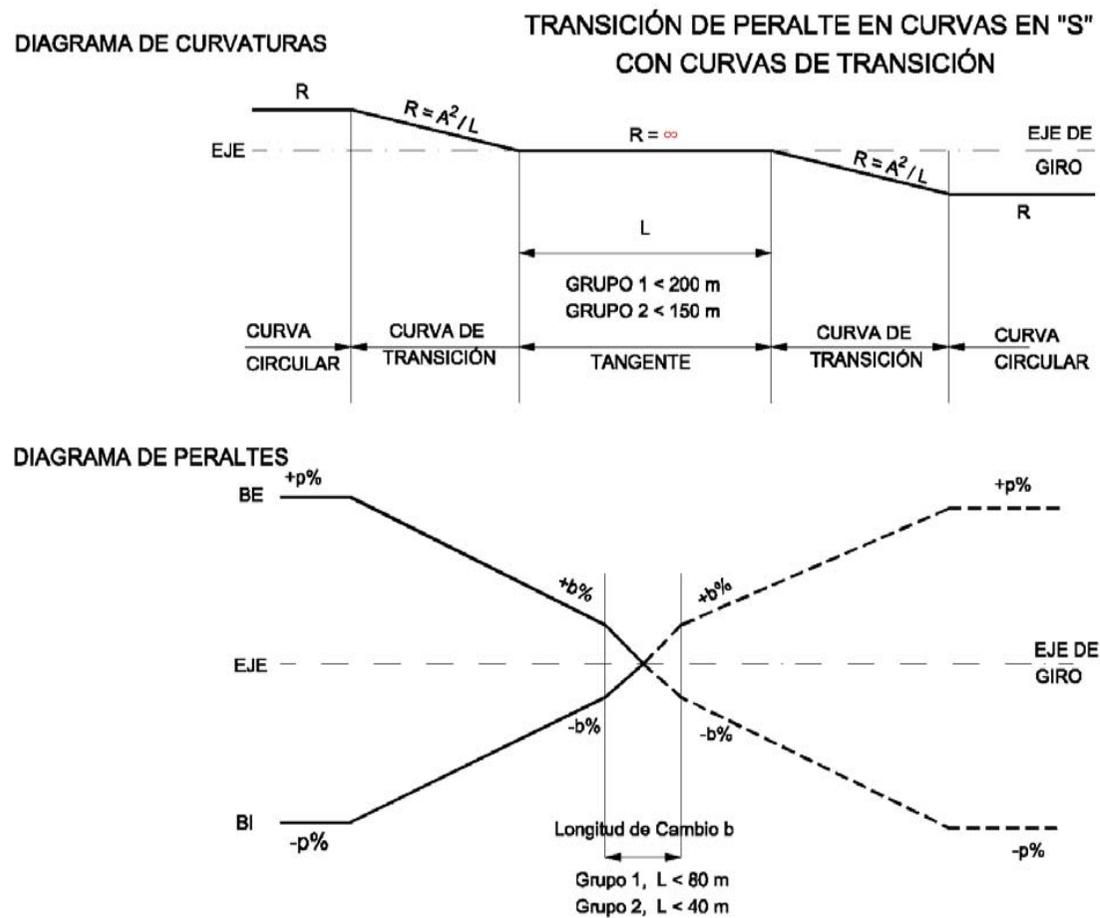


FIGURA 402.03g

**FIGURA 402.04g**  
**TRANSICIÓN DE PERALTE EN CURVAS EN "S" SIN CURVAS DE TRANSICIÓN**

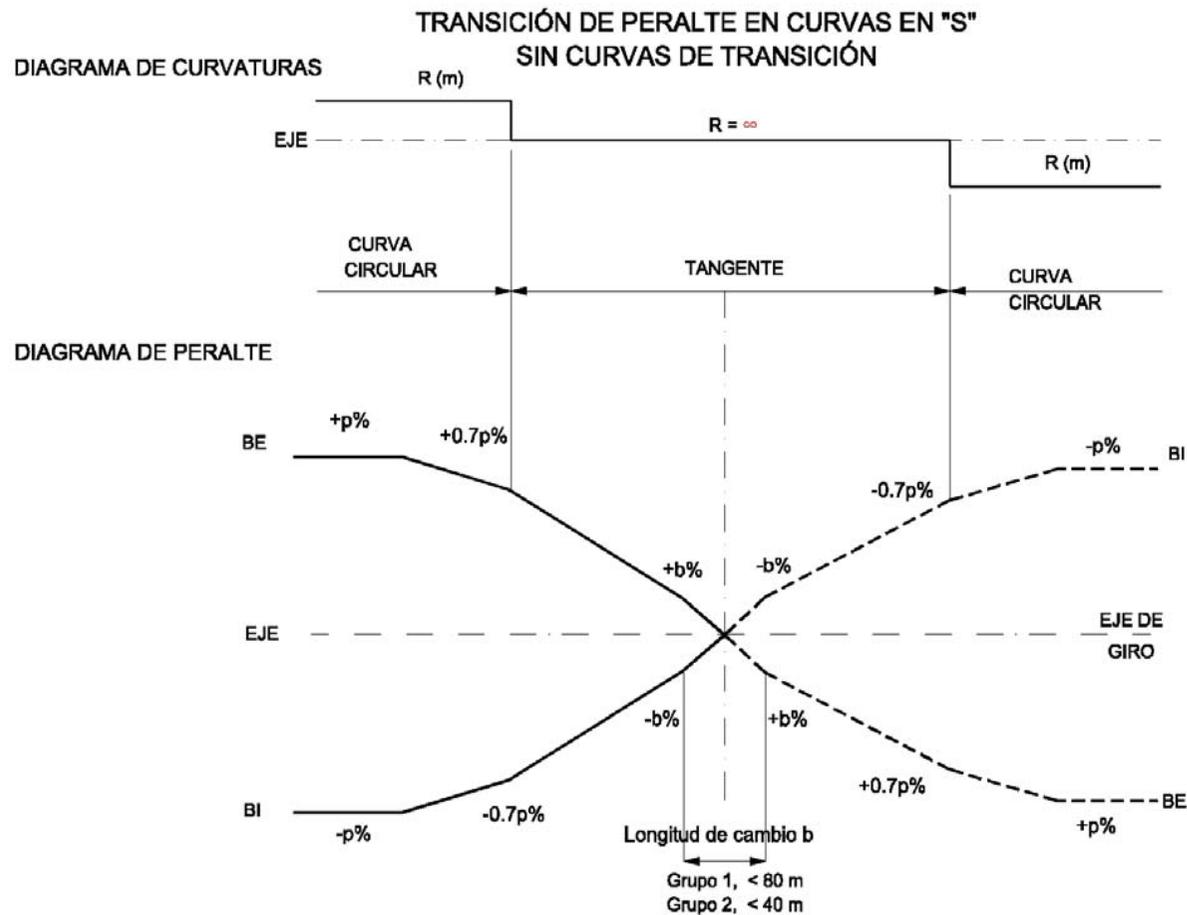


FIGURA 402.04g

## 402.06 SOBREANCHO

### 402.06.01 Necesidad del Sobreancho

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

### 402.06.02 Valores del Sobreancho

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad directriz. Su cálculo se hará valiéndose de la siguiente fórmula:

$$Sa = n \left( R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

Sa : Sobreancho (m)

n : Número de carriles

R : Radio (m)

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V : Velocidad de Diseño (Kph)

El primer término depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad en calcular distancias transversales en curvas.

La consideración del sobreancho, tanto durante la etapa de diseño como durante la de construcción, exige un incremento en el costo y trabajo compensado solamente por la eficacia de ese aumento en el ancho de la calzada. Por lo tanto los valores muy pequeños de sobreancho no tienen influencia práctica y no deben considerarse.

Por ello en carreteras con un ancho de calzada superior a 7,00 m, se dispensa el uso de sobreancho, según el ángulo de deflexión. Igualmente en curvas con radios superiores a 250 m, conforme al ángulo central.

Para tal fin, se juzga apropiado un valor mínimo de 0,40 m de sobreancho para justificar su adopción.

Se toma un valor para L que corresponde al vehículo de diseño C2 ó B2. Se puede determinar el sobreancho de la vía de acuerdo con la relación geométrica anteriormente dada o empleando la figura 402.02, que muestra los valores de sobreancho, para el vehículo de diseño y 2 carriles.

Se recomienda detallar completamente el sobreebanco en los planos de construcción y de esta forma facilitar su interpretación.

#### **402.06.03 Longitud de Transición y Desarrollo del Sobreebanco**

El sobreebanco se distribuye en el lado interno de la curva, teniendo en consideración la facilidad en su construcción pero sobre todo la maniobrabilidad del conductor al tomar la curva, en comparación con una distribución del sobreebanco a cada lado de la calzada.

### **402.07 CURVAS DE TRANSICIÓN**

#### **402.07.01 Funciones**

Las curvas de transición tienen por finalidad evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

Son curvas de transición que proveen un cambio gradual en su mayoría entre una tangente y una curva o entre curvas de diferente radio.

El uso de estos elementos, permite que un vehículo, circulando a la velocidad de diseño, se mantenga en el centro del carril. Esto no ocurre por lo general, al enlazar directamente una recta con una curva circular, ya que en tales casos el conductor adopta instintivamente una trayectoria de curvatura variable que lo aparta del centro de su carril incluso lo puede hacer invadir el adyacente, con el peligro que ello implica. Por tanto, como elemento de curvatura variable en curvas de transición, o como elemento de trazado, se empleará la clotoide.

#### **402.07.02 Tipo de Espiral y Transición**

Llamada también ecuación de Euler, la clotoide es una curva de la familia de las espirales que presenta las siguientes ventajas.

- El crecimiento lineal de su curvatura permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, quien solo requiere ejercer una presión creciente sobre el volante, manteniendo inalterada la velocidad, sin abandonar el eje de su carril.
- La aceleración transversal no compensada, propia de una trayectoria en curva, puede controlarse limitando su incremento a una magnitud que no produzca molestia a los ocupantes del vehículo, al mismo tiempo, aparece en forma progresiva, sin los inconvenientes de los cambios bruscos.
- El desarrollo del peralte se logra en forma también progresiva, consiguiendo que la pendiente transversal de la calzada sea en cada punto exactamente la que corresponde al respectivo radio de curvatura.
- La flexibilidad de la clotoide permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, lo que permite mejorar la armonía y apariencia de la carretera.

- Las múltiples combinaciones de desarrollo versus curvatura facilitan la adaptación del trazado a las características del terreno, lo que en oportunidades permite disminuir el movimiento de tierras logrando trazados más económicos.

La ecuación paramétrica de la clotoide esta dada por:

$$A^2 = RL (*)$$

A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma. Define la magnitud de la clotoide.

La variación de ésta, genera, por tanto, una familia de clotoides que permite cubrir una gama infinita de combinaciones de radio de curvatura y de desarrollo asociado.

R : Radio de curvatura en un punto cualquiera (m)

L : Longitud de la curva entre el punto de inflexión (R = Infinito) y el punto de radio R.

En el punto origen  $L = 0$  y por lo tanto  $R = \infty$  a la vez que cuando  $L \rightarrow R \rightarrow 0$

Por otro lado:

$$\Delta \text{ radianes} = L^2 / 2 A^2 = 0.5 L / R$$

$$\Delta \text{ Grados cent} = 31.831 L / R$$

$$1 \text{ rad} = 63.662^g.$$

### 402.07.03

#### Elección del Parámetro para una Curva de Transición.

La introducción de una curva de transición implica el desplazamiento del centro de la curva circular original en una magnitud que está en función del desplazamiento  $\Delta R$  y del ángulo de deflexión de las alineaciones. El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de esta es parcialmente reemplazado por secciones de las clotoides de transición.

La [Figura 402.05g](#), ilustra los conceptos antes mencionados y permite establecer las relaciones necesarias para el replanteo.

R (m) : Radio de la curva circular que se desea enlazar

d (m) : Desplazamiento del centro de la curva circular original (C), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C), nueva posición del centro de la curva circular desplazada.

$\Delta R$  (m) : Desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia desplazada de radio R.

$X_p; Y_p$  (m) : Coordenada de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambos poseen un radio común R; referidas a

la alineación considerada y a la normal a esta en el punto "O", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinito.

- $X_c; Y_c$  (m) : : Coordenada del centro de la curva circular desplazada, referidas al sistema anteriormente descrito.
- $\square p$  (g) : : Angulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide la desviación máxima la clotoide respecto a la alineación.
- $\square$  (g) : : Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.
- OV (m) : : Distancia desde el vértice al origen de la clotoide, medida a lo largo de la alineación considerada.
- $D_c$  : : Desarrollo de la curva circular, desplazada entre los puntos PP".

(a) Ecuaciones Cartesianas

De la [Figura 402.06g](#)

$$dx = dL \cos \square$$

$$dy = dL \sin \square$$

a su vez:

$$R = dL/d\square \text{ y } \square = L/2R$$

Mediante algunos reemplazos

$$dL = \frac{A d\tau}{\sqrt{2\tau}}$$

Sustituyendo en dx; dy se llega a las integrales de Fresnel:

$$X = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\cos \tau}{\sqrt{\tau}} dt \qquad Y = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\sin \tau}{\sqrt{\tau}} dt$$

Quedando en definitiva X e Y expresados como desarrollos en serie

$$X = A\sqrt{2\tau} \left[ \tau - \frac{\tau^2}{10} + \frac{\tau^4}{216} - \frac{\tau^6}{9360} + \dots \right]$$

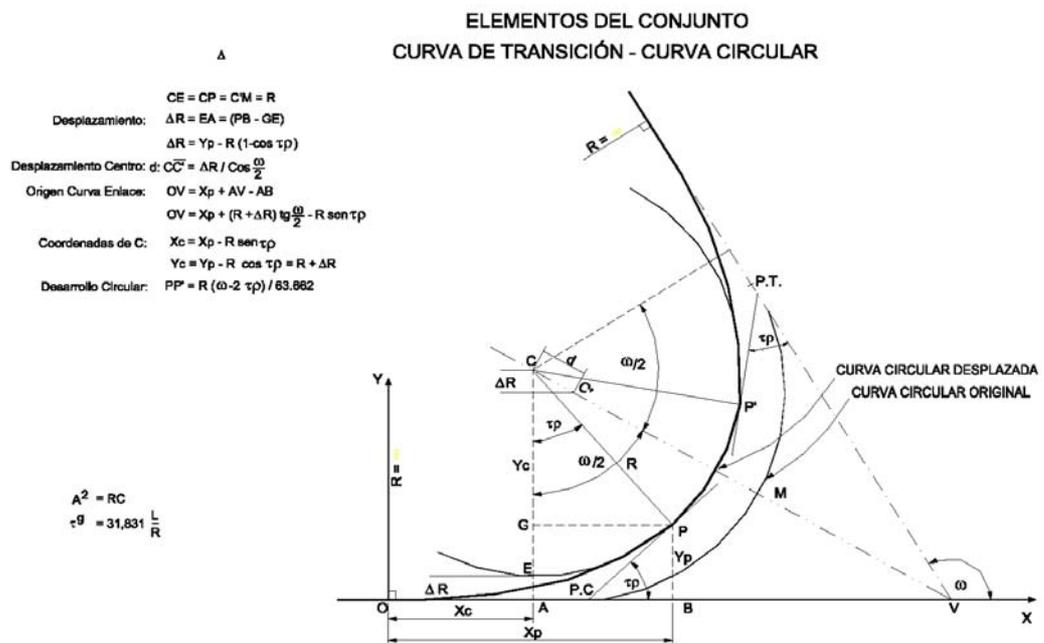
$$Y = A\sqrt{2\tau} \left[ \frac{\tau}{3} - \frac{\tau^3}{42} + \frac{\tau^5}{1320} - \frac{\tau^7}{75800} + \dots \right]$$

Los valores de X e Y se obtienen de tablas o mediante programas de computación.

Para los valores menores de  $\square < 0.5$  radianes (31.8°), se recomienda evaluar los tres primeros términos de las series.

FIGURA 402.05g

ELEMENTOS DEL CONJUNTO CURVA DE TRANSICIÓN - CURVA CIRCULAR



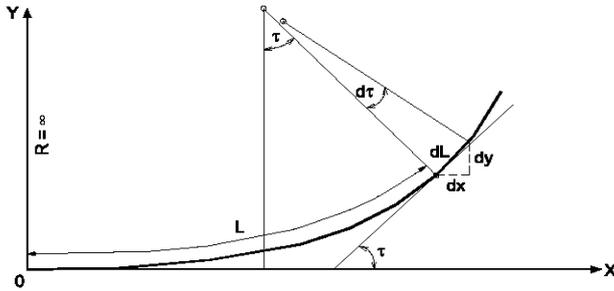
$A^2 = RC$   
 $\tau^9 = 31,831 \frac{L}{R}$

## FIGURA 402.06g

### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CLOTOIDE

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CLOTOIDE

a) Relaciones Geométricas Fundamentales



$$A^2 = RL$$

$$R d\tau = dL$$

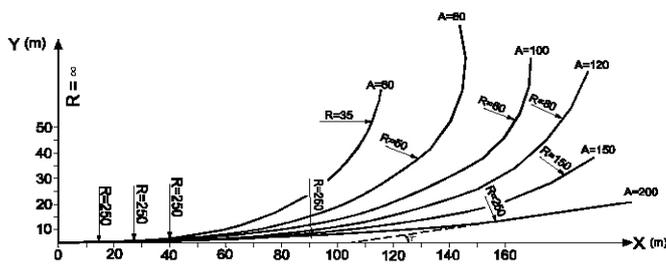
$$\int d\tau = \int \frac{L dL}{A^2}$$

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} + cte$$

$$L = 0; \tau = 0 \dots cte = 0$$

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} = 0.5 \frac{L}{R}$$

b) Familia de Clotoides - Magnitudes Según Parámetro



EFECTO VARIACION DEL PARAMETRO PARA R CONSTANTE					
A	R	L	τ	X	Y
80	250	14,40	1,8335	14,386	0,136
80	250	26,60	3,2585	25,583	0,437
100	250	40,00	5,0630	38,875	1,066
120	250	57,60	7,3339	57,524	2,210
150	250	90,00	11,4682	88,709	5,366
200	250	180,00	20,3716	168,366	16,842

FIGURA 402.06g

(b) Expresiones Aproximadas

Dado que las expresiones cartesianas de la clotoide son desarrollos en serie en función de  $\tau$ , para ángulos pequeños es posible despreciar a partir del segundo término de la serie y obtener expresiones muy simples que sirven para efectuar tanteos preliminares en la resolución de algunos casos en que se desea combinar clotoides entre sí, clotoides entre dos curvas circulares. Los cálculos definitivos deberán efectuarse, sin embargo, mediante las expresiones exactas.

De las ecuaciones cartesianas para X e Y se observa que:

$$A\sqrt{2\tau} = L \quad (\text{Relación paramétrica exacta})$$

Despreciando a partir del segundo término de la serie:

$$X \cong L$$

$$Y \cong \frac{L\tau}{3} = \frac{L^2}{6R}$$

El desplazamiento  $\Delta R$  puede también expresarse en forma exacta como un desarrollo en serie:

$$\Delta R = \left[ \frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3} + \frac{L^6}{50688R^5} - \dots \right]$$

Si se desprecia a partir del segundo término, se tiene:

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$$

Combinando las ecuaciones aproximadas para  $\Delta R$  e Y se tiene:

$$Y = 4 \Delta R$$

Finalmente las coordenadas aproximadas del centro de la curva desplazada serán:

$$X_c = \frac{L}{2} = \tau R$$

$$Y_c + R + \Delta R = R \frac{L^2}{24R}$$

#### 402.07.04

### Parámetros Mínimos y Deseables

La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones que se indican a continuación.

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.

El criterio empleado para relacionar el parámetro de una clotoide con la función que ella debe cumplir en la curva de transición en carreteras, se basa en el cálculo del desarrollo requerido por la clotoide para distribuir a una tasa uniforme ( $J$ -m/seg<sup>3</sup>), la aceleración transversal no compensada por el peralte, generalmente en la curva circular que se desea enlazar.

De acuerdo con la expresión de cálculo para el radio de la curva circular:

$$R = V^2 / 3.6^2 * g * (p_{\max} + f_{\min})$$

$$gf = V^2 / 3.6^2 * R - gp \text{ (**)}$$

$gf$  : Representa la aceleración transversal no compensada que se desea distribuir uniformemente a lo largo del desarrollo de la clotoide.

$J$  : Es definida como la tasa de crecimiento de aceleración transversal, por unidad de tiempo, para un vehículo circulando a la velocidad de diseño.

Luego

$$J = gf \text{ (m / seg}^2\text{)}. V/3,6 \text{ (m / seg)}. 1/L \text{ (m)} = \text{m / seg}^3$$

O bien:

$$L = gf . V / 3,6 J \text{ (***)}$$

Si se reemplaza (\*) (\*\*) en (\*\*\*)

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{VR}{46.656J} \left[ \frac{V^2}{R} - 1,27p \right]} \quad (1)$$

$$L_{\min} = \frac{V}{46.656J} \left[ \frac{V^2}{R} - 1,27p \right] \quad (2)$$

$V$  : (Kph)

$R$  : (m)

$J$  : m / seg<sup>3</sup>

$p$  : %

La ecuación (1) representa la ecuación general para determinar el parámetro mínimo que corresponde a una clotoide calculada para distribuir la aceleración transversal no compensada, a una tasa  $J$  compatible con la seguridad y comodidad, según se indica en la [Tabla 402.03g](#).

**TABLA 402.03g**

**TASA DE CRECIMIENTO DE ACELERACIÓN TRANSVERSAL**

V (Km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	120 < V
J (m/s <sup>3</sup> )	0,5	0,4	0,4	0,4
J <sub>máx</sub> (m/s <sup>3</sup> )	0,7	0,6	0,5	0,4

Sólo se usarán los valores de  $J_{\max}$  cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la comodidad.

Valores superiores a  $A_{\min}$  son deseables, ya que proveen confort adicional al usuario.

- Limitación de la Variación por Estética y Guiado Óptico.

Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$R / 3 \leq A \leq R$$

La condición  $A > R / 3$  corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición. Ello implica utilizar un valor

$$\square_{\min} > 3,5^{\circ}$$

La condición  $A < R$  asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva circular.

El cumplimiento de estas condiciones se debe verificar para toda velocidad de diseño.

- Por Condición de Desarrollo del Peralte.

Para velocidades bajo 60 Kph, cuando se utilizan radios del orden del mínimo, o en calzadas de más de dos carriles, la longitud de la curva de transición correspondiente a  $A_{\min}$  puede resultar menor que la longitud requerida para desarrollar el peralte dentro de la curva de transición. En estos casos se determinará  $A$ , imponiendo la condición que "L" (longitud de la curva de transición), sea igual al desarrollo de peralte "l", requerido del punto en que la pendiente transversal de la calzada es solo el bombeo.

Finalmente, cabe mencionar que para curvas circulares diseñadas de acuerdo al criterio de las normas, el límite para prescindir de curva de transición puede también expresarse en función del peralte de la curva:

Si R requiere  $p > 3\%$ . Se debe usar curva de transición.

Si R requiere  $p < 3\%$ . Se puede prescindir de la curva de transición para  $V < 100$  Kph.

Si R requiere  $p < 2,5\%$ . Se puede prescindir de la curva de transición para  $V \geq 110$  kph.

- Valores Máximos

Se aconseja no aumentar significativamente las longitudes y parámetros mínimos obtenidos anteriormente salvo expresa justificación en contrario. La longitud máxima de cada curva de transición no será superior a una vez y media (1,5) su longitud mínima.

#### **402.07.05 Radios que permiten Prescindir de la Curva de Transición.**

Cuando no existe curva de transición, el desplazamiento instintivo que ejecuta el conductor respecto del eje de su carril disminuye a medida que el radio de la curva circular crece.

Se estima que un desplazamiento menor que 0.1 m, es suficientemente pequeño como para prescindir de la curva de transición que lo evitaría.

Los radios circulares límite calculados, aceptando un  $J_{\text{máx}}$  de 0.4 m/seg<sup>3</sup> y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado sólo un 70% de peralte necesario, son los que se muestran en la [Tabla 402.08](#).

#### **402.07.06 Transición de Peralte**

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinado las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

En general la transición de peralte se desarrollará a lo largo de la curva de transición en planta (clotoide), en dos tramos, habiéndose desvanecido previamente el bombeo que existe en sentido contrario al del peralte definitivo.

#### **402.07.07 Desarrollo del Sobreancho**

- Generalidades

En curvas circulares de radio menor a 250 m, se deberá ensanchar la calzada con el fin de restituir los espacios libres entre los vehículos, o entre vehículo y borde de calzada, que se poseen en recta para un ancho de calzada dado. Este sobreancho equivale al aumento de gálibo lateral que experimentan los camiones al describir una curva cerrada.

- Desarrollo del Sobreancho

La longitud normal para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

El desarrollo del sobreancho se dará, por lo tanto, siempre dentro de la curva de transición, adoptando una variación lineal con el desarrollo y ubicándose al costado de la carretera que corresponde al interior de la curva.

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} * I_n$$

$Sa_n$  : Ensanche correspondiente a un punto distante  $I_n$  metros desde el origen.

$L$  : Longitud Total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de transición.

La ordenada " $Sa_n$ " se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa  $I_n$  y el borde de la calzada ensanchada distará del eje  $a/2+S_a_n$  siendo "a" el ancho normal de la calzada en recta.

La demarcación de la calzada se ejecutará midiendo una ordenada  $S_a_n/2$ , a partir del eje de la calzada, en el punto de la abscisa  $I_n$ .

#### **402.08 CURVAS COMPUESTAS.**

Las combinaciones de recta, círculo y clotoide dan origen a diversas configuraciones que se ilustran en las Figuras [402.07g](#), [402.08g](#) y [402.09g](#).

##### **402.08.01 Curvas Vecinas del Mismo Sentido**

- **Configuraciones Recomendables**

La figura [402.07g](#) incluye aquellas configuraciones que no merecen objeciones y que por lo contrario ayudan a resolver con seguridad y elegancia situaciones de común ocurrencia en el trazado.

- Curva Circular con Clotoide de Transición.

Corresponde al caso analizado en el tópic anterior. Los parámetros  $A_1$  y  $A_2$  son normalmente iguales o bien los más parecidos posibles y en ningún caso su razón superará el rango señalado en la figura 402.07g-a). Cuanto más larga sea la recta asociada y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro, pero siempre  $A < R$ .

En el caso en que  $\square \leq \square_1 + \square_2$  no existe solución de transición entre las clotoides correspondientes y el radio circular elegido. En estos casos  $w$  corresponde a una deflexión moderada asociada a un radio amplio

respecto de la velocidad de diseño, que, generalmente no requiere de curva de transición, en todo caso para encontrar una solución manteniendo la deflexión será necesario aumentar el radio

#### -Ovoide

Constituye la solución adecuada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido muy próximas entre sí. Para poder aplicar esta configuración es necesario que uno de los círculos sea interior al otro y que no sean concéntricos. Deberán respetarse las relaciones entre parámetros y radio consignados en la [Figura 402.07g-c](#)). La transición de peralte se dará en la clotoide de transición.

#### Ovoide Doble

Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberán recurrir a un círculo auxiliar " $R_3$ ", dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada. Las relaciones a observar entre radio y parámetros se indican en la [Figura 402.07g-d](#)).

## FIGURA 402.07g ALINEACIONES COMPUESTAS

### ALINEACIONES COMPUESTAS CONFIGURACIONES RECOMENDABLES

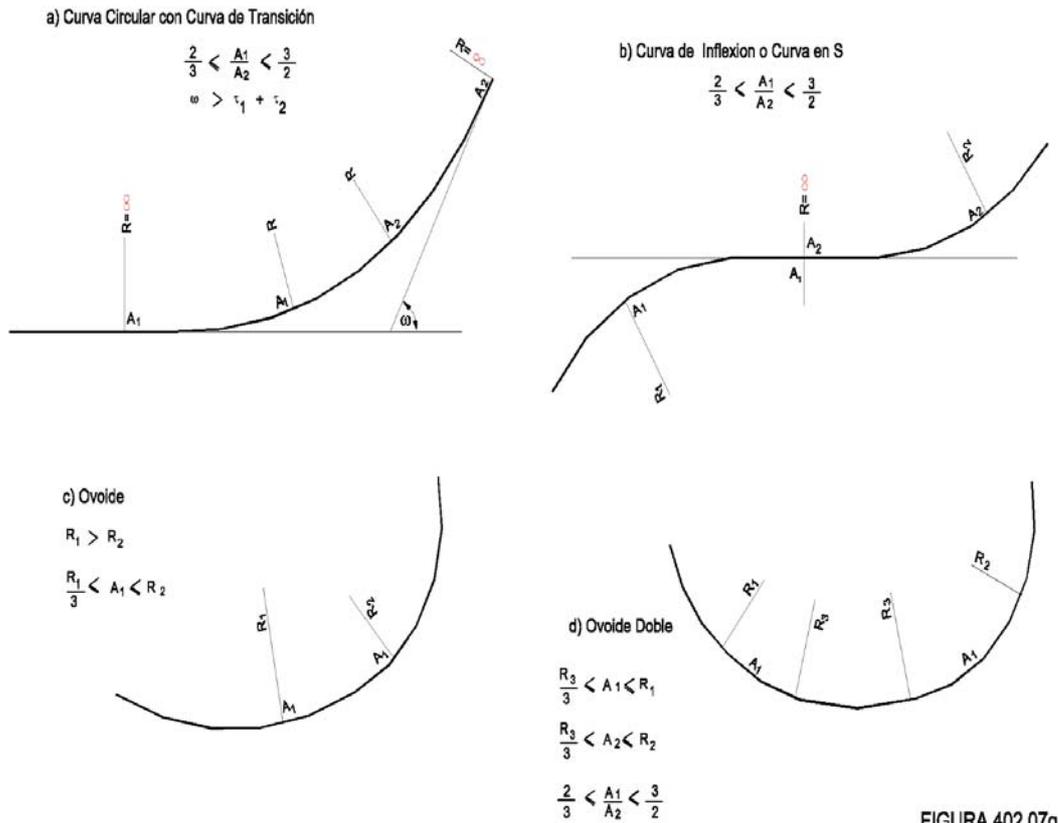


FIGURA 402.07g

- **Configuraciones Límite**

Constituyen casos particulares de las soluciones generales antes expuestas y se presentan en la [Figura 402.08g](#).

#### **402.08.02 Curva y Contracurva (Curva "S")**

En este caso podrá o no existir un tramo entre las clotoides de parámetro  $A_1$  y  $A_2$ . Los parámetros deberán cumplir con las normas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado, pudiendo ser iguales o de un mismo orden de magnitud, respetando la relación:

$$\frac{2}{3} < \frac{A_1}{A_2} < \frac{3}{2}$$

En casos conflictivos: falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar un leve traslape de las clotoides o la generación de un tramos recto de ajuste.

La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

#### **402.08.03 Configuraciones no Recomendables**

Las curvas compuestas que se incluyen en la [Figura 402.09g](#) deben en lo posible ser evitadas ya que se ha comprobado en la práctica que poseen zonas en que no existe una clara definición de la curvatura del elemento que se está recorriendo, o bien, los elementos que están en el punto de vista del conductor lo inducen a maniobras que pueden ser erráticas.

En efecto, en el caso de la [Figura 402.09g-h](#)), clotoide de vértice sin arco circular, el paso por el punto de radio R implica una inversión en el sentido de giro el volante en el sentido de esa curva. Si esta maniobra se inicia demasiado pronto será necesario rectificarla, con lo que se produce una trayectoria errática.

En el caso del Falso Ovoide ([Figura 402.09g-i](#)). El conductor debe pasar de la curva de radio  $R_1$  a un tramo casi recto. Sin embargo, la curva de radio  $R_2$ , situada en su punto de vista, lo está incitando a girar el volante en el sentido de esa curva. Si esta maniobra se inicia demasiado pronto será necesario rectificarla, con lo que se produce una trayectoria errática.

La curva de transición con clotoides sucesivas ([Figura 402.09g-j](#)), introduce tramos con distinta razón de curvatura versus desarrollo, lo que está en contradicción con uno de los objetivos de las curvas de transición. Pudiendo inducir a trayectorias erróneas. Si los parámetros  $A_1$  y  $A_2$  son muy similares el problema descrito es menor, pero la diferencia con el trazado en base a una sola clotoide es a su vez mínima y no tendría razón de ser la aplicación de esta alternativa.

#### **402.09 CURVAS DE VUELTA**

En trazados de alta montaña suelen requerirse curvas de vuelta a proyectar sobre una ladera, con el fin de obtener desarrollos que permitan alcanzar una cota dada, que no es posible lograr mediante trazados alternativos sin sobrepasar las pendientes máximas admisibles.

Las maniobras previstas son:

- T2S2 : Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta.
- C2 : Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar).
- C2 + C2 : Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente.

#### **402.10 VISIBILIDAD**

##### **402.10.01 Generalidades**

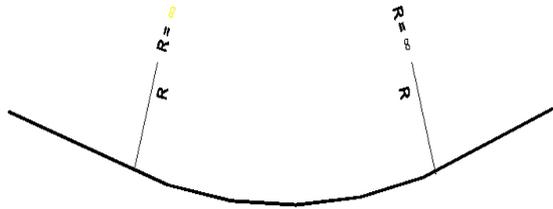
La coordinación de los alineamientos horizontal y vertical, respecto de las distancias de visibilidad, debe efectuarse en las primeras etapas del proyecto, cuando aún se pueden hacer modificaciones sin causar grandes trastornos.

La determinación analítica de los parámetros mínimos que definen los elementos de la planta y del perfil asegura visibilidades de parada y de adelantamiento acordes con la norma, para cada uno de dichos elementos por separado. Sin embargo, cuando se quieran determinar las zonas con restricción de adelantamiento o los despejes laterales necesarios, es más práctico recurrir al método gráfico, sobre todo si las limitaciones provienen de la combinación de alineaciones en planta y elevación.

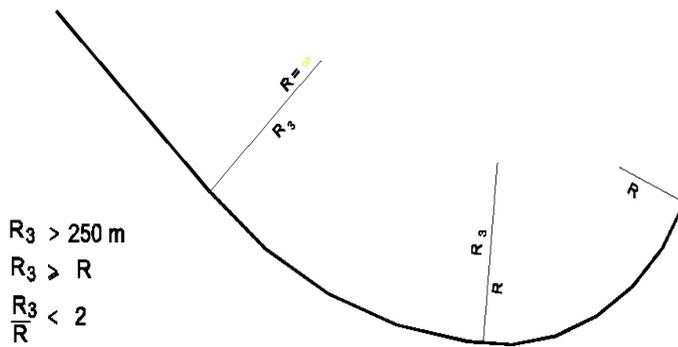
FIGURA 402.08g

ALINEACIONES COMPUESTAS  
CONFIGURACIONES LÍMITE

e) Curva Circular Amplia sin Curvas de Transición



f) Reemplazo de la Clotoide de Transición por una Circunferencia



g) Curvas Circulares Contiguas

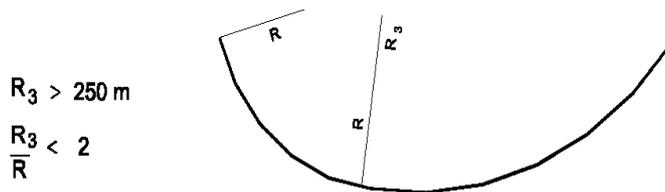


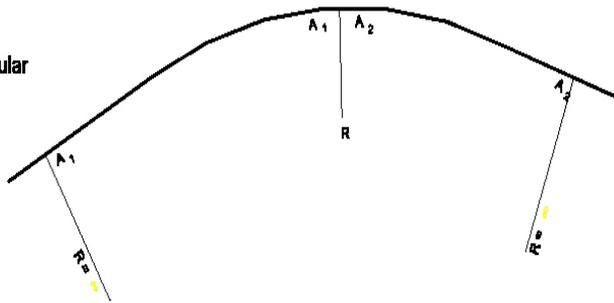
FIGURA 402.08g

FIGURA 402.09g

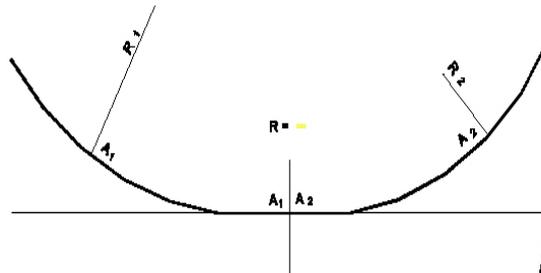
ALINEACIONES COMPUESTAS CONFIGURACIONES NO RECOMENDABLES

ALINEACIONES COMPUESTAS  
CONFIGURACIONES NO RECOMENDABLES

h) Clotoides de Vértice sin Arco Circular  
En casos Inevitables  
 $A_1 \cong A_2$   
 $R > 1.4 R_{\text{mínimo}}$



i) Falso Ovoide



j) Curva de Transición con Clotoides sucesivas

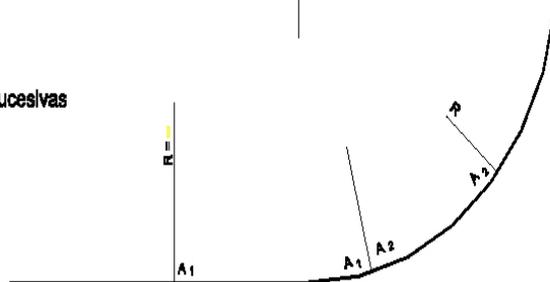


FIGURA 402.09g

#### 402.10.02 Verificación de Distancias de Visibilidad

En ciertas oportunidades los obstáculos existentes próximos al borde interior de una curva en planta pueden limitar la distancia de visibilidad de parada o adelantamiento, aún cuando el radio de ésta sea superior al mínimo aceptable por deslizamiento.

Como se muestra en la [Figura 402.10g](#) (Método Gráfico), existen dos casos a considerar:

- I Dp ó Da < Desarrollo de la Curva Circular
- II Dp ó Da > Desarrollo de la Curva Circular

En el caso I la zona sombreada indica el valor  $a_{m\acute{a}x}$  del despeje requerido para lograr la visibilidad necesaria.

Este valor puede ser calculado analíticamente a partir de la expresión:

$$a_{m\acute{a}x} = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{100Dv}{\Pi R} \right) \right]$$

Adoptando para Dv el valor de Dp ó Da según el caso bajo análisis y la función trigonométrica en grados centesimales.

La anterior expresión puede reemplazarse por:

$$a_{m\acute{a}x} = \frac{Dv^2}{8R}$$

que da resultados suficientemente aproximados para todos los efectos, cuando se calcula  $a_{m\acute{a}x}$  por condición de parada o cuando se calcula  $a_{m\acute{a}x}$  para  $R > Da$  en el caso de visibilidad de adelantamiento. El error que se comete está en todo caso por el lado de la seguridad.

Si la verificación indica que no se tiene la visibilidad requerida y no es posible o económico aumentar el radio de la curva, se deberá recurrir al método gráfico para calcular las rectificaciones necesarias, ya sea que se trate de un talud de corte u otro obstáculo que se desarrolla a lo largo de toda o parte de la curva.

El despeje requerido "a" se medirá desde el eje del carril interior por el cual circula el vehículo y las diversas situaciones en cuanto a la altura de la visual en su punto de tangencia con el obstáculo se discuten en [402.10.03](#).

#### 402.10.03 Verificación de la distancia de visibilidad en planta.

La distancia de visibilidad en el interior de una curva horizontal puede estar limitada por obstrucciones laterales, como se señala en el [Artículo 402.10.02](#). La expresión analítica que allí figura permite calcular el despeje máximo necesario en la parte central de la curva, pero hacia los extremos de ésta el despeje disminuye, dando origen a un huso. Lo anterior es especialmente válido cuando la distancia de visibilidad requerida es mayor que el desarrollo de la curva o cuando existen curvas de transición entre la alineación recta y la curva circular. La [Figura 402.10g](#) muestra cómo mediante un polígono de visuales se puede determinar, para diversas secciones transversales, el despeje necesario medido a partir del eje del carril interior de la calzada.

Las líneas de visual se trazarán de modo que la visibilidad bajo análisis (parada o adelantamiento), se dé a lo largo del desarrollo del eje del carril considerado.

Cuando el obstáculo lateral está constituido por el talud de un corte y la rasante presenta pendiente uniforme, se considerará que la línea de visual es tangente a éste, a una altura sobre la rasante igual a la semisuma de la elevación de los ojos del conductor y del obstáculo; según el caso dicha altura será:

0,65 m para Visibilidad de Parada

1,22 m para Visibilidad de Paso.

Cuando la curva horizontal coincide con una curva vertical, la altura del punto de tangencia sobre el talud será menor o mayor que las citadas, según se trate de una curva vertical convexa o cóncava. En este caso será necesario trabajar simultáneamente con los planos de planta y perfil longitudinal, utilizando el procedimiento indicado en 402.10.04 en lo referente al perfil longitudinal. En efecto, la línea de visual trazada en el perfil longitudinal para estaciones correspondientes de la planta, permitirá conocer la altura sobre la rasante que habrá de proyectarse al talud del corte.

Cuando el movimiento de tierra involucrado en el despeje es de poca importancia, se puede proceder aceptando el caso más desfavorable en cuanto a altura sobre la rasante, es decir:

$h = 0$  para curvas convexas

$h = 0,65 \text{ m}$  ó  $1,22 \text{ m}$  para  $D_p$  ó  $D_a$  en curvas cóncavas.

Con ello se simplifica el proceso, el error cometido es moderado y está por el lado de la seguridad.

#### **402.10.04 Verificación de la distancia de visibilidad en elevación**

Salvo el caso de coincidencia de curvas verticales con horizontales antes descrito, la verificación de visibilidad en perfil se relaciona fundamentalmente con la determinación de zonas de adelantamiento prohibido, cuando resulta antieconómico proveer esta

visibilidad. En efecto, el cálculo analítico de curvas verticales por visibilidad de parada, que debe existir siempre, o por visibilidad de paso cuando el proyectista decide darlo, queda asegurado mediante el uso de los valores de la norma.

En cualquier caso el método gráfico que se ilustra en la [Figura 402.11g](#), permite verificar las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento en curvas verticales convexas y es indispensable para determinar la longitud de las zonas de adelantamiento prohibido y consecuentemente apreciar el efecto global de éstas sobre la futura operación de la carretera.

El método aludido implica preparar una reglilla de material plástico transparente, suficientemente rígida, cuyas dimensiones dependerán de la escala del plano de perfil longitudinal.

Para escala 1:1000 (h); 1:100 (V) las dimensiones adecuadas serán:

Largo: 60 cms.

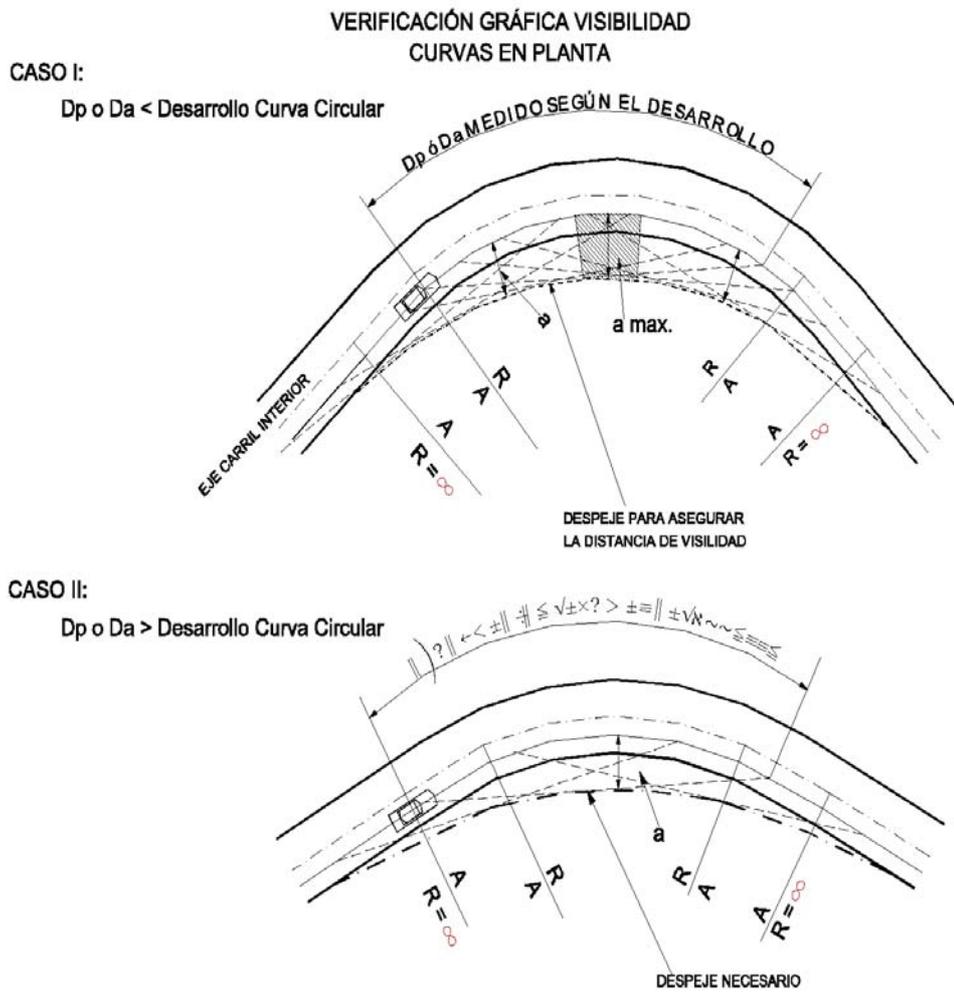
Ancho: 3 cms.

Rayado:

- Trazo segmentado a 1,5 mm del borde superior, representa 15 cm a la escala del plano y corresponde a la altura del obstáculo móvil.
- Trazo lleno a 11,5 mm del borde superior y de 100 mm de largo a partir del extremo izquierdo de la reglilla. Representa altura de los ojos del observador (1,15m).
- Trazo lleno a 13 mm del borde superior, marcado a partir del término del trazo anterior y a todo el largo de la reglilla. Representa altura de vehículo (1,30 m).

**FIGURA 402.10g**

## VERIFICACIÓN GRÁFICA VISIBILIDAD CURVAS EN PLANTA



Nota: El procedimiento es válido también para configuración sin curva de transición

FIGURA 402.10g

Tal como se observa en la figura, al cortar la rasante con el trazo que dista 1,15 m (a escala del plano), en una estación dada y hacer tangente el borde superior de la reglilla con la rasante, se tiene la línea de visual del conductor; el punto en que la línea de segmentos corta por segunda vez la rasante, será la distancia de visibilidad disponible por condición de parada desde donde se ubica el observador. El punto donde el trazo lleno, que representa los 1,30 m, de altura de un vehículo, corta la rasante, será la distancia de visibilidad de adelantamiento de que se dispone a partir del mismo punto inicial considerado.

Desplazando por lo tanto la reglilla a lo largo de la rasante en uno y otro sentido de circulación, se podrán verificar las visibilidades disponibles y analizar el problema de las zonas de adelantamiento restringido.

Cabe destacar que por la distorsión de escala (H) / (V) del plano, no se pueden hacer medidas a lo largo de la reglilla por lo que las visibilidades disponibles deberán obtenerse por diferencia de los Kilometrajes asociados a los puntos de corte de la rasante, con los trazos correspondientes a cada situación.

#### **402.11 COORDINACIÓN ENTRE CURVAS CIRCULARES**

El correcto planteamiento del trazado en planta es fundamental por la repercusión que tiene en los condicionantes del perfil longitudinal, que se suele estudiar con más detalle una vez definido el primero. Así, cuando se efectúa este plantamiento, deben tenerse en cuenta al mismo tiempo las necesidades del perfil longitudinal, para no colocarse en situaciones de difícil resolución posterior.

La metodología empleada ha evolucionado con el paso de los años y el desarrollo de las técnicas auxiliares: antiguamente (y aún ahora, sobre todo en el caso de acondicionamiento de una carretera existente) se definían primero las alineaciones rectas ángulos de giro en los vértices y distancias entre éstos, y luego se disponían curvas circulares con sus clotoides de transición, en cada vértice, cuidando de que los tramos rectos que quedaran entre dos curvas contiguas resultaran de longitud adecuada.

Más modernamente, y sobre todo al poder disponer de cartografía fiable con curvas de nivel, el papel de las alineaciones rectas ha ido disminuyendo, al tiempo que ha aumentado la importancia de las curvas circulares y de transición.

Como resumen de lo tratado anteriormente para conseguir un trazado en planta armonioso y seguro pueden darse las siguientes recomendaciones:

- Las longitudes de las tangentes no deben rebasar un tiempo de recorrido de unos 75 segundos a la velocidad de operación; cuando entre dos curvas contiguas (incluidas transiciones) no se pueda intercalar un tramo recto cuya longitud

corresponda a un tiempo de recorrido mínimo de unos 6 segundos (curvas de sentido opuesto) o 12 segundos (curvas del mismo sentido) es preferible anular la tangente, alargando convenientemente las clotoideas para lograr una curva en S en el primer caso, o planteando una curva ovoide adecuada, en el segundo caso.

- Para una velocidad de diseño determinada, no es preciso recurrir siempre al radio mínimo: frecuentemente se pueden y deben dentro de ciertas limitaciones económicas, adoptar radios mayores (sin pasar de  $R=10\ 000$  m). Esto debe cuidarse especialmente en las curvas situadas a continuación de una alineación recta muy larga, para que la disminución de velocidad específica no sea excesiva. Por la misma razón, en las curvas en S, la relación del radio mayor al menor no debe ser superior a 1,5; y en las curvas "ovoides" no debe ser superior a 2.
- El desarrollo de una curva circular no debe ser superior a unos 800 m, para evitar una sensación de tío vivo.
- Las clotoideas contiguas a una curva circular suelen ser simétricas, aunque ello no es obligatorio; tampoco tienen porqué ceñirse al mínimo de longitud exigible, siendo conveniente hacerlas mayores si ello es posible.
- En una curva en S sin tangente intermedia, la razón entre los parámetros A de las clotoideas contiguas no debe ser superior a 2, siendo deseable que sean iguales.

## FIGURA 402.11g

### VERIFICACIÓN GRÁFICA DISTANCIAS VISIBILIDAD EN ELEVACION

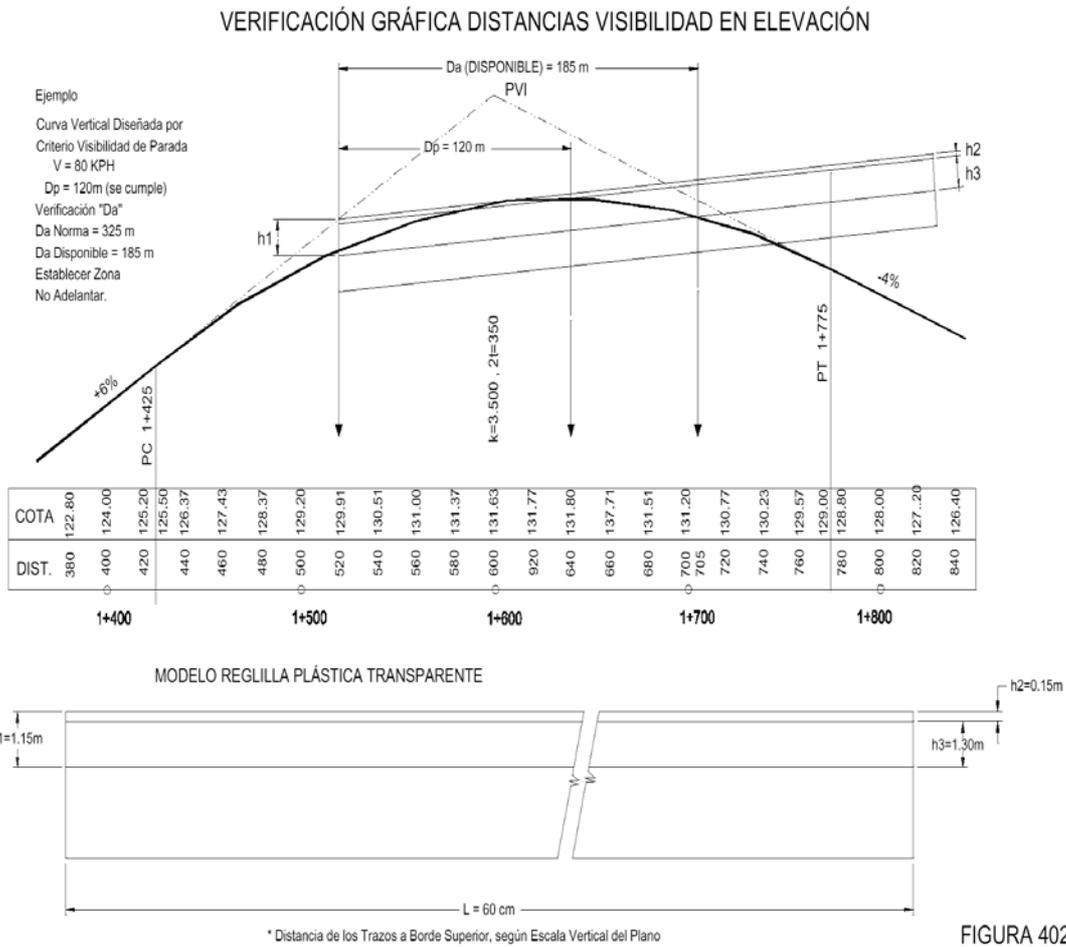


FIGURA 402.11g

## **Sección 403:**

### **Diseño Geométrico del Perfil Longitudinal**

#### **403.01 GENERALIDADES**

El perfil longitudinal está controlado principalmente por:

- Categoría del Camino
- Velocidad de Diseño
- Topografía
- Alineamiento Horizontal
- Distancias de Visibilidad
- Seguridad
- Drenaje
- Costos de Construcción
- Valores Estéticos.

#### **403.02 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

- Una rasante en que se alternan pendientes de diverso sentido y/o magnitud en cortas longitudes genera numerosos quiebres, tipificando la situación opuesta a la descrita como deseable.  
Puntos bajos sin visibilidad, seguidos por tramos que son visibles, crean desconcierto en el usuario y son causa de aumento de los accidentes asociados a maniobras de adelantamiento.
- En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, carriles de emergencia que permitan maniobras de frenado en caso de falla de frenos.
- No se debe colocar la parte inferior de una curva vertical cóncava en un tramo en corte, debido a las dificultades de drenaje. Asimismo, se deberá evitar colocar una curva vertical convexa entre dos tangentes planas en una zona en corte, ya que el drenaje será muy pobre.
- En áreas sujetas a inundaciones, se colocará la rasante por lo menos 500 mm por encima del nivel ordinario de aguas altas, protegiendo convenientemente los taludes.

#### **403.03 CURVAS VERTICALES**

##### **403.03.01 Necesidad de Curvas Verticales**

La función de las curvas verticales consiste en reconciliar las tangentes verticales de las gradientes. Las curvas parabólicas se usan casi exclusivamente para conectar tangentes verticales por la forma conveniente en que pueden calcularse las ordenadas verticales.

Esas parábolas, de 2º grado, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Donde,

L = Longitud de la curva vertical

A = Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Además podrían emplearse curvas circulares de radio grande, según la relación  $R=100 K$ .

#### **403.03.02 Proyecto de las Curvas Verticales**

Las curvas verticales se proyectan, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado una vía de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas.

Para una operación segura de los vehículos al circular sobre curvas verticales, especialmente si son convexas, deben obtenerse distancias de visibilidad adecuadas, como mínimo iguales a la de parada.

Debido a los efectos dinámicos, para que exista comodidad es necesario que la variación de pendiente sea gradual, situación que resulta más crítica en las curvas cóncavas, por actuar las fuerzas de gravedad y centrífuga en la misma dirección.

Generalmente se proyectan curvas verticales simétricas, es decir, aquellas en las que las tangentes son de igual longitud. Las tangentes desiguales o las curvas verticales no simétricas son curvas parabólicas compuestas. Por lo general, su uso se garantiza sólo donde no puede introducirse una curva simétrica por las condiciones impuestas del alineamiento.

El proyecto de curvas verticales, puede resumirse en cuatro criterios para determinar la longitud de las curvas:

- **Criterios de Comodidad.** Se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del vehículo. Generalmente queda englobado siempre por el criterio de seguridad.
- **Criterios de Operación.** Se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- **Criterios de Drenaje.** Se aplica al diseño de curvas verticales convexas ó cóncavas cuando están alojadas en corte. Para advertir al diseñador la necesidad de modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.

- **Criterios de Seguridad.** Se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe ser tal, que en todo su desarrollo la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de paso.

#### 403.03.03 Longitud de las Curvas Convexas.

La longitud de las curvas verticales convexas, viene dada por las siguientes expresiones:

(a) Para contar con la visibilidad de parada ( $D_p$ )

Cuando  $D_p < L$ ;

$$L = \frac{ADp^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando  $D_p \geq L$ ;

$$L = 2Dp - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Donde, para todos los casos.

- L : Longitud de la curva vertical (m)  
 $D_p$  : Distancia de visibilidad de parada (m)  
 A : Diferencia algebraica de pendientes (%)  
 $h_1$  : Altura del ojo sobre la rasante (m)  
 $h_2$  : Altura del objeto sobre la rasante (m)

En la Figura 403.01, se presentan los gráficos para resolver las ecuaciones planteadas, para el caso más común con  $h_1 = 1070\text{mm}$  y  $h_2 = 150\text{mm}$ .

(b) Para contar con la visibilidad de Paso ( $D_a$ ).

Se utilizarán las mismas fórmulas que en (a); utilizándose como  $h_2 = 1.30\text{ m}$ , considerando  $h_1 = 1.07\text{ m}$

Tenemos.

Sí :

$$\begin{array}{l} D_a < \\ L \end{array} \quad L = \frac{AD_a^2}{946}$$

$$\begin{array}{l} D_a \geq \\ L \end{array} \quad L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Da : Distancia de visibilidad de Paso (m)

L y A : Idem (a)

La Figura 403.02 muestra la solución gráfica de las ecuaciones presentadas en (b).

#### 403.03.04 Longitud de las Curvas Cóncavas.

La longitud de las Curvas verticales cóncavas, viene dada por la siguiente expresión

$D < L$

$$L = \frac{AD^2}{120 + 3.5D}$$

$D \geq L$

$$L = 2D - \left( \frac{120 + 3.5D}{A} \right)$$

D : Distancia entre el vehículo y el punto donde con un ángulo de  $1^\circ$ , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Del lado de la seguridad se toma  $D = D_p$ , el resultado de la aplicación de estas formulas se demuestra en la Figura 403.03.

Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, a fin de considerar este criterio, se tiene que:

$$L = \frac{AV^2}{395}$$

V : Velocidad Directriz (Kph)

L y A : Idem 403.03.03 (a)

#### 403.03.05 Consideraciones Estéticas

La condición de la curva vertical mostrada en la norma, tiene en cuenta el aspecto estético, puesto que las curvas demasiado cortas puedan llegar a dar la sensación de quiebre repentino, hecho que produce incomodidad.

Igualmente las gradientes excesivamente pronunciadas, asociadas generalmente con un trazado sensiblemente recto, no son deseables por motivos estéticos y por proporcionar situaciones de peligro en terrenos ligeramente ondulados: una sucesión de pequeñas lomas y depresiones oculta a los vehículos en los puntos bajos dando una falsa impresión de oportunidad para adelantar.

#### 403.04 PENDIENTE

##### 403.04.01 Pendientes Mínimas

Los valores mínimos para pendiente longitudinal, están determinados por las condiciones de drenaje. En las secciones de terraplen o relleno, pueden haber pendientes a nivel cuando el bombeo y las cunetas, con suficiente pendiente, son los encargados del drenaje de la superficie del pavimento. No obstante, bajo las mejores condiciones es preferible tener una pendiente mínima de cuando menos 0.3% con objeto de asegurar un drenaje adecuado.

#### **403.04.02 Pendientes Máximas**

El empleo de las pendientes para los diferentes tramos de un trazado debe ser objeto de atento estudio por parte del proyectista, que procederá a las comparaciones necesarias y explicará la elección efectuada.

Por lo tanto, incumbe al proyectista la obligación de demostrar que la solución elegida es mejor que las otras posibles, sin superar los valores máximos expuestos en el [Tópico 403.04.02](#) de la normativa.

Al efectuar la elección el proyectista tendrá en cuenta antes que nada, la influencia de la pendiente sobre el costo de construcción de la carretera, tanto por lo que se refiere a los mayores costos en conexión con los desarrollos que generalmente se acompañan al empleo de una pendiente menor, como por lo referente a los costos más altos que podrían derivar del empleo continuo de la pendiente indicada como máxima. Además, el proyectista tendrá en cuenta las repercusiones de la pendiente sobre el costo de operación y sobre la capacidad de la carretera.

El proyectista procurará utilizar las menores pendientes compatibles con la topografía en que se emplaza el trazado. Carreteras con un alto volumen de tránsito justifican económicamente el uso de pendientes moderadas, pues el ahorro en costos de operación y la mayor capacidad de la vía compensan los mayores costos de construcción.

#### **403.04.03 Pendientes Máximas Absolutas**

La limitación principal al empleo de pendientes suaves la constituye el factor económico, debido al aumento en el costo de la construcción en regiones topográficamente desfavorables.

En el análisis de pendientes y del control de las mismas, una de las consideraciones más importantes son las consecuencias que tienen aquellas sobre el costo de operación de los vehículos de motor. Cuando se incrementan las pendientes, es evidente que se incrementa el consumo de gasolina y que se reduce la velocidad. Puede lograrse una aproximación económica balanceando el costo anual agregado de la reducción de la

pendiente con el costo anual de operación del vehículo sin la reducción de la pendiente. La solución precisa del problema depende del conocimiento del volumen y tipo de tránsito, lo que puede obtenerse únicamente mediante un estudio.

#### **403.04.04 Relación entre velocidad directriz y pendiente.**

La pendiente gobernadora es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para vencer un desnivel determinado, en función de las características basadas en la velocidad de diseño. La mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar estos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de guía a la sección de pendientes que se deben proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

#### **403.04.05 Tramos en Descanso**

Cuando la pendiente gobernadora o media supera el 5%, en tramos muy largos es conveniente el uso de tramos en descanso a fin de mejorar el rendimiento vehicular.

Las pendientes en tramos muy largos deberán ser menores que la pendiente máxima utilizada en cualquier tramo particular de una carretera.

Frecuentemente, es preferible cortar una pendiente uniforme muy larga formando mayores pendientes en la parte más bajas y menores cerca de la parte más alta.

Deberán también evitarse los "columpios" en la parte en la que los vehículos pueden quedar ocultos.

#### **403.05 LONGITUD EN PENDIENTE**

Pendientes de hasta 7% afectan sólo marginalmente la velocidad de operación de la gran mayoría de los automóviles, cualquiera que sea la longitud de la pendiente.

En el caso de los camiones, pendientes sobre un 3% causan reducciones crecientes de su velocidad de operación, a medida que la longitud en pendiente aumenta. Esto afecta la velocidad de operación de los automóviles, en especial en caminos bidireccionales con alta densidad de tránsito.

La Figura 403.04a muestra la caída de velocidad para un camión tipo semitrailer o con acoplado, cargado, cuya relación peso/potencia sea del orden de 150 Kg/Hp Neto. Se considera que la rasante de aproximación a la pendiente es prácticamente horizontal y la velocidad al comienzo de la pendiente de 65 KPH. La sección horizontal de las curvas indica la velocidad de régimen del camión, la que no puede ser superada en tanto no disminuya la pendiente.

El ábaco está elaborado para camiones pesados del tipo 150 a 180 Kg/Hp Neto, que representan adecuadamente el parque de camiones con remolque o semirremolque que operan en el país.

El ábaco es independiente de la velocidad de entrada a la pendiente, en tanto la rasante de aproximación sea prácticamente horizontal.

Se recomienda en casos normales no superar los 25 KPH de caída de velocidad para camiones en pendiente.

#### **403.06 CARRILES DE ASCENSO**

##### **403.06.01 Necesidad del Carril**

Las rampas largas y de gran inclinación tiene un efecto muy desfavorable en la velocidad de los vehículos, sobre todo de los pesados.

Además, las rasantes muy inclinadas, al ser recorridas en sentido descendente, pueden tener un efecto adverso sobre la seguridad pues, aparte de la velocidad, aumenta también la distancia necesaria para detenerse.

Si bien la velocidad de los vehículos ligeros se ve poco afectada por rampas inferiores al 7%, la de los vehículos pesados se ve muy reducida apenas la inclinación rebasa el 3% y la rampa es larga. Como además suele coincidir con restricciones en la visibilidad, resulta difícil adelantar a los vehículos lentos, por la menor aceleración disponible en rampa y la velocidad de todo el tráfico está determinada por ellos. Por lo tanto, el nivel de servicio se ve perjudicado.

En trazados nuevos, la adopción de mayores inclinaciones de la rasante en terrenos accidentados o muy accidentados puede disminuir los costos de construcción, a costa de aumentar los de operación (los primeros soportados por la Administración, y los segundos por los usuarios). Se requiere un estudio económico para optimizar el costo total.

En trazados existentes, donde resulta difícil modificar la inclinación de la rasante sin desaprovechar la inversión inicial y manteniendo, además, la circulación, una solución asequible suele ser aumentar el número de carriles en la rampa, disponiendo carriles adicionales para la circulación lenta o, mejor aún, para la circulación rápida (que, además de ser la que pretende adelantar, es más ágil).

Los criterios para su establecimiento se basan en la disminución de la velocidad media de los vehículos ligeros y mejora en la disminución de la velocidad de los vehículos pesados y en la consiguiente caída del nivel de servicio. Si la velocidad de los vehículos pesados rebasa el 40% de la de operación (correspondiente a vehículos ligeros), en carreteras con calzadas separadas, o el 50% en carreteras de calzada única, generalmente no está

justificando el disponer un carril adicional. La necesidad de éste aumenta con la intensidad de la circulación y con la proporción de vehículos pesados, según se demuestra por estudios económicos basados en la teoría de colas, o por aplicación de las teorías relacionadas con el nivel de servicio.

#### **403.06.02 Disposición**

Conviene tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- No suele estar justificado disponer vías lentas si simultáneamente  $IMDA < 1000$  y la inclinación de la rampa no rebasa el 4%.
- La longitud mínima de una vía lenta debe corresponder a un tiempo de recorrido de unos 18 segundos a la velocidad de proyecto, sin bajar de 250 m. Su principio suele situarse en el punto en que la velocidad del vehículo pesado tipo ha disminuido unos 25 Km/h. Su final no debe situarse demasiado pronto, sino donde los vehículos lentos hayan recuperado velocidad y puedan incorporarse al tráfico normal en buenas condiciones de visibilidad, y nunca donde esté prohibido el adelantamiento. En el caso de que el carril adicional se plantee como destinado a la circulación rápida, los vehículos lentos no tendrán que ceder el paso, sino que deberán ser los rápidos quienes lo hagan.
- La vía debe proyectarse y señalizarse como una ayuda circunstancial al tráfico, y no como la transformación de una carretera de dos carriles en otra de tres carriles.

#### **403.06.03 Dimensiones**

La sección de una vía con un carril de ascenso no debe considerarse como una vía de tres carriles, sino como una carretera de dos carriles con un carril adicional para vehículos que marchan lentamente cuesta arriba, de tal manera que los vehículos que utilizan el carril derecho adyacente a la vía no se retrasen. Teniendo en cuenta ello, y siendo generalmente los vehículos pesados los usuarios de estos carriles es que el ancho del carril debe ser el mismo que el de diseño para la calzada..

Al dimensionar y construir carriles de ascenso, que envuelve variables, que difícilmente se pueden describir como típicos, se recomienda un análisis taxativo detallado, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Una carril de ascenso puede introducirse como una alternativa más efectiva para mantener una pendiente y aumentar la velocidad
- El efecto de un carril de ascenso en la eliminación de colas de vehículos, a las que contribuye el movimiento lento de camiones, continuará por alguna distancia a lo largo de la vía.

- El carril de ascenso puede ser una solución económica que difiera en el tiempo, la necesidad de construir una segunda calzada o convertir una vía de dos carriles en una carretera desdoblada.
- En las dimensiones de la sección transversal se debe considerar el ancho de la berma, preferentemente, igual al ancho adoptado para la vía, pero en carreteras existentes puede tener 1,20 m.
- El carril de ascenso está precedido y seguido por dos longitudes de transición, que no debería en ningún caso ser menor de 45 m y de 60 a 90 m respectivamente.
- Los carriles de ascenso deben ser claramente señalizados como una ayuda circunstancial al tránsito y no como la transformación de una carretera de dos carriles en una de tres carriles

### **Sección 404:**

#### **Coordinación entre Alineamiento Horizontal y Perfil Longitudinal**

##### **404.01 GENERALIDADES**

La consideración independiente de los trazados en planta y perfil, cómoda desde el punto de vista del trabajo del proyectista, puede dar lugar a problemas en la perspectiva dinámica apreciada por el conductor que recorre la carretera. No hay que olvidar que el punto de vista del conductor es, en realidad, el fundamental. Los problemas anteriores no sólo están relacionados con la estética de la obra en sí, exigencia siempre interesante para el profesional consciente, sino también con la comodidad visual del conductor, relacionada con su fatiga y por tanto con la seguridad. Consecuentemente, se concede cada vez mayor importancia a la coordinación entre trazado en planta y perfil longitudinal, con objeto de obtener un trazado conjunto que proporcione al conductor un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

Entre los distintos aspectos de la visión del conductor. Para lo que sigue, interesa destacar los tres siguientes:

- El campo de visión periférica disminuye con el aumento de la velocidad, creando un efecto "túnel", que en alineaciones rectas muy largas le lleva a subestimar su velocidad, e incluso a fenómenos de hipnosis.
- El punto de fijación de la vista se aleja al aumentar la velocidad, por lo que todas las informaciones útiles para la conducción debe situarse en el eje de visión del conductor y tanto más lejos cuanto mayor sea la velocidad, evitando la presencia

de incertidumbre intermedias.

- Asociado a las consideraciones anteriores, puede definirse un campo de visión descansada, frontal al conductor, dentro del cual deben procurar concentrarse un máximo de informaciones correctas. Si el punto de fijación de la vista rebasa este campo, se produce a la larga una fatiga visual. Este campo corresponde aproximadamente a un ángulo de 18° en planta y 11° en elevación. La conveniencia de tener antecedentes gráficos de la perspectiva de una obra de esta naturaleza, sumada al avance computacional, ha ido produciendo algunos programas que permiten visualizar el trazado proyectado mediante imágenes estereométricas, ya sea en planos o en pantalla.

En todo caso, existen métodos para ejecutar perspectivas, que deben ser aplicadas cuando sea difícil imaginar el efecto de cierto trazado en algún entorno específico.

## **404.02 DISEÑO ESPACIAL DE LA VIA**

### **404.02.01 Generalidades**

La visión que el conductor tiene de la plataforma de la carretera, así como de su enmarcamiento en el paisaje, le produce una serie de impresiones. Si éstas son poco claras o desvían su atención, la conducción se hace tensa, errática o distraída, con lo que las posibilidades de accidentes aumentan.

Las condiciones ideales para el conductor son aquellas en las que la visión de la carretera es dinámicamente estable y su transcurso posterior predecible.

En el presente tópico se abordarán las relaciones entre los elementos en planta y elevación del trazado que influyen en la imagen que la plataforma presenta al usuario. También se hará referencia a los efectos del entorno de la carretera sobre dicho conductor.

### **404.02.02 Elementos del Alineamiento Espacial**

Los elementos del alineamiento espacial son los del trazado en planta y elevación, cuando ellos se superponen y unen a las características transversales de la carretera se construye una visión tridimensional de la misma.

En la [Figura 404.01g](#) se muestran las combinaciones posibles de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva.

La ejecución de tales esquemas para la totalidad de un trazado no es siempre factible ni indispensable. En la mayoría de los casos basta con respetar las normas consignadas para evitar efectos contraproducentes para la seguridad y la estética de la vía.

### 404.02.03 Imagen en Perspectiva y Guía Óptica

La principal imagen que tiene el conductor ante sí es la plataforma. Esta imagen es, evidentemente, una perspectiva que tiene como punto de vista el de los ojos de dicho conductor.

Vista "a vuelo de pájaro", como la que se muestra en la [Figura 404.02g-a](#)), aunque puedan ser ilustrativas de ciertos aspectos paisajístico, no cumplen con el objetivo de advertir al proyectista de los defectos ópticos del trazado que puedan afectar a los usuarios, que en este caso se producen por el empleo de una curva en planta de pequeño desarrollo entre dos alineamientos rectos largos. En la [Figura 404.02g-b](#)) si se aprecia el fenómeno, que queda resuelto en c mediante la utilización de curvas de acuerdo a radios de curvatura más amplios.

La plataforma, entonces, es la guía óptica por excelencia para el conductor, cumpliendo tal función cada vez mejor en la medida que sus elementos estén mejor definidos y demarcados. En este sentido, la señalización horizontal es fundamental, especialmente la que realza los bordes del camino.

En las [Figuras 404.02g-d](#)) y e) se muestran dos plataformas en perspectiva. La primera, sin demarcación horizontal, contrasta negativamente con la otra, cuyas bandas pintadas ofrecen una guía óptica muy eficaz.

**FIGURA 404.01g**  
**ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO ESPACIAL**

ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO ESPACIAL

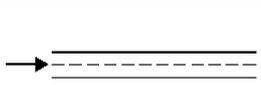
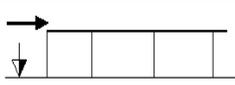
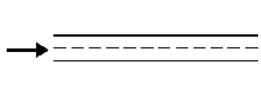
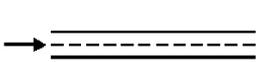
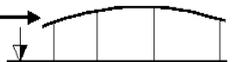
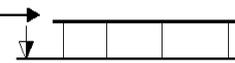
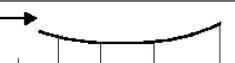
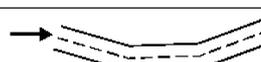
PLANTA	PERFIL	PERSPECTIVA
 TANGENTE	 TANGENTE	
 TANGENTE	 CURVA	
 TANGENTE	 CURVA	
 CURVA	 TANGENTE	
 CURVA	 CURVA	
 CURVA	 CURVA	

FIGURA 404.01g

**FIGURA 404.02g**  
**IMAGEN EN PERSPECTIVA Y GUÍA ÓPTICA**

IMAGEN EN PERSPECTIVA Y GUÍA ÓPTICA

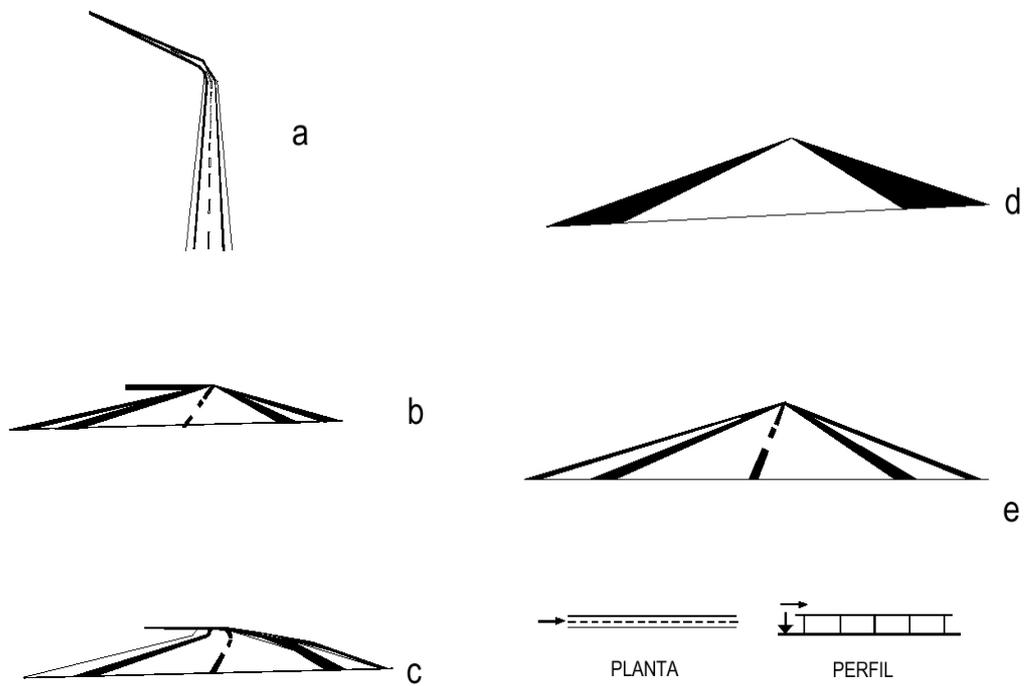


FIGURA 404.02g

#### **404.02.04**

##### **Elementos de la Planta**

###### **(a) Tangente.**

Tangentes largas son monótonas y por lo tanto cansadoras. Además, inducen aumentos de velocidad y facilitan el encandilamiento. Por lo tanto, ellas deben evitarse y en cualquier caso limitarse según lo normado. Sin embargo, las tangentes pueden acomodarse eventualmente a topografías específicas y servir a la simplificación de ciertos trazados en zonas complicadas para el conductor (intercambios intersecciones).

Cuando, a pesar de todo, las tangentes largas se produzcan, es conveniente disminuir la sensación de rigidez que provocan mediante curvas verticales cóncavas de gran parámetro, que disminuyen el encandilamiento y permiten apreciar la velocidad de los vehículos enfrentados. (Véase [Figura 404.03g-a](#)).

Se deben evitar las curvas verticales convexas de parámetro o desarrollo pequeño entre alineaciones rectas largas, ya que la sensación que ellas producen es contraproducente para la estética de la carretera.

###### **(b) Curvas Horizontales.**

Los valores máximos del radio de curvatura están también acotados, con el fin de no utilizar valores que hagan imperceptible su diferencia con las rectas (5.000 -10.000 m.).

A las curvas amplias también deben limitárseles sus desarrollos, alternándose distintos elementos en planta con el fin de evitar la monotonía.

Tangentes de desarrollo breve entre dos curvas del mismo sentido producen un efecto estético indeseable y ofrecen una perspectiva equivocada al conductor. (Véase [Figura 404.03g-b](#)).

Asimismo, una curva de pequeño desarrollo entre dos alineaciones rectas largas produce una mala imagen visual ([Figura 404.03g-c](#)). En la [Figura 404.03g-d](#) de la misma figura se muestra el problema resuelto con una curva amplia.

###### **(c) Secuencia de Elementos en Planta.**

En un trazado donde la topografía obliga la utilización de curvas de radio reducido (véase [Figura 404.03g-e](#)) es normal y admisible encontrar radios mínimos. En cambio, allí donde las alineaciones en planta sean amplias, y por lo tanto inductoras de velocidades de operación que pueden exceder a las de diseño, el intercalamiento de un radio mínimo es peligroso (véase [Figura 404.03g-f](#)). Deben utilizarse curvas más amplias.

#### **404.02.05 Elementos del Perfil**

(a) Tangente.

En elevación, una tangente corresponde a un tramo con inclinación constante. Si ella va asociada a una tangente en planta, son válidas las recomendaciones hechas en el [Tópico 404.02.04 \(a\)](#).

Tangentes cortas, entre dos curvas cóncavas (véase [Figura 404.04g-a](#)), o entre dos curvas convexas ([Figura 404.04g-c](#)), dan sensación de ambigüedad y no deben ser utilizadas. Deben ser reemplazadas por curvas verticales únicas y amplias, según lo indicado en las [Figuras 404.04g-b\) y d\)](#).

Estos principios deben ser respetados especialmente en el caso de existir estructuras.

(b) Curvas Verticales Cóncavas.

Este elemento favorece el guiado óptico. Sin embargo, deben evitarse valores reducidos entre tramos largos de pendiente constante, ya sea con trazados en planta rectos o curvos, puesto que estas configuraciones, vistas desde lejos, presentan una discontinuidad evidente. (Véanse [Figuras 404.04g-e\) y f\)](#)).

(c) Curvas Verticales Convexas.

Este elemento es el menos favorable para un buen guiado óptico, agravándose el fenómeno a medida que el valor de su parámetro disminuye.

En las curvas convexas que enlazan pendientes del mismo sentido, se deben evitar los parámetros reducidos, puesto que ellas dan la sensación de quiebre (véase [Figura 404.04g-g](#)). Deben usarse parámetros verticales lo más grandes posibles.

**FIGURA 404.03g**  
**ELEMENTOS DE LA PLANTA Y DISEÑO ESPACIAL**

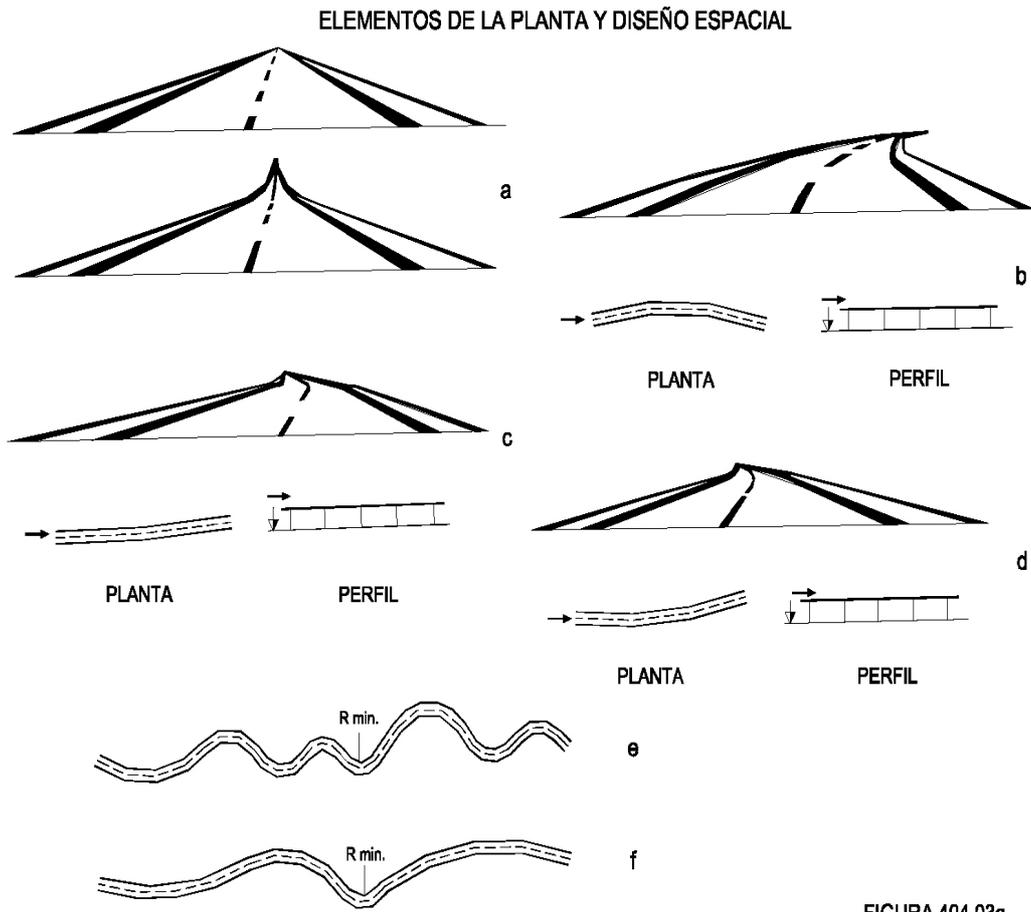
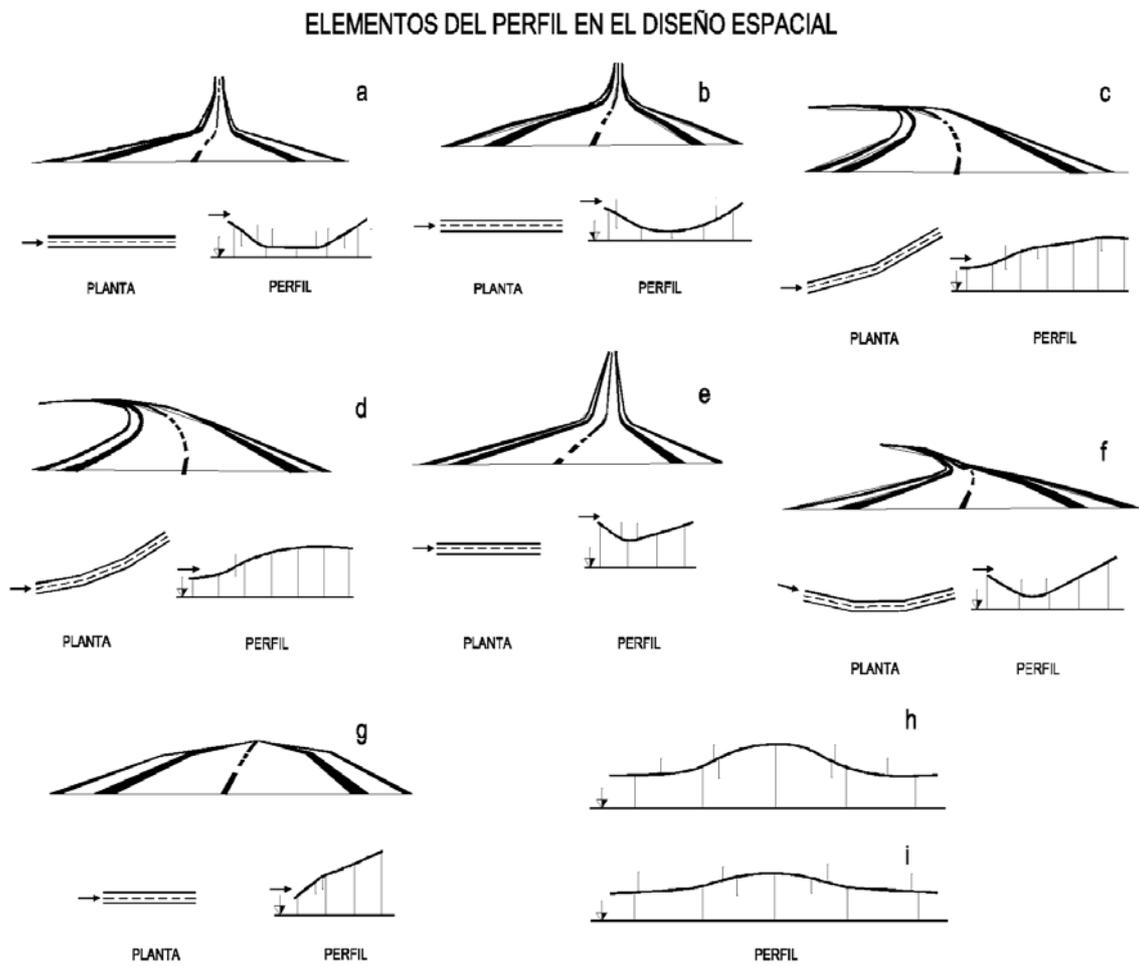


FIGURA 404.03g

**FIGURA 404.04g**  
**ELEMENTOS DEL PERFIL EN EL DISEÑO ESPACIAL**



**FIGURA 404.04g**

(d) Secuencia de Elementos en el Perfil.

En la secuencia de elementos en el perfil longitudinal, que depende principalmente de la topografía, se debe considerar:

- En parajes con ondulaciones acentuadas, deben preferirse parámetros convexos mayores que los cóncavos, para mejorar la visibilidad en las zonas de relieve abrupto (véase [Figura 404.04g-h](#)).
- En parajes planos, o con poca diferencia de cotas (10 m. a lo sumo), son los parámetros cóncavos los que deben ser mayores que los convexos, para aprovechar al máximo la buena visibilidad que aquellos confieren ([Figura 404.04g-i](#)).
- Deben evitarse la sucesión rápida de curvas convexas y cóncavas en paisajes con visibilidad.

#### **404.02.06 SUPERPOSICIÓN DE PLANTA Y PERFIL**

##### **(a) Relación entre los Elementos de Diseño en Planta y Perfil.**

Además de lo ya dicho en acápites anteriores, debe tenerse presente que los radios de las curvas en planta y de los de las curvas verticales cóncavas que se superpongan deben estar relacionados entre sí. Si  $K$  es el valor del parámetro de la curva cóncava y  $R$  es el radio de curvatura en planta,  $K$  deberá estar comprendido entre  $5R$  y  $10R$ , dependiendo del relieve y del ancho de la calzada, mayor valor para topografías llanas y para calzadas amplias.

##### **(b) Relación entre los Puntos de Inflexión en Planta y Perfil.**

En general, los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo (véase [Figura 404.05g-a](#)). Cuando lo último no sea posible por imposiciones del terreno, se recomienda evitar que el conductor vea más de una curva en planta mediante pantallas artificiales o naturales.

La superposición de curvas horizontales y verticales, además de brindar una apariencia agradable, facilita el drenaje al combinar puntos de poca inclinación longitudinal (vértices de las curvas) con puntos de peraltes mayores, y puntos de poca inclinación transversal (transiciones de peralte) con otros de inclinación longitudinal máxima.

Por otra parte, esta superposición es especialmente conveniente para el caso de curvas horizontales y verticales que no permitan adelantamiento. De este modo no se ha perjudicado la conducción, como sucede si se superpone una curva o recta que sí permite dicha maniobra con una curva que la frustra.

Respetando este principio de superposición y de coincidencia aproximada de los puntos de inflexión, conviene además, para mejorar la predictibilidad del trazado, que las curvas

verticales convexas sean más cortas que las curvas en planta correspondientes, y que las cóncavas sean más largas.

En las curvas verticales convexas deberá verse con antelación un tramo de curva en planta correspondiente a unos  $3.2^\circ$  de giro, o sea, la clotoide entera si  $A = R/3$ . (Véase [Figura 404.05g-b](#)).

**(c) Combinaciones Indeseables.**

No debe proyectarse curvas horizontales de radio mínimo, en correspondencia o próximas al punto más bajo de una curva vertical cóncava que enlace rasantes de pronunciadas pendientes descendentes, puesto que el incremento de velocidad que dichas rasantes generan incrementa los accidentes.

En carreteras unidireccionales, en las que las rasantes de una y otra calzada son distintas, no se deben variar sus posiciones relativas, ya sea en planta o elevación, si no es en tramos donde existan combinaciones de curvas horizontales y verticales.

No se debe recurrir a alineaciones en planta exageradamente amplias si ello fuerza pendientes longitudinales importantes durante tramos largos. Asimismo, lograr pendientes suaves mediante trazados sinuosos es francamente desaconsejable.

La sucesión de curvas verticales en tramos rectos o curvos, que permitan la visión del trazado como un tobogán, son antiestéticas y deben evitarse (Véase [Figuras 404.05g-c y d](#)).

**(d) Pérdidas de Trazado.**

Se entiende por pérdida de trazado la desaparición de la plataforma a la vista del conductor y su reaparición a una distancia que no es lo suficientemente grande como para hacer desaparecer el efecto psicológico adverso que tal situación produce. Este efecto psicológico es de incertidumbre y ha sido comprobado exhaustivamente en la práctica.

FIGURA 404.05g

SUPERPOSICIÓN DE PLANTA Y ELEVACIÓN EN EL DISEÑO ESPACIAL

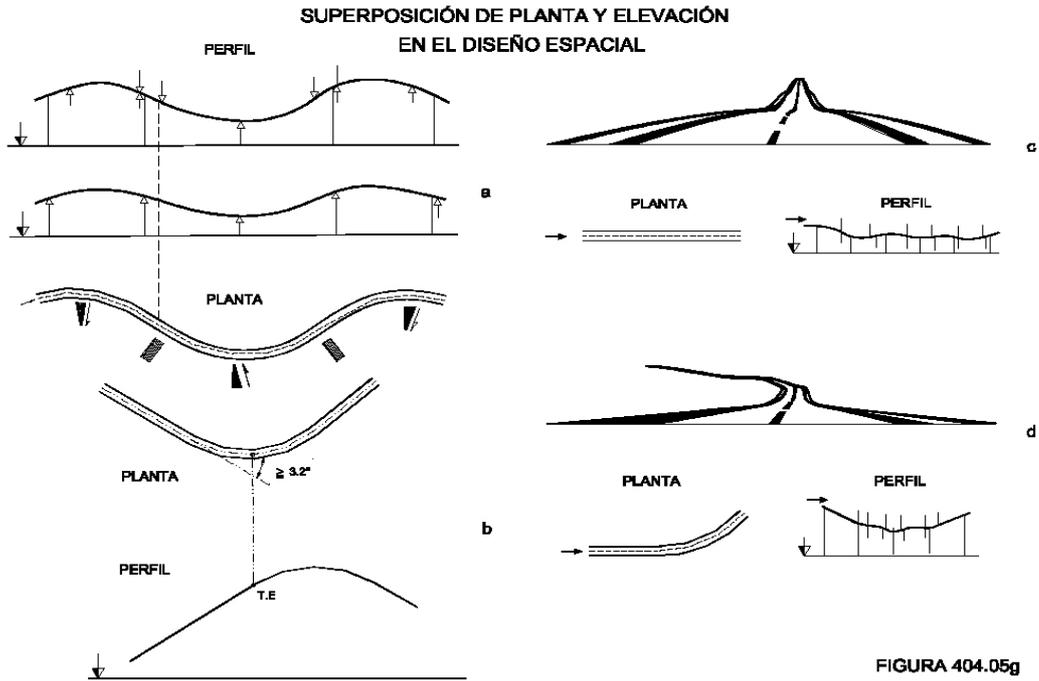


FIGURA 404.05g

En la [Figura 404.06g](#) se muestran varias situaciones de pérdida de trazado. En la figura a se tiene una pérdida de trazado en tangente; en b se observa el fenómeno en una curva amplia; en c el efecto es especialmente peligroso pues no se tiene distancia de visibilidad de adelantamiento; en d hay visibilidad de adelantamiento, pero la perspectiva de la vía hace difícil la evaluación de las distancias; en e y f se muestran casos extremos de pérdidas de trazado, en los que el conductor puede equivocarse francamente su apreciación del desarrollo del trazado y del tránsito contrario.

Este problema psicológico no existe cuando el conductor puede ver, frente a él y sin interrupciones, un tramo de carretera de longitud L que corresponda a la distancia a la que normalmente él fija su atención, que son las de la [Tabla 404.01g](#).

**TABLA 404.01g**  
**DISTANCIAS AL PUNTO DE ATENCIÓN**

V.D. (Km/h)	L (m)
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800

Esto no siempre es posible sin encarecer sustancialmente el proyecto. Cuando no se puedan tener distancias de visibilidad, se debe procurar por todos los medios que la carretera no aparezca a los ojos del conductor a distancias inferiores a las de la [Tabla 404.01g](#).

La comprobación de esto se hace gráficamente sobre los planos de planta y perfil. Muchas veces los problemas de reaparición se pueden solucionar mediante plantaciones estratégicamente ubicadas, a uno u otro lado del camino o en el separador central si lo hay. Estas soluciones son aceptables y baratas.

#### **404.02.07 INTERSECCIONES Y ESTRUCTURAS**

Las Intersecciones deben estar situadas en zonas de amplia visibilidad. Curvas verticales cóncavas son especialmente indicadas para esto (Véase [Figura 404.07g-a](#)).

Si esto no es posible para las dos vías que se cruzan o empalman, por lo menos debe serlo para la de mayor importancia.

Las plantaciones de árboles pueden advertir la presencia de una intersección, pero sus ubicaciones y tipos deben ser tales que no obstruyan las visibilidades.

La bifurcación entre dos carreteras de distinta importancia no debe hacerse de modo que puedan confundir al conductor ([Figura 404.07g-b](#)). Debe preferirse una salida que se produzca en un ángulo pronunciado a las salidas tangenciales; véase [Figura 404.07g-c](#)), donde se han dispuesto de modo distinto tanto el empalme como los árboles.

Por otra parte, las obras de arte deben incorporarse al trazado de una manera fluida y natural, así como éste debe ser compatible con la geometría del accidente topográfico que obliga la construcción de la estructura.

El efecto que se presenta en la [Figura 404.08g-a](#)), es tan indeseable como desgraciadamente frecuente. Las soluciones a estos problemas coinciden con lo mostrado en las [Figuras 404.04g-a\) y b\)](#).

En general, las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva, cuando ellas dificultan la visión del camino ([Figura 404.08g-b](#)). Es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca, como se parecía en la [Figura 404.08g-c](#)) en cuestión y en lo posible con una buena visibilidad previa ([Figura 404.08g-d](#)).

#### **404.03 EFECTOS DEL ENTORNO DE LA CARRETERA EN EL DISEÑO ESPACIAL.**

La forma y escala del espacio ambiental por el que discurre una carretera tienen influencia definida sobre los conductores.

Durante el día, todos los elementos laterales que ayuden al guiado óptico, tales como plantaciones, muros, barreras, postes-guía, etc., son favorables si ellos están a una distancia suficiente de la corona.

De noche, el espacio ambiental se reduce a lo que las luces, del auto o de la carretera, alcanzan. Entonces, un guiado óptico es aún más necesario.

En uno y otro caso, los elementos que el proyectista disponga deben ser estudiados desde el punto de vista de su efecto en perspectiva. Buen ejemplo de la necesidad de tales cuidados se muestra en la [Figura 404.09g](#), donde se observa el efecto de la inclinación de un muro de contención sobre la perspectiva del entorno del camino (muros con alturas superiores a un metro requieren inclinaciones suficientes en el lado interior de la curva).

**FIGURA 404.06g**  
**PERDIDAS DE TRAZADO**

PÉRDIDAS DE TRAZADO

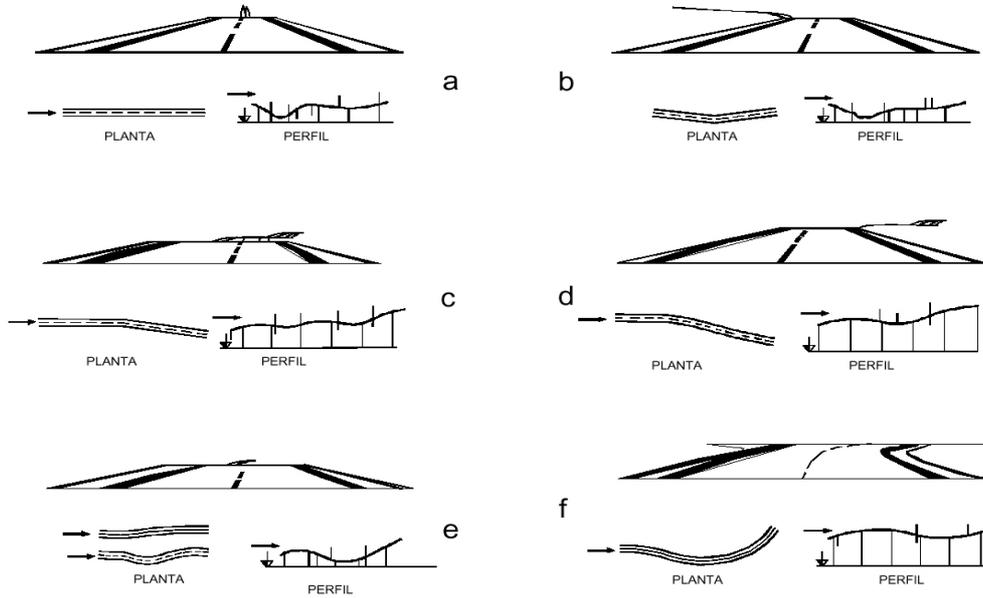


FIGURA 404.06g

**FIGURA 404.07g**  
**DISEÑO ESPACIAL EN INTERSECCIONES**

DISEÑO ESPACIAL EN INTERSECCIONES

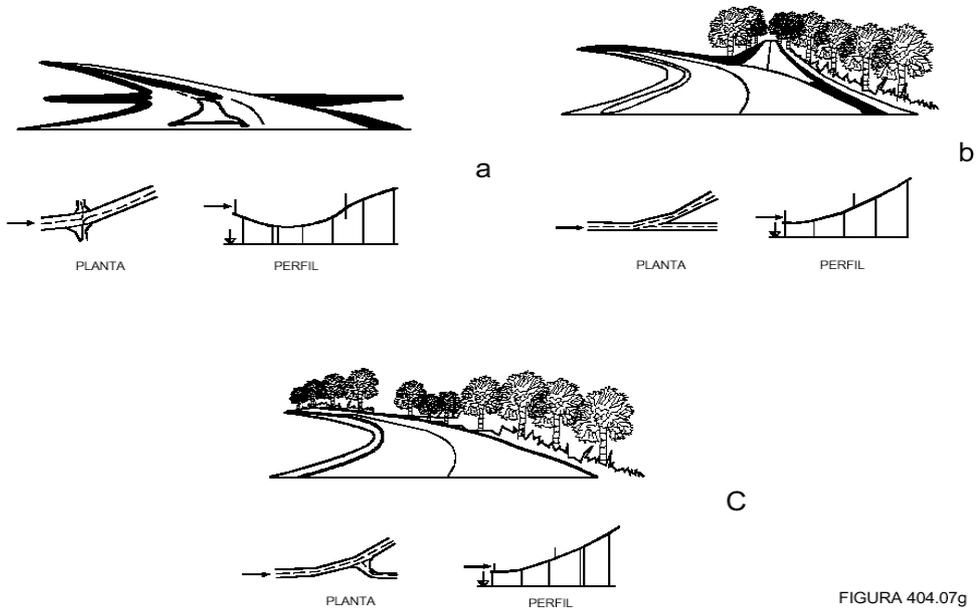


FIGURA 404.07g

**FIGURA 404.08g**  
**DISEÑO ESPACIAL EN ESTRUCTURAS**

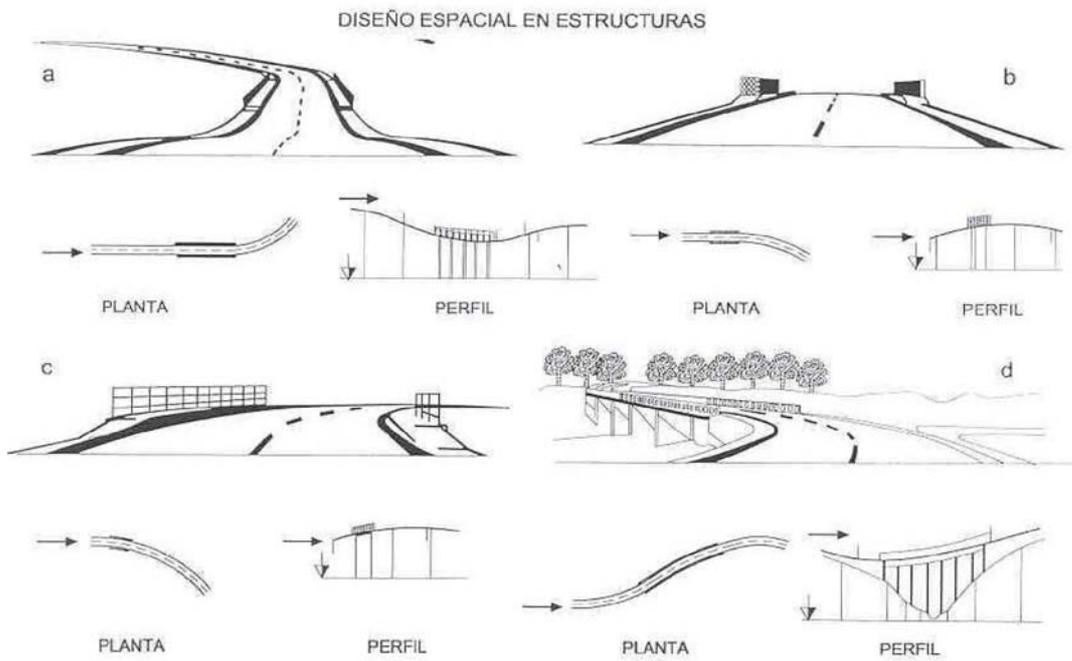
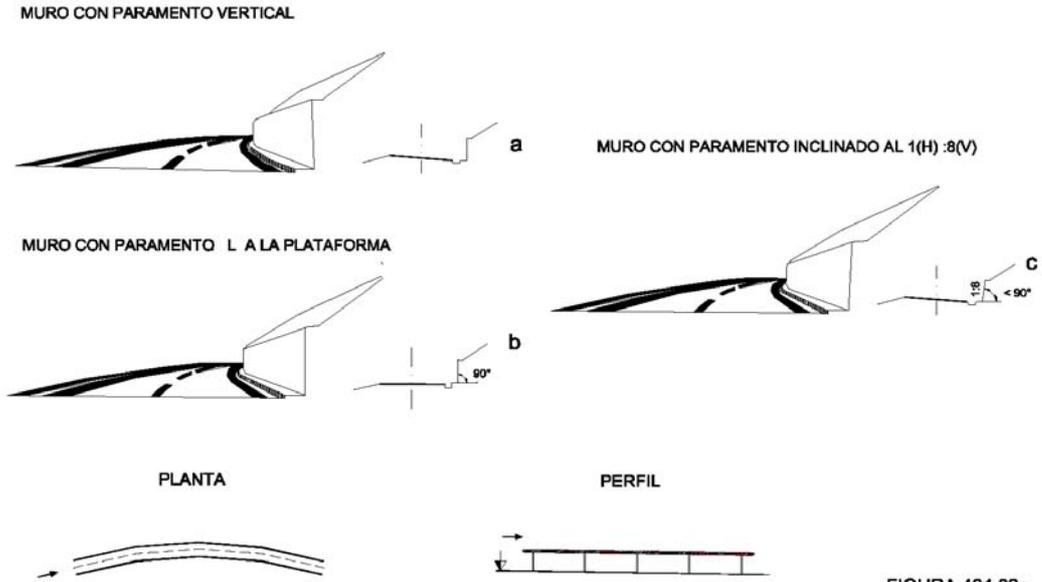


FIGURA 404.08g

**FIGURA 404.09g**  
**EFFECTOS DE ENTORNO DE LA CARRETERA: MUROS**

EFFECTOS DE ENTORNO DE LA CARRETERA: MUROS



## **Sección 405: Diseño Geométrico en Puentes**

El costo de una estructura es directamente proporcional al ancho de la vía que va sobre ella. De igual forma, el costo de una estructura sobre una vía aumentará con el cuadrado del ancho total de ésta, al ser necesario aumentar la luz libre, Por ello interesa ajustar estos anchos para limitar los costos de construcción, pero sin comprometer la seguridad ni la capacidad.

Como regla general, se debe conservar el ancho de la calzada. En las estructuras normales de luz no superior a unos 20 m, debería conservarse también el ancho de bermas. Pero en obras de características especiales por su longitud, luz o altura puede ser económicamente conveniente reducir el ancho de las bermas. Si el tráfico de peatones es muy escaso, no hay aceras y se disponen las barreras al borde de las bermas.

En caso contrario se debe disponer un paso para peatones (o para personal de mantenimiento), por medio de una acera separada de la berma por barreras y protegerla por una barandilla. En zonas urbanas se suele emplear secciones análogas a las de las calles

## **Sección 406: Diseño Geométrico en Túneles**

### **406.01 GENERALIDADES**

Los túneles importantes deben ser objeto de un estudio específico, en el que junto con el trazado se considerarán todos los aspectos relativos a la construcción, explotación y conservación del túnel.

El costo de un túnel es proporcional al cubo de su luz, por lo que las consideraciones en la reducción del ancho de la sección transversal (bermas fundamentalmente) tienen aún más relieve. En general en túneles de corta longitud, se estudiará la no disminución del ancho de las bermas. En el caso de túneles y obras de paso consecutivos y próximos deberá estudiarse la homogeneidad de la sección transversal.

### **406.02 SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR**

Fundamentado en el elevado costo de construcción la posibilidad de construir galerías de dos carriles bidireccional que a futuro se convertirán en doble galería unidireccional es recomendable, según el análisis de costo - beneficio que se debe realizar para la construcción de túneles.

### **406.03 ALINEAMIENTOS**

Como ya se ha mencionado en la normativa, si el problema constructivo de un túnel es delicado y costoso, más delicada se debe considerar su operación y es entonces cuando

aparecen algunas recomendaciones de carácter práctico que conducen a una operación no solamente segura, sino económica.

#### **406.03.01 Velocidad de Operación**

Para empezar, se debe buscar una velocidad de operación uniforme para todos los usuarios, que elimine las necesidades de realizar las maniobras de adelantamiento que no dejan de generar algún riesgo y que a la vez sea óptima desde el punto de vista del consumo de combustible.

No se debe olvidar que los requerimientos de ventilación forzada, que prácticamente duplican el costo por metro lineal con relación a un túnel que no la requiera, son función directa de la cantidad de aire viciado que se necesita evacuar de la galería y que esta cantidad depende de la velocidad de operación, de la presencia de vehículos pesados y de las pendientes longitudinales, entre otras causas.

Un rango de velocidades entre 70 y 90 Kilómetros por hora cumple perfectamente con estos requerimientos, pero en cada solución se debe establecer un valor preciso con la prohibición de efectuar la maniobra de adelantamiento en los túneles bidireccionales.

Dentro de esta normatividad se recomienda una velocidad de 80 Kilómetros por hora, con un diseño geométrico compatible con 100 Kilómetros por hora.

#### **406.03.02 Alineamientos y Ayudas**

Con relación a los alineamientos horizontales, ya se ha recomendado una velocidad de diseño de 100 Kilómetros por hora.

#### **406.04 ILUMINACIÓN**

La cantidad de iluminación requerida dentro de un túnel depende de la intensidad registrada en las inmediaciones del portal de entrada y de la capacidad del ojo del conductor para adaptarse a un nuevo nivel de intensidad luminosa, capacidad variable en los conductores de acuerdo a sus condiciones físicas, su edad, el cansancio, etc.

Mediante el empleo de medidores de intensidad instalados en las proximidades exteriores de los portales se puede controlar, manual o automáticamente, la intensidad en la zona de transición para propiciar una economía en el consumo de energía eléctrica.

#### **406.05 VENTILACIÓN**

La emisión de monóxido de carbono y de otros gases, producida por los motores de los vehículos obliga, para seguridad de los usuarios, a disponer de los equipos de ventilación necesarios para mantener el ambiente interior de la galería dentro de niveles tolerables que no generen ninguna clase de peligro para las personas.

Este nivel máximo tolerable de presencia de monóxido de carbono y otros gases dentro del túnel es una función del tiempo de exposición y por lo tanto de la velocidad con la que el usuario atraviese el túnel

## **CAPÍTULO 5**

### **DISEÑO GEOMETRICO DE INTERSECCIONES**

**Sección 501 : Intersecciones a Nivel**

**Sección 502 : Intersecciones a Desnivel**

## Sección 501 : Intersecciones a Nivel

### 501.01 GENERALIDADES

Una vez hechos los análisis descritos en el Capítulo 5 de la norma, procede elegir una solución tipo que se acomode a las características específicas del problema.

En los dos tópicos que siguen y que configuran la presente sección, primero se reseñan algunas formas de clasificación de Intersecciones, designándolas según una cierta nomenclatura, y luego se describen varios tipos de Intersecciones, que tratan el problema según diversos esquemas de funcionamiento.

#### 501.01.01 Denominación y Clasificación de Intersecciones.

Las Intersecciones a nivel tienen una inmensa posibilidad de variación, ya que no existen soluciones de aplicabilidad general.

No es práctico ni es posible presentar todas las variaciones existentes y, por lo tanto, se considerará suficiente presentar aquellos tipos necesarios para cubrir, en general, la vasta gama de posibilidades que puedan ocurrir.

Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto.

Tipos básicos de Intersección de acuerdo a esto, son:

Empalme en T		Angulos de Cruzamiento entre 60° y 120°.
	} de tres ramales {	
Empalme en Y		Angulos de Cruzamiento < 60° y >120°
Intersección en X		Algunos de los ángulos < 60°
	} de cuatro ramales {	
Intersección +		Angulo mínimo >60°

Intersección en estrella - de más de cuatro ramales.

Rotondas o Intersecciones Rotatorias.

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización. [Figura 501.01g](#).

En el caso de las normas para rotondas hay un factor decisivo agregado; es el deseo de prever flujo continuo en la Intersección. Esto se logra desplazando el cruce mediante tramos de dimensiones tales que permitan el flujo entrecruzado en torno a la isla principal. Las rotondas, por esta diferencia, se analizan en artículo aparte más adelante.

El tratamiento de una Intersección va desde los diseños más simples hasta alcanzar diseño cada vez más complejos, susceptibles estos últimos a variaciones y adaptaciones en cada caso. Se presentarán continuación en orden de complejidad creciente, analizando las condiciones que hacen deseable o posible cada tipo de Intersección.

### **501.01.02 Tipos de Intersección**

Tipos de Intersecciones según el tratamiento del problema.

La solución a los flujos en intersecciones, proporciona la siguiente clasificación:

- Intersecciones No Canalizadas
- Intersecciones Canalizadas

De esta última a su vez, se puede mencionar las intersecciones en estrella y las rotatorias.

### **501.02 CRITERIOS DE DISEÑO**

Se deben estudiar en principio, y tentativamente, varias alternativas para seleccionar una o más para un estudio más detallado.

En cualquier tipo de vía se debe procurar con el proyecto de una intersección una mayor seguridad, así como el mantener una velocidad adecuada en la vía principal. Para el efecto se deben seguir dos criterios o principios básicos:

- Sencillez
- Uniformidad

La Sencillez se logra cuando todos los movimientos permitidos son fáciles y evidentes y los prohibidos o no deseados sean difíciles o imposible de realizar. También cuando los esquemas funcionales siguen las trayectorias vehiculares naturales.

La uniformidad se pierde, por ejemplo, cuando en una serie de intersecciones con carril de espera para giro a la izquierda se intercala una intersección con una vía de enlace u oreja para la misma maniobra.

## FIGURA 501.01g

### TIPOS DE INTERSECCIONES

TIPOS BÁSICOS DE INTERSECCIONES  
EN CARRETERA

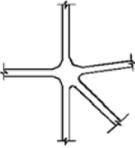
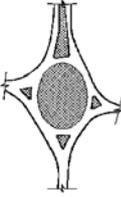
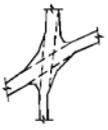
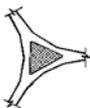
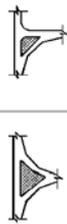
ESPECIALES	DE CUATRO RAMALES				DE TRES RAMALES			
	INTERSECCIÓN EN X		INTERSECCIÓN EN +		EMPALME EN Y		EMPALME EN T	
								
								
								
	CANALIZADA		CANALIZADA		CANALIZADA		CANALIZADA	

FIGURA 501. 01g

## **501.03 VISIBILIDAD DE CRUCE**

### **501.03.01 Triángulo de Visibilidad**

En una Intersección, la distancia de visibilidad no se refiere sólo al camino en que se desplaza el vehículo, sino que también se extiende en el sentido lateral, de manera que permita al conductor observar los vehículos que accedan al cruce coincidentemente con él.

### **501.03.02 Efecto del Esviaje del Cruce en el Triángulo de Visibilidad.**

Si dos carreteras se cruzan bajo un ángulo fuertemente oblicuo, inferior a  $60^\circ$ , algunos de los factores que determinan el cuadro de visibilidad, resultan modificados.

En la intersección esviada de la [Figura 501.02](#), se muestra como varía la condición de los triángulos de visibilidad para las correspondientes distancias  $d_a$  y  $d_b$  medidas a lo largo de las carreteras.

En el cuadrante que presenta ángulo obtuso, el ángulo que forma la línea límite de visibilidad con la trayectoria del vehículo es pequeño, lo que permite al conductor la total visibilidad a través del triángulo con un pequeño movimiento de cabeza. Por el contrario en el cuadrante que presente ángulo agudo el conductor debe hacer un esfuerzo considerable para dominar la totalidad de la zona.

## **501.04 INTERSECCIONES SIN CANALIZAR.**

Los radios mínimos que se indican en la Tabla 501.02 están referidos al borde inferior del pavimento en la curva y están diseñados para las siguientes condiciones de operación:

- Velocidad de giro hasta 15 Km/hora.
- Inscripción en la curva sin desplazamiento a los carriles vecinos tanto en la entrada como en la salida.
- Distancia mínima de las ruedas interiores al borde del pavimento de 0,30 m, a lo largo de la trayectoria.

### **Intersección no Canalizada, Simple**

El tratamiento mínimo que se puede dar a la intersección de carreteras de dos o más carriles es la de pavimentación completa de toda la superficie de cruzamiento. Se entiende por esto la pavimentación de los accesos a la Intersección y de los ensanches para permitir los radios mínimos de giro del vehículo elegido en el diseño.

La pendiente de la superficie de cruzamiento debe ser razonablemente uniforme. No se debe introducir cambios de pendiente en la zona de cruzamiento, que dificulten las

maniobras del conductor en momentos críticos. Por tanto, no se aconseja respetar los bombeos de ninguna de las carreteras que acceden cuando éstos son pronunciados.

Las pendientes generalmente se calculan por condiciones de drenaje superficial.

Los anchos normales del pavimento de los caminos se mantienen, y se agrega sólo lo necesario para las zonas de giro. El tipo de Intersección no canalizada simple se recomienda para caminos locales o de poca importancia, se puede aceptar también para caminos de dos carriles con bajo tránsito en zonas rurales. En zonas urbanas y suburbanas se pueden aceptar volúmenes mayores de tránsito.

Este tratamiento no permite ángulos de intersección muy agudos y debe, por tanto, respetarse el principio de perpendicularidad de las trayectorias que se cortan. Las [Figuras 501.02g-a\) y b\)](#), ilustran un empalme y un cruzamiento sencillos. El ángulo de cruzamiento puede variar dentro de rangos aceptables ( $60^\circ$  a  $120^\circ$ ) sin variar el concepto. La [Figura 501.03g](#) ilustra criterios para obtener cruces perpendiculares en Intersecciones, muy esviadas.

### **Ensanches de la Sección de los Accesos al cruce**

Cuando las velocidades de diseño de los caminos en cuestión sean elevadas, o cuando el número de movimientos de giro sea suficiente para crear problemas al tránsito directo y a la vez no exista espacio o presupuesto suficiente para recurrir a una canalización de la Intersección (véase tópicos siguientes), se puede recurrir al ensanche de los caminos en la zona de cruzamiento.

Esta forma de diseño produce el efecto de aumentar la capacidad de cruce, a la vez que separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo.

Dependiendo de la variación entre los volúmenes actuantes en el cruce puede variarse la disposición del ensanche, obteniéndose con ello el efecto deseado.

La [Figura 501.04g](#) ilustra las distintas posiciones en que se puede agregar un carril a la carretera principal, según la necesidad impuesta por los flujos con volúmenes mayoritarios.

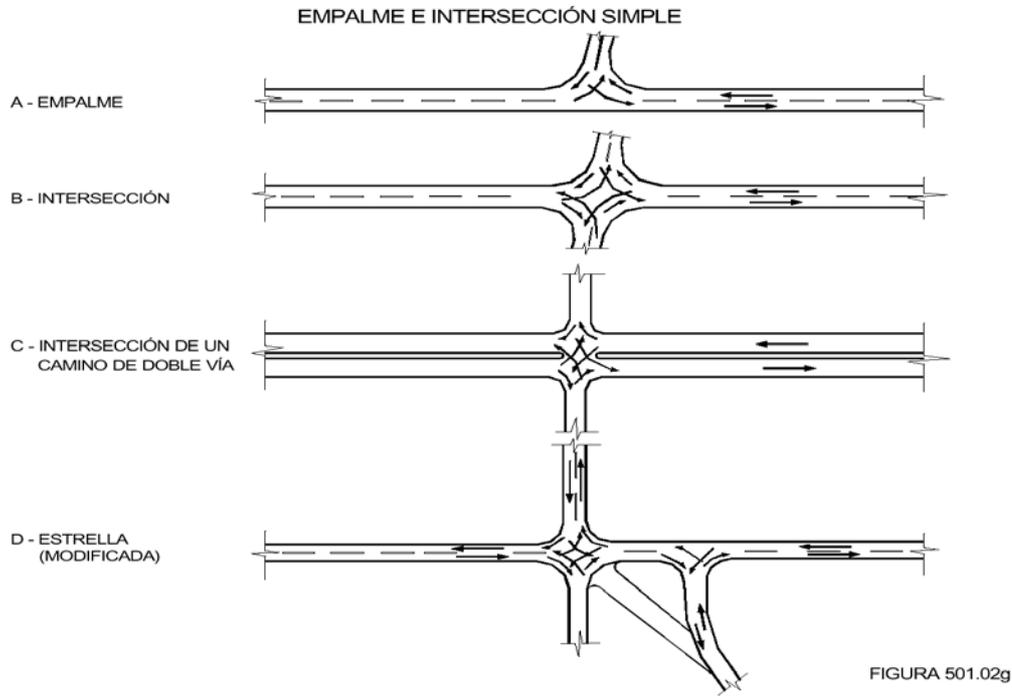
Se analizarán tres casos distintos:

- Existe un volumen de giros a la derecha considerable desde la carretera principal a la que empalma y viceversa. Los movimientos de giro a la izquierda son minoritarios ([Figura 501.04g-a](#)). Se dispone un carril de deceleración en su sector de llegada al empalme.
- Los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan un volumen importante y los giros a la derecha desde este mismo son

despreciables ([Figura 501.04g-b](#)). Se dispone un carril auxiliar en el camino principal, opuesto al camino interceptado. Este carril permite, a los vehículos que continúan directo por el camino principal, proseguir sin interferencias con los vehículos que esperan para girar a la izquierda en el camino que empalma.

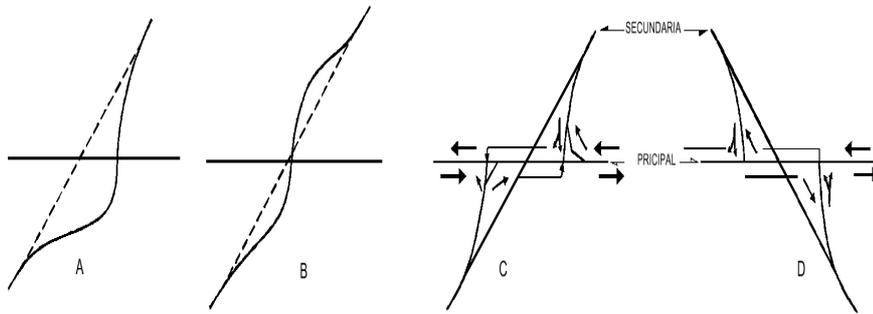
Figura 501.02g

**EMPALME E INTERSECCION SIMPLE**



**FIGURA 501.03g**  
**CONVERSIÓN DE UNA X EN CRUZ O DOS**

CONVERSION DE UNA X EN CRUZ O DOS T



CASO C

Los vehículos de la Carretera Secundaria deben esperar en la Principal para virar a la izquierda

(No recomendable)

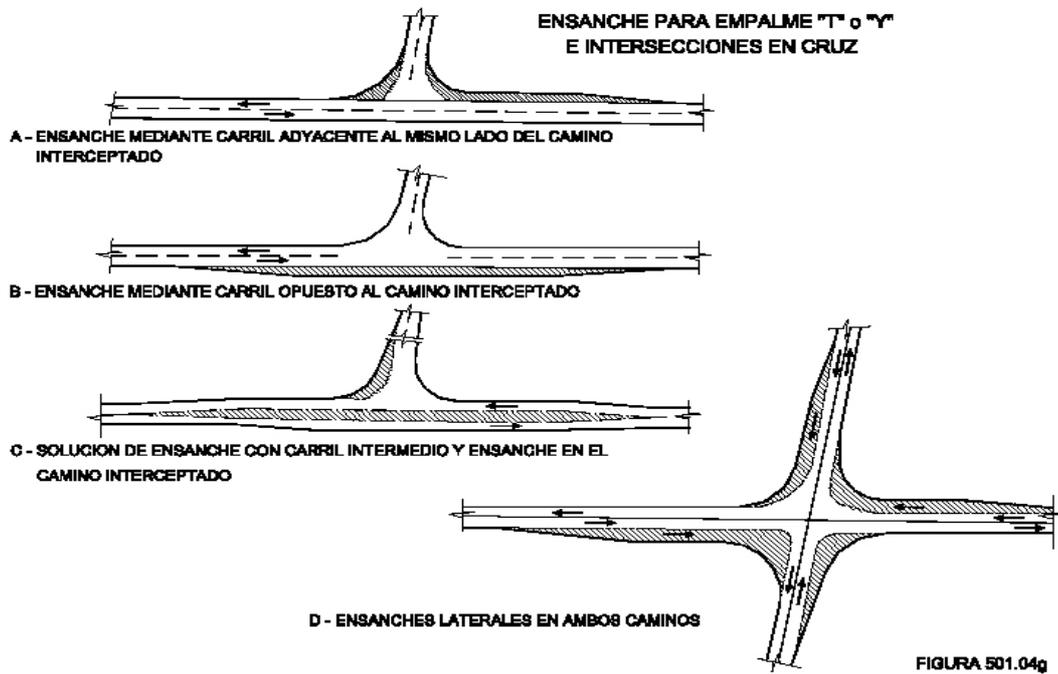
CASO D

Los vehículos de la Secundaria pueden esperar en la Secundaria para virar a la izquierda.

FIGURA 501.03g

T

**FIGURA 501.04g**  
**ENSANCHE PARA EMPALME "T" o "Y"**



- Los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan un volumen importante y el volumen de giros del camino interceptado hacia la izquierda también es considerable (figura 501.04g-c). Similar al anterior pero con el carril auxiliar de ensanche al centro, mediante una separación de los carriles directos. Tiene el mismo efecto que el anterior pero más marcado y, además, facilita el giro a la izquierda desde el camino interceptado, no así el giro hacia la derecha desde éste.
- Cuando el volumen de movimientos de giro lo justifica, se deben ensanchar los accesos a la intersección como lo indica en forma general la figura 501.04g-d. Esto da a la Intersección una capacidad adicional tanto para los movimientos de giro como para el tránsito directo.

Un carril auxiliar adicional en la zona de Intersección a cada lado de la calzada normal permite a los vehículos de tránsito directo adelantar a los vehículos que se preparan para maniobras de giro.

El ensanche se puede lograr mediante carriles auxiliares, como se muestra en la [Figura 501.04g-d](#). Sus longitudes serán las correspondientes a las de las [Figuras 501.07](#) y [501.08](#), pero nunca inferiores a 100 metros como mínimo.

Se puede aumentar la seguridad en la zona de cruzamiento de una Intersección ensanchada, no canalizada, mediante el uso de pintura de pavimento o resaltos. La [Figura 501.14g](#) muestra una Intersección ensanchada en la que se separan los carriles en distinto sentido mediante demarcación en el pavimento. En el ejemplo recién citado, el ensanche se ha delineado en tal forma como para permitir la separación de los flujos. Además, ha provisto una zona protegida para los virajes a la izquierda en el acceso mismo al cruce.

La demarcación en el pavimento debe desarrollarse gradualmente con su vértice en el comienzo del ensanche, y con un ancho en su punto máximo de 4 metros, por lo menos. El ensanche debe permitir carriles con un ancho libre al menos un metro superior a los carriles de la carretera en sección normal de aproximación.

La demarcación en el pavimento no es tan efectiva como las islas delineadoras, pero tienen la ventaja sobre ellas de no ser tan peligrosas en caminos con velocidades altas.

Se recomiendan para Intersecciones de carreteras de 2 carriles, con alta velocidad de diseño, en zonas rurales donde las Intersección no son

frecuentes y los cruces a la izquierda son especialmente peligrosos.

#### **501.05 INTERSECCIONES CANALIZADAS.**

Cuando el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande por las imposiciones del diseño, los conductores no saben a ciencia cierta cuál es la trayectoria que les corresponde para no invadir las zonas destinadas a otros movimientos.

A medida que se permiten velocidades de giro mayores que los 15 Km/hora antes mencionados, el área común aumenta, agudizándose el problema.

Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar.

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son:

- La alineación del borde inferior del pavimento.
- El ancho del carril de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de Canalización.

La compatibilización de estos tres controles de diseño obligan por lo general a usar curvas algo mayores que los mínimos requeridos por el radio de vehículos tipo. Lo antes expuesto tiene como consecuencia brindar soluciones algo más holgadas que las mínimas correspondientes al caso sin canalizar.

Las islas de canalización deben tener formas especiales y ciertas dimensiones mínimas que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad.

Estos elementos de diseño se encuentran en el [Tópico 501.10](#).

Los empalmes y las intersecciones que tienen una gran superficie pavimentada, como son por ejemplo aquellas que tienen radios de giros amplios o un esviaje fuerte, permiten movimientos peligrosos e inducen a confusión a los conductores. En estas Intersecciones se hace difícil el control de las maniobras de cruzamiento o intercambio, y los peatones tienen que cruzar largas zonas sin protección. Por último, estas soluciones no son económicas ya que exigen pavimentar grandes superficies que no se utilizan.

Todos estos conflictos se pueden reducir en intensidad y en extensión utilizando diseños que incluyan islas que restrinja la circulación a los trayectos más apropiados dentro de la zona de cruzamiento. Se dirá que un empalme o una Intersección están canalizados

vehículos tipo. Lo antes expuesto tiene como consecuencia brindar soluciones algo más holgadas que las mínimas correspondientes al caso sin canalizar.

Las islas de canalización deben tener formas especiales y ciertas dimensiones mínimas que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad. Estos elementos de diseño se encuentran en el [Tópico 501.10](#).

Los empalmes y las intersecciones que tienen una gran superficie pavimentada, como son por ejemplo aquéllas que tienen radios de giros amplios o un esviaje fuerte, permiten movimientos peligrosos e inducen a confusión a los conductores. En estas Intersecciones se hace difícil el control de las maniobras de cruzamiento o intercambio, y los peatones tienen que cruzar largas zonas sin protección. Por último, estas soluciones no son económicas ya que exigen pavimentar grandes superficies que no se utilizan.

Todos estos conflictos se pueden reducir en intensidad y en extensión utilizando diseños que incluyan islas que restrinja la circulación a los trayectos más apropiados dentro de la zona de cruzamiento. Se dirá que un empalme o una Intersección están canalizados, cuando las corrientes de tránsito que en ellas circulen estén independizadas en trayectorias convenientes, definidas mediante el empleo de islas.

Cuando se desea diseñar una curva en una intersección, para velocidades de diseño mayores que los 15 Km/hora correspondientes al caso mínimo, puede procederse en forma similar al caso de carretera en campo abierto. Existen algunas variantes que se indican a continuación.

En el diseño de curvas en Intersecciones se pueden usar coeficientes de fricción lateral algo mayores que los usados en carreteras. Esta afirmación es válida para velocidades de diseño de hasta 65 KPH; para velocidades mayores se utilizarán coeficientes de fricción lateral iguales, tanto en curvas de intersecciones como de carreteras.

La geometría recomendable resulta de aplicar un radio de curvatura lo más amplio que sea económicamente posible y asignarle la Velocidad de Diseño y el peralte que permita la [Figura 501.04](#), que resulta de imponer la condición que  $t = 3p$  en la ecuación del Radio Mínimo ([Tópico 402.04](#))

- **Canalización de Empalmes, Islas Divisorias y Vías de Giro.**

Las islas se usan, generalmente, en el camino interceptado en empalmes importantes, o bien, en empalmes menores cuando el esviaje es pronunciado. En los puntos en que se justifican radios mayores a los mínimos, se debe diseñar vías independientes de giro a la derecha.

Se diseña un carril de giro cuando el volumen de virajes en un cuadrante es considerable o cuando el ángulo de giro es muy agudo debido al esviaje del cruce. La [Figura 501.05q-a](#) muestra un carril de giro a la derecha desde el camino de paso, obtenido mediante el diseño de una isla triangular.

La [Figura 501.05q-b](#) muestra un empalme en que las velocidades y el volumen de virajes justifican carriles independientes de giro a la derecha, hacia y desde el camino que intercepta, con radios mayores que los mínimos. Esta forma de diseño no mejora los giros a la izquierda, e incluso debe diseñarse de manera que las islas no permitan a los vehículos del camino principal entrar por el carril de giro que no corresponde. En caminos de dos carriles en que se justifican los carriles independientes de giro, también suele justificarse un ensanche en el camino directo como se describió en el párrafo anterior [Figura 501.04g](#).

Otra forma de lograr la canalización en el camino interceptado es mediante una isla divisoria como la indicada en la [Figura 501.05q-c](#). El espacio necesario para la ubicación de esta isla se obtiene ensanchando gradualmente el camino, y usando radios de giro mayores que los mínimos en el viraje a la derecha. El término de la isla se diseña a 2 ó 3 m del borde del pavimento del camino directo, para dar cabida a los movimientos de giro a la izquierda.

En carreteras de dos carriles con volúmenes de tránsito alto, se aconseja diseñar carriles separados para cada uno de las corrientes importantes. En la [Figura 501.05 q-d](#)), esto se ha conseguido mediante el empleo de dos islas (canalizadoras) y una isla divisoria en el camino directo. Un diseño como éste se calcula para volúmenes grandes de tránsito, con volúmenes horarios de punta sobrepasando los 500 vehículos. La posición y formas de la isla puede variar en cada diseño de acuerdo a las conveniencias en cada caso.

Cuando los caminos se encuentran en ángulos agudos formando un empalme neto en Y, el riesgo de encuentros de frente se disminuye canalizando los movimientos como se indica en la [Figura 501.06 q-a](#)). La vía e-f que allí se muestra queda subordinada a las direcciones más importantes. Los ángulos de encuentros para el tránsito en esta vía quedan aproximadamente rectos. Este diseño exige una separación explícita de las corrientes en e-f como ahí se muestra. La isla debe hacerse lo mayor posible, entre 35 y 50 metros y si el

Cuando se empalma un camino de una calzada con un camino de calzadas separadas, el empalme, si es esviado, puede tomar la forma que se indica en la

**FIGURA 501.05g**  
**EMPALME CANALIZADOS VALIDOS PARA TIPO "X" o "Y"**

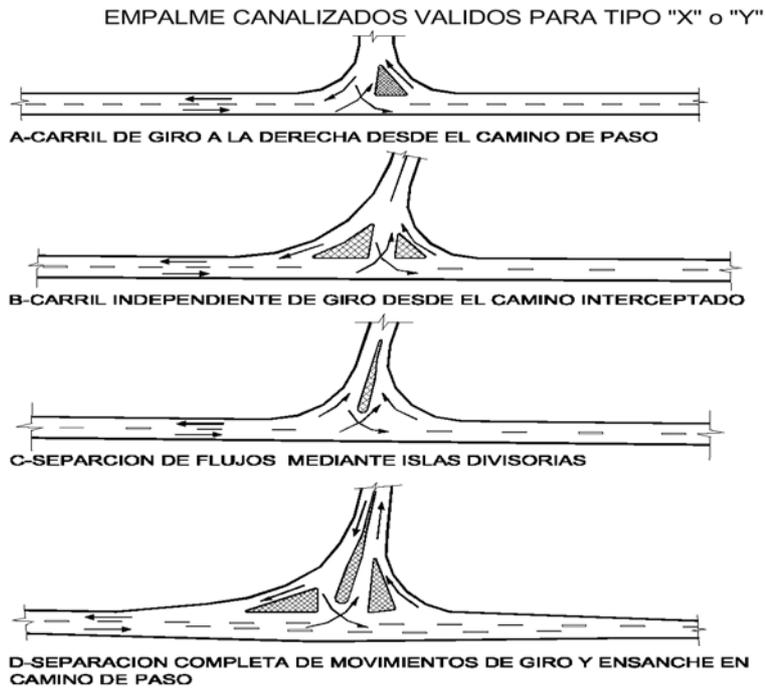
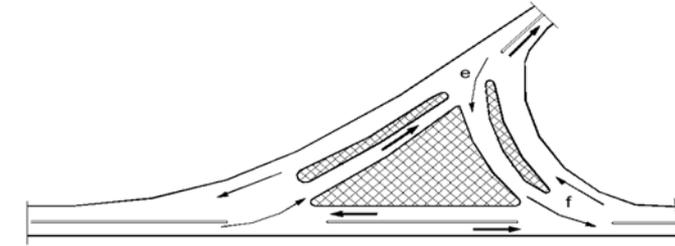


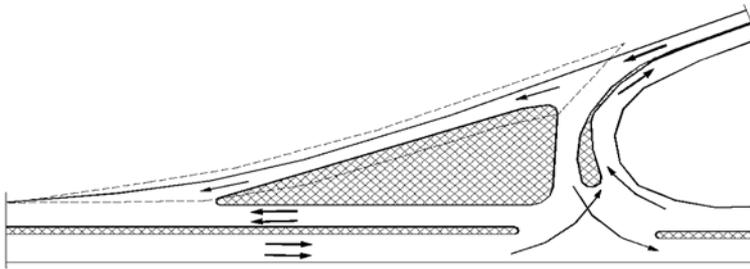
FIGURA 501.05g

**FIGURA 501.06g**  
**EMPALME CANALIZADOS EN "Y"**

EMPALMES CANALIZADOS EN "Y"



A-CARRILES DE GIRO BIDIRECCIONALES , CAMINO DE PASO DE SIMPLE VIA



B-SEPARACIÓN DE CARRILES DE GIRO VÁLIDA CUANDO EL CAMINO DE PASO TIENE DOBLE VIA

NOTA:  
ESTE TIPO DE SOLUCIÓN IMPLICA ISLAS TRIANGULARES DE GRANDES  
DIMENSIONES LADO MÍNIMO 30 A 50 METROS.

FIGURA 501.06g

**FIGURA 501.07g**  
**EMPALME CANALIZADOS DE ALTO COSTO**

**EMPALMES CANALIZADOS DE ALTO COSTO**

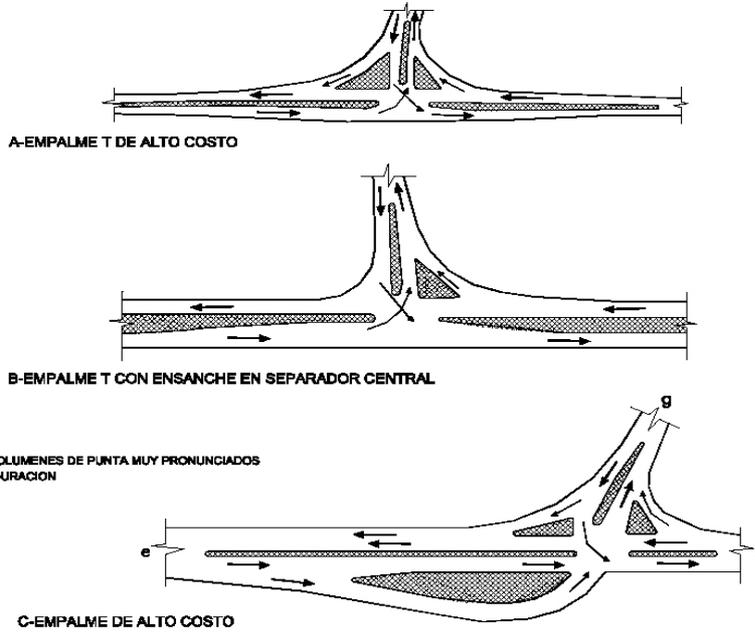
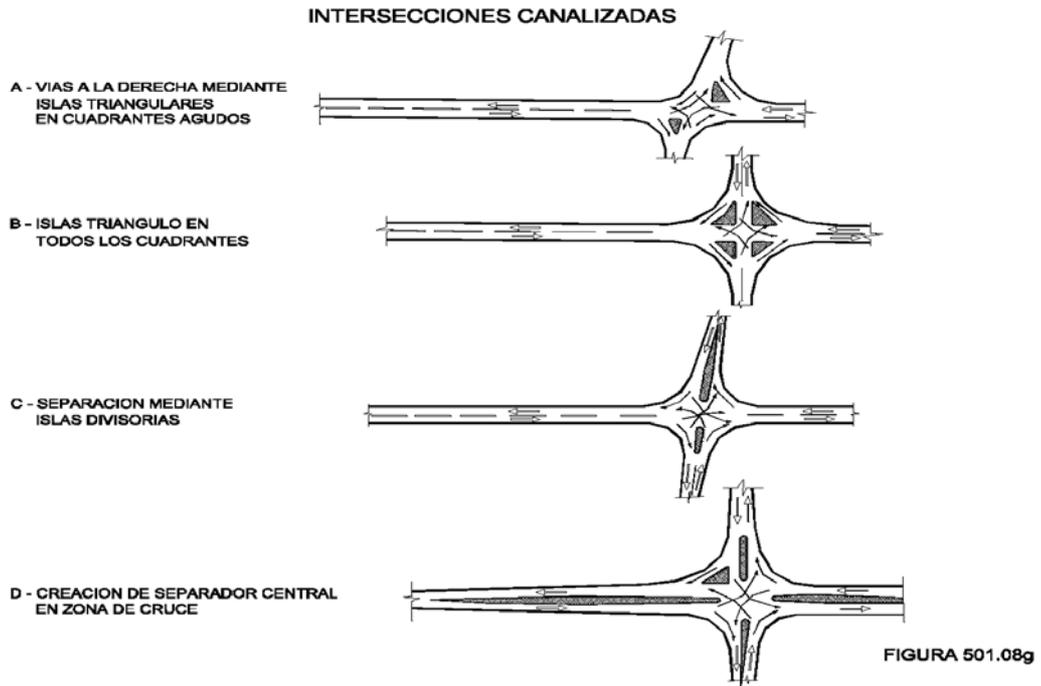


FIGURA 501.07g

**FIGURA 501.08g**  
**INTERSECCIONES CANALIZADAS**



**FIGURA 501.09g**  
**INTERSECCIONES CON IMPORTANTES GIROS A LA IZQUIERDA EN UN CUADRANTE**

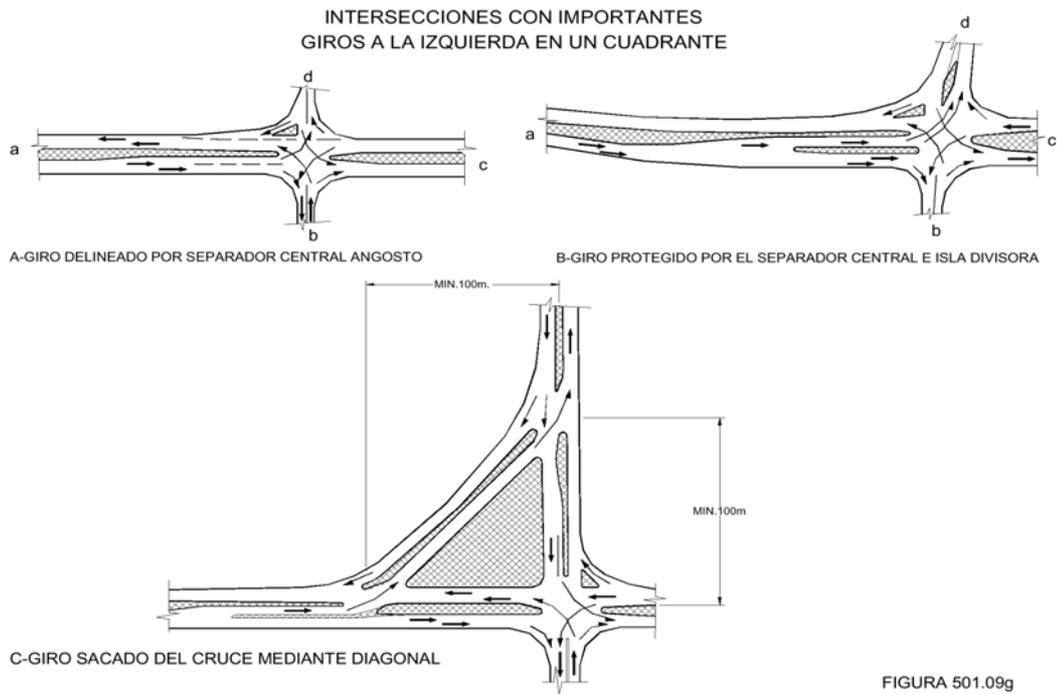


FIGURA 501.09g

**FIGURA 501.10g**  
**INTERSECCIÓN EN CRUZ CON CARRILES DE ESPERA EN**  
**SEPARADOR CENTRAL DE LAS DOS VIAS**

INTERSECCIÓN EN CRUZ CON CARRILES DE ESPERA EN  
SEPARADOR CENTRAL DE LAS DOS VIAS (CANALIZACIÓN COMPLETA)

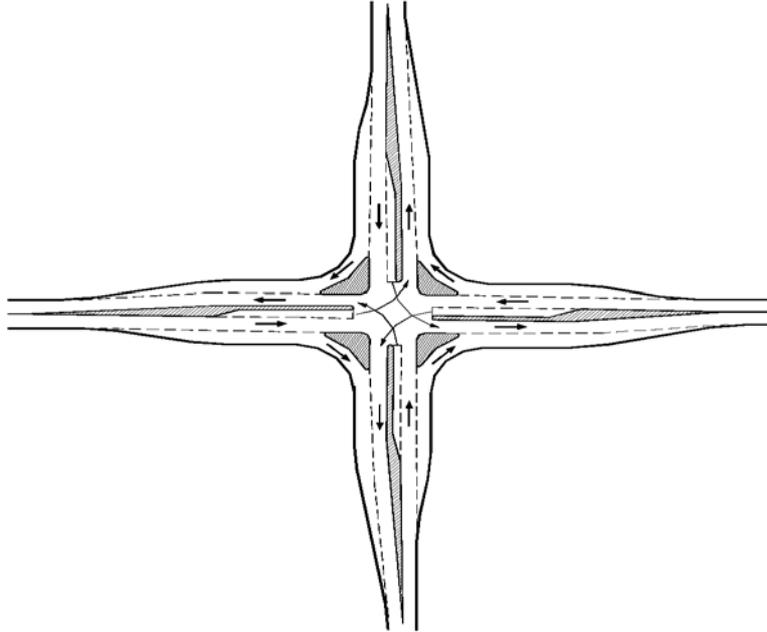


FIGURA 501.10g

**FIGURA 501.11g**  
**INTERSECCIONES CON MODIFICACIÓN DEL TRAZADO**

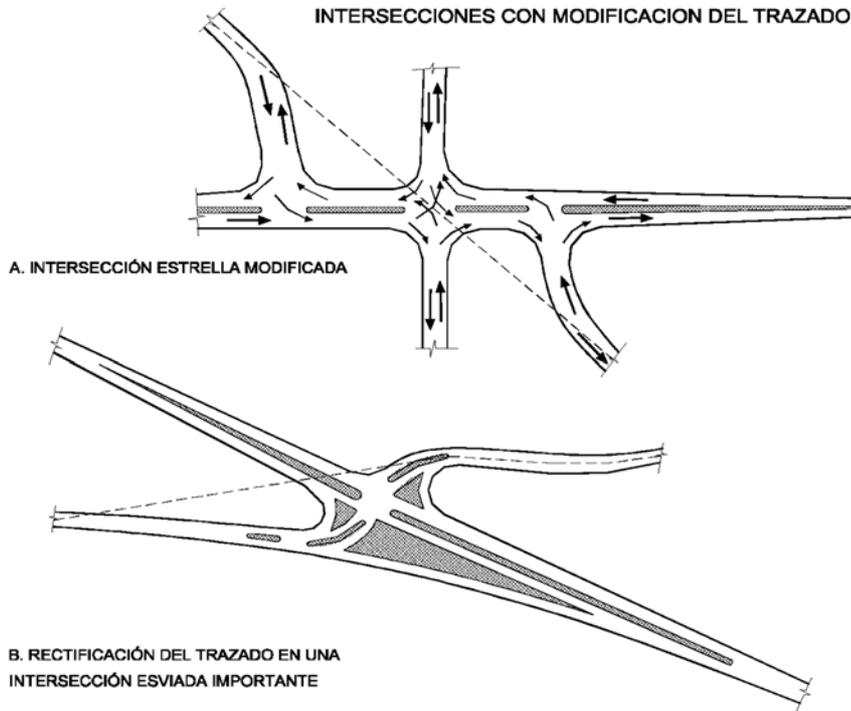


FIGURA 501.11g

- **Canalización de Intersecciones**

Los principios generales de diseño, el uso de pavimento auxiliar, así como la disposición de islas y el análisis hecho para empalmes, es válido para Intersecciones.

En las Intersecciones con volúmenes de tránsito de alguna importancia, se prevén carriles independientes para los giros a la derecha ([Figura 501.08g-a](#)). Estos carriles auxiliares permiten circunscribirse mejor a los vehículos largos en las curvas de radios mínimos o pequeños. Cuando el ángulo de giro en la Intersección es muy superior a  $90^\circ$ , la canalización permite reducir considerablemente la zona pavimentada.

Cuando el espacio lo permite y los movimientos de giro son importantes se puede diseñar carriles de giro en los cuatro cuadrantes. Sólo si los volúmenes son bajos y los movimientos de giro no son muy importantes, se recomienda este diseño con secciones de dos carriles. Si los volúmenes lo requieren debe recurrirse a ensanchar la zona de cruzamiento. Incluso se debe introducir, en caminos de calzada simple, un separador central en la zona de la Intersección para separar los flujos de tránsito de paso, como indica la [Figura 501.08g-d](#). En este diseño, el vértice del separador queda ubicado en el punto donde comienza el ensanche de dos a cuatro carriles. El diseño del camino intersectado es independiente de este separador y puede tomar diferentes formas. En el que se presenta en la figura se ha dado mayor importancia al giro a la derecha desde c.

En la [Figura 501.09g](#) se pueden ver diseños en que se individualizan en forma cada vez más notoria las corrientes del flujo principal. En la [Figura A](#) el giro a la izquierda desde a a d se hace desde un carril conseguido en el separador. En la [Figura B](#) se ha materializado el refugio con una isla separadora en la zona del separador que se ha angostado en el acceso al cruce.

En la [Figura C](#) se presenta una solución para una Intersección con fuerte tráfico de paso en ambas carreteras y alto volumen de giros a la izquierda en un cuadrante. Se crea dos nuevas intersecciones, las cuales deben distar de la inicial un mínimo de 100 metros.

En la figura 501.10g se muestra una intersección en cruz con canalización completa con ensanche para los giros a la derecha e izquierda, usado cuando la intensidad de los giros lo exige.

- **Intersecciones en Estrella**

Las Intersecciones en estrella se deben evitar siempre que sea posible. Cuando no se pueda, se debe recurrir a cambios de alineación en los accesos al cruce para sacar los movimientos conflictivos de la intersección principal. Se crean así Intersecciones subordinadas, las que tienen menos movimientos permitidos.

Se debe cuidar principalmente que las distancias entre el cruce principal y las Intersecciones subsidiarias sean suficientemente amplias como para no constituir problemas de visibilidad. Estos casos debe diseñarse para ser operados a velocidades bajas, no superiores a 50 (Km/Hr).

Las [Figuras 501.11g-a\) y b\)](#), muestran en forma esquemática la disposición de islas y canales que facilitan la regulación del cruce.

En esta misma lámina se muestra una Intersección de dos caminos importantes en que el esviaje del cruce hace necesaria una rectificación del trazado del camino secundario respecto del otro. Se han provisto vías de giro especiales para atender el volumen también importante de giros.

## **501.06 CURVAS DE TRANSICIÓN**

### **501.06.01 Generalidades**

En el caso de un ramal de Intersección empalmado con un carril de Velocidad Directriz. muy superior, el aumento brusco de la fuerza centrífuga, al pasar de la alineación amplia a la curva del ramal, aconseja intercalar curvas de transición que pueden ser clotoides o curvas circulares de mayor radio según el caso.

### **501.06.02 Uso de Clotoides.**

Pueden usarse intercaladas entre la alineación recta y la curva o como tramo intermedio entre la curva de radio mínimo correspondiente a la velocidad de diseño y una curva circular de radio mucho mayor que el mínimo, tangente a la alineación recta.

### **501.06.03 Curvas Compuestas.**

Al usar curvas circulares compuestas, enlazadas directamente entre sí, debe cuidarse que la relación del radio de curvatura menor al mayor no sea superior a 2.0. En caso contrario resulta un punto de discontinuidad demasiado evidente y la curva de radio mayor no cumple en buena forma el papel de curva de transición. Siempre que sea posible esta relación entre los radios se mantendrá del orden de 1.75 (Estas relaciones no son válidas para trazados mínimos en los que el diseño está determinado por

exigencias de espacios mínimos para efectuar la curva, a velocidades inferiores a 15 Km/hora).

El desarrollo de la curva circular de transición deberá tener ciertos mínimos pues de lo contrario no cumple con la función que se persigue.

## **501.07 RAMALES DE GIRO**

### **501.07.01 Generalidades**

Los criterios de diseño dependen fundamentalmente de dos factores: Importancia de la intersección y disponibilidad de espacio para diseñar una solución óptima. En los casos en que la intersección sea de poca importancia, escaso tránsito, o que el espacio disponible esté limitado y el costo de expropiación sea prohibitivo, el diseño responderá a los mínimos admisibles de acuerdo al radio mínimo de giro del vehículo tipo seleccionado, circulando a velocidades de 15 Km/hr o menores.

Cuando la importancia de la intersección así lo exija y el problema expropiación no constituya una limitante, el diseño estará controlado por la velocidad de operación que se desee obtener en los diversos elementos del cruce y, por tanto, serán en general aplicables las normas utilizadas en caminos en campo abierto.

## **501.08 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD**

### **501.08.01 Generalidades**

Cuando un conductor va a hacer un giro de una Intersección, debe modificar su velocidad. Si se propone pasar de una carretera a un ramal de giro, deberá disminuirla para adecuarla a las inferiores condiciones geométricas de este último, y si pretende acceder a una de las carreteras, proveniente de un ramal de giro, deberá aumentarla para hacerla compatible con las condiciones de flujo de aquélla.

Para que estas operaciones, inherentes a toda Intersección, se desarrollen con un mínimo de perturbaciones, se pueden diseñar carriles de cambio de velocidad. Estos son carriles auxiliares, sensiblemente paralelos a las carreteras desde las cuales se pretende salir, o a las cuales se pretende entrar, y que permiten acomodar la velocidad según las conveniencias expuestas.

Según sus funciones, éstos reciben el nombre de Carriles de Aceleración o Carriles de Deceleración.

A pesar de estas características en común, es necesario abordar el tratamiento de unas y otras con enfoques teóricos distintos, puesto que la conducta del usuario, que es más o menos previsible para el caso de un carril de deceleración, lo es menos para uno de aceleración, al requerir esta última una maniobra más compleja y peligrosa, y al estar dicha maniobra condicionada por las eventualidades del tránsito en la carretera.

En el caso de los carriles de aceleración, existen criterios diferentes en los EE.UU. y en algunos países europeos. AASHTO calcula sus longitudes partiendo del supuesto que el vehículo debe acelerar desde la velocidad de circulación del ramal hasta las proximidades de la velocidad de circulación de la carretera. En Alemania y Suiza, en cambio, se pone énfasis en las características circunstanciales de la maniobra; esto es, se contempla que el conductor puede acelerar, si las condiciones del flujo se lo permiten, o disminuirla si percibe dificultades para ingresar a la carretera.

Este último criterio hace que para velocidades bajas de diseño los carriles de aceleración sean mayores que los calculados por AASHTO, al considerarse necesario agregar una zona de maniobra a la longitud prevista para aumentar la velocidad. Pero, por otra parte, limita la longitud a valores máximos bastantes inferiores que los prescritos por AASHTO, para velocidades altas. Considera que puede ser peligroso dar la posibilidad de acelerar hasta ellas, si el ingreso depende más bien de las posibilidades de espacio en la carretera, y que si hay tal espacio, no es indispensable que el vehículo ingrese a la carretera a velocidades elevadas.

Por lo anteriormente expuesto, en este Manual se decidió adoptar, para carreteras con Velocidad de Diseño  $\geq 80$  Kph el criterio europeo antes mencionado, el cual, al considerar velocidades de incorporación al flujo menores que las prescritas por AASHTO, permite una maniobra más controlada y segura por parte de los usuarios, a la vez que redundando en un proyecto más económico.

Para velocidades de diseño  $\leq 70$  Kph rara vez la categoría del camino requerirá de carriles de aceleración y en todo caso se trata de velocidades suficientemente bajas como para adoptar los valores que resultan del criterio AASHTO, manteniendo un grado de seguridad adecuado si se considera que los conductores que se incorporan al flujo manejan en un estado de atención que reduce los tiempos de percepción y reacción a valores inferiores a los considerados para el caso de carretera propiamente tal. Por lo anterior, si la densidad de flujo no permite la incorporación, el conductor siempre podrá optar por la detención.

En carreteras bidireccionales de dos carriles la experiencia internacional indica que los carriles de aceleración no son aconsejables pues inducen situaciones peligrosas que contrarrestan las ventajas que se pretende obtener. Por tanto, en este caso los ramales de la Intersección que acceden a la carretera deberán proyectarse bajo las condiciones prescritas en Visibilidad de Parada en Intersecciones y sin carriles de aceleración, quedando éstas reservadas a las carreteras de tipo unidireccional.

Los carriles de deceleración, en cambio, podrán proyectarse en carreteras bidireccionales, cuando la cantidad de vehículos que giran sea igual o superior a 25 Veh/hora y sus velocidades de diseño sea de 60Km/h o más. Sus dimensiones se

obtendrán de considerar una conducta tipo de los usuarios frente a ellas y de aplicar una expresión físico - matemática que de cuenta del fenómeno de la deceleración de un vehículo operado según dicha conducta.

Desde el punto de vista de sus formas, los carriles de cambio de velocidad podrían agruparse en dos tipos: "en paralelo", cuando dicho carril discurre junto a la calzada de la carretera, como si fuese un carril más de ella, hasta el momento de su separación o confluencia con la misma; y "directa" cuando el carril incide o se desprende desde el borde de la carretera de manera tal que dicho borde forma un ángulo con el borde izquierdo (en el sentido del avance de los vehículos) del ramal.

En éste último caso se forma una cuña de pavimento en la zona del empalme cuya longitud puede ser bastante menor que la requerida para los efectos del cambio de velocidad, por lo que el resto del carril debe desarrollarse en un tramo que es totalmente independiente de la carretera, antes de iniciarse la curvatura limitante del ramal.

Estas alternativas presentan ventajas y desventajas según sea el tipo de maniobra que sirvan. En el presente Manual se recomiendan criterios unificadores para resolver el paralelismo o no de los carriles de cambio de velocidad.

En efecto, los carriles de tipo paralelo deberán ser preferidas para el caso de la aceleración, en el cual se desea una óptima retrovisión y la posibilidad de maniobrar (en curva - contracurva) para ingresar a la carretera en cualquier momento en que se produzcan las condiciones adecuadas. Los carriles de tipo directo, en cambio, deberán preferirse en el caso de deceleración, en el cual la maniobra de curva - contracurva no es tan natural porque interesa clarificar la situación de salida mediante un diseño que "avisa" visualmente al conductor la función del carril que se le ofrece, que es la de cambiar definitivamente su rumbo. Esto último no será válido en el caso de los carriles de deceleración centrales, o sea, aquellas dispuestas entre los carriles de una carretera, destinadas a detener y almacenar a los vehículos, que giran a la izquierda. Tales carriles, por su posición, deberán ser paralelos.

No obstante estas recomendaciones, algunas circunstancias especiales podrían requerir otros diseños. En casos justificados, esto podría ser autorizado por el MTC siempre que estos diseños se ajusten a criterios internacionales sancionados por la práctica.

En la [Figura 501.12g](#) se muestran los tipos básicos de vías de deceleración y aceleración, y la [Figura 501.13g](#) muestra diseños para la salida desde una carretera, que puede incluir un carril de cambio de velocidad, la cual debe tener la nariz divergente desplazada del borde del pavimento de la vía principal, para evitar que sea golpeada por el tránsito que se aproxima.

Procediendo la nariz va una zona pavimentada en forma de huso, pintada o con resaltos, que permite a los conductores que inadvertidamente entren en esta zona, corregir su rumbo y tomar la trayectoria correcta, se le llama "carril de recuperación".

#### 501.08.02 Carril de Aceleración.

Lt se mide desde el punto de tangencia del borde exterior del ramal con el borde del carril exterior de la calzada principal (punto A en la [Figura 501.05](#)), en el caso de no existir curva de transición - circular o clotoidal - entre el radio limitante del ramal y el punto A. Si existe curva de transición, Lt se medirá desde el comienzo de la curva de transición, pero con una limitación práctica que surge de los requerimientos de visibilidad: el punto desde el cual se inicia el carril de aceleración no puede quedar más atrás del punto P (Véase [Figura 501.05](#)), que aquél en que la distancia entre los bordes adyacentes de las calzadas del ramal y de la carretera (PP') es de 3 metros.

En la [Figura 501.05](#) se muestra un carril de aceleración para el primero de los casos citados (sin curva de transición) en trazo lleno, y con línea de puntos se muestra la posición del carril para el segundo (AP en curva de transición). Los puntos B y C, fin de la zona de aceleración y de la zona de cuña respectivamente, se desplazan en este último caso hasta B' y C., cumpliéndose que B'B = C'C - PA.

#### 501.08.03 Carriles de Deceleración

(a) **Caso I (existe curva de transición de longitud mayor o igual que  $L_D$ )**

En este caso, el ángulo  $\alpha$  es el que subtienden las tangentes de los bordes de calzada del ramal y de la carretera en su punto común B. Cuando el trazado de los ramales no corresponda al caso de los mínimos absolutos, se debe cuidar que  $\alpha$  no exceda los valores de la [Tabla 501.01g](#).

**TABLA 501.01g**  
**ÁNGULO  $\alpha$  DE INCIDENCIA DE CARRIL DE DECELERACIÓN SEGÚN  $V_c$**

$V_c$ (Km/h)	< 60	60	70	80	90	100	110	120
$\alpha$ (°)	11,0	9,0	7,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

LC es el largo de la cuña o zona de transición (AB  $\alpha$  AB' en la figura), que depende de la Velocidad de Diseño de la Carretera y cuyos valores son los que aparecen en la [Tabla 501.02g](#).

**TABLA 501.02g**  
 **$L_c$  según  $V_c$**

$V_c$ (Km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
--------------	----	----	----	----	----	-----	-----	-----

<b>L<sub>c</sub> (m)</b>	50	55	60	70	80	85	90	100
--------------------------	----	----	----	----	----	----	----	-----

Para fines del cálculo de la longitud de deceleración  $L_D$ , se supone que al final de la zona de cuña (BB'), el vehículo que usa este dispositivo de cambio de velocidad ha disminuido la suya hasta una fracción de  $V_c$  ( $F_v$ ), que aparece en función de la misma  $V_c$ , en la [Tabla 501.03g](#).

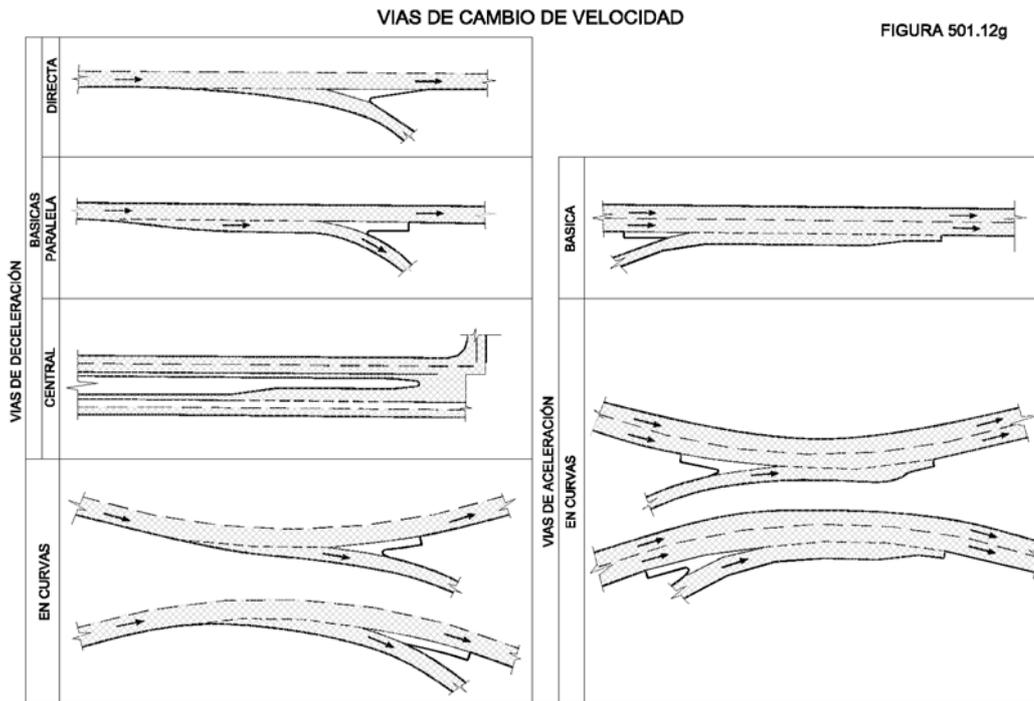
**TABLA**

**501.03g**

**$F_v$  según  $V_c$**

<b>V<sub>c</sub> (Km/h)</b>	50	60	70	80	90	100	110	120
<b>F<sub>v</sub></b>	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60

## FIGURA 501.12g VIAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD



# FIGURA 501.13g

## DISEÑOS PARA TERMINALES DE SALIDA

### DISEÑOS PARA TERMINALES DE SALIDA

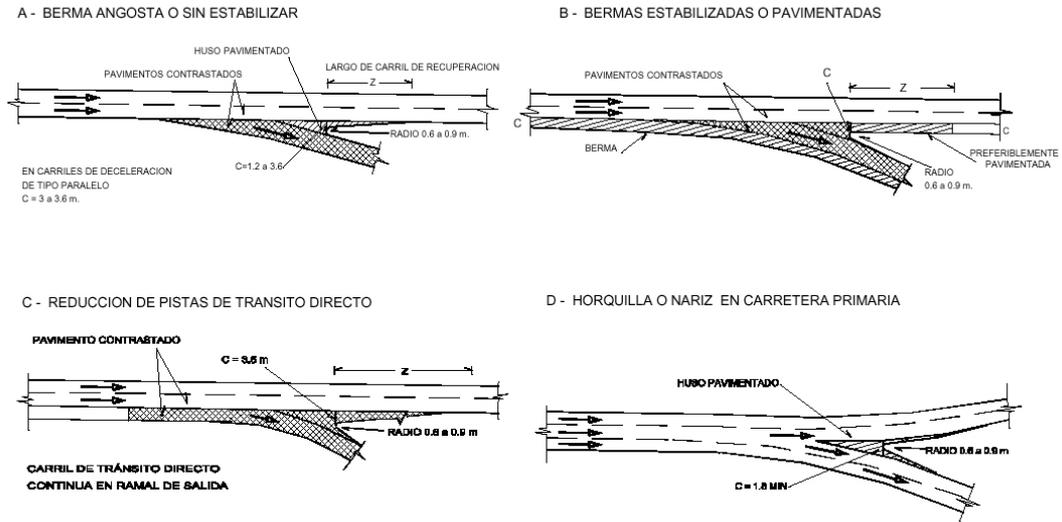


FIGURA 501.13g

$L_D$  se calcula a partir de la expresión:

$$LD = \frac{(F_v \times V_c)^2 - V_r^2}{26(d - i/10)}$$

$F_v$  es la fracción de la [Tabla 501.03g](#),  $V_c$  y  $V_r$  son las velocidades de diseño (Km/h) de carretera y ramal, respectivamente;  $d$  es el valor de la deceleración media, que en este caso se hace igual a 2 m/seg<sup>2</sup> e  $i$  es la inclinación del carril en % (positiva de subida y negativa de bajada).

(b) **Caso II (La curva de transición es menor que  $L_D$  o no existe).**

Este caso obliga a un carril de deceleración en paralelo y se produce frecuentemente por las limitaciones de espacio que condicionan a estos diseños.

Si se proyecta un carril de deceleración de este tipo, □ □ 0, o sea, el ramal debe empalmar tangencialmente con el borde de la calzada de paso (punto C en [Figura 501.09](#))

#### **501.08.04 Carriles Centrales de Deceleración.**

Se pueden diseñar carriles de deceleración para vehículos que giran a la izquierda desde las carreteras principales. Estos carriles se sitúan, por lo general, en el centro de la carretera, si los volúmenes lo requieren, se deben recurrir el ensanchamiento de la zona de cruzamiento e incluso introducir un separador central en caminos de calzada simple, en la zona de la introducción. Si el separador central tiene 4 ó más metros de ancho será posible diseñar vías de deceleración aprovechando este espacio sin necesidad de ensanches especiales en la carretera.

### **501.09 CRUCE POR EL SEPARADOR CENTRAL**

#### **501.09.01 Generalidades**

En carreteras divididas por un separador central, las intersecciones obligan a interrumpir la continuidad de ésta para dar paso al tránsito que cruza o que gira a la izquierda, si tales maniobras son posibles. Según sea la importancia de la intersección y del camino de paso, deberán adoptarse distintos diseños que garanticen la fluidez y seguridad de las maniobras.

#### **501.09.02 Abertura Mínima**

Al diseñar una abertura en el separador central, se debe considerar el refugiar completamente al vehículo que girará y el radio de giro suficiente para completar la maniobra con comodidad. El ancho requerido dependerá del vehículo tipo elegido, lo que podría necesitar el ensanche del separador.

**501.09.03 Trazados Mínimos para Giros a la izquierda.**

En las [Figuras 501.14g](#), [501.15g](#) y [501.16g](#), se muestran algunos cruces de separador central para giros a la izquierda.

**501.09.04 Giros en U en Torno al Separador Central**

Los giros en U cuando son inevitables, deben diseñarse y señalizarse adecuadamente, según el ancho del separador, el tipo de vehículo de diseño y la categoría de la vía donde se diseñara tal elemento.

**501.09.05 Ancho del Separador y Tipo de Maniobra Asociada al Giro en U.**

La posibilidad de efectuar las maniobras descritas, con un trazado mínimo de los previstos en la [Figura 501.11](#), puede resumirse como sigue:

**TABLA 501.04g**  
**ANCHO DE SEPARADOR SEGÚN TIPO DE MANIOBRA**

Ancho del separador	Tipo de maniobra posible en una carretera dividida, de cuatro carriles:	Permite refugio mientras se espera en el separador para:
18	Permite a todos los vehículos girar en U, prácticamente de carril interior a carril interior opuesta.	Todos los vehículos
12	Permite a los automóviles VL, girar en U de carril interior a carril interior, y a algunos camiones de carril exterior a carril exterior; los grandes camiones ocupan parcialmente la berma.	VL y VP
9	Permite a los automóviles girar de carril interior a carril exterior, y a los camiones con utilización de ambas bermas.	VL y VP
6	Permite a los automóviles girar de carril exterior a carril exterior o de carril interior a la berma. Es imposible el giro de camiones.	VL

#### **501.09.06 Aplicación de los Trazados para Separadores Abiertos a las Islas Divisorias en Intersecciones.**

Todas las recomendaciones expuestas en los párrafos anteriores para el trazado de separadores, son de aplicación en el caso de islas de separación de sentidos en carreteras importantes, ya que en definitiva estas últimas pueden considerarse como un separador que se introduce con carácter discontinuo en tales carreteras.

**FIGURA 501.14g**  
**TRAZO MINIMO CON CANALIZACION PARA GIROS A LA IZQUIERDA CON**  
**ENSANCHE DEL CAMINO Y PINTURA.**

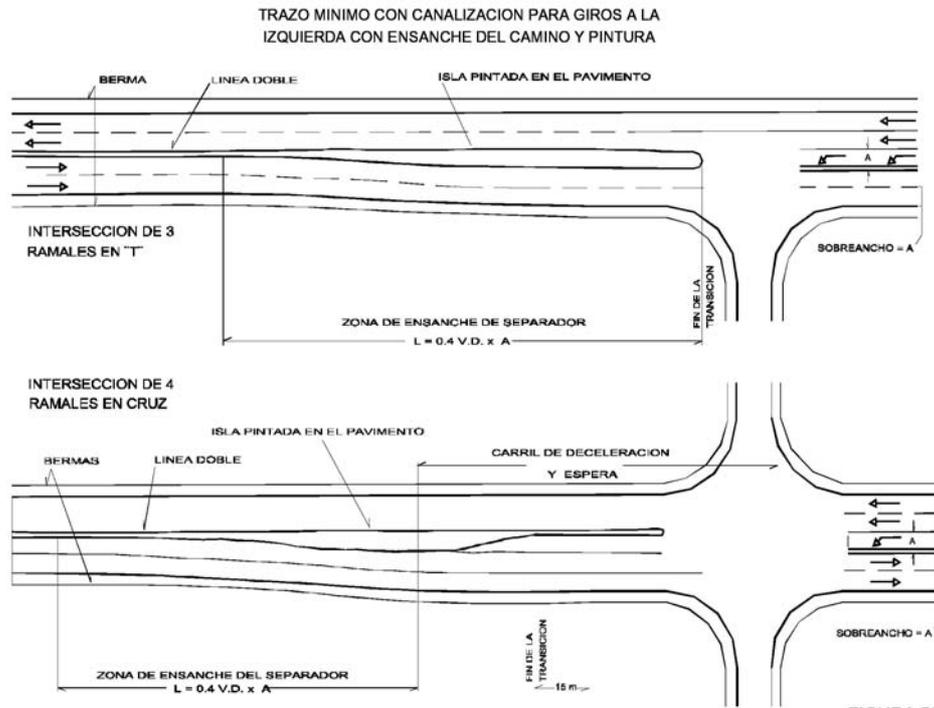
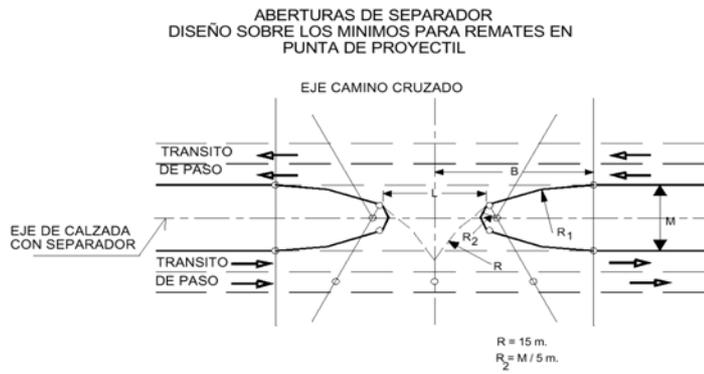


FIGURA 501.14g

## FIGURA 501.15g

### ABERTURAS DE SEPARADOR



M ANCHO SEPARADOR mts.	DIMENSIONES					
	R = 30 m.		R = 45 m.		R = 70 m.	
	L	B	L	B	L	B
6	18	20	20	24	21.5	27.5
9	15	21	17	26	19.5	31
12	12.5	22	15	27.5	17.5	33
15	--	--	13.5	29	15.5	35
18	--	--	--	--	14	37
21	--	--	--	--	12.5	39

FIGURA 501.15g

**FIGURA 501.16g**  
**ABERTURA DE SEPARADOR**

ABERTURA DE SEPARADOR  
 TRAZADOS PARA RADIOS DE GIRO MINIMO  
 CON Y SIN ESIVAJES EN EL CRUCE

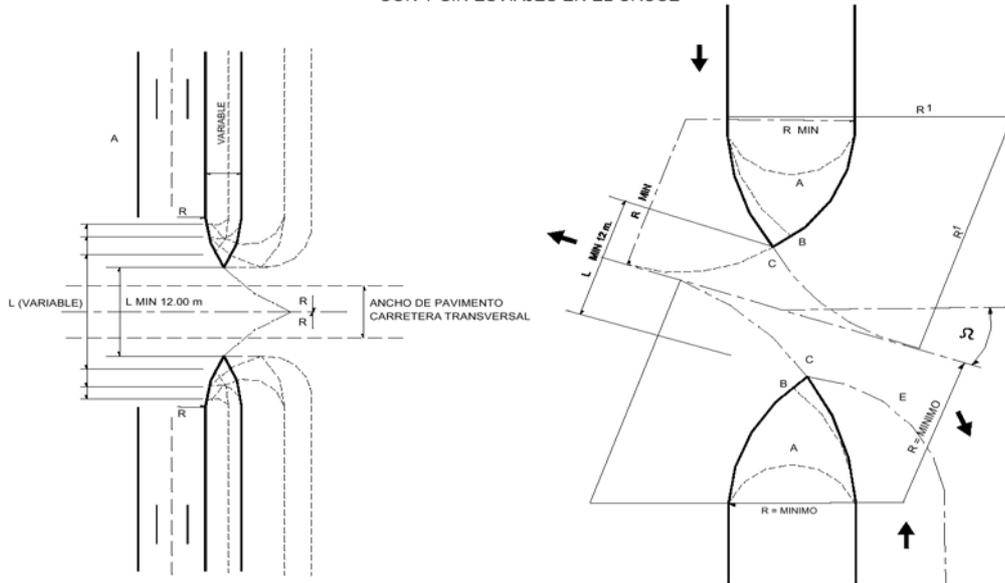


FIGURA 501.16g

## **501.10 ISLAS**

### **501.10.01 Generalidades**

Las islas pueden agruparse en tres clases principales, según su función:

- (a) Islas divisorias que sirven para separar sentidos de circulación igual u opuesta.
  
- (b) Islas de canalización o encauzamiento, diseñadas para controlar y dirigir los movimientos de tránsito, especialmente los de giro.
  
- (c) Islas refugio que sirvan para proporcionar una zona de refugio a los peatones.

La mayoría de las islas que se emplean en Intersecciones combinan dos o todas estas funciones.

- **Islas Divisorias**

Este tipo de isla se emplea con frecuencia en carreteras sin división central, para avisar a los conductores de la presencia ante ellos de un cruce, a la vez que regulan el tránsito a través de la Intersección.

Son particularmente ventajosa para facilitar los giros a la izquierda en Intersecciones en ángulo oblicuo y en puntos donde existan ramales separados para giros a la derecha, dividen sentidos opuestos de circulación, separan corrientes de tránsito de igual sentido, separa un carril central especial para giros a la izquierda y separa de los carriles normales de tránsito de la vía, un pavimento adyacente para uso de servicios locales.

En carreteras secundarias, aunque sean de tránsito moderado, es conveniente disponer una isla divisoria. Esta isla evita que los vehículos que cruzan o se incorporan a la carretera principal, utilicen el carril contiguo al suyo o efectúen maniobras falsas en sentido de circulación prohibida, sobre todo en aquellos lugares donde los conductores no están acostumbrados a la presencia de Intersecciones canalizadas. Donde haya garantía de un buen funcionamiento, dicha isla puede sustituirse por una línea central continua pintada sobre el pavimento.

Cuando en las proximidades de una Intersección se introduce una isla divisoria en la carretera principal, a manera de separador central, la transición desde la sección normal de la carretera debe hacerse suavemente, sin que obligue a movimientos bruscos de los vehículos.

También debe cuidarse la señalización y visibilidad de la isla, sobre todo en la noche, ya que pueden producir graves accidentes. Para carreteras con índice medio diario superior a 2 000 vehículos, deben dejarse dos carriles de ancho normal, como mínimo, para cada sentido de circulación. Con intensidades menores, los anchos de pavimentación deben ser los del caso II de la [Tabla 501.06](#) (1 carril de un solo sentido con previsión para adelantar a un vehículo momentáneamente parado).

Si la isla se introduce en una alineación curva, pueden combinarse distintos

radios en los bordes del pavimento para conseguir la transición a la sección deseada. Si es una alineación recta, la transición puede efectuarse intercalando en el trazado una curva y contracurva seguidas, sin tramo recto intermedio. Para intensidades medias diarias importantes y velocidad de diseño superior a 80 Kph los radio de estas curvas, deben ser mayores a 1 700 metros, y para velocidades más bajas pueden reducirse hasta 850 metros, en casos extremos hasta 600 metros. La fórmula que da la longitud del tramo de transición, L, es:

$$L = Y (4R - Y)$$

donde:

R = radio de la curva y contracurva en metros.

Y = ordenada máxima al final de la transición.

- **Islas de Canalización o Encauzamiento**

Estas islas determinan el recorrido correcto que debe seguir un conductor para efectuar un movimiento específico dentro de la Intersección. Pueden ser de diversas formas y tamaños, según las características y dimensiones de la Intersección: triangulares, para separar giros a la derecha y centrales, alrededor de las cuales los vehículos efectúan sus giros.

Estas islas deben ubicarse de manera que el recorrido correcto sea obvio, fácil de seguir y de continuidad indudable. Deben permitir que las corrientes de tránsito en una misma dirección general converjan en ángulos pequeños y los movimientos de cruce se efectúen en un ángulo cercano al recto.

Las líneas de contorno de estas islas deben ser curvas o rectas aproximadamente paralelas a la trayectoria de los vehículos. Las islas que separan el tránsito que gira del tránsito directo, deben tener la parte curva con un radio igual o superior al mínimo que requiere la velocidad de giro deseada. Debe indicarse la presencia de la isla con la debida marcación en el pavimento, obligando al tránsito que gira a tomar la trayectoria correcta y así evitar maniobras bruscas.

Las Intersecciones con múltiples ramales de giro pueden necesitar tres o más islas para canalizar diversos movimientos. Existe una limitación práctica en cuanto al uso de demasiadas islas; un grupo de ellas delineando varios carriles de un solo sentido de circulación puede causar confusión en las trayectorias a seguir.

En Intersecciones con áreas restringidas, para proveer múltiples ramales canalizados, puede ser aconsejable probar temporalmente diferentes trazados utilizando sacos de arena, para luego elegir aquel que permite una mejor continuidad de flujo de tránsito y proceder a construir las islas definitivas.

El empleo de islas de canalización o encauzamiento es ventajoso donde los movimientos de giro o de cruce son relativamente importantes, reservándose los trazados sin canalización solamente para intersecciones de carreteras locales de pequeña intensidad de tránsito.

- **Islas Refugio**

Estas islas pueden emplearse para evitar cruces demasiado largos, intercalándolas en carreteras de cuatro o más carriles y para facilitar los cruces de ramales en Intersecciones.

### **501.10.02 Tamaño y Trazado de Islas**

Las islas deben delimitarse o delimitarse por varios procedimientos, según su tamaño, ubicación y función en un sentido físico, pueden clasificarse en tres grupos

- Islas elevadas sobre el pavimento limitado con sardineles.
- Islas delineadas por marcas, o barras de resalto sobre el pavimento.
- no pavimentadas que forman los bordes del pavimento de los distintos ramales, islas conviene delinearlas con postes guías o con un tratamiento en su interior.

El interior de las islas debe rellenarse con tierra vegetal y si es espaciosa puede plantarse con la condición que no se obstruya la visibilidad.

Cuando las islas son de grandes dimensiones se puede disponer su interior formando una depresión, con el objeto de favorecer el drenaje del pavimento si es que este presentara dificultades. En islas pequeñas o en zonas poco favorables para el desarrollo de plantas, puede usarse cualquier tipo de tratamiento superficial.

### **501.11 ELEVACIÓN EN INTERSECCIONES**

Ya sea que las carreteras que se interceptan se proyecten conjuntamente con su Intersección, o que esta última tenga que adaptarse a una o más vías inalterables, siempre se presentará el problema de cómo resolver la elevación de las distintas superficies que ella genera; es preciso empalmarlas adecuadamente, respetando lo más posible las normas para peraltes y proveyendo las condiciones mínimas para drenarlas.

El problema tiende a ser menor en la medida que sea posible retocar las vías confluyentes, para adecuarlas en su conjunto según algún criterio simplificador.

Cuando la superficie de la Intersección es pequeña y sus varios elementos están próximos entre sí, las elevaciones de dichos elementos se condicionan las unas a las otras, a la vez que dependen rígidamente de las características en perfil de las vías que se cruzan. Esto sucede en las Intersecciones mínimas, canalizadas o no, y también en aquellas zonas de las Intersecciones amplias en las que se utilicen radios pequeños para algunos movimientos.

En estos casos no es posible asociar, a los ejes en planta de cada ramal, un perfil longitudinal que sea coherente con las normas y recomendaciones aplicables a ejes que tienen un desarrollo libre considerable, ya que los perfiles resultantes generarían una superficie muy irregular, de difícil definición y propiciadora de problemas de construcción y drenaje.

La situación se resuelve inscribiendo la planta de la Intersección en un plano único, que se define según las recomendaciones de la [Figura 501.13](#).

## **501.12 INTERSECCIONES ROTATORIAS O ROTONDAS**

### **501.12.01 Generalidades**

En la Intersección a nivel rotatoria o rotonda, se transforman las maniobras de cruce en entrecruzamientos, haciendo que los vehículos den vueltas parciales alrededor de una isla central. Es una solución a base de bajas velocidades relativas y circulación continua de las corrientes vehiculares.

En ciertos lugares las rotondas pueden ser más convenientes que las Intersecciones a nivel. En general su funcionamiento es mejor cuando el volumen de tránsito en todas las ramas de la Intersección es aproximadamente igual y su total no excede de los 3000 v/h. Sin embargo, su eficiencia depende de la cantidad de maniobras de entrecruzamiento que se realicen, y por lo tanto se adaptan mejor a Intersecciones donde los vehículos que giran son más que los que siguen directo. En la figura 501.17g presentan los nombres de los elementos de una rotonda típica.

### **501.12.02 Ventajas y Desventajas**

#### Ventajas :

- Cuando están bien proyectadas y se aplican a los casos donde estén indicadas, hacen que el tránsito circule en forma ordenada y continua, con pocas demoras y gran seguridad.
- Como se sustituyen los cruces por entrecruzamiento, los conflictos no son tan agudos y los accidentes que puedan ocurrir no resultan tan severos.
- Los giros a la izquierda se facilitan mediante maniobras de convergencia y divergencia aunque las distancias a recorrer sean mayores.
- Se adaptan bien a Intersecciones con cinco o más ramas.
- Tienen un menor costo que las Intersecciones con paso a desnivel que realicen funciones equivalentes.

#### Sus desventajas son:

- No tienen mayor capacidad que las Intersecciones a nivel bien proyectadas y reguladas.
- Necesitan más espacio y son generalmente más costosas que las Intersecciones a nivel con función equivalente.
- No son apropiadas cuando el volumen de peatones es apreciable, pues el tránsito en ellas debe circular sin interrupciones, lo que no es posible si hay peatones cruzando las calzadas.
- Se requieren islas centrales demasiado grandes o velocidades de operación sumamente bajas cuando el volumen de tránsito pasa de los 1 500 v/h.

- Aumentan las distancias recorridas por los vehículos, aunque pueden disminuir sus tiempos de recorrido.
- No se puede ampliar con facilidad y por lo tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas.

**FIGURA A1.06.18**  
**ELEMENTOS DE UNA ROTONDA TÍPICA**

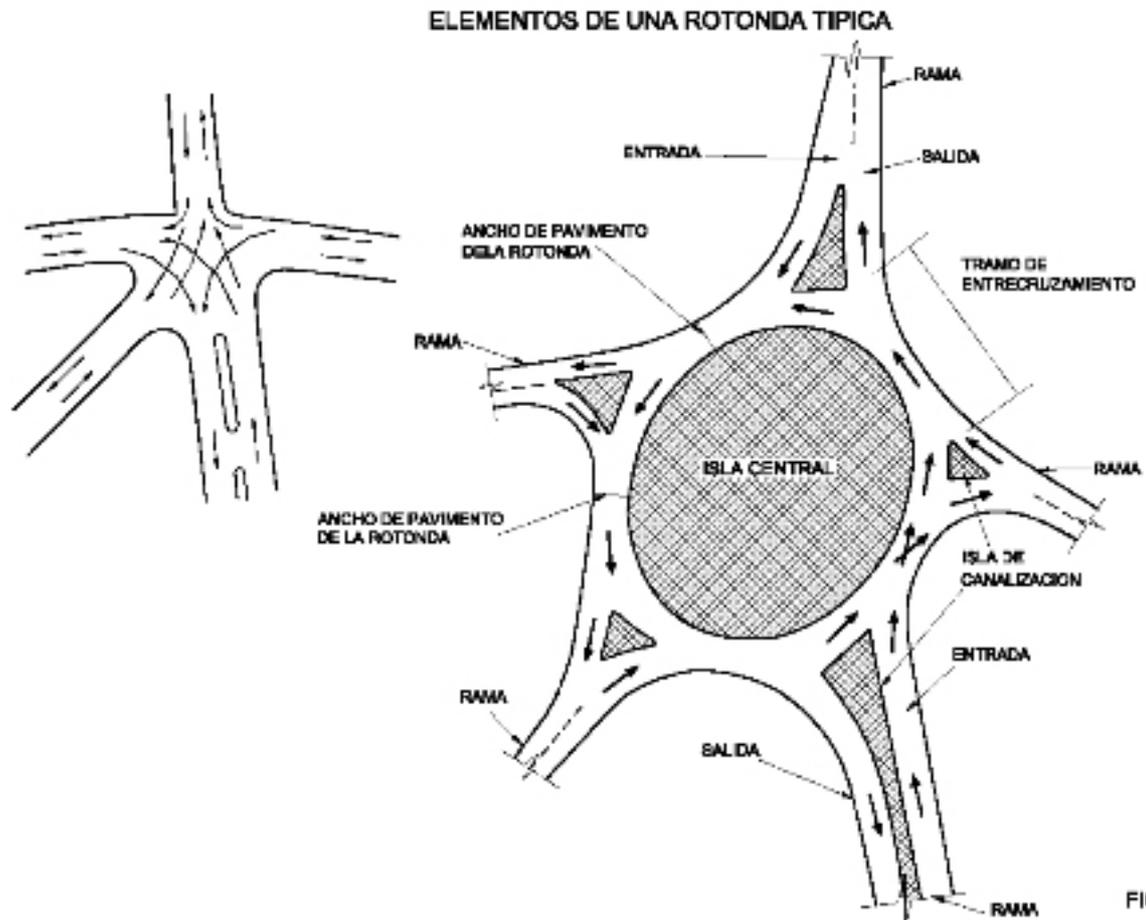


FIGURA A1.06.18

### **501.12.03 Capacidad de una Intersección Rotatoria.**

Las rotondas se componen de tramos de entrecruzamiento y por lo tanto el análisis de capacidad debe hacerse haciendo uso de los conceptos dados a conocer en la [Sección 502](#) de la norma. La capacidad de los tramos de entrecruzamiento de una rotonda se estudia para condiciones de movimiento continuo de vehículos. Si por el contrario, éstas estuvieran controladas por semáforos, su funcionamiento sería semejante al de Intersecciones canalizadas de cuatro o más ramales bajo el mismo control.

A igual capacidad de ambos tipos de intersecciones con semáforos, el diseño de una rotonda es poco práctica por ocupar más espacio.

### **501.12.04 Elementos de Diseño en Rotondas.**

- **Velocidad de Diseño de las Rotondas**

En una rotonda los vehículos deben operar a velocidad uniforme para efectuar los entrecruzamientos desde los distintos accesos, sin conflictos serios. La velocidad de diseño de una rotonda debe seleccionarse previamente y empalmar todos los elementos del trazado uniformemente a dicha velocidad; ésta no debe diferir mucho de lo normal de los accesos a la Intersección, ya que de lo contrario se obliga a una reducción importante de la misma, el peligro se incrementa y la utilidad de la rotonda como intersección desaparece.

Por otra parte, trazados para movimiento de giro de altas velocidades no son recomendables porque requieren de tramos de entrecruzamiento muy grandes, resultando distancias de recorrido excesivas para los vehículos. Las experiencias obtenidas en zonas urbanas indican que las rotondas con velocidades de 25 a 40 Kph, son eficaces; en zonas rurales, tales velocidades no resultan satisfactorias para carreteras con velocidades de diseño de 60 a 120 Kph, sino que es preciso que la velocidad de diseño de la rotonda, sea igual o no mucho menor que la velocidad media de operación de los accesos.

En la [Tabla 501.05g](#) se detallan los valores convenientes, mínimos deseables, de la velocidad de diseño de las rotondas.

**Tabla 501.05g**

**VELOCIDAD DE DISEÑO PARA TRAZADO DE ROTONDAS**

Velocidad de Diseño de los Accesos (Kph)	Velocidad Media de Operación de los Accesos (Kph)	Velocidad de Diseño de la Rotonda (Kph)	
		Mínima	Deseable
50	43	30	45
65	45	45	55
80 ó más	65 a 80	50	65

Para velocidades de diseño mayores de 80 Kph, en los accesos, la recomendada para la rotonda es relativamente baja, ya que es necesario conservar su trazado dentro de ciertos límites prácticos.

Por ejemplo, para una velocidad de diseño de 56 Kph, es necesario un radio mínimo de 150 m, lo que significa que el radio exterior de la rotonda sería de unos 170 m, o mayor aún si su trazado fuera un óvalo. Estos tamaños son casi siempre impracticables y prohibitivos, además de no ser cómodos para los conductores debido al gran recorrido que se ven obligados a realizar. En casos semejantes es preferible reducir la diferencia de velocidades entre los accesos y la rotonda, situando con la debida anticipación a la entrada de la misma, señales, islas y otros medios de control.

- **Trazado de la Isla Central**

El trazado de la isla central de una rotonda está subordinado a la velocidad de diseño de la misma, el número y situación de los accesos y a las distancias necesarias para los tramos de entrecruzamiento. Hay posibilidad de muchas posiciones para cada ramal de entrada y salida. Cada combinación de ellas sugiere una forma diferente de la isla central.

La isla central puede ser totalmente circular, forma que da el área y el perímetro mínimo, y con la cual todos los segmentos de la rotonda pueden trazarse para la misma velocidad de diseño. Sin embargo, esta forma, o la de un polígono regular, sólo es apropiada cuando los accesos son equivalentes en el perímetro y presentan intensidades de tránsito análogas.

En la mayor parte de los casos no se dan estas circunstancias y entonces la forma de la isla debe acomodarse a las necesidades de la planta y de los distintos tramos de entrecruzamiento de la rotonda, lo que frecuentemente exige diseños alargados o islas en forma de óvalo.

- **Trazado de los Accesos.**

El buen funcionamiento de una rotonda depende en gran parte de un trazado adecuado de los accesos, el tránsito afluente puede salir con eficacia y seguridad cuando su velocidad media de operación es aproximadamente igual a la de diseño de la rotonda. Para ello puede ser necesario ir reduciendo gradualmente la velocidad de los accesos, rectificando su trazado en las proximidades de la Intersección, pero sin introducir modificaciones demasiado bruscas que pueden reducir las distancias de visibilidad imprescindibles.

Las salidas deben diseñarse para que proporcionen la misma velocidad de diseño de la rotonda y preferiblemente algo mayor, con lo que se permite un despeje rápido de la misma y se facilita la tendencia natural de los conductores a aumentar su velocidad al salir de una Intersección. Un trazado de estas salidas para velocidades altas no presenta inconveniente, salvo que a veces requiere espacios demasiado grandes y necesita curvas amplias que pueden reducir la longitud de los tramos de entrecruzamiento correspondientes.

- **Islas de Canalización.**

El trazado de las islas que dividen los accesos en las proximidades de una rotonda para ajustarlos a la forma de ésta, afecta directamente la operación de los vehículos. Fundamentalmente su trazado se basa en los detalles expuestos en la [Sección 501](#) de este manual, y necesitan además una especial atención para asegurar una canalización con ángulos adecuados al entrecruzamiento.

- **Peraltes**

La relación entre radios, velocidades y peraltes en rotondas es la misma que la indicada en las normas.

La mayor dificultad que se presenta en las rotondas es la de lograr el peralte deseable, ya que su curvatura es opuesta a la de los accesos de entrada y salida; existe además una limitación práctica en cuanto a la diferencia de los peraltes en

las aristas de coronación del carril que llevan distintos movimientos de giro y de entrecruzamiento, particularmente cuando hay tránsito de grandes camiones.

Se tiene que para una velocidad de diseño de los ramales de giro de 60 Kph la máxima diferencia algebraica entre los peraltes es de 4 a 5%. Para rotondas es admisible, en la práctica una mayor diferencia por ser velocidad más baja y uniforme, pudiendo usarse los valores que se indican en la [Tabla 501.06g](#).

- **Distancia de Visibilidad y Rasante**

La distancia de visibilidad en las proximidades de una rotonda debe ser suficiente para que permita a los conductores apercebirse con anticipación de la presencia de las islas de encauzamiento y de la isla central. Para las primeras es preferible que exceda a la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño del acceso. Para velocidades bajas o medias son convenientes valores de 1.80 m. y algo mayores para velocidades superiores.

La inclinación de la rasante a través de la rotonda debe ser lo más cercana posible a la horizontal, con objeto de proporcionar a los conductores facilidad de maniobra, sin encontrarse afectados por una reducción de velocidad a causa de cambios bruscos de rasante. El valor máximo debe limitarse a  $\pm 3\%$ .

**TABLA 501.06g**  
**DIFERENCIA MÁXIMA DEL PERALTE ENTRE LOS RAMALES**  
**DE GIROS OPUESTOS**

Velocidad de Diseño de la Rotonda (Kph)	Máxima diferencia algebraica del porcentaje en la línea de Coronación. %
30	7 a 8
40 a 50	6 a 7
55 a 65	5 a 6

El inferior de los valores puede usarse cuando exista tránsito de grandes camiones o, por otra parte, cuando el empleo de pavimentos rígidos limite la línea de coronación teórica. Los valores altos pueden usarse para vehículos ligeros o cuando el empleo de pavimentos flexibles permita obtener secciones transversales con las aristas de coronación redondeadas.

### **501.12.05 Sardineles y Bermas**

En cualquier rotonda las islas deben tener sardineles con objeto de facilitar el drenaje, mejorar la visibilidad y servir parcialmente de barrera. Una excepción puede hacerse con las islas centrales cuando tienen forma de montículo.

Las islas de encauzamiento deben ser perfectamente visibles, con sardineles montables. Salvo en el caso de que cumplan además la misión de servir de refugio a peatones, en tal caso, se limitarán con sardineles elevados.

Alrededor del perímetro exterior de una rotonda pueden adoptarse distintos criterios: No son necesarios cuando existan bermas estabilizadas, cuya superficie presenta un marcado contraste con la del pavimento de la rotonda. Si las bermas son pavimentadas o son de tierra natural es conveniente el uso de sardineles montables en la parte exterior de las mismas. También resulta práctico el empleo de la berma cuneta cuando la berma está pavimentada, para evitar anchos excesivos que puedan inducir a los vehículos a salirse de sus propios carriles.

En aquellas rotondas en zonas rurales o semi-urbanas, sin control de acceso, el empleo de sardineles adecuados puede ser conveniente con el objeto de mantener un control de acceso razonable respecto de la zona de servicio adyacente.

### **501.12.06 Aspecto Estético del Trazado.**

El desarrollo de un buen aspecto estético y a la vez efectivo de una rotonda, debe formar parte del proyecto de trazado de la misma, ya que ayuda al conductor a apreciar la existencia de la Intersección y por consiguiente a ajustar su velocidad y trayectoria. Por ejemplo, un contraste en color y configuración con islas cubiertas de hierbas o con plantaciones de grupos de arbustos que destaquen a distancia, avisa al conductor que se aproxima a la rotonda y que necesita reducir la velocidad. La única precaución que hay que tener en cuenta es que las plantaciones no reduzcan la visibilidad necesaria.

En zonas rurales es ventajoso disponer la isla central como montículo, ya que resulta una manera clara de avisar a los conductores la presencia de una Intersección rotatoria, y además, si se sitúa una berma a la izquierda del pavimento, permite evitar el empleo de sardineles en la isla, que a veces suponen un costo excesivo.

### **501.12.07 Señalización, Demarcación de Pavimento e Iluminación.**

Las rotondas requieren señales informativas y preventivas, etc, reflectantes o preferiblemente iluminadas, ellas desempeñan un papel preponderante en la seguridad del tránsito, en especial cuando es necesaria una reducción de velocidad en los accesos.

El empleo de líneas pintadas sobre el pavimento de la rotonda no es conveniente. La superficie pavimentada entre las islas de encauzamiento y los accesos adyacentes, así como los trabajos de entrecruzamiento funcionan mejor sin los carriles marcados. Estas son muy útiles en los accesos, complementadas con flechas indicadoras, pero deben terminar al final de la isla correspondiente.

Por último es deseable que las rotondas estén provistas de iluminación, aunque a veces es muy difícil de proveer por encontrarse distantes de una fuente de energía.

#### **501.12.08 Control de Parada y Preferencia.**

En rotondas con gran intensidad de tránsito, con importante número de peatones, que no tengan el tamaño adecuado, puede ser necesario, especialmente en zonas urbanas, recurrir a disposiciones de control de tránsito con prioridad de paso, obligación de parada o instalación de semáforos. En estos casos el proyecto del trazado de una rotonda debe analizarse y compararse con el otro tipo de Intersección canalizada, ya que éstas proporcionan un recorrido menor y una capacidad posiblemente más elevada.

Es muy práctico en aquellas rotondas próximas a la saturación, la disposición de prioridad de paso a favor de los vehículos que salen de las mismas, es decir, a la circulación que viene por la izquierda; de esta manera se aumenta la capacidad de la rotonda y se reduce el riesgo de congestión.

### **Sección 502 : Intersecciones a desnivel**

#### **502.01 GENERALIDADES**

Un paso a desnivel es un conjunto de ramales que se proyecta para facilitar el paso de tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes. También puede ser la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Un paso a desnivel se construye:

- Para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes.
- Para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

Se ha visto que el diseño de un intercambio en una ubicación dada está regido por cuatro variables fundamentales: definición funcional de las carreteras que se cruzan, condiciones de tránsito, características topográficas y análisis de costos. Como es muy difícil que estas cuatro variables coincidan para dos situaciones distintas, raramente el diseño apropiado para un intercambio va a poder ser adaptado en otro lugar. Por lo

anterior el proyectista no debe tener una idea preconcebida que lo limite a la aplicación de un determinado patrón de solución antes de haber analizado el conjunto de soluciones posibles.

Siendo el intercambio la forma más completa y más desarrollada de diseño de una Intersección, el proyectista debería dominar la materia referente a Diseño de Intersecciones para abordar con éxito el diseño de un intercambio.

Esta sección del manual presenta una clasificación general de los patrones clásicos de solución, indicando los conceptos relevantes de cada uno de ellos, a fin de que quien proyecte esté familiarizado con estas soluciones y con las denominaciones que se aplican a sus elementos constitutivos.

Los intercambios presentan características de funcionamiento que los hacen muchísimos más cómodos y seguros que los cruces a nivel. Sin embargo, el alto costo inicial de este tipo de obras exige una justificación previa que permita adoptar la decisión adecuada. No es posible dar un método preciso y simple para abordar este problema, pero a continuación se indican algunos criterios generales que orientan la decisión o los estudios técnico-económicos complementarios.

- (a) **Carreteras con carácter de Autopista.** Si se desea construir una carretera con carácter de autopista, vale decir, con control total de acceso, es condición indispensable proveer separación de niveles o bien un intercambio para todo camino principal que la cruce. En caso que el camino transversal no justifique ni lo uno ni lo otro, deberá quedar interrumpido o bien desviarse por un camino lateral hasta el intercambio o cruce a desnivel más próximo.
- (b) **Insuficiente Capacidad de Intersecciones a Nivel.** En aquellos casos de carreteras en que una o ambas tengan un alto volumen de tránsito y cuyo cruce a nivel implique un punto de sensible menor capacidad relativa, se justifica la separación de niveles siempre que no exista manera de solucionar el problema mediante mejoras del cruce a nivel.
- (c) **Condiciones Topográficas del Lugar.** Ciertos puntos obligados de Intersección pueden tener tan malas características geométricas (visibilidad restringida, pendientes fuertes, etc), que aún cuando los volúmenes existentes no sean el factor preponderante, la seguridad y el deseo de obtener condiciones de operación aceptables en las vías que se cruzan pueden justificar ampliamente la separación de niveles.
- (d) **Alta tasa de Accidentes en Intersecciones Existentes.** Suelen existir cruces

a nivel en los que, a pesar de las mejoras que puedan haberse introducido, la tasa de accidentes es desproporcionada. En estos casos la única, solución la provee el intercambio que permite los mismos movimientos.

- (e) **Economía de Operación a Nivel del Usuario o de la Colectividad** . El análisis económico de los beneficios obtenidos mediante la construcción de un intercambio, en relación con los costos de construcción y mantención del mismo, puede ser un indicador adecuado para justificar ese tipo de obras. En efecto, las Intersecciones próximas a la congestión, implican mayores costos de operación, tiempo perdido en espera y accidentes. El intercambio reduce los dos primeros, aún cuando los recorridos sean mayores que en el cruce a nivel, y prácticamente elimina los accidentes.

## **502.02 CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO**

### **502.02.01 Proceso de Definición Geométrica de un Intercambio Vial**

En el [Esquema 502.01g](#) se presenta una posible secuencia para el conjunto de actividades principales y centrales del diseño geométrico de un intercambio vial. En la práctica, este esquema responderá, a grandes rasgos, a la mayoría de las situaciones que se planteen, aún cuando puedan surgir leves variaciones para cada caso especial.

Las seis etapas en que se ha escalonado el diagrama básico (columna de la izquierda) será detallado brevemente a continuación. En concordancia con la intención de no aislar el trazado geométrico del contexto general del proyecto de un intercambio, en este diagrama se presenta en otra columna (derecha), el conjunto de actividades que, sin corresponder exactamente al trazado, interactúan con él y entre sí durante la confección del proyecto. Las flechas que aparecen entre una y otra columna serán explicadas, en cada caso, dentro del referido detalle de las seis etapas contempladas.

- (a) A una adecuada definición geométrica de un intercambio se llega, rápida o afanosamente, tras una serie de adaptaciones sucesivas de los elementos y variables que en su conjunto configuran el problema.

De aquí en adelante se supondrá adoptado un tipo de intercambio, resuelto su enclavamiento y determinada la disposición general de los ramales, con el fin de mostrar el proceso de definición geométrica propiamente tal.

Cabe hacer notar, por último, que aunque se tenga resuelto el tipo y el emplazamiento de un intercambio, siempre se pueden tener varias alternativas

de trazado de los ramales o de las carreteras comprometidas, puesto que existen esquemas que permiten distintas orientaciones de sus elementos (trompetas por ejemplo) y todos ellos pueden ser dimensiones según criterios diversos.

Si se desea, el proceso descrito en el esquema 502.01g, se puede repetir para cada alternativa con precisión y detalles que dependen de las circunstancias del proyecto, para el propósito de evaluarlos y decidir la geometría definitiva.

- (b) Se ejecutan esquemas preliminares en planta utilizando levantamiento escala 1:500 ó 1:1000; se fijan los que serán los ejes de definición geométrica y de replanteo de cada uno de los elementos del intercambio (ejes de simetría o bordes de calzada) y, muy especialmente, de las carreteras a enlazar, vayan a ser éstas modificadas o no puesto que con ellas han de empalmar todos los ramales en la mayoría de los casos. Si las vías no son modificadas, es imprescindible una definición taquimétrica de aquellos de sus elementos (eje de simetría o bordes) que serán utilizados como punto de partida de la definición en planta de los ramales.

También es necesario definir, en este momento, los anchos de los carriles de las calzadas asociados a cada uno de los ramales del intercambio, puesto que en algunos casos será necesario saber a qué distancia de los ejes analíticamente prefijados han de llegar otros ejes que no empalman directamente sobre ellos, sino que lo hacen sobre una línea de la vía predefinida distinta de su eje de replanteo.

La flecha que aparece en el diagrama, dirigida hacia la columna de la derecha, indica que si existe separación de trabajos por especialidades y los especialistas ya han empezado a desarrollar tareas tales como diseños de pavimentos y de estructuras, es oportuno que ellos obtengan estos datos. La flecha apunta en un solo sentido porque rara vez surgen, en esta etapa, proveniente de alguna otra actividad, condicionamientos para el ancho de calzada, y casi nunca para la elección de ejes.

Especial mención merece el caso de la topografía adicional, que en este momento puede ser requerida para las mediciones de las vías existentes y de las singularidades del terreno que afecten el diseño de las obras de arte.

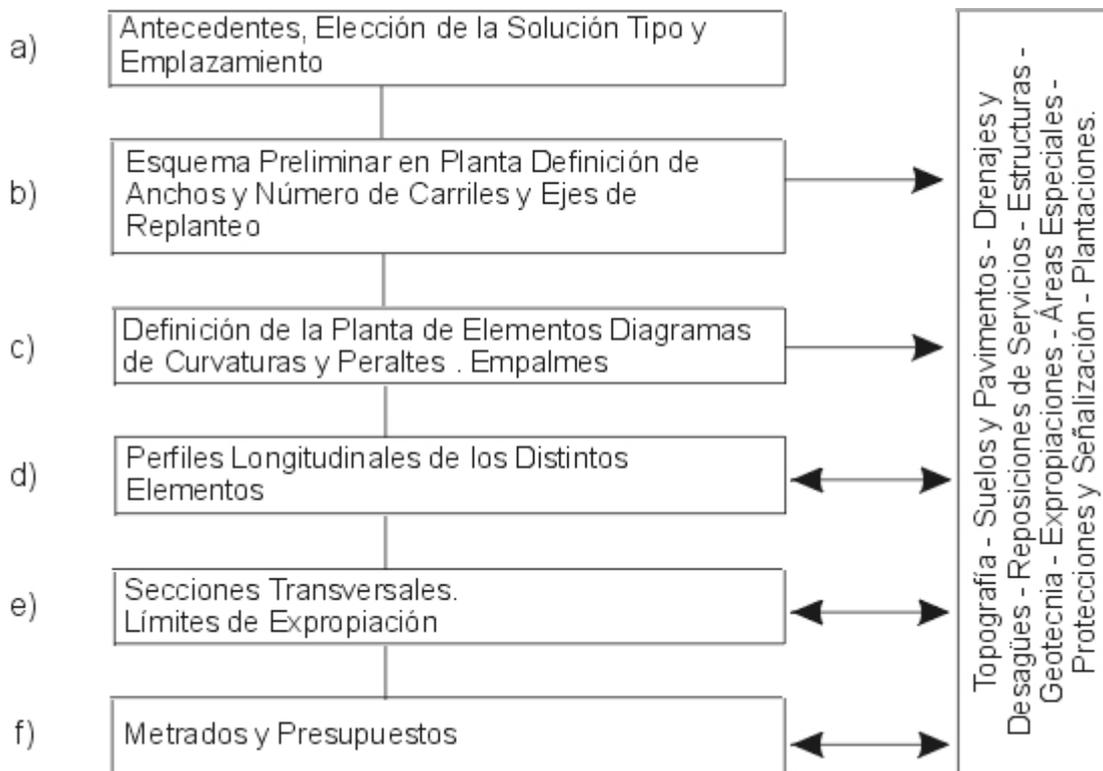
- (c) Se definen analíticamente los ejes en planta de las carreteras, si éstas fueran

objeto de trazado y de los ramales del intercambio, cuidando la coherencia de los empalmes entre ellos según los anchos asignados en la etapa anterior. Se pueden hacer ya los diagramas de curvatura de los ramales (y de las carreteras) y sus diagramas de peraltes. Estos últimos deberán resolver las inclinaciones transversales de las puntas entre dos calzadas que se empalman, considerando su influencia sobre la definición en elevación, que posteriormente puede obligar a retocar dicha inclinación. La flecha, también dirigida sólo hacia la derecha, ilustra que estos datos también son requeridos para avanzar en el diseño de las estructuras, de los drenajes transversales y de las reposiciones de servicios. En caso de ser necesaria la reposición de caminos o la previsión de caminos de servicio, sus definiciones en planta pueden ser abordadas en esta etapa.

- (d) Es el momento de ejecutar los perfiles longitudinales de los ramales y carreteras ya definidas en planta. Ahora la flecha es doble, lo que indica que en este momento la interconsulta entre el proyectista y los especialistas es necesaria, puesto que es muy posible que existan condicionamientos, provenientes principalmente de los requerimientos de cotas para las obras de arte en general, que afecten el trazado en elevación. Si hay separación de especialidades, conviene desarrollar los proyectos de dichas obras de arte, por lo menos en los aspectos relativos al trazado, antes de proceder a definir los perfiles longitudinales.
- (e) Ejecutan las secciones transversales, de los cuales se desprenden los límites de anulación y de expropiación. La flecha doble indica que existen interdependencias importantes entre ambas columnas, en aspectos tales como geotecnia (definición de taludes y cunetas), drenajes y desagüe (cunetas), estructuras (muros de contención) y reposiciones.
- (f) Resueltas todas las facetas del diseño, se ejecutan las cubicaciones y los presupuestos, con todos los proyectos anexos que provienen de la columna de la derecha.

## ESQUEMA 502.01g

### PROCESO DE DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE UN INTERCAMBIO



#### 502.02.02 Interdependencia entre los Trazados en Planta y Elevación

En el caso de un intercambio, la planta y la elevación del mismo se condicionan mutuamente en mucho mayor grado que en el caso de las intersecciones a nivel, en las que no existen grandes diferencias de cota a resolver.

Eso dificulta, aunque no imposibilita la pretensión de estructurar el presente capítulo según un proceso lineal esquemático. Se hará necesario tener en cuenta, desde el inicio del trazado en planta de los ejes de las carreteras y/o ramales, las características en elevación que habrá de dar a la configuración que se está planteando.

Uno de los aspectos primeros en los que esta interdependencia se manifiesta, es el de la elección de cuál (es) carretera (s) y/o ramal (es) discurrirá (n) por el nivel inferior y cuál (es) por el superior. Esta decisión es importante, puesto que tiene gran influencia tanto en los costos de construcción como en el funcionamiento del dispositivo.

La respuesta a este problema suele estar dada por las características de la topografía, por el tipo de intercambio, por las importancias relativas de las carreteras, que pueden ser tales que sea preciso subordinar por completo una de ellas a los mejoramientos de la otra, aún en contra de las conveniencias dictadas por el relieve del terreno. Esto último sólo será permisible cuando la preponderancia de una de las vías haga antieconómica la

aparición de cambios de cota significativos en ella y cuando esto no signifique un deterioro notable del paisaje.

En todo caso, cuando ello proceda, se debe estudiar este asunto teniendo en cuenta los siguientes conceptos:

- (a) La mayor parte de los diseños quedan determinados por la economía que significa la adaptación al terreno, no sólo del trazado de las vías sino que del trazado del conjunto del intercambio, puesto que no considerar oportunamente los ramales puede llevar a éstos a ser delineados inadecuadamente.
- (b) El paso inferior de la carretera más importante supone ventajas para la visibilidad de sus usuarios, puesto que la estructura les avisa anticipadamente la proximidad de una singularidad del trayecto. Esto también ocurre cuando dicha carretera se eleva ostensiblemente sobre un terreno natural relativamente llano para salvar superiormente el obstáculo. Si ésta se hunde bajo un camino que cruza al nivel del horizonte la ventaja en cuestión es mínimo.
- (c) El paso superior de la vía más importante favorece estéticamente a los usuarios de ésta, al prodigar una mejor visión de la zona desde una cierta altura libre de obstáculos.
- (d) Cuando el tránsito que gira es importante, el paso inferior de la carretera principal favorece las maniobras de cambio de velocidad, al proveer pendientes en subida para la deceleración y en bajada para la aceleración a los vehículos que salen y entran a ella, respectivamente.
- (e) Si no existen conveniencias determinantes para una u otra solución deberá preferirse aquélla que confiera mejor distancia de visibilidad a la carretera principal.
- (f) Un paso superior permite a veces su construcción por etapas, pudiéndose materializar parte de su sección (o una sola estructura si la carretera tiene calzadas separadas) y postergar su ampliación hasta la construcción definitiva.
- (g) En zonas de drenaje problemático, el diseño se resuelve mejor para la carretera principal si ésta se eleva sobre la secundaria, no alterando el trazado

de esta última.

- (h) Otro de los aspectos gravitantes es el del costo de las estructuras, que suelen ser diferentes para uno y otro caso. Cuando se pueda, se deben preferir las soluciones con luces menores para la carretera principal.
- (i) En general, cuando la carretera principal, con su sección tipo más amplia y sus parámetros de diseño más exigentes, puede ser adaptada al terreno, y la otra vía supeditada a este esquema, los movimientos de tierra son mínimos.
- (j) La elección del nivel de cruce puede depender de la planificación conjunta con otros elementos viales del contorno.
- (k) Se debe tener en cuenta que la construcción del intercambio altera el tránsito durante las faenas, y que estas alteraciones afectan mucho menos a la vía a la cual no se le modifica el trazado.
- (l) El paso de la carretera principal no limita el gálibo a sus usuarios, quedando ésta apta para cargas especiales.

### **502.02.03 Distancias de Visibilidad**

Los valores mínimos de distancia de visibilidad son los mismos que se aplican en Intersecciones a nivel, que corresponden a las distancias mínimas de parada. Distancias mayores que éstas deben ser provistas cuando ello sea posible. Para el caso de la comprobación de la mínima de visibilidad por efecto de la estructura en acuerdos verticales cóncavos, úsese criterios de los [Artículos 403.03.03](#) y [403.03.04](#) y las fórmulas correspondientes si se desea proveer distancias de visibilidad de adelantamiento en carreteras bidireccionales de dos carriles.

Las limitaciones de visibilidad horizontal producida por pilares, estribos y barandas (en pasos superiores) suelen ser más importantes que las que se originan por las características en elevación, lo que refuerza lo dicho en relación a la conveniencia de trazado más amplio en estas zonas.

## 502.03 DISEÑO EN PLANTA

### 502.03.01 Sección de Entrecruzamiento

El número mínimo de carriles en la sección de entrecruzamiento está dado por la siguientes expresión:

$$N = \frac{W1 + K W2 + F1 + F2}{C}$$

- N : Número de Carriles  
W1 : Volumen mayor que se entrecruza, VL/hora  
W2 : Volumen menor que se entrecruza, VL/hora  
F1 y F2 : Volúmenes exteriores que no se entrecruzan  
C : Capacidad normal del carril de la vía principal  
K : Factor de influencia de entrecruzamiento (1 < K < 3)

En muchos casos es factible proporcionar longitudes mayores que las mínimas; en estos casos, puede hacerse una corrección en el número de carriles, cambiando el valor de K por el que corresponda en la [Figura 502.01](#) al usar una mayor longitud de entrecruzamiento.

**TABLA 502.01g**  
**CAPACIDAD MÁXIMA SEGÚN CALIDAD DE FLUJO**

Calidad de Flujo	C(Vl/hora x carril)
I	2000
II	1900
III	1800
IV	1700
V	1600

### 502.03.02 Balance de Carriles

Con la excepción del caso en que se proyecta enlazar carreteras que no se cruzan, todos los tipos de intercambio requieren modificar o rediseñar una de ellas o ambas en la zona del mismo.

La aparición de pilares, estribos, barreras de protección, cunetas especiales, sardineles, etc., supone un aumento de los riesgos para los usuarios con respecto a las secciones normales de las carreteras que acceden al intercambio. Esto hace que sea necesario respetar los estándares de dichas carreteras en la zona del intercambio y, si es posible, mejorarlos.

Se debe evitar las curvaturas horizontales que se inician o termina cerca de un vértice cóncavo o convexo con pendientes de acceso acusadas.

En un intercambio, una carretera de cuatro carriles debe ser de calzadas separadas y muchas veces es preciso desdoblarse una carretera bidireccional de dos carriles para evitar giros indebidos a la izquierda. Esto aumenta la capacidad en la zona del intercambio, afectada por los empalmes de entrada principalmente, que en el caso de estas carreteras no llevan carril de aceleración. También puede servir para ubicar pilares intermedios de la estructura.

Los ensanches del separador central se consiguen de la misma manera establecida para Intersecciones a nivel.

### **502.03.03 Carriles de Cambio de Velocidad**

Los carriles de aceleración deceleración en intercambios presentan las mismas características ya anotadas para intersecciones a nivel.

Sin embargo, es pertinente anotar algunas recomendaciones especialmente válidas para los empalmes y carriles de cambio de velocidad de los intercambios, que por lo general aparecen asociadas a las estructuras de cruce de las carreteras.

Es frecuente que existan empalmes de ramales, sea de salida o entrada, situados en las proximidades de las estructuras, lo cual produce dos inconvenientes: las visibilidades de los usuarios pueden ser limitadas por los estribos, pilares y protecciones de las estructuras o éstas pueden necesitar ampliaciones, en ancho o luz, para prolongar sobre o bajo ellas los carriles de cambio de velocidad.

Por otra parte, alejar los empalmes de las estructuras para no tener estos inconvenientes resulta frecuentemente antieconómico o antifuncional, al aumentar las superficies involucradas por el trazado de los ramales y aumentar el recorrido de los vehículos.

### **502.03.04 Vías de Enlace**

Un ramal consta de dos terminales o empalmes y de un tramo de vía entre ambos o brazo. El terminal que empalma con una carretera secundaria puede contemplar giros a la izquierda con condición de parada. En tal caso tendríamos una Intersección a nivel en un extremo del ramal. En cambio, el empalme sobre la vía principal siempre será unidireccional y con los carriles de cambio de velocidad que correspondan al caso proyectado, pudiendo los vehículos acceder o salir de ellas por sus lados izquierdo ó derecho, evitando siempre que sea posible la primera alternativa.

El tramo del ramal entre los empalmes, o brazo, puede estar formado por cualquier combinación de alineaciones que sirvan razonablemente al propósito de hacer cambiar de dirección a los vehículos.

Estas alineaciones quedan condicionadas por la elección de una velocidad de diseño para el ramal, la que a su vez depende del conjunto de circunstancias del proyecto.

A continuación se presentarán los criterios que deben emplearse para dicha elección y se describirán las características de las alineaciones utilizables.

(a) **Velocidad de Diseño en Ramales**

Cualquier operación de giro en un intercambio supone inconvenientes para el usuario: Aquellos derivados de la necesidad de prever las maniobras de salida de una vía y entrada a la otra, que dependen tanto de una adecuada señalización como de un trazado conveniente; el que el conductor tenga que reducir su velocidad por la existencia de ramales con características geométricas inferiores a la de la carretera por la que circulaba; ver alargado su trayecto por el desarrollo de dichos ramales, o todos ellos a la vez.

En todo caso, estas dificultades, inherentes a prácticamente todos los dispositivos que permiten cambios de dirección, quedan compensados en un intercambio bien planificado por la eliminación de riesgos, por los aumentos de la capacidad de operación y, por consiguiente, por los beneficios económicos que resultan para los usuarios.

El diseño ideal de un ramal, desde el punto de vista de la operación, sería aquél que permitiera mantener la velocidad a los vehículos que se intercambian, en el caso de hacerlo entre dos carreteras de velocidades de diseño iguales, y aumentarla o disminuirla de acuerdo a los valores de dichas velocidades de diseño si ellas son distintas entre sí. Todo esto con un mínimo de aumento del recorrido.

Evidentemente, esto es rara vez posible, principalmente por las grandes extensiones que serían necesarias para desarrollar ramales con velocidades de diseño altas, las que por otra parte podrían significar incrementos de recorridos que no justifiquen operacionalmente tales diseños.

En atención a las mencionadas limitaciones, es práctica habitual permitir una velocidad de diseño de ramales reducida con respecto a los valores ideales.

La [Tabla 502.05](#) presentada en la norma, contempla velocidades de diseño en función del tipo de ramal, de las velocidades específicas de las carreteras y, muy importante, atendiendo a sí éste es de salida o entrada respecto de la carretera principal.

Esto último se considera porque el caso de un ramal de salida desde una carretera de velocidad mayor hacia otra vía o punto de velocidad inferior, no es igual al caso inverso.

Efectivamente, al usuario que circula a baja velocidad no le significa molestia ni peligro entrar a un ramal de velocidad igual o inferior a la suya, estando dispuesto a incrementarla en el momento oportuno para ingresar a la vía más rápida. En cambio, al vehículo rápido que sale le resulta mucho más notorio el cambio de velocidad impuesto por un ramal de baja velocidad de diseño, pudiéndose dar el caso de desacato a la señalización o del mal uso de los carriles de deceleración.

Por esto es que la citada tabla contiene valores para las velocidades de diseño de ramales distintos para cada par de velocidades específicas de las vías, según

(b) **Alineaciones en Ramales**

El eje en planta de un ramal de intercambio, al igual que en el caso de un ramal de intersección o de una carretera, estará constituido por una secuencia de alineaciones rectas y curvas, empalmadas entre sí mediante curvas de acuerdo circulares o clotoidales, en aquellos casos en los que sean necesarias, y en la que se cumple que su tangente sea continua a lo largo de su desarrollo.

En estricto rigor, el trazado en planta de un ramal de intercambio se asemeja al de un ramal largo de intersección, puesto que ambos implican trazados en elevación independiente y por lo tanto es preciso compatibilizar sus empalmes con las vías de origen o destino atendiendo a sus características individuales.

Asimismo, el criterio aplicado en las Intersecciones, relativo a la tendencia observada en los conductores a circular a mayor velocidad, utilizando una parte mayor de la fricción transversal, es también válido en intercambios.

Para velocidades inferiores a 70 km/h. Para velocidades iguales o superiores a 70 Km/h, se considerará que es aplicable el criterio utilizado en carreteras convencionales.

Por otra parte, como en los ramales de gran desarrollo no se presentan los problemas de inclinaciones transversales condicionadas, propias de las Intersecciones, no será necesario calcular radios de curvatura mínimos para valores extremos de dichas inclinaciones.

#### **502.04 PERFIL LONGITUDINAL**

Cabe hacer notar que en los intercambios por lo general, es preciso resolver diferencias de cota importantes, muchas veces en desarrollos relativamente cortos, cosa que no ocurre frecuentemente en las Intersecciones.

Los valores de longitud mínima de curva vertical ( $L_{min}$ ) son valores empíricos aplicables a las curvas verticales, y los de las inclinaciones máximas son mínimos que atienden las exigencias de los ramales de más breve desarrollo.

Es conveniente evitar los mínimos absolutos y recurrir a los mínimos recomendados (V.D + 10 Km/h) siempre que se pueda, especialmente en los ramales directos o semidirectos, cuyo desarrollo suele permitirlo.

#### **502.05 SECCIÓN TRANSVERSAL**

En la sección transversal de los ramales, los peraltes deseables que van asociados a radios de curvaturas y velocidades específicas resultan de las mismas teorías y consideraciones planteadas para ramales de Intersecciones a nivel. Igualmente es el caso de las transiciones de peraltes, la máxima diferencia algebraica entre pendientes

transversales de superficies adyacentes, medidas en su arista común, y las pendientes longitudinales aceptables a los bordes de la calzada con respecto a la del eje de definición.

En los ramales de intercambios, similarmente que en los de intersecciones, se recomienda que las superficies pavimentadas que anteceden a la nariz de los empalmes tengan una inclinación transversal igual a la calzada de paso, constituyendo con ella una plataforma continua y de más fácil materialización.

Sin embargo, en estos ramales se puede presentar, con mayor frecuencia que en los de intersecciones, la necesidad de adecuar esta inclinación para mejorar el trazado de los perfiles longitudinales, cuyas pendientes en sus extremos iniciales y finales dependen en alguna medida del tratamiento que se dé a la punta en cuestión.

Además, es preciso tener en cuenta, además de los imperativos que se desprenden de las necesidades dependientes mínima de drenaje (1% en cualquier dirección), que esta zona puede ser invadida por algunos vehículos lo que obliga a limitar su pendiente.

En la [Figura 502.01g](#) se muestran secciones transversales Tipo de Ramales, considerando las inclinaciones transversales de la calzada y bermas.

#### **502.06 DENOMINACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INTERCAMBIOS VIALES**

Los intercambios, al igual que las Intersecciones, se clasificarán de acuerdo con el número de ramas que a él concurran. Así, los intercambios pueden clasificarse en:

- Intercambios de Tres Ramas:
  - Intercambio de Tipo Trompeta "T"
  - Intercambio Direccionales en "T"
  - Intercambio Direccionales en "Y"
  
- Intercambios de Cuatro Ramas con Condición de Parada:
  - Intercambio Tipo Diamante - Clásico
  - Intercambio Tipo Diamante - Partido
  - Intercambio Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes)
  
- Intercambios de Cuatro Ramas de Libre Circulación:
  - Intercambio Tipo Trébol Completo (4 cuadrantes)
  - Intercambio Rotatorios
  - Intercambio Omnidireccionales

- Intercambio de Tipo Turbina.
  
- Intercambios de más de Cuatro Ramas

Estos tipos están esquematizados en forma general en la [Figura 502.02g](#).

## **502.07 DENOMINACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RAMALES**

### **502.07.01 Generalidades**

Los ramales son los elementos fundamentales de los intercambios. Ellos interconectan las vías involucradas, pudiendo adoptar una gran variedad de formas, ser unidireccionales o bidireccionales, empalmar por uno u otro lado de las calzadas, tener o no condición de parada y servir giros a la izquierda o a la derecha.

A pesar de la gran variedad de tipos de ramales que resultan de la combinación de estos aspectos, ellos serán agrupados en tres grandes categorías, atendiendo principalmente a sus formas, y serán descritos para una posterior definición de los tipos más frecuentes de intercambios.

### **502.07.02 Ramales Directos**

Son aquéllos que mantienen el mismo sentido de curvatura a lo largo de su desarrollo, que atienden giros a la izquierda o a la derecha y que tienen empalmes de salida y entrada situados ambos a la derecha o a la izquierda en una y otra carretera.

En la [Figura 502.03g](#), se muestran los dos casos posibles: bajo la letra a el caso de giro a la derecha, con salida y entrada por la derecha, y bajo la letra b el caso de giro a la izquierda, con salida y entrada por la izquierda. (Este último caso debe evitarse siempre que sea posible, ya que las maniobras se desarrollan en el carril de mayor velocidad).

No serán considerados directos, para fines de diseño, aquellos ramales que, aún cumpliendo con lo anterior, tengan condición de parada en algún punto de su desarrollo, o permitan giros a la izquierda en la carretera de destino, o desarrollen un giro superior a los 180°.

Los ramales directos, por su breve desarrollo y la simplicidad de sus geometrías, son deseables para movimientos mayoritarios, debiendo procurarse un trazado que permita velocidades del orden de aquéllas correspondientes a las carreteras enlazadas. En todo caso, las circunstancias particulares de cada intercambio pueden requerir ramales directos para flujos minoritarios.

### **502.07.03 Ramales Semi-Directos**

Son aquellos en los que se produce, a lo largo de su desarrollo, al menos un cambio del sentido de curvatura. Para efectos de diseño serán considerados semi-directos también

aquellos con la fisonomía de los directos pero con alguna condición de parada o con giros a la izquierda en la carretera de destino.

Así definidos, estos ramales pueden servir giros a la izquierda o a la derecha, con salida y entradas también por la izquierda o la derecha indistintamente. Se deben considerar las mismas prevenciones aplicables a los ramales directos en lo tocante a salidas o entradas por la izquierda.

En la [Figura 502.03g](#), la letra c, se muestra un tramo de ramal semi-directo con salida por la derecha. esta configuración es típica de los intercambios tipo trompeta, cuando se completa con un ramal como el indicado con la letra d.

En la [Figura 502.04g](#), las letras a y b, ilustran dos casos de ramales semi-directos para giros a la izquierda: el primero con salida por la izquierda y entrada por la derecha y el segundo con la salida por la derecha y entrada por la izquierda. En la misma figura, con la letra c, se indica un ramal semi-directo, propio de los intercambios tipo diamante, que presenta condición de parada en la carretera de destino.

Los ramales semi-directos, que por lo general tienen un desarrollo mayor que los directos y trazados más complejos, son preferibles para volúmenes intermedios a los que se puede disminuir la velocidad sin grandes inconvenientes; aunque su uso, una vez más, estará también regido por las demás circunstancias del proyecto.

**FIGURA 502.01g**  
**SECCIONES TRANSVERSALES TIPO DE RAMALES**

INTERCAMBIOS NO SIMÉTRICOS DE LIBRE CIRCULACIÓN

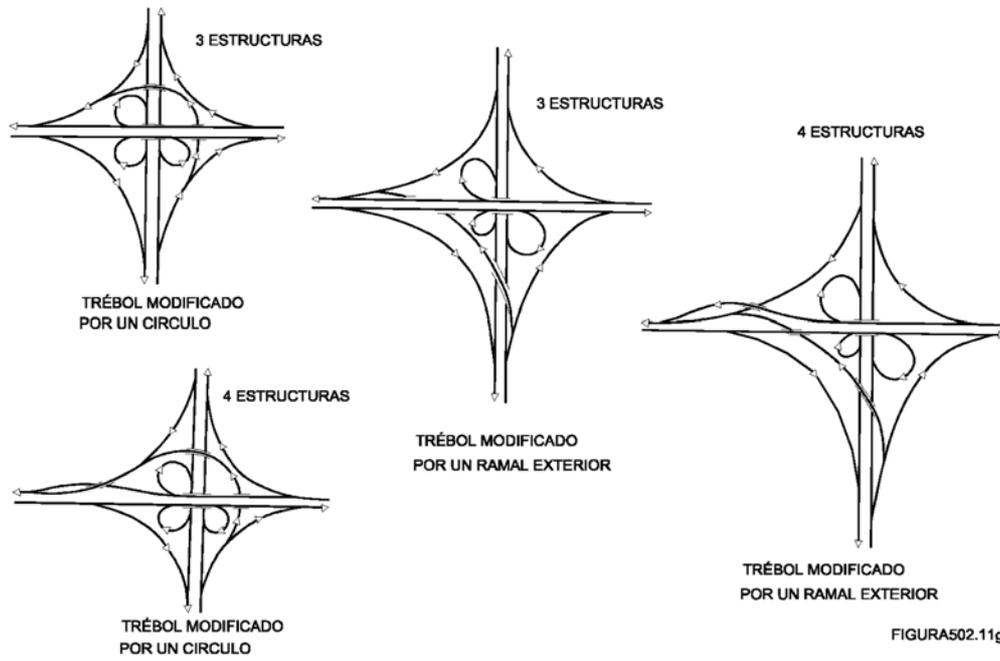


FIGURA502.11g

**FIGURA 502.02g**  
**INTERCAMBIOS VIALES TIPO**

INTERCAMBIOS VIALES TIPO					
DE CUATRO RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACION		CON CONDICION PARADA			
OTROS	TREBOL COMPLETO	DIAMANTES	TREBOL PARCIAL	DIRECCIONALES	TROMPETAS

FIGURA 502.02g

FIGURA 502.03g RAMALES DE ENLACE

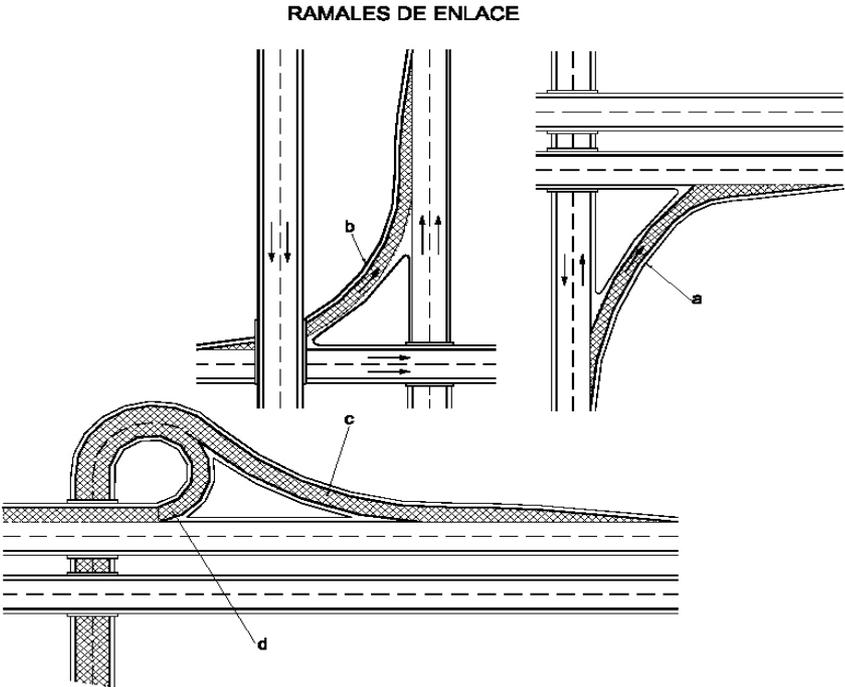


FIGURA 50203g

# FIGURA 502.04g RAMALES DE ENLACE

## RAMALES DE ENLACE

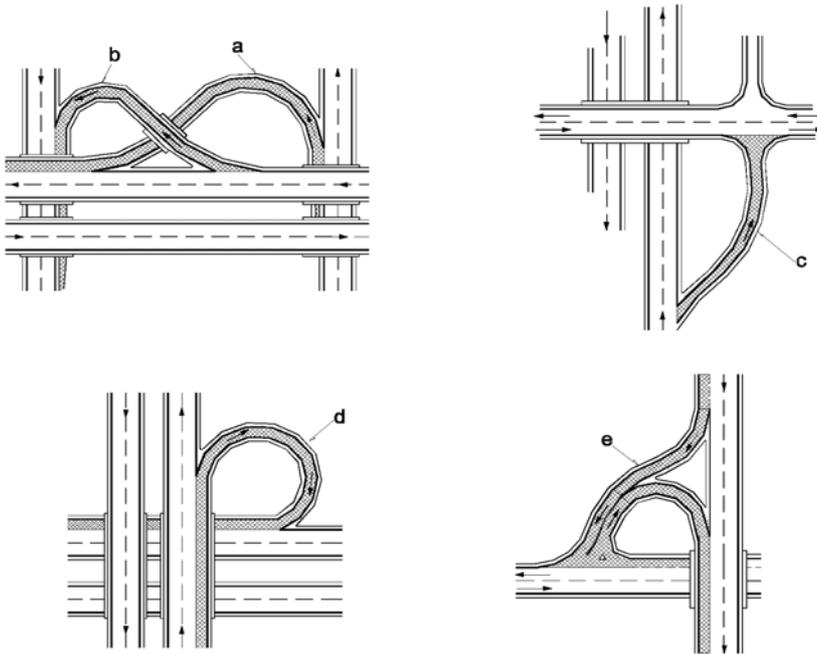


FIGURA 502.04g

#### **502.07.04 Lazos**

Son aquellos ramales utilizados para giros a la izquierda mediante una curva cerrada que se desarrolla en más de 180°, por lo general unos 270°, como se aprecia en la figura d de la [Figura 502.04g](#).

Frecuentemente se da el caso de unión de un lazo con un ramal semi-directo, lo que produce configuraciones como la indicada en la letra e de la [Figura 502.04g](#) o como la llamada "trompeta", parte de la cual aparece en la [Figura 502.03g](#), letra d.

Por las características geométricas de los lazos, que generalmente obligan a velocidades de diseño bajas, éstos deben preferirse para volúmenes reducidos, debiendo recurrirse a los otros tipos de ramales si los volúmenes son importantes y no es factible el uso de curvas amplias en el lazo.

### **502.08 TIPOS DE INTERCAMBIOS**

#### **502.08.01 Intercambios de Tres Ramas.**

Un intercambio de tres ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo desde ese punto su continuidad.

Si los giros, que son sólo cuatro, se resuelven mediante ramales directos o semidirectos, se tienen el caso de los intercambios direccionales. Si se utilizan lazos se tiene el tipo trompeta.

En la [Figura 502.05g](#), se muestran ejemplos de cada caso.

El tipo de ramal usado para cada movimiento dependerá del espacio disponible, de la compatibilidad de los ramales con la altimetría de las vías y del terreno (grandes variaciones de cotas necesitan desarrollos más amplios) y de las condiciones del tránsito, como se apuntó en el momento de describir los tipos de ramal.

#### **502.08.02 Intercambio de Cuatro Ramas**

- Al tratar los intercambios de cuatro ramas se debe hacer una necesaria clasificación funcional. Se debe distinguir entre los intercambios con condición de parada, o sean aquellos que implican una detención en algunos de los flujos de tránsito, y los intercambios que tienen libre circulación de todos los flujos. En la [Figura 502.06g](#), se presentan los dos tipos más característicos, con y sin condición de parada: el Intercambio Tipo Diamante y el Intercambio Tipo Trébol.

- **Intercambio con Condición de Parada.**

En estos intercambios todos los giros a la izquierda, o al menos parte de ellos, se resuelven con Intersecciones a nivel en la carretera secundaria y, por consiguiente, requieren la detención del tránsito antes de su incorporación o salida a un flujo de paso.

- **Intercambios Tipo Diamante.**

Son aquéllos en los que todos los giros a la izquierda tienen condición de parada. Un diamante clásico es un intercambio completo que permite ocho movimientos de giro posible. Está formado por cuatro ramales del tipo semidirecto, cada uno de los cuales permite un giro a la izquierda y un giro a la derecha. Los giros a la izquierda se desarrollan a nivel a través de los flujos de paso por la vía secundaria.

En la [Figura 502.07g](#), se presentan tres esquemas de soluciones tipo diamante clásico en los que todos los giros a la izquierda se resuelven mediante Intersecciones completas. En la figura "b" se han agregado al esquema básico presentado en "a" el caso con vías Colectoras - Distribuidoras (C-D). Los ramales semidirectos se conectan con éstas y se producen los giros en la Intersección con el camino secundario.

En la figura "c" dichos ramales no permiten el acceso al camino secundario del mismo intercambio, esto implica que la salida debe efectuarse en el intercambio anterior y llegar a la Intersección por la vía de servicio, a la vez que la entrada tampoco es permitida en el mismo intercambio sino que en los adyacentes. Esta solución es adecuada en casos de varios intercambios cercanos, como por ejemplo cuando una vía principal pasa por un poblado en que las transferencias se pueden hacer en la red urbana.

En la [Figura 502.08g](#), se muestran algunos arreglos para reducir conflictos en las Intersecciones.

En un intercambio tipo Diamante Partido se separan los giros de entrada y de salida desde la carretera principal. Una solución de este tipo se justifica cuando hay posibilidades de tener dos intercambios sobre dos vías secundarias paralelas y a poca distancia. Es más recomendable aún cuando ambas vías secundarias son unidireccionales.

- **Intercambios Tipo Trébol Parcial.**

Son aquellos en los que algunos giros a la izquierda tienen movimiento continuo. Un trébol parcial se justifica cuando los movimientos que tienen condición de parada son minoritarios y las Intersecciones en la carretera secundaria no presentan problemas.

Dos ramales en lazo eliminan los movimientos mayoritarios de giro a la izquierda, a la vez que en esos mismos lazos se da servicio a los giros a la derecha que no se desarrollan en los otros dos cuadrantes.

En ramales semi-directos exteriores a los lazos se realizan los cuatro movimientos de giro que quedan por resolver. Se debe proveer en estos casos la visibilidad conveniente para permitir Intersecciones seguras en el camino secundario. En la [Figura 502.09g](#), se indican algunas de las posibles combinaciones. Se deja establecido que son equivalentes las soluciones en que se mejora uno u otro giro, independiente del cuadrante en que se realice.

**Figura 502.05g**  
**INTERCAMBIO DEL TIPO DE TRES RAMAS**

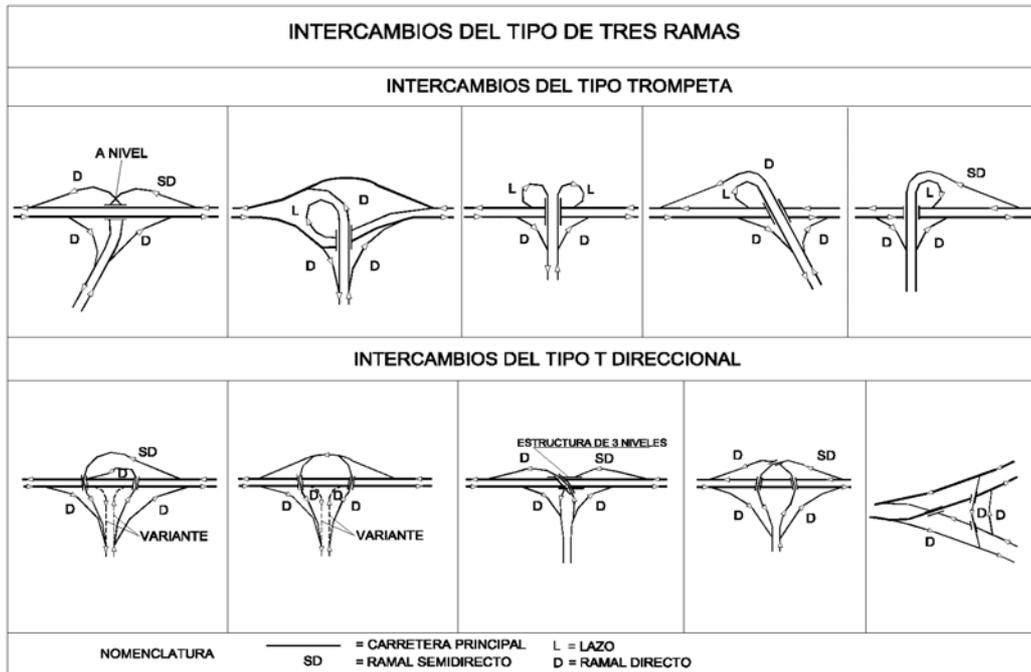


FIGURA 502.05g

**FIGURA 502.06g**  
**INTERCAMBIOS DE CUATRO RAMAS**

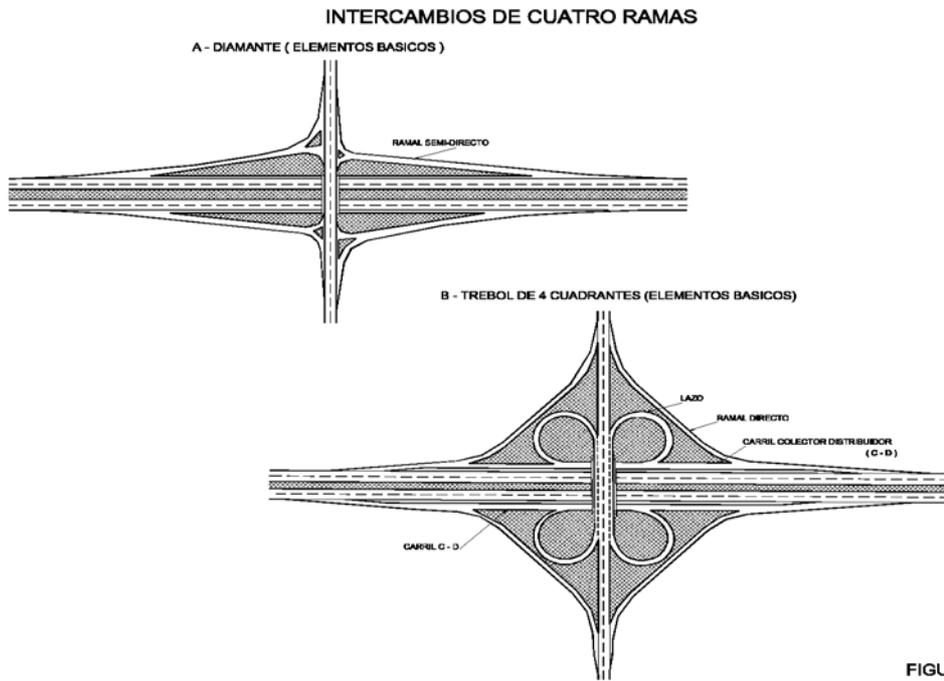


FIGURA 502.06g

**FIGURA 502.07g**  
**INTERCAMBIO TIPO DIAMANTE CLÁSICO**

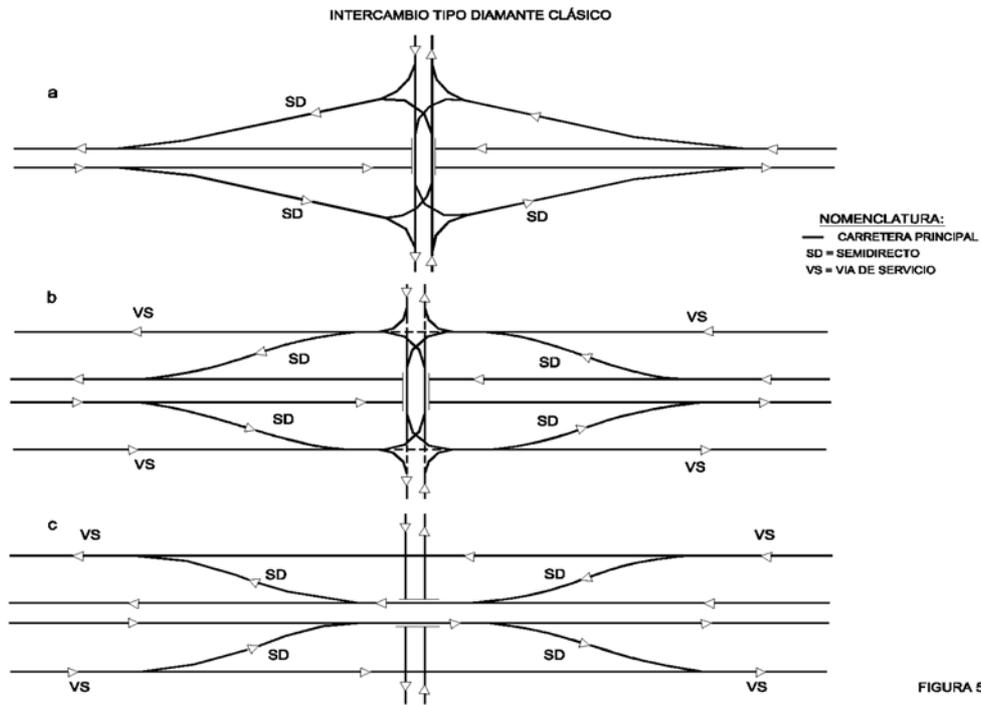


FIGURA 502.07g

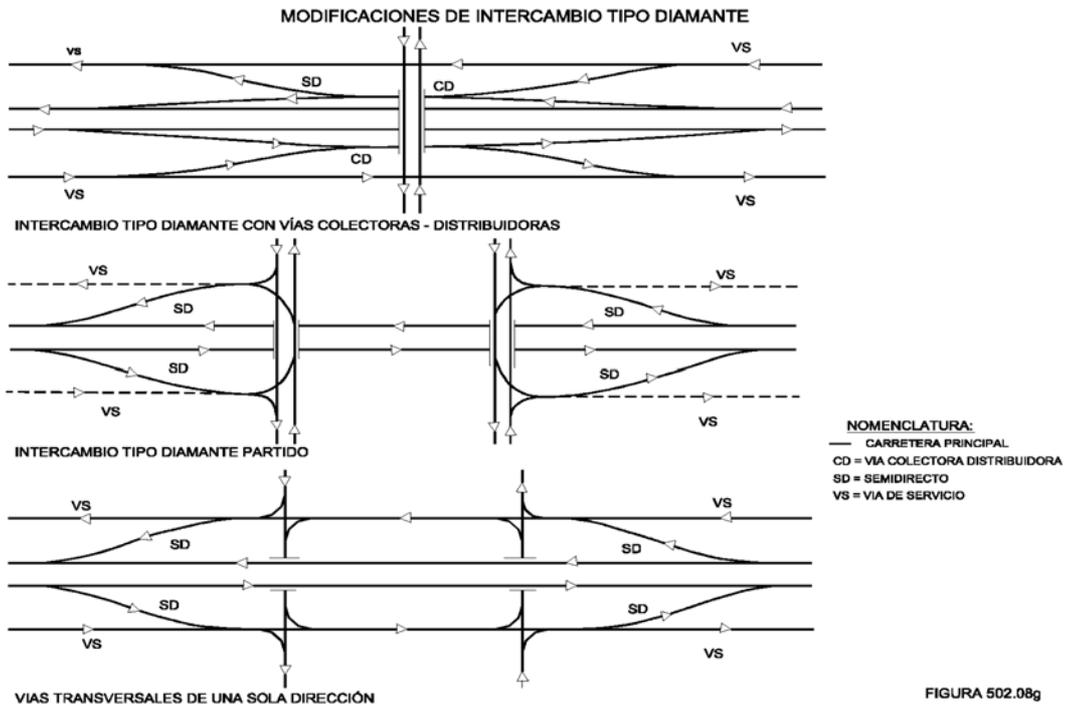


FIGURA 502.08g

- **Intercambios de Libre Circulación**

En estos intercambios todos los giros se resuelven sin Intersecciones a nivel. El número de combinaciones posibles de realizar en un diseño de intercambio de este tipo es tan grande que para establecer criterios generales se debe suponer simetría en la solución de los cuatro cuadrantes.

En la [Figura 502.10g](#), se indican en forma descriptiva algunos casos concretos de solución. Salvo el trébol completo o la rotonda de 2, 3 ó 5 puentes, es muy difícil que estos casos se produzcan en nuestro medio.

El trébol completo o trébol de cuatro cuadrantes es un intercambio cuya mayor ventaja consiste en que elimina todos los conflictos de giro a la izquierda. Requiere una estructura única ya que estos giros se resuelven mediante 4 lazos. Los giros a la derecha se resuelven mediante ramales directos (eventualmente semi-directos) en los cuatro cuadrantes, exteriores a cada uno de los lazos.

Cuando se traslapan las vías de aceleración y deceleración de los lazos, se puede hacer necesario proveer al camino principal de un elemento colector - distribuidor. Este elemento tiene como ventajas adicionales el que permite una señalización mejor y más simple y que facilita los movimientos de entrecruzamiento al sacarlos de las vías rápidas de paso.

En la [Figura 502.06g](#) figura b, se presentó un diseño de trébol completo. Esta figura sirve para ilustrar los elementos básicos de un diseño de trébol. En la práctica no va a interesar obtener un diseño simétrico, sino que el diseño de cada elemento se adaptará a las circunstancias del proyecto.

Para ilustrar el diseño de este elemento, se incluye en el trébol una pista C-D cuya disposición se deberá analizar en cada caso particular.

En la [Figura 502.11g](#) se presenta la solución no simétrica de libre circulación.

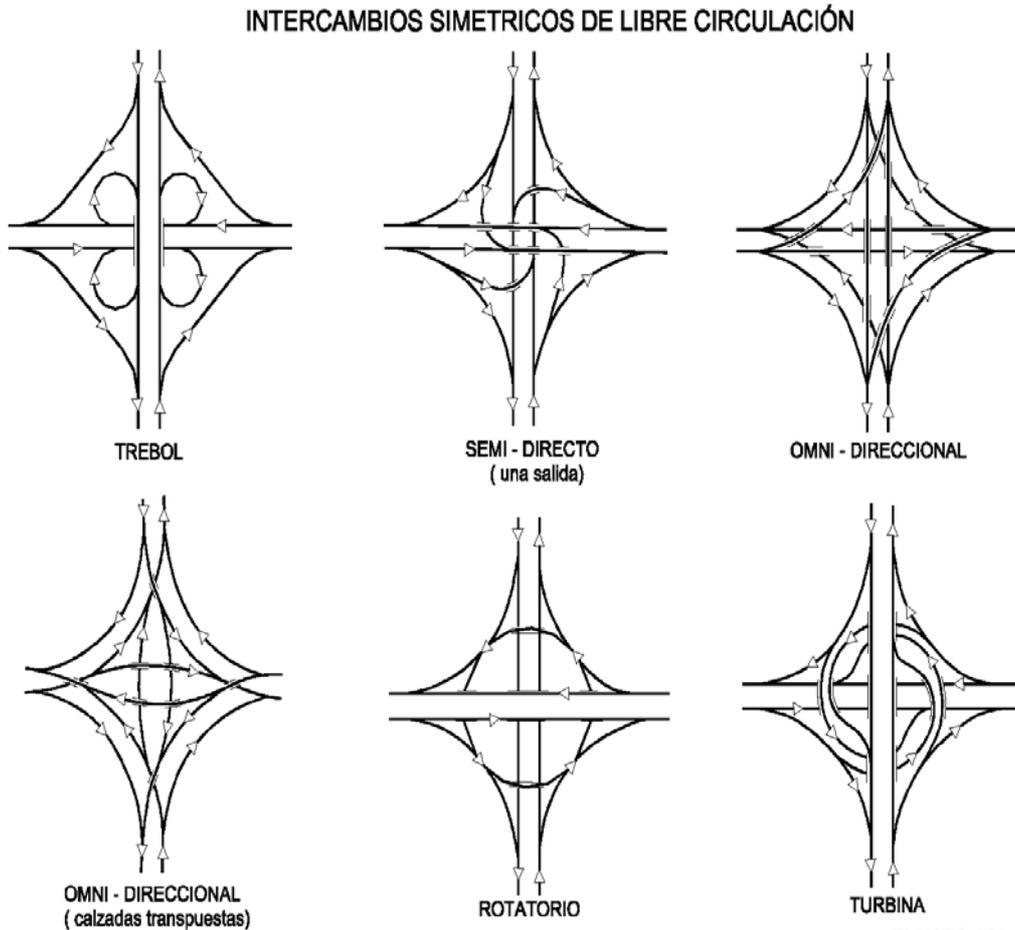
### **502.08.03 Intercambios de más de Cuatro Ramas**

Estos intercambios resultan de tal complejidad que deben evitarse. Se deben preferir soluciones que enlacen sucesivamente a las vías involucradas. Su improbable ocurrencia en nuestro medio hace innecesario extenderse sobre el particular.

A modo de referencia se presentan Intercambios con giros a la izquierda mayores a la capacidad del lazo ([Figura 502.12g](#)) y soluciones para los 4 giros a la izquierda importantes y más de 5 estructuras ([Figura 502.13g](#)).



**FIGURA 502.10g**  
**INTERCAMBIOS SIMÉTRICOS DE LIBRE CIRCULACIÓN**



**FIGURA 502.10g**

**FIGURA 502.11g**  
**INTERCAMBIOS NO SIMÉTRICOS DE LIBRE CIRCULACIÓN**

INTERCAMBIOS NO SIMÉTRICOS DE LIBRE CIRCULACIÓN

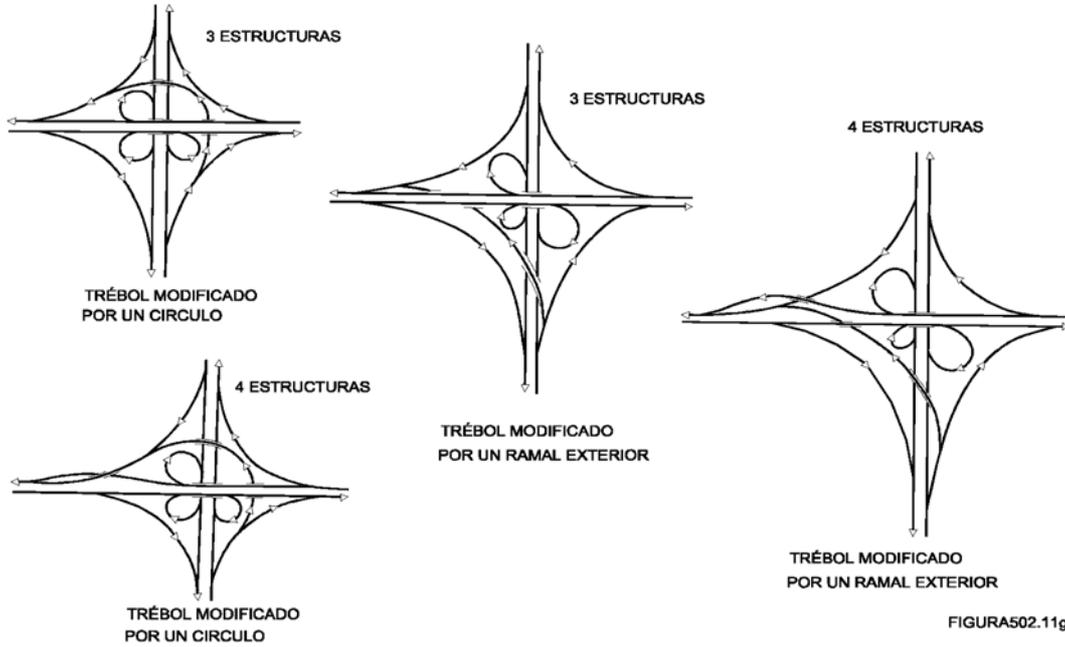


FIGURA502.11g

**FIGURA 502.12g**  
**INTERCAMBIOS CON GIROS A LA IZQUIERDA MAYORES A LA CAPACIDAD DEL LAZO**

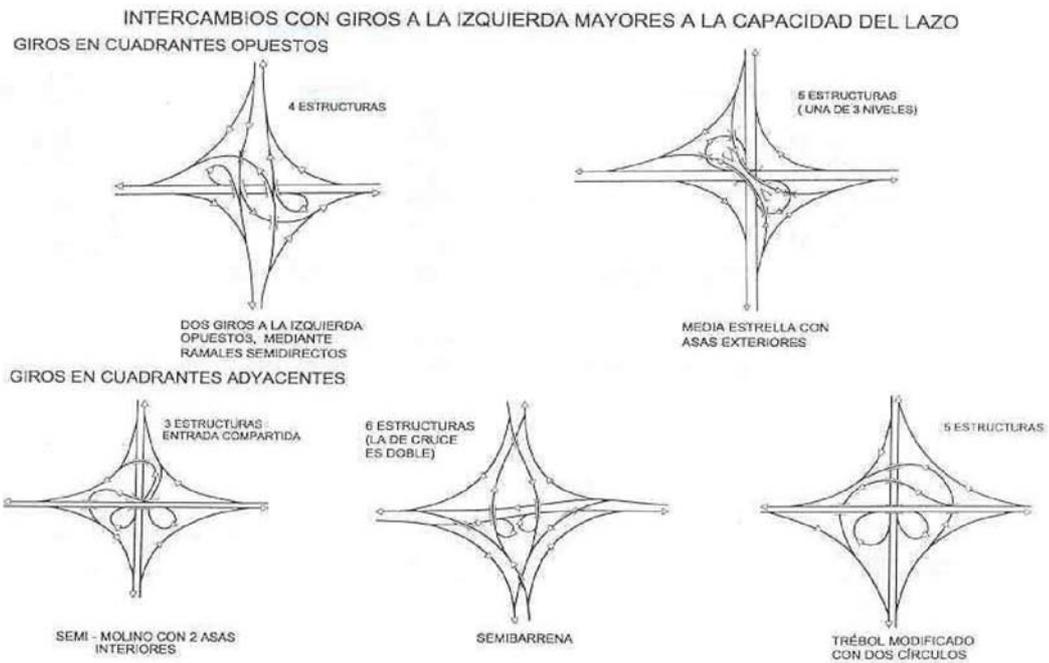


FIGURA 502.12g

FIGURA 502.13g

INTERCAMBIOS CON TODOS LOS GIROS A LA IZQUIERDA

INTERCAMBIOS CON TODOS LOS GIROS A LA IZQUIERDA  
IMPORTANTES Y MÁS DE CINCO ESTRUCTURAS

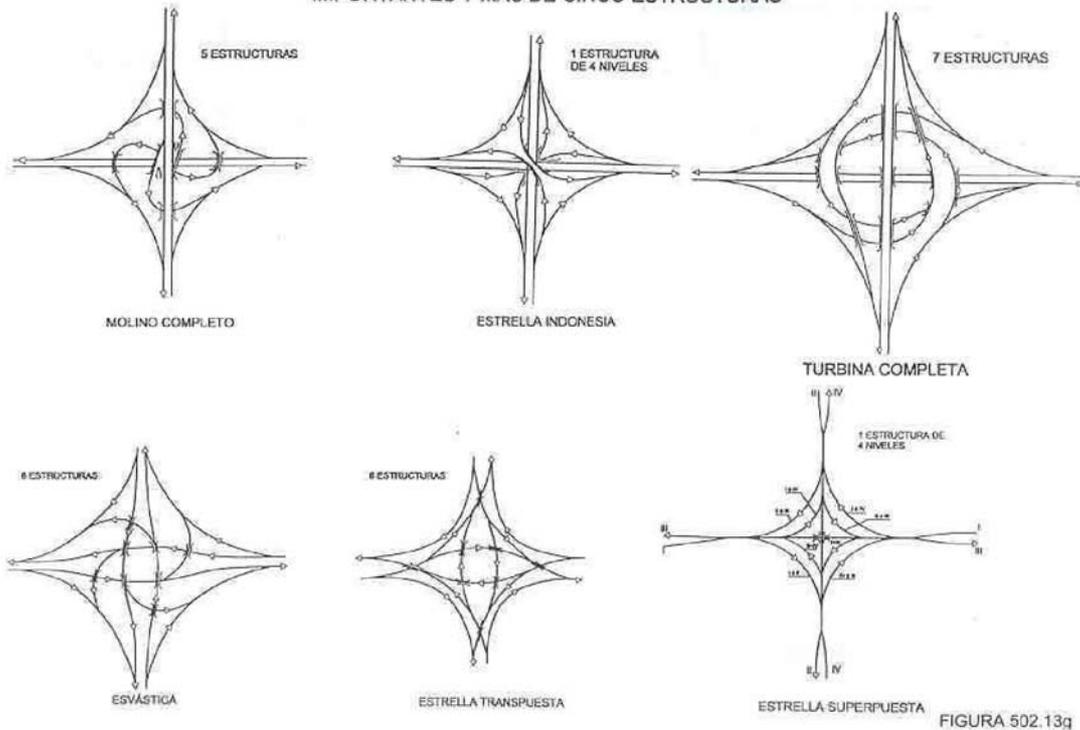


FIGURA 502.13g

**VOLUMEN III**

**NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORME FINAL DE LOS PROYECTOS**  
**NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE LOS PROYECTOS**

**CAPÍTULO 1**

**CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL**

**Sección 101 : Generalidades**

**Sección 102 : Contenido del Informe**

**Sección 103 : Condiciones para el Desarrollo del Informe**

**Final**

## **Sección 101: Generalidades**

Con el fin de uniformizar la presentación de los Informes Finales emitidos por el proyectista en los distintos estudios de vías nuevas de Rehabilitación y de mejoramiento del Ministerio de Transporte, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, se ha planteado el instructivo que se presenta a continuación, donde se diferencian cada uno de los aspectos que se debe contar dentro de los distintos documentos, así como el alcance de cada uno.

## **Sección 102: Contenido del Informe**

El Informe final de un Proyecto Vial debe contener los siguientes capítulos:

Capítulo 1 : Introducción

Capítulo 2 : Resumen Ejecutivo

Capítulo 3 : Memoria Descriptiva

- Sección 3.1. Descripción General del Proyecto
- Sección 3.2. Características Técnicas del Proyecto
  - o 3.2.1. Estudio Hidrológico de la Zona
  - o 3.2.2. Estudios de Tráfico y Diseño Geométrico
  - o 3.2.3. Marco Geológico y Geomorfológico del Corredor
  - o 3.2.4. Estudios Geotécnicos y Diseño de Pavimentos.
  - o 3.2.5. Estudios Hidráulicos
  - o 3.2.6. Diseños Estructurales
  - o 3.2.7. Estudio de Impacto Socio Ambiental
- Sección 3.3. Puntos Críticos
- Sección 3.4. Conclusiones
- Sección 3.5. Recomendaciones

Capítulo 4: Planos de Construcción

- Sección 4.1. Planos A3 (297 mm x 420 mm)
- Sección 4.2. Planos A1 (594 mm x 841 mm)

Capítulo 5: Relación de Metrados de Obra

Capítulo 6: Análisis de Costos y Precios Unitarios

- Sección 6.1. Análisis de Costos
- Sección 6.2. Precios Unitarios

Capítulo 7: Presupuesto de Obra

Capítulo 8: Fórmulas Polinómicas

Capítulo 9: Cronograma de Ejecución de Obra

Capítulo 10: Expediente Técnico

## **Sección 103: Condiciones para el Desarrollo del Informe Final**

### **103.01 GENERALIDADES**

Al menos que se indique lo contrario en los documentos del concurso, el Informe Final deberá elaborarse como se indica a continuación. Deberá seguirse estrictamente el orden mencionado en la sección 102 de este documento.

Dependiendo de la magnitud del proyecto, se podrá presentar el Expediente Técnico en un volumen o en varios. En este último caso, se deberá indicar el número del tomo mediante la notación "VOLUMEN  $X_i$  de  $X_t$ ", donde  $X_i$  es el tomo específico y  $X_t$  el número de tomos del Expediente. Dentro de cada uno de los tomos deberá aparecer el contenido de los otros, de tal manera que el lector pueda identificar fácilmente el lugar donde se encuentra cualquier información.

### **103.02 RESUMEN EJECUTIVO**

Al finalizar el estudio, el Projectista deberá editar un resumen ejecutivo el cual debe contener en forma sucinta, todos los aspectos señalados en el informe con suficiente claridad, para que en cualquier momento, autoridades nacionales e internacionales, puedan tener información detallada del proyecto, sin revisar cada uno de los tomos específicos del mismo.

El resumen ejecutivo debe ir siempre en un tomo independiente. Presentará cada uno de los capítulos en numerales diferenciados. Asimismo, deberá contener las siguientes figuras adecuadamente referenciados en el texto: localización del proyecto en un plano del país; localización del proyecto en un plano de la (s) provincia (s); sección (es) transversal (es) típica (s); esquemas básicos de obras importantes o de las soluciones para un punto crítico del proyecto, etc., así como los indicadores básicos del trazo de la carretera, como promedio global por Km, tales como: curvas horizontales y curvas verticales, cantidad de alcantarillas, cunetas laterales y sub-drenaje lateral referido a la precipitación total anual; así como: longitud de carretera medido en tangentes, en espirales y en curvas circulares,

pendiente máxima y mínima y su longitud de rampa correspondiente, radios de curvatura mínimo y máximo.

Igualmente, deberá aparecer la relación de metrados de obra, el presupuesto de la misma y el cronograma de actividades propuesto para la construcción.

### **103.03 MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **103.03.01 Aspecto Básicos**

Como se ha mencionado en el contenido del informe, se pretende que la Memoria Descriptiva posea todas las actividades evaluadas en el proyecto, de tal manera que la Entidad Contratante pueda tener claridad sobre los criterios utilizados, los análisis realizados y los diseños adoptados.

Por lo tanto, la memoria debe poseer en cada una de sus secciones un orden lógico de ejecución de los distintos trabajos, presentando la sustentación de los parámetros usados, bien sea mediante referencia bibliográfica, resultados de auscultaciones de campo o ensayos de laboratorio, o cálculos usando formulaciones técnicamente aceptadas y aplicables al proyecto específico.

A continuación se presentarán los aspectos que deberá contener cada actividad en particular, haciendo énfasis en lo correspondiente a Diseños Geométricos, dejando el detalle de los otros estudios a los Términos de Referencia específicos para cada proyecto.

#### **103.03.02 Descripción General del Proyecto**

En un principio deberá aparecer una descripción general del proyecto, indicando todas las condiciones orográficas, climatológicas, poblaciones y de distancia respecto a las principales ciudades del país y de la(s) provincias(s) que cruza.

Esta descripción, que en sus distintos aspectos deberá ser numerada independientemente, permitirá ubicarse antes de iniciar la lectura específica de los distintos estudios.

Esta sección debe ir acompañado de figuras donde se muestra la localización del proyecto respecto al país y a las provincias en que se encuentra. Asimismo, deberán mostrarse las distintas condiciones topográficas mediante fotografías de paisaje, a las cuales se les debe añadir leyendas que permita ubicarse al observador, tales como nombres de poblados, ríos, etc.

#### **103.03.03 Características Técnicas del Proyecto**

##### **(a) Estudio Hidrológico de la Zona**

El proyectista presentará discriminadamente y con suficiente sustentación el régimen pluvial de la zona, las características físicas de las cuencas, los caudales máximos de todos los cauces que cruzan el proyecto.

En el informe deben aparecer los histogramas de lluvias, el plano de la zona con las respectivas isoyetas de precipitación y con las áreas de las principales cuencas hidrográficas, las hidrógrafas unitarias para cada cauce y sitio de interés para el proyecto, y en fin, todos los aspectos que permitieron determinar, en relación con otros estudios hidráulicos o geotécnicos, las secciones de alcantarillas, cotas de cruce de puentes, áreas de cunetas y las obras de protección contra los procesos erosivos causados por la acción del agua. Los estudios de hidráulica fluvial, principalmente para sectores de la plataforma que discurren paralelamente al río y no solamente para todos los cauces que cruzan el proyecto.

En anexos al Informe Hidrológico se deberá incluir la documentación usada, en formatos legibles, con índice y adecuadamente presentados.

#### **(b)Marco Geológico y Geomorfológico**

En esta sección se presentará toda la información correspondiente a estructuras geológicas, fallas y discontinuidades en la zona del proyecto, diferenciando las distintas litologías existentes, así como los procesos recientes. Será el compendio de la recopilación de la información existente, la interpretación de las fotografías aéreas tanto recientes como antiguas, los levantamientos detallados de campo, etc.

Asimismo, en el estudio geomorfológico se determinarán los distintos relieves existentes y su actividad, los diferentes procesos de geodinámica externa, identificando los puntos críticos, deslizamientos activos, pasivos o antiguos, etc.

La información deberá presentarse tanto en términos regional como locales del corredor del proyecto, indicando las medidas correctivas para el tratamiento de los puntos críticos debidamente identificados, ubicados y dimensionados.

El informe geológico y geomorfológico del proyecto debe ir acompañado de los siguientes planos:

- Plano geológico regional en escala 1:100,000, donde se muestren las diferentes unidades litológicas, las fallas principales y las asociadas a estos sistemas, identificándolas de acuerdo con los nombres y convenciones de presentación adoptadas por los Organismos Nacionales e Internacionales. Es importante anotar que el eje del proyecto debe localizarse aproximadamente en la mitad del plano.

- Plano geomorfológico general en escala 1:50.000, en el cual se muestren los distintos relieves y procesos de geodinámica externa.
- Plano geológico del proyecto en escala 1:10.000, el cual deberá mostrarse los detalles del corredor de la vía, plasmando en él las formaciones y estructuras identificados, la distribución litológica, fallas, discontinuidades, foliaciones, caracterizadas mediante azimut y buzamiento, localización de procesos de geodinámica externa e hidrodinámica (erosivos), deslizamiento activos o huellas de antiguos movimientos, etc.
- Secciones geológicas generales a escalas adecuadas sin deformación, en las cuales se presente la litología, los contactos, las inclinaciones de las fallas, etc.
- Planos geológicos de detalle a escalas menores que 1:500 de zonas de deslizamientos activos o potenciales, procesos hidrodinámicos (erosivos). Estas plantas deberán acompañarse de secciones transversales donde se muestren las formaciones existentes, la diferencias de meteorización, las fallas, discontinuidades, etc. Además deberán estar indicadas y dimensionadas las medidas correctivas. Así también, deberá adicionarse un registro fotográfico que ilustre los distintos aspectos geológicos identificados en campo.

### **(c) Estudios de Tráfico**

El Consultor deberá presentar como parte de los estudios de tráfico lo siguiente:

- Tablas resúmenes con resultados de los conteos realizados en las estaciones, definidas conjuntamente con la entidad contratante. Estos conteos se harán por un periodo mínimo de siete (7) días continuos, diferenciando el tipo de vehículos, el volumen, el sentido de circulación, la carga por eje, dimensiones entre ejes y la presión de inflado de las llantas.
- En un anexo se presentarán las planillas debidamente procesadas. En el caso de vías totalmente nuevas el consultor deberá plantear una metodología similar para carreteras aledañas, cuyo tráfico pueda ser movilizado.  
Resumen de las encuestas de Origen - Destino, determinando distancias recorridas, consumo de combustible, tipo de carga transportada. En un anexo se presentarán las planillas debidamente procesadas.
- Medición y análisis de las velocidades de operación por vehículo.
- Identificación de tramos homogéneos.

- Análisis y determinación del IMD para cada uno de los tramos homogéneos, diferenciándolo por tipo de vehículo. Asimismo, deberá sustentarse la variación en el tiempo del tráfico, resultados validos para los análisis de capacidad, los diseños de pavimentos y las evaluaciones económica-financieras.
- Definición de los factores de carga para los distintos tipos de vehículos, diferenciados para pavimentos flexibles y rígidos.

#### **(d) Trabajos Topográficos y Diseños Geométricos**

- Trabajos Topográficos

En el informe se debe presentar la metodología fundamental que se usó en los trabajos topográficos, diferenciando áreas levantadas, longitud de poligonales, magnitud de los errores de cierre, localización de puntos de control y de puntos para replanteo.

- Diseños Geométricos

En el informe se deberá realizar una sustentación de los distintos parámetros adoptados, los cuales se mencionan a continuación:

- Criterios básicos del diseño geométrico adoptados en el trazado
- Aspectos relacionados con la definición funcional del trazado, como es el tipo de vía.
- Condicionantes establecidos en la fase de estudio relacionados con la ubicación geométrica.

Nuevos aspectos definidos en la fase de inversión relacionados con la geometría, como son, entre otros:

- Sectorización de velocidades del trazado (ramificación) y velocidad de diseño considerada en cada tramo.
- Criterios de visibilidad.
- Factores de estética y armonía. Longitudes mínimas de las curvas.
- Criterios de uniformidad considerados en el diseño del trazado.

Parámetros de tipo general relacionados con la geometría, como son, entre otros:

- Geometría en planta
  - Radios mínimos en cada tramo.
  - Curvas de transición adoptadas.
  - Longitudes máximas de recta.
  - Geometría del perfil longitudinal.
  - Longitudes de rampa y pendiente con inclinaciones máximas.
  - Rangos de los parámetros de las curvas verticales.
  - Geometría en transversal.
  - Número de carriles por sentido de circulación.
  - Anchos de carriles.
  - Anchos de bermas.
  - Sobreanchos de compactación.
  - Pendiente transversal de la calzada, berma y sobreancho de compactación en recta.
  - Criterios de variación de los peraltes de calzada, berma y sobreancho en curvas.
  - Espesores de las distintas capas de la estructura de pavimento.
  - Taludes de la estructura de pavimento.
  - Criterios de definición de las pendientes de subrasante de plataforma respecto a la rasante de la calzada.
  - Separador central, anchura y forma.
  - Punto de asignación del giro de peralte y de la cota de rasante.
  - Tipo y geometría de las cunetas adoptadas según el tipo de terreno.
  - Taludes generales en corte y terraplén.
- Definición en detalle de la geometría del trazado  
En este apartado se consideran aquellos datos de detalle que permitan definir el trazado y restituir su geometría en campo. La información a tener en cuenta será la siguiente:  
(1) Geometría de la planta. Puntos singulares.  
Este listado deberá hacerse contractual en el proyecto y es el que define la geometría en planta en el sistema de referencia elegido.  
Para cada punto singular de la geometría de la planta se definirán, como

mínimo, los siguientes datos: Abscisa, coordenadas Este, Norte, acimut, radio de la curva y parámetro del arco espiral si lo hubiere.

### (2) Geometría de la rasante

Se presentará un listado en donde se reflejen los datos de los vértices y parámetros de los alineamientos de la rasante.

Este listado deberá hacerse contractual en el proyecto. Como mínimo se definirán los siguientes datos: Progresiva y Cota del vértice (PVI), pendiente desde el vértice anterior, parámetro K de la curva en metros, longitud y externa.

### (3) Geometría en transversal

Se definirán los datos de la geometría en transversal en cada una de las progresivas en que varíe cada parámetro. Se presentarán listados específicos para cada uno de ellos, tratando de agrupar datos coherentes.

Los datos de la geometría en transversal deben corresponder al proyecto del consultor.

En el plano de sección tipo se clarificará la disposición de dichos elementos.

En concreto se presentarán listados con representación, en cada abscisa de cambio, de los elementos existentes en el proyecto. Estos son: Ancho de berma izquierda, calzada izquierda, semi-separador izquierdo, semi-separador derecho, calzada derecha y berma derecha.

En el caso de que la vía transcurra por tramos urbanos, se definirá el ancho del separador central, altura del sardinel y para cada lado los anchos de calzada, estacionamiento o paradero y andén, con indicación de sus anchos y pendientes transversales, Sobreancho de compactación y las correspondientes pendientes a cada lado de la calzada, Espesores de estructura de pavimento y taludes de dicha estructura a ambos lados.

En el caso de vías de doble calzada se definirán los anchos de las bermas interiores; así como la pendiente de los taludes, de la estructura de pavimento, del separador y la distancia al eje del punto de giro del peralte para cada plataforma.

Listados de peraltes con indicación de la progresiva, peralte y bombeo, definiendo su valor.

Listado de los taludes de corte y terraplén, estableciendo sus criterios de variación en cada progresiva de cambio.

Listado de los tipos de cuneta empleados con indicación de la longitud

horizontal y vertical de cada rama.

Listado de asignación de cada tipo de cuneta según estacado. En el caso de que la rasante de la cuneta no se corresponda con los criterios de rasante del trazado, se deberán definir las cotas de rasante de la cuneta, así como los criterios de asignación en cada intervalo de progresivas.

Listado de los espesores definidos para las distintas capas del terreno y espesores de las capas en que varíen el talud de corte, con indicación de las progresivas de cambio.

- Replanteo del eje del trazado

Mediante la presentación de los datos de replanteo en este anexo se pretende facilitar las labores del contratista en la materialización de la geometría del trazado en el campo.

Para ello se presentarán los siguientes datos:

(1) Bases de replanteo o B.M. (Bench Mark)

Las bases de replanteo servirán para la ejecución de las obras. A tal efecto deberán estar situadas de tal manera que perduren a lo largo de la fase de construcción.

Estas bases, se establecerán en campo y se referenciarán de forma que sea posible su reposición, mediante las correspondientes referencias a las bases próximas (dos como mínimo).

Con el objeto de facilitar su ubicación se presentará un croquis en el que se identifique la situación de las mismas respecto al entorno.

Se presentará un listado en el que se reflejen los siguientes datos: Nombre de la base, coordenadas X, Y, Z.

(2) Replanteo del eje

El replanteo del eje se realizará en función de los datos suministrados en los apartados anteriores para la geometría en planta, perfil y en transversal.

Con el fin de facilitar la manipulación de datos al contratista, se facilitará la información de la geometría en soporte magnético, según se establece en el apartado correspondiente relativo al formato de archivos.

La inclusión de listados de datos de replanteo a intervalos fijos supone un volumen de información que ocupa excesivo espacio en el proyecto y no va a utilizar el contratista, ya que el replanteo depende de los medios y circunstancias de la obra.

El objetivo, por tanto, es suministrar la información necesaria para que éste pueda deducir, con sus propios medios, la ubicación de cualquier punto del trazado, según le interese. Ello depende de las herramientas de replanteo de que disponga.

De esta forma se trata también, de eliminar volúmenes importantes de papel que no van a tener utilidad y que engrosan los proyectos, dificultando su manipulación y desvirtuando otros aspectos más importantes del mismo.

- Planos de Diseño Geométrico, se norman en detalle en el Tópico 103.04.02.

## **(e) Estudios Geotécnicos y Diseño de la Estructura de Pavimentos**

### **Estudios Geotécnicos**

#### **- Generalidades**

El Consultor deberá presentar un informe sobre las actividades geotécnicas, el cual contemple:

= Para vías totalmente nuevas

- Evaluación de la subrasante
- Caracterización de materiales y análisis de estabilidad de terraplenes
- Estudio de estabilidad de taludes en corte y de laderas adedañas.
- Estudio de fundaciones para estructuras
- Evaluación de materiales para concretos y estructura de pavimentos.

= Para rehabilitación de Vías

- Evaluación de la estructura existente
- Evaluación de estabilidad de taludes existentes y tratamiento de sitios críticos.
- Evaluación de estabilidad de estructuras existentes
- Caracterización de materiales para concretos y estructuras.

A continuación se describen los distintos aspectos que deben incluirse en el informe para cada una de las actividades mencionadas.

- Evaluación de la Subrasante

En esta actividad el Consultor deberá presentar:

- - La justificación del tipo de exploración realizada, incluyendo definición de número de sondeos, tipo de muestras recuperadas, tipo de ensayos de laboratorio. El número de sondeos (calicatas) en ningún caso será menor a cuatro (04) por Kilómetro.
  - Hasta donde el material lo permita, las muestras de subrasante deberán ser coherentes con su uso futuro, es decir, inalteradas para las zonas en corte y compactadas, en las condiciones de humedad del préstamo, para zonas de terraplén.
  - Análisis de resultados de exploración de campo y de los ensayos.
  - Zonificación de la subrasante y caracterización física y mecánica de cada una de las zonas homogéneas.
  - Definición de tratamientos para cada zona homogénea.

- Evaluación de la Estructura existente:

En esta actividad el Consultor deberá presentar:

- Levantamiento detallado de daños superficiales, reportados cada 50 m por tipo y por carril. Procesamiento de la información indicando el porcentaje de daños por Kilómetro. Definición del "Índice de Deterioro" por Kilómetro, ponderando los distintos daños que se hayan encontrado.
- Evaluación de rugosidad en términos de IRI, definido por carril y por longitudes no superiores a 500 m.
- Evaluación defletoométrica por carril, con mediciones que no deben superar los 50 m. Cualquiera sea el equipo medidor, deberá aparecer una curva de deformación de por lo menos tres (3) puntos.
- Criterios utilizados e información sobre la Exploración de Campo, como también resúmenes de los resultados de Ensayos de Laboratorio de todos los materiales que se encuentren en las distintas capas de la estructura. La investigación de las propiedades mecánicas de la subrasante debe ser "in situ" o sobre muestras alteradas y/o inalteradas. En este caso el número mínimo de sondeos (calicatas) también será de cuatro (04) por Kilómetro.
- Asimismo, deberá contener un perfil estratigráfico, que indique el tipo, espesor y calidad de las capas de la estructura.
- Zonificación de la vía a partir de los resultados obtenidos en las evaluaciones destructivas y no destructivas.
- Determinación de los distintos módulos de las estructuras por zona homogénea a partir de cálculos regresivos, justificando el uso de metodologías acordes con la información recolectada. Los resultados deben consignarse como conclusión de la evaluación en un acápite denominado "Modelación de la Estructura Existente".
- En anexos se presentarán todos los registros estratigráficos de los diferentes calicatas, así como de los Ensayos de Laboratorio y Fotografías.

- Caracterización de Materiales y Análisis de Estabilidad de Terraplenes

El Consultor presentará en el informe lo siguiente:

- Caracterización de las condiciones específicas de los materiales existentes, especialmente las geológicas, geotécnicas y medioambientales. En los taludes con formación rocosa se deberá incluir los patrones de discontinuidades que gobiernan las laderas o taludes analizados.
- En un anexo se presentará la sustentación de los ensayos realizados o la determinación de parámetros usados.
- Caracterización física y mecánica de los materiales de la fundación sobre

los que se construirán los terraplenes.

- Definición de sectores de corte y de préstamos de ateriales para terraplenes.

Caracterización física y mecánica de los materiales de cada sector o préstamo, teniendo en cuenta las condiciones de humedad y compactación con las cuales se va a construir.

- Evaluación de la estabilidad para cada uno de los terraplenes mayores de 5.00 m de altura que se construirán en la vía. En un anexo se presentará los análisis o salidas de impresión de los programas utilizados.

- Evaluación de Laderas y Taludes

En el informe el Consultor presentará la evaluación de ladera adedañas a la vía construida o por construir, los taludes en corte existentes y por construir, y los terraplenes existentes en los siguientes términos:

- Caracterización de los materiales existentes tanto física como mecánicamente. En los taludes con formación rocosas se deberá incluir los patrones de discontinuidades que gobiernan las laderas o taludes analizados.

En un anexo se presentará la sustentación de los ensayos realizados o la determinación de parámetros usados.

- Evaluación de estabilidad para los taludes y laderas analizados, incluyendo la definición conceptual de los tratamientos requeridos para garantizar la operabilidad de la vía contigua en el tiempo. En anexos se presentarán los análisis o salidas de los programas usados.

- Estudio de Fundaciones para Estructuras

En el informe se presentará:

- Los criterios para la investigación de los sitios donde se localizarán las estructuras a construir.
- Los resultados de las exploraciones de campo y de Ensayos de Laboratorio para cada sitio.
- Definición del tipo de cimentación, de acuerdo con las condiciones del terreno y de las exigencias de las cargas aplicadas.
- Análisis suelo - estructura para obras de importancia como puentes. Para todas las estructuras restantes deberá presentarse la verificación que las

cimentaciones, con las dimensiones adoptadas, resistan las cargas aplicadas y las restricciones de deformación de las estructuras.

- Evaluación de Estabilidad de las Estructuras Existentes.

Para cada una de las estructuras se deberá presentar:

- La evaluación hidrológica e hidráulica de cada sitio, determinando la estabilidad contra fenómenos de socavación. En casos de presentar deficiencias se deberá presentar las obras propuestas para solucionarlas.
- Verificación de las cimentaciones construidas para soportar las cargas aplicadas o las actualizaciones de las normativas estructurales.

- Evaluación de Materiales para Concretos y Estructura de Pavimentos

Se deberá presentar:

- Localización de las fuentes seleccionadas, ubicadas respecto al proyecto. Así también, levantamiento de detalle de cada una de ellas. Debe incluirse también las Fuentes de Agua.
- Caracterización de los materiales a ser empleados en el proyecto. Los Ensayos de Laboratorio deben presentarse en un anexo.
- Caracterización de mezclas de concreto asfáltico y de concreto hidráulico, utilizando materiales procesados.

### **Diseño de la estructura de pavimento**

El Consultor presentará en el informe de esta actividad lo siguiente:

- Resumen de los parámetros básicos que se utilizaron en la determinación de las dimensiones de la estructura de pavimento, los cuales deben estar sustentados detalladamente en otros apartes del informe.
- Para el caso de pavimentos flexibles se presentarán los resultados de los análisis efectuados, sustentando adecuadamente las metodologías usadas,

las mismas que deben estar en concordancia con lo establecido en los Términos de Referencia.

- Definición de la estrategia de mantenimiento asociada, mostrando la evolución de daños en el tiempo y las medidas para corregirlos. Como debe entenderse la definición de esta estrategia, debe estar acompañada de una evaluación económica y/o financiera, incluyendo los costos iniciales del proyecto. La estructura recomendada será aquella que presente las mejores condiciones al hacer esta evaluación conjunta.
- Finalmente deberá aparecer para cada zona un resumen en el que se muestren las distintas acciones que se deberán efectuar desde el inicio hasta el final del período de diseño.

#### **(f) Estudios Hidráulicos**

- Se presentará el estudio del régimen hidráulico en los sectores previstos con los resultados obtenidos del estudio hidrológico y con base en el reconocimiento de cada uno de los cauces y estructuras hidráulicas de evacuación, estableciendo los parámetros más importantes para el diseño de las nuevas estructuras de evacuación. En el caso de estructuras existentes se indicará, según corresponda, la reconstrucción, la rehabilitación o la reparación de las mismas.
- Se presentará el diseño de los sistemas de drenaje requeridos, cuyo funcionamiento debe ser integral y eficiente.
- Se justificarán en detalle las Obras de Arte y Drenaje requeridas, tales como cunetas, zanjas, subdrenes, disipadores de energía para el control de la erosión de las aguas superficiales, obras para el control de la socavación de la plataforma, badenes, alcantarilla, pontones, puentes, muros, etc.
- Se indicarán los sectores donde sea necesario la instalación de subdrenes, filtros para interceptar el flujo interno y mejorar la estabilidad de la plataforma de la carretera y taludes. Se mostrará para cada sector los subdrenes correspondientes, diferenciando los subdrenes, para deprimir la napa freática alta, de los subdrenes para el drenaje, en caso necesario, de las capas del pavimento.
- Con base en la evaluación del estado de las obras de arte existentes, menores y mayores, incluido puentes, en cuanto a capacidad de carga, sección, condición, etc.; se indicará en el informe el reforzamiento, ampliación o reemplazo de aquellas que sean necesarias; los diseños de la rehabilitación o reparación de aquellas existentes que se mantienen, así como el diseño definitivo de las que

sean necesarias reemplazar. Para las obras existentes que se mantendrán se indicarán los trabajos de mantenimiento propuestos, como limpieza, pintado de estructura y/o barandas, etc.

#### **(g) Diseños Estructurales**

En el informe se indicarán, para cada una de las estructuras diseñadas o evaluadas.

- Los criterios de diseño utilizados.
- El tipo de normativa usada.
- La justificación del tipo y la magnitud de las cargas aplicadas.
- Resúmenes de los principales resultados y comprobaciones.
- Esquemas ambientando el documento escrito, adecuadamente referenciados.

#### **(h) Estudio de Impacto Ambiental**

En Estudio de Impacto Ambiental se presentará lo siguiente:

- Evaluación de los impactos ambientales directos e indirectos.
- Detalle de las medidas mitigadoras. Cronogramas de implantación, determinación de los órganos responsables de su implementación, costos y fuentes de financiamiento.
- Medidas ambientales específicas para ser incluidas en los diseños de ingeniería.
- Especificaciones ambientales particulares para las obras.
- La identificación y corrección de los pasivos ambientales considerados críticos.
- En el caso que sea necesario la expropiación o reubicación de población, la definición del plan de reasentamiento y compensación de la población.
- Cuantificación de volúmenes, costos y presupuestos correspondientes a las medidas de mitigación de impactos ambientales directos e indirectos, a la corrección de pasivos críticos y a la compensación y reasentamiento poblacional.

#### **(i) Evaluación Económica del Proyecto**

Se presentará la evaluación técnico-económica del proyecto, justificando el modelo utilizado incluyendo los costos de construcción, los costos y beneficios de los usuarios

por el mejoramiento de la carretera, los costos y beneficios del tránsito, los costos del mantenimiento de las condiciones de operabilidad exigidas y otros beneficios exógenos. El período de análisis y la tasa de actualización serán definidos previamente por la entidad contratante.

Se deberá incluir las relaciones Beneficio/Costo y las Tasas Internas de Retorno calculadas.

#### **103.03.04 Puntos Críticos**

En un capítulo independiente del informe se deberán recopilar los distintos puntos críticos que se encontraron en el proyecto, bien sea desde el punto de vista de taludes, subrasante, socavaciones, estructuras o efectos ambientales, cada uno identificado de acuerdo con las progresivas del proyecto.

Para cada sitio se mostrarán las condiciones que hacen catalogar el sitio como crítico y las obras planteadas para solucionarlo. Se presentarán esquemas y registro fotográfico. La justificación analítica de las soluciones se deberá presentar en los documentos específicos respectivos, sin incluirlos en este capítulo.

### **103.04 PRESENTACION DE PLANOS**

#### **103.04.01 Condiciones Generales**

Los planos deben proporcionar la interpretación y comprobación cualitativa que permitan justificar de forma gráfica la solución adoptada, establecida en el tópico 103.03, e identificar y aclarar los elementos de la obra y en su caso, deben complementar la interpretación de las mediciones en aquellos detalles en los que así proceda, de forma que permitan facilitar la clara identificación de su procedencia.

Se presentarán los planos que cumplan las condiciones que aquí se especifican:

(a) Los planos se presentará con sus escalas en tamaño A1 (840 x 594 mm) y reducidos en tamaño A3 (420 x 297 mm). Inicialmente y para revisión sólo se presentarán en A3. Aprobados los planos se presentarán en las dos dimensiones.

Los planos A1 tendrán los siguientes márgenes:

- Izquierda      30mm.
- Arriba          25mm.
- Abajo           15 mm.
- Derecha        15 mm.

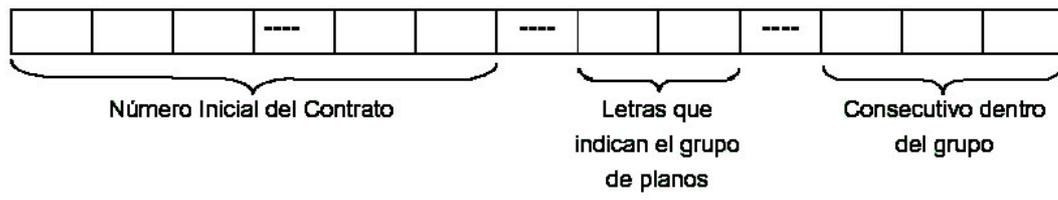
Los planos tendrán un rótulo identificador en la parte inferior del plano y a todo lo largo de él. Tendrán una distribución como se indica en la figura 103.01b, teniendo los

siguientes espacios:

- **Espacio de la Entidad Contratante.** En él aparecen el logotipo y/o el nombre de la Entidad Contratante y de la Dependencia que administra el contrato.
- **Espacio de la Empresa Consultor.** Se mostrará el logotipo y/o el nombre del proyectista.
- **Espacio del Grupo Diseñador.** Aparecerán los nombres de las personas responsables de realizar los diseños cuyos esquemas aparecen en el plano específico.
- **Espacio para Aprobación.** Se dejará para que la Entidad Contratante coloque Sello y Firma del Supervisor del Proyecto, una vez se apruebe el plano respectivo.
- **Espacio para Revisiones.** En el se consignarán las modificaciones que se realicen al plano, indicando el número de la revisión, la fecha y la descripción de la modificación. Dentro del plano se indicará con el número de la revisión encerrado en un hexágono de 10 mm entre lados opuestos, colocado al lado de la modificación
- **Espacio para Nombre del Proyecto.** Se colocará el nombre que la Entidad Contratante ha dado al proyecto. En su parte inferior deberá colocarse el número completo del contrato.
- **Espacio para el Título.** Se indicará en líneas generales el contenido del plano, disminuyendo por líneas hasta lo particular.
- **Espacio para Complementarios.** Aparecerá la escala del plano si todos los esquemas se han dibujado con la misma. Si es diferente se colocará indicadas.

El contenido de los espacios se ha normalizado según se muestra en la figura 103.02 p.

(b) Asimismo, se colocará la fecha de presentación del plano y finalmente el número del plano compuesto por



Se presentarán los siguientes planos, (que pueden ser varios por categoría):

<b>TIPO</b>	<b>CODIGO</b>
(1) Información e Índice de Planos -----	IP
(2) Ubicación Geográfica del Proyecto -----	UG
(3) Plano Clave -----	PC
(4) Secciones Tipo -----	ST
(5) Planta y Perfil del Proyecto -----	PP
(6) Secciones Transversales -----	SE
(7) Intersecciones -----	IN
(8) Diagrama de Masas -----	DM
(9) Plano de Canteras -----	CM
(10) Plano de Depósitos de Materiales Provenientes de las Excavaciones	DE
(11) Estructuras de Pavimentos y Tratamientos de Fundación	PV
(12) Estructuras de Drenaje y Obras de Arte -----	OD
(13) Taludes y Estabilizaciones -----	TE
(14) Puentes -----	PT
(15) Plano de Señalización -----	SÑ
(16) Plano de Expropiaciones -----	EX
(17) Plano de Paisajismo y/o Impacto Ambiental -----	IA

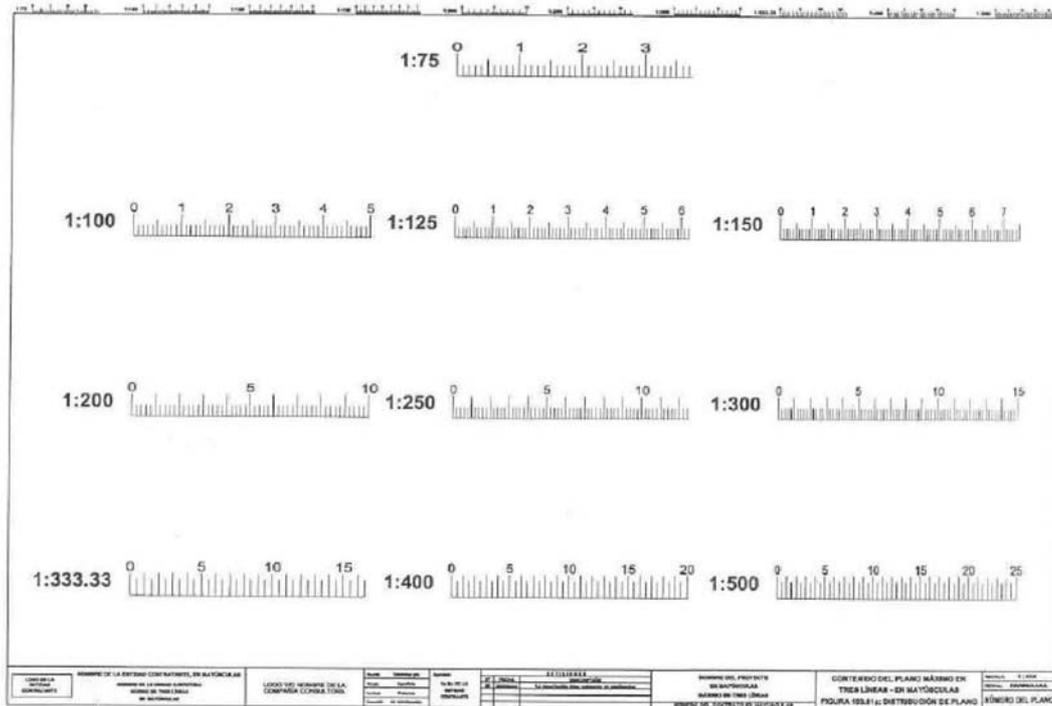
Los distintos elementos que determinan un trazado se obtienen por resolución analítica del problema, con ayudas de tipo informático o no, y se representan en planos para facilitar su interpretación. Es lógico, por tanto, que sea analítica también la información para la realización de la obra. Se considera oportuno, por tanto, que los criterios contractuales en los proyectos de carreteras, en cuanto a la geometría del trazado se refiere, deban incluirse en la memoria y no en los planos.

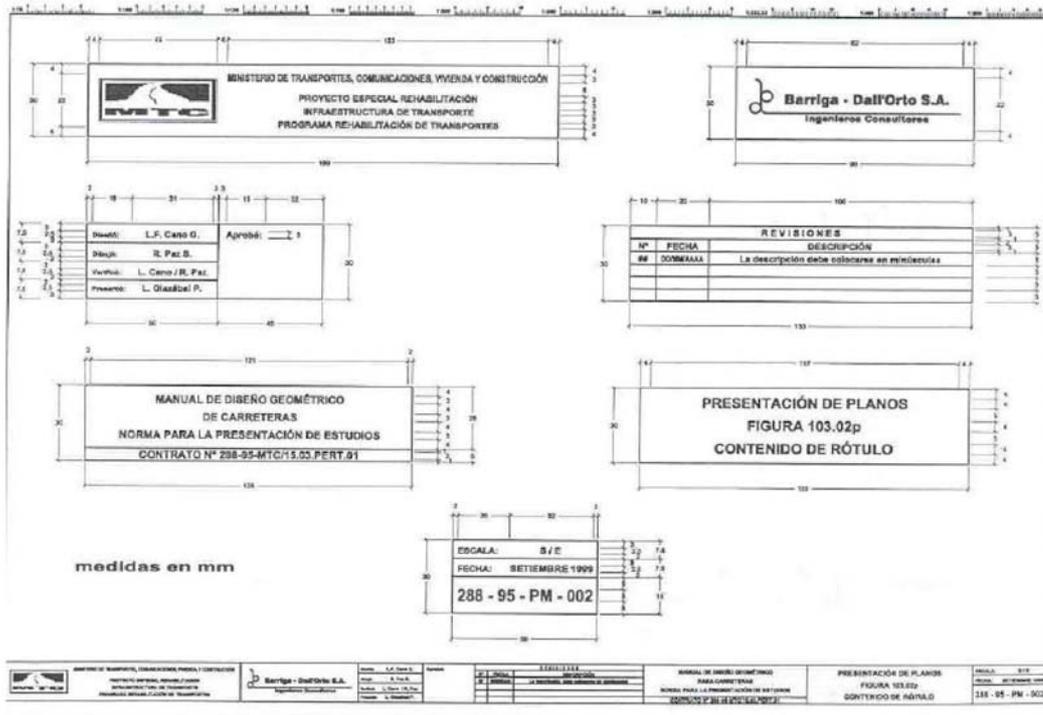
No es misión de los planos verificar el cumplimiento de la normativa vigente, ya que ello debe realizarse con la información alfanumérica definida en la memoria. Lo contrario llevaría a incluir una información excesiva en los planos que desvirtuaría los objetivos antes expuestos.

Los planos relacionados con el diseño geométrico de carreteras son:

- (1) Ubicación Geográfica del proyecto.
- (2) Clave.
- (3) Secciones tipo.
- (4) Planta y perfil del Proyecto.
- (5) Intersecciones.

(6) Secciones transversales.





## **(a) Objeto y Contenido de los Planos**

**(1) Ubicación geográfica del proyecto:** Debe reflejar donde se encuentra situada la obra en varios niveles de información.

**(2) cambios de escala coherentes con cada nivel de aproximación.** Se indicará la ubicación dentro del territorio nacional, y en el ámbito local de tal manera que con este plano se pueda acceder, sin más información, a la zona de la obra; mostrando las vías, centros poblados y proyectos más importantes dentro del área de influencia del proyecto.

**(3) Clave:** Deben reflejar el conjunto del alineamiento y permitir identificar, de forma rápida, los distintos aspectos generales de la planta, accesos, posición de las obras de drenaje y estructuras importantes, túneles, intersecciones y características generales del relieve de la vía principal; a escala 1:20,000.

Se pueden presentar determinados proyectos de trazado en los que debido a su naturaleza no proceda presentar perfiles longitudinales del mismo. En aquellos en que sea preciso presentar planta y perfil, se hará con arreglo a los siguientes requerimientos:

Se deben presentar los planos de planta y perfil esquemáticos del trazado a escala 1:5.000.

Además de lo especificado en el apartado siguiente, de aspectos comunes a los planos de planta y perfil de conjunto y de detalle, este plano debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Representación del diagrama de curvaturas.
  
- Se identificará la progresiva y el parámetro de las curvas verticales y la pendiente de los alineamientos.

**(4) Secciones tipo:** Debe facilitar la identificación de los diferentes elementos del diseño geométrico en transversal, así como de aquellos elementos relacionados con el proyecto que posean estructuras de pavimento específicas, como pueden ser: vías rurales y urbanas; a escala 1:100.

Se deben representar muy claramente las magnitudes asociadas a la sección o secciones en transversal que se estimen necesarias, mediante detalles constructivos

precisos, como por ejemplo; cunetas, terminaciones de las capas de la estructura del pavimento, barreras, drenaje subterráneo, etc.

Debe ser propio de este plano identificar y definir aquellos parámetros en transversal que sean constantes a lo largo del trazado, y permitir identificar, mediante la representación de variables alfanuméricas, aquellos parámetros de la sección transversal que requieran listas de variación en las distintas progresivas del trazado y que por su alcance y eficiencia fuese más propio representar en listados que en planos.

Se deben representar secciones genéricas en transversal reflejando la situación en corte y en terraplén. Salvo que el comportamiento de estas secciones no sea simétrico, una situación clásica que evita la duplicidad de información en numerosos casos, es la de representar una sección mixta en la que a un lado del eje se indique la situación en corte y a otro la de terraplén.

Deberán figurar los siguientes conceptos:

- Punto de asignación del eje de la geometría en planta.
- Punto de asignación de las cotas en perfil. En el caso en el que no exista continuidad entre las distintas calzadas, se definirá claramente el punto de asignación de las cotas del perfil en cada una de ellas.
- Acotaciones de los anchos de corona, diferenciando los anchos del separador, calzada, carriles, berma, sobreebanco y vías lentas o de adelantamiento, en su caso.
- Acotación de los peraltes, de los elementos de la rasante y de la subrasante de plataforma. Se debe indicar el peralte de aquellos conceptos que sean uniformes a lo largo del trazado, como puede ser el sobreebanco de compactación.
- La representación de aquellos valores de los peraltes que respondan a listas de datos presentadas en la correspondiente memoria de geometría de trazado, se debe efectuar con una letra seguida del símbolo de "%" y una flecha que indique el sentido positivo de la representación numérica.
- Acotación del talud de pavimento a ambos lados. En el caso de una vía multicarril o autopista, se deberán indicar los taludes del interior de la estructura de pavimento, en el separador.
- Acotación de taludes en corte de tierra y roca, y en terraplén. Si estos son variables a lo largo del trazado se deberán representar esquemáticamente por letras y hacer referencia en la memoria.
- En los proyectos en que figuren taludes diferentes en los distintos estratos del

terreno, se deberá representar una línea imaginaria de separación que clarifique la definición del quiebre de los taludes.

- Detalle de las capas de la estructura del pavimento, con indicación del tipo de capa, espesores, riegos de imprimación y adherencia, así como las dimensiones y taludes de los remates de las capas entre calzada y berma, y entre berma y sobreebanco de compactación.
- Detalle de los distintos modelos de cunetas empleados, definiendo sus dimensiones por las proyecciones horizontal y vertical de cada rama.
- Detalle de la sección transversal de los elementos del drenaje superficial y drenaje subterráneo longitudinal, reflejando su ubicación en transversal, respecto al resto de los elementos. El hecho de que en este plano se definan detalles de la cuneta o del drenaje no exime de considerar en los planos correspondientes todo tipo de detalle relacionado con el drenaje que sea necesario para definir correctamente las obras
- En las secciones de tipo urbano, además de lo anteriormente expuesto se deben reflejar los elementos propios de dicha sección: sardineles, veredas, rampas, etc., con indicación de los materiales empleados y magnitudes de los mismos.

**(5) Planta y perfil del Proyecto:** Deben permitir la identificación y localización del diseño vial completo, el análisis y funcionalidad del mismo y el cumplimiento de los objetivos del proyecto. En concreto, deben permitir la correcta evaluación de la implantación de la vía sobre el terreno, en toda su longitud, así como la coordinación planta-perfil.

Esto hace que tanto el diagrama de curvaturas, como el de peraltes deban estar presentes en el plano de perfil, así como la representación en la planta de los elementos constitutivos de la vía, hasta los taludes de corte y terraplén, como si de una vista aérea se tratara una vez se construyera la carretera, integrando la topografía preexistente en la banda ocupada para facilitar la interpretación del asiento de la vía sobre el terreno y afecciones consideradas en el diseño.

Siempre que sea posible deben de situarse en un mismo plano la planta y el perfil longitudinal. Si no fuese así se separarán en hojas distintas la planta de los perfiles longitudinales, como puede ocurrir en las intersecciones a desnivel.

En la presentación de las hojas se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- El perfil longitudinal se debe presentar junto con la planta, siempre que sea posible en la misma hoja, a fin de facilitar el análisis del diseño geométrico y especialmente de la coordinación planta-perfil.

- Se deben marcar las progresivas de las secciones de los perfiles transversales y rotular los múltiplos de 1/10 de la escala horizontal.
- Fijada la escala horizontal, la escala vertical se debe elegir uniforme, de forma que en la peor situación quepa el perfil longitudinal del tramo representado conjuntamente con la planta en una hoja, respetando los siguientes criterios:
  - La escala vertical debe ser 1/10 de la horizontal. Se puede llegar hasta 1/20, pero no debe sobrepasarse este valor, ya que se dificulta la interpretación del relieve.
  - No se deben efectuar cortes del plano de comparación en una misma hoja. Si debido a la diferencia entre las cotas extremas del dibujo, fuese necesario disponer de la totalidad del plano para representar el perfil longitudinal, será preferible representar la planta y el perfil en hojas separadas para todas ellas.
- En el dibujo del perfil longitudinal se deben establecer suficientes líneas de referencia de cotas para que se permitan apreciar las diferencias de cotas entre el terreno y la rasante en cualquier progresiva.

El paso de estas líneas de referencia debe ser un número entero fácil de interpretar y la distancia entre ellos del orden de un centímetro. Para ello se deben cuidar las escalas, ya que hay algunas que no dejan representar correctamente los múltiplos del intervalo. Esto se consigue dando una pauta de las cotas del orden de la centésima parte de la escala vertical.

En la planta se deben identificar como mínimo los siguientes elementos:

- La topografía de una faja de terreno de 60 m de ancho como mínimo a curvas de nivel con equidistancia máxima de 2 m
- Las líneas más destacadas de la plataforma, señalando las progresivas y anotando los hectómetros; así como los pies de talud, diferenciando claramente los de corte de los de terraplén.
- La cartografía sobre la que se proyecta el trazado. En ella se deberán presentar las cruces correspondientes a las coordenadas. Se debe representar el Norte y al menos las coordenadas de un punto, lo que permite la identificación de todos los

demás. Asimismo se deberán señalar todos los B.M. (bench mark) colocados a lo largo del trazado

- Se recomienda que no se eliminen los elementos cartográficos ocupados por la planta, ya que ello dificulta enormemente el análisis de la implantación del conjunto del trazado sobre la misma.
- Deben representarse los hitos kilométricos en los intervalos de control del proyecto, según el mismo criterio establecido en el perfil longitudinal, para facilitar el análisis conjunto de ambos.

Además de lo considerado el plano de planta y perfil general debe contener los siguientes elementos:

#### **Sección gráfica:**

- Representación gráfica del perfil longitudinal del terreno definida por las cotas del eje en las secciones transversales considerados en el proyecto.
- Representación de la línea del perfil longitudinal con la inclusión, tanto de los vértices, como de las curvas verticales, marcando los puntos inicial y final de cada uno.
- Representación de las líneas de perfil por ambos bordes de la calzada, con notación diferente al perfil por el eje.
- Tanto en la planta como en el perfil longitudinal, se deben localizar y representar las diferentes obras de drenaje, así como las estructuras y los túneles, identificándolos adecuadamente.
- Se usará una hoja por cada kilómetro del trazo.

#### **Sección Esquemática:**

Es conveniente representar gráficamente el diagrama de curvaturas y el de peraltes, ya que al proceder de la representación informatizada de los valores analíticos definidos en el proyecto, se detectan con facilidad los errores de definición de los mismos. No es necesario representar el valor analítico de las abscisas de cambio, ya que se producen concentraciones de números que dificultarían la visibilidad de los gráficos y no aportan nada, ya que para la construcción de la obra estos datos se encuentran en la memoria y en soporte informático.

Debe evitarse la representación del diagrama de peraltes por medio de la sobreelevación de los bordes de calzada, ya que la variación de los anchos de la misma, que por otra parte está perfectamente definida en la planta, dificulta la interpretación de la variación real del peralte.

En seis filas en la parte inferior de la malla de control del Perfil Longitudinal, formando un diagrama resumen, se anotará los siguientes datos de abajo hacia arriba:

- Diagrama de curvaturas horizontal, consistente en un alineamiento indicando las curvas, limitadas por su PC y PT, y su sentido por una línea paralela, unida al eje en el PC y PT correspondiente, hacia arriba en curvas a la izquierda y hacia abajo en curvas a la derecha.
- Diagrama de curvatura vertical, consistente en un alineamiento indicando las curvas, limitados por su PCV y PTV, y su sentido por una línea paralela, unida al eje en el PCV y PTV correspondiente, hacia arriba en curvas convexas y hacia abajo en curvas cóncavas.
- Diagrama de peraltes.
- Cotas del terreno.
- Cotas de la rasante.
- Longitudes y pendientes de los tramos.

### **Sección Analítica:**

Cotas del terreno en los puntos definidos. Incluida en el diagrama resumen. Cotas de la rasante en estos mismos puntos. Incluida en el diagrama resumen.

Representación numérica de los valores que definen las curvas verticales. Los datos a representar, como mínimo, serán los siguientes:

- Abscisa del vértice (PVI).
- Cota del vértice (PVI).
- Parámetro K de la curva vertical.
- Longitud de la misma.
- Diferencia de las pendientes de los alineamientos de entrada y salida en el vértice, expresada en tanto por ciento.
- Representación de las pendientes de los alineamientos rectos, en tanto por ciento.

La situación más práctica para esta información es en una tabla ubicada en la parte superior de la malla de control.

**(6) Intersecciones:** Los planos de las intersecciones se deben representar a la

escala necesaria para que se vea su conjunto en una única hoja con claridad, lo que permitirá su análisis funcional, ya que un ramal está condicionado por otros próximos y por tanto requiere una interpretación basada en una estructura que no es lineal, sino en superficie. Por tanto su representación aislada no ofrece ninguna ventaja.

En los planos de planta y perfil general, así como en los de intersecciones, se deben representar los puntos de referencia de nivel o B.M. que se establezcan para el replanteo de la obra. Esta información podría presentarse en un plano específico para ello, pero como ocupa muy poco espacio, no condiciona los objetivos que se persiguen con este tipo de plano y además supone un ahorro en el volumen final del documento, queda justificada su inclusión en este plano.

**(7) Secciones transversales:** El objeto de este plano es el de permitir analizar el asiento e integración de la vía sobre el terreno, por lo que no es adecuado repetir los aspectos propios de la sección tipo en cada uno de los perfiles del mismo, como son las capas de la estructura de pavimento, detalles de cunetas, etc. Tampoco es necesario incluir ejes de escalas, planos de comparación, acotaciones numéricas de los puntos del perfil, ya que obligan a una información tan laboriosa, como inútil, que es más propia de formar parte del formato de archivos.

En el caso de secciones en las que intervienen varias calzadas correspondientes a ejes diferentes, se debe representar la sección conjunta, con el fin de facilitar su análisis.

- Se debe presentar el plano de secciones transversales a la escala necesaria para su correcta interpretación. Esta debe ser la misma, tanto horizontal como vertical, así como la misma en todas las hojas y debe estar comprendida entre 1:200 y 1:400.
- Las secciones se identificarán por medio de su progresiva.
- En cada sección transversal además se debe representar la cota en el eje de la rasante de calzada.
- Se deben representar las líneas del terreno natural y de la subrasante.
- No se deben presentar nunca perfiles partidos, o incompletos.

- No se deben representar más secciones que las correspondientes a la equidistancia definida. Esta será de 20 m según el tipo de trazado, en los ramales de las intersecciones a desnivel se considerarán equidistancias de 10 m.
- En caso de considerarse necesario representar secciones transversales en puntos del eje distintos que rompan dicha armonía, o con ángulos no ortogonales respecto al eje del trazado, estos se deben reflejar en planos distintos, específicos para ello.
- El número de secciones representados en una misma hoja debe ser el máximo posible siempre que no se produzca excesiva acumulación de datos.

### **103.05 RELACIÓN DE METRADOS DE OBRA**

El acápite concerniente a Metrados lo constituirán:

- (1) Criterios seguidos para la formulación de los metrados
- (2) Metrado de Explanaciones
- (3) Metrado de Pavimentos
- (4) Metrado de Alcantarillas
- (5) Metrado de Muros
- (6) Metrado de Obras de arte y Puentes
- (7) Metrado de Túneles
- (8) Metrado de Expropiaciones
- (9) Metrado de Obras varias

Todos los metrados se presentarán diferenciados por Kilómetro y en total.

### **103.06 ANÁLISIS DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS**

Lo conforma los siguientes documentos:

- (1) Bases de cálculo de los costos
- (2) Análisis de costo directo
- (3) Análisis de los costos indirectos
- (4) Resumen de los componentes de los costos

Para el uso de precios unitarios, las bases de cálculo serán por precio unitario, los análisis y el resumen se harán por partida y la presentación será en formatos aprobados por la Entidad Contratante.

### **103.07 PRESUPUESTO DE OBRA**

Lo comprenderán todos los trabajos que sean necesarios ejecutar, fijados en los metrados correspondientes y los gastos por concepto mano de obra, materiales, insumos, equipos, gastos generales, dirección técnica e impuestos. Se presentarán en formatos aprobados por el Propietario.

Asimismo en éste Item se consignarán, las formulas polinómicas de reajuste de precios de acuerdo con la exigencia del Propietario.

### **103.08 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA**

Se deberá presentar un Cronograma de Actividades, en el cual se muestra discriminadamente todos los pasos necesarios para ejecutar completamente la obra, diferenciando la Ruta Crítica.

### **103.09 EXPEDIENTE TÉCNICO**

El Expediente Técnico estará compuesto por:

#### **Bases de Licitación y Modelo de Contrato**

Se preparará conjuntamente con la Entidad Contratante

#### **(2) Documento Técnico**

El Consultor preparará un documento independiente para ser entregado en el proceso licitatorio y en su momento al constructor de la obras.

Este documento utilizará información de la mencionada en los anteriores numerales, entendiendo que la que se suministre al Contratista es idéntica a lo enviado a la entidad contratante y de igual magnitud.

Como tal, en el Expediente Técnico no se presentarán criterios de diseño, análisis de alternativas, análisis de precios unitarios, justificación de parámetros.

De acuerdo con lo anterior, se presentarán datos básicos de campo, laboratorio, estaciones de medición, perfiles, etc, así como también las distintas soluciones dadas a los temas tratados en cada una de las actividades. Estas

actividades

### **Documento Técnico**

El Consultor preparará un documento independiente para ser entregado en el proceso licitatorio y en su momento al constructor de la obras.

Este documento utilizará información de la mencionada en los anteriores numerales, entendiendo que la que se suministre al Contratista es idéntica a lo enviado a la entidad contratante y de igual magnitud.

Como tal, en el Expediente Técnico no se presentarán criterios de diseño, análisis de alternativas, análisis de precios unitarios, justificación de parámetros.

De acuerdo con lo anterior, se presentarán datos básicos de campo, laboratorio, estaciones de medición, perfiles, etc, así como también las distintas soluciones dadas a los temas tratados en cada una de las actividades. Estas actividades corresponden a las mencionadas en los anteriores numerales de este documento.

### **Especificaciones Técnicas**

Se incluirán las Especificaciones Especiales para el proyecto, así como las Generales que aplicarán, de tal forma que el Contratista cuente con el TOTAL de las Especificaciones de las partidas ha ejecutarse en obra.

### **Metrados**

Cuadro resumen por Kilómetro y total de las distintas actividades.

### **Presupuesto Base y Fórmulas Polinómicas**

La entidad contratante decidirá la inclusión o no de este ítem.

### **Planos**

Juego de Planos en tamaños A1 y A3

corresponden a las mencionadas en los anteriores numerales de este documento.

(3) **Especificaciones Técnicas**

Se incluirán las Especificaciones Especiales para el proyecto, así como las Generales que aplicarán, de tal forma que el Contratista cuente con el TOTAL de las Especificaciones de las partidas ha ejecutarse en obra.

(4) **Metrados**

Cuadro resumen por Kilómetro y total de las distintas actividades.

(5) **Presupuesto Base y Fórmulas Polinómicas**

La entidad contratante decidirá la inclusión o no de este ítem.

(6) **Planos**

Juego de Planos en tamaños A1 y A3