GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE VIALIDAD

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN Nº3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

PARTE I

JAVIER ETCHEVERRY CELHAY
MINISTRO DE OBRAS PUBLICAS

CARLOS URIBE BASCUR
DIRECTOR GENERAL DE O.O.P.P.

EDUARDO ARRIAGADA M.
DIRECTOR DE VIALIDAD

JUNIO 2002

- **VOLUMEN N° 3 "INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO" - VERSION JUNIO 2002**
  MANUAL DE CARRETERAS - DIRECCION DE VIALIDAD

- **REDACCION: LEN Y ASOCIADOS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.**

DIRECTOR Y COORDINADOR DEL PROYECTO:		Ing. Santiago Sánchez G.
REDACTORES:	Capítulo 3.000	Ing. Santiago Sánchez G.
	Capítulo 3.100	Colaboradores:
	Capítulo 3.200	Ing. Tomás Blánquez S.
	Capítulo 3.300	CCc. Mario Inojosa L.
	Capítulo 3.400	Ing. Jaime Valenzuela Sch.
	Capítulo 3.500	
	Capítulo 3.600	Ing. Roberto Alvarez W. Ing. Dusan Dujisin Q.
	Capítulo 3.700	Ing. Eduardo Varas C. Ing. Luis Ayala R.
	Capítulo 3.800	Ing. Jorge Rutllant F. Geól. Hugo Delucchi F.
	Capítulo 3.900	Geól. Cedomir Marangunic T. Ing. Ejec. Paula Marangunic V.
	Capítulo 3.1000	Ing. Adrián Fuentes R. Ing. Pedro Ortigosa de P. Ing. Rodolfo Saragoni H.

- **COORDINACION Y REVISION POR ESPECIALISTAS DE LA DIRECCION DE VIALIDAD:**

COORDINACION GENERAL:		Ing. Sonia Morales P.
REVISORES:	Ing. Sonia Morales P.	Ing. Ricardo Reginensi P.
	Ing. Oscar Asenjo G.	Ing. Karime Darwiche F.
	Ing. Amalia Moraga V.	Ing. Alvaro Mujica R.
	Ing. Nelson Toro U.	Ing. Andrés Carvajal G.
	Ing. Edgardo Parada V.	Ing. Víctor Roco H.
	Ing. Marcia Agurto C.	Ing. Gabriela Muñoz R.
	Ing. María C. Bravo B.	Ing. Gabriel Palma P.
	Ing. María C. Montes L.	Ing. Raúl Ramírez T.

Se agradece el apoyo de los profesionales indicados, como también a los estamentos de Ingeniería, Proyectos Viales, Puentes y Estructuras, Laboratorio Nacional, Túneles, Obras Fluviales, Seguridad Vial, Gestión Vial, Planes y Programas, Medio Ambiente, Vialidad Urbana y Construcción.

Asimismo, a los especialistas externos a la Dirección de Vialidad, por su cooperación durante la revisión; al Ing. Raúl Martínez C.; a los Ingenieros Gerardo Echeverría G., y Claudio Fuentes L. (Capítulo 3.600); y a los Ingenieros Pedro Astaburuaga G., Fernando Izzo S., Hugo Marchetti P., Jorge Rutllant F., Nelson San Martín S., y Oscar Unanue P. (Capítulo 3.1000).

De igual modo, la Dirección de Vialidad, agradece la colaboración prestada por la Asociación de Empresas Consultoras de Ingeniería de Chile A.G., y de la Cámara Chilena de la Construcción, por los aportes técnicos puntuales hechos a la *Versión Previa a Impresión* de este Volumen; como también al Instituto Chileno del Asfalto (Cap. 3.600).

- **EDICION : DEPARTAMENTO MANUAL DE CARRETERAS**
  DIRECCION DE VIALIDAD
- **FECHA DE EDICION : AÑO 2002**
- **PUBLICADO POR : DIRECCION DE VIALIDAD**
  MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
  GOBIERNO DE CHILE

Este documento es de propiedad de la Dirección de Vialidad, prohibida su reproducción sin su autorización.

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

INTRODUCCION

El Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad es un documento de carácter normativo, que sirve de guía a las diferentes acciones que son de competencia técnica del Servicio. En él se establecen políticas, criterios, procedimientos y métodos que indican las condiciones por cumplir en los proyectos viales y que guardan relación con la planificación, estudio, evaluación, diseño, construcción, seguridad, mantenimiento, calidad e impacto ambiental.

Las disposiciones señaladas en este Manual deberán ser utilizadas tanto por los proyectistas como por los constructores y por cualquier persona o entidad que desarrolle trabajos para la Dirección de Vialidad, o en aquellos que estén bajo la supervisión de ella. A pesar que en el Manual se describen diversos aspectos básicos relacionados con la ingeniería vial, no substituye el conocimiento cabal de las materias tratadas, como tampoco la experiencia y el buen criterio, que deben ser parte integral del arte de la ingeniería. Con él se pretende velar por la sistematización y uniformidad de criterios, considerando cuando corresponda la experiencia e investigación local, con una adecuada coordinación de los diversos especialistas. Las fórmulas, gráficos y acotaciones que se incluyen, tienen por objeto dar una solución rápida de los problemas habituales que se presentan tanto en terreno como en gabinete; debiéndose recurrir a la participación de especialistas en aquellos problemas más complejos no contemplados.

Como toda ciencia, la ingeniería vial está en permanente cambio y renovación, lo que promueve a innovar, mejorar, ampliar o sustituir las disposiciones contenidas en el Manual. Es por ello que la preocupación de mantenerlo al día debe ser una constante en las labores que desarrollen todos los profesionales y técnicos ligados, de una u otra forma, al quehacer de la Dirección de Vialidad.

Sin embargo, como cuestión de procedimiento y ordenamiento general, todos los cambios que se propongan en el sentido indicado, deben ser presentados formal y fundamentadamente a la instancia respectiva de la Dirección de Vialidad. Esta los analizará y, si corresponde, resolverá sobre su incorporación en el nivel que concierna, sea como caso particular en una obra o proyecto específico o como una disposición de carácter general.

La estructura del Manual la conforman nueve volúmenes, acordes a las diferentes etapas y/o especialidades involucradas. Ellos son los siguientes:

- Volumen N° 1 : Planificación, Evaluación y Desarrollo Vial.
- Volumen N° 2 : Procedimientos de Estudios Viales.
- Volumen N° 3 : Instrucciones y Criterios de Diseño.
- Volumen N° 4 : Planos de Obras Tipo.
- Volumen N° 5 : Especificaciones Técnicas Generales de Construcción.
- Volumen N° 6 : Seguridad Vial.
- Volumen N° 7 : Mantenimiento Vial.
- Volumen N° 8 : Especificaciones y Métodos de Muestreo, Ensaye y Control.
- Volumen N° 9 : Estudio Ambiental en Proyectos Viales (Nombre Preliminar)

El presente Volumen N°3, Instrucciones y Criterios de Diseño, pretende ser un apoyo permanente tanto a directivos como a profesionales, técnicos y demás personal de esta área, público y privado, estableciendo bases para un entendimiento más fácil y adecuado entre todas las partes involucradas.

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

INDICE GENERAL

DIRECCION DE VIALIDAD
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CHILE

JUNIO 2002

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

I N D I C E G E N E R A L

CAPITULO 3.000 INFORMACION GENERAL

SECCION 3.001 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL VOLUMEN
3.001.1 CAMPO DE APLICACION
3.001.2 CONCEPCION DEL VOLUMEN
3.001.3 VALIDEZ DE LIMITES NORMATIVOS Y RECOMENDACIONES
3.001.4 RESPONSABILIDAD DEL PROYECTISTA

SECCION 3.002 ESTRUCTURA DEL VOLUMEN INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO
3.002.1 MATERIAS CUBIERTAS A NIVEL DE CAPITULOS

CAPITULO 3.000 INFORMACION GENERAL
CAPITULO 3.100 CONTROLES BASICOS DE DISEÑO
CAPITULO 3.200 DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO
CAPITULO 3.300 LA SECCION TRANSVERSAL
CAPITULO 3.400 INTERSECCIONES
CAPITULO 3.500 ENLACES
CAPITULO 3.600 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA OBRA BASICA Y DE LA PLATAFORMA
CAPITULO 3.700 DISEÑO DEL DRENAJE, SANEAMIENTO, MECANICA E HIDRAULICA FLUVIAL
CAPITULO 3.800 TUNELES
CAPITULO 3.900 RIESGO Y PROTECCION DE AVALANCHAS DE NIEVE
CAPITULO 3.1000 PUENTES Y ESTRUCTURAS AFINES

3.002.2 FLEXIBILIDAD DE LA ESTRUCTURA

SECCION 3.003 NOMENCLATURA
3.003.1 ABREVIATURAS
3.003.2 SIMBOLOS Y UNIDADES DE MEDIDA

SECCION 3.004 SISTEMA DE UNIDADES
3.004.1 ASPECTOS GENERALES
3.004.2 OBLIGATORIEDAD DEL EMPLEO DE LA NORMA
3.004.3 LONGITUDES Y DISTANCIAS ACUMULADAS EN PROYECTOS VIALES

SECCION 3.005 VEHICULOS TIPO
3.005.1 ASPECTOS GENERALES
3.005.2 DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS LIVIANOS
3.005.3 DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS PESADOS
3.005.4 PESOS MAXIMOS DE VEHICULOS EN CARRETERA
3.005.5 GIRO MINIMO VEHICULOS TIPO

CAPITULO 3.100 CONTROLES BASICOS DE DISEÑO

SECCION 3.101 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE UNA CARRETERA O CAMINO
3.101.1 CLASIFICACION DE LOS FACTORES
3.101.2 PONDERACION CUALITATIVA DE LOS FACTORES MAS RELEVANTES

SECCION 3.102 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS CARACTERISTICAS DE UNA CARRETERA O CAMINO
3.102.1 ASPECTOS GENERALES
3.102.2 FUNCION DE LA CARRETERA O CAMINO
3.102.3 DEMANDA Y CARACTERISTICAS DEL TRANSITO
3.102.4 CONCEPTOS RELATIVOS A VELOCIDAD EN EL DISEÑO VIAL
3.102.5 CONTROL DE ACCESO
3.102.6 FACILIDADES PARA PEATONES
3.102.7 VALORES ESTETICOS Y ECOLOGICOS
3.102.8 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

SECCION 3.103 SISTEMA DE CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO
3.103.1 ASPECTOS GENERALES
3.103.2 SISTEMA DE CLASIFICACION
3.103.3 CARACTERISTICAS SEGUN CATEGORIA
3.103.4 SELECCION DE VELOCIDADES

CAPITULO 3.200 DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO

SECCION 3.201 ASPECTOS GENERALES
3.201.1 EL TRAZADO
3.201.2 VARIABLES FUNDAMENTALES
3.201.3 CRITERIOS BASICOS
3.201.4 ORGANIZACION DEL CAPITULO
3.201.5 RESUMEN DE CARACTERISTICAS MINIMAS SEGUN CATEGORIA DE LA CARRETERA O CAMINO

SECCION 3.202 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD Y MANIOBRAS ASOCIADAS
3.202.1 ASPECTOS GENERALES
3.202.2 DISTANCIA DE PARADA
3.202.3 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO
3.202.4 VERIFICACION DE LA VISIBILIDAD

SECCION 3.203 TRAZADO EN PLANTA
3.203.1 ASPECTOS GENERALES
3.203.2 ALINEAMIENTO RECTO
3.203.3 CURVAS CIRCULARES
3.203.4 ARCOS DE ENLACE O TRANSICION
3.203.5 COMPOSICION DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

SECCION 3.204 TRAZADO EN ALZADO
3.204.1 ASPECTOS GENERALES
3.204.2 UBICACION DE LA RASANTE RESPECTO DEL PERFIL TRANSVERSAL
3.204.3 INCLINACION DE LAS RASANTES
3.204.4 ENLACES DE RASANTES
3.204.5 DRENAJE EN CURVAS VERTICALES
3.204.6 COMPOSICION DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

SECCION 3.205 DIRECTRICES PARA EL DISEÑO ESPACIAL DE UNA CARRETERA
3.205.1 ASPECTOS GENERALES
3.205.2 ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO ESPACIAL
3.205.3 DISEÑO ESPACIAL

SECCION 3.206 CARACTERISTICAS MINIMAS ACEPTABLES PARA LA RECTIFICACION DE CAMINOS EXISTENTES
3.206.1 ANTECEDENTES GENERALES
3.206.2 MEJORAMIENTOS INDISPENSABLES EN PLANTA Y ALZADO
3.206.3 MEJORAMIENTOS DESEABLES EN PLANTA Y ALZADO
3.206.4 CRITERIOS DE DISEÑO MINIMOS ADMISIBLES PARA RECTIFICACIONES DE TRAZADOS EXISTENTES
3.206.5 CONSIDERACIONES COMPLEMENTARIAS
3.206.6 NORMAS E INSTRUCTIVOS DE DISEÑO GEOMETRICOS ANALIZADOS

CAPITULO 3.300 LA SECCION TRANSVERSAL

SECCION 3.301 ASPECTOS GENERALES
3.301.1 DEFINICION DE SECCION TRANSVERSAL
3.301.2 ALCANCES Y OBJETIVOS DEL PRESENTE CAPITULO

SECCION 3.302 LA PLATAFORMA
3.302.1 DEFINICION DE LA PLATAFORMA
3.302.2 LA(S) CALZADA(S)
3.302.3 LAS BERMAS
3.302.4 SOBREANCHOS DE LA PLATAFORMA (SAP)
3.302.5 LA MEDIANA
3.302.6 PISTAS AUXILIARES COMPLEMENTARIAS

SECCION 3.303 LA SECCION TRANSVERSAL DE LA INFRAESTRUCTURA
3.303.1 ASPECTOS GENERALES
3.303.2 LA SECCION TRANSVERSAL DE LA PLATAFORMA DE SUBRASANTE
3.303.3 ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA SECCION EN TERRAPLEN
3.303.4 ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA SECCION EN CORTE
3.303.5 ALABEO DE TALUDES
3.303.6 ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO DE TIERRAS

SECCION 3.304 OBRAS DE PROTECCION DE TALUDES
3.304.1 ASPECTOS GENERALES
3.304.2 LAS SOLERAS
3.304.3 LOS FOSOS
3.304.4 LOS CONTRAFOSOS

SECCION 3.305 REPOSICIONES DE SERVICIOS
3.305.1 ASPECTOS GENERALES
3.305.2 CAMINOS DE SERVICIO
3.305.3 OTRAS REPOSICIONES DE SERVICIOS

SECCION 3.306 SECCIONES TIPO
3.306.1 SECCIONES TIPO NORMALES
3.306.2 SECCIONES ESPECIALES; GALIBOS

SECCION 3.307 LA FAJA AFECTADA O DERECHO DE VIA
3.307.1 ASPECTOS GENERALES
3.307.2 LIMITES TEORICOS Y REALES DE EXPROPIACION
3.307.3 FAJAS DE EXPROPIACION ESTIMADAS
3.307.4 REGULACIONES AL DERECHO DE USO DE LA PROPIEDAD ADYACENTE

SECCION 3.308 INSTRUCCIONES Y CRITERIOS PARA OBRAS VARIAS
3.308.1 CERCOS
3.308.2 BARRERAS DE SEGURIDAD
3.308.3 SEÑALIZADORES Y DELINEADORES

3.308.4 PARALELISMO EN CAMINOS PUBLICOS
3.308.5 ATRAVIESOS EN CAMINOS PUBLICOS

SECCION 3.309 TRATAMIENTO DE ZONAS MARGINALES
3.309.1 ASPECTOS GENERALES
3.309.2 TRAZADO
3.309.3 CONSTRUCCION
3.309.4 ESTRUCTURAS
3.309.5 PLANTACIONES

CAPITULO 3.400 INTERSECCIONES

SECCION 3.401 ASPECTOS GENERALES
3.401.1 DEFINICIONES Y REFERENCIAS BASICAS
3.401.2 CAMPOS DE INFLUENCIA Y APLICACION
3.401.3 ESTRUCTURA DEL PROBLEMA Y DEL CAPITULO 3.400

SECCION 3.402 FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA INTERSECCION
3.402.1 ASPECTOS GENERALES
3.402.2 FACTORES HUMANOS
3.402.3 CONSIDERACIONES DE TRANSITO
3.402.4 ELEMENTOS FISICOS
3.402.5 ANTECEDENTES ECONOMICOS

SECCION 3.403 ELECCION DE LA SOLUCION TIPO
3.403.1 ASPECTOS GENERALES
3.403.2 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE INTERSECCIONES
3.403.3 TIPOS Y EJEMPLOS DE INTERSECCIONES FRANCAS

SECCION 3.404 DISEÑO GEOMETRICO DE UNA INTERSECCION
3.404.1 ASPECTOS BASICOS DEL TRAZADO
3.404.2 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD
3.404.3 TRAZADO EN PLANTA DE LAS VIAS DE LA INTERSECCION
3.404.4 TRAZADO EN PLANTA DE ISLAS Y PISTAS CANALIZADAS
3.404.5 DEFINICION EN ELEVACION
3.404.6 DEFINICION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES
3.404.7 INTERSECCIONES ROTATORIAS O ROTONDAS

CAPITULO 3.500 ENLACES

SECCION 3.501 ASPECTOS GENERALES
3.501.1 DEFINICION DE ENLACES
3.501.2 EL PROBLEMA DE DISEÑAR UN ENLACE
3.501.3 CONTENIDO Y ALCANCES DEL PRESENTE CAPITULO

SECCION 3.502 ANTECEDENTES PARA ABORDAR EL DISEÑO DE UN ENLACE

3.502.1 ASPECTOS GENERALES
3.502.2 ANTECEDENTES FISICOS
3.502.3 ANTECEDENTES FUNCIONALES
3.502.4 ANTECEDENTES ECONOMICOS
3.502.5 ANTECEDENTES HUMANOS

SECCION 3.503 ELECCION DE LA SOLUCION TIPO
3.503.1 ASPECTOS GENERALES
3.503.2 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE ENLACES
3.503.3 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE RAMALES
3.503.4 TIPOS DE ENLACES
3.503.5 NUMERO Y EQUILIBRIO DE PISTAS

SECCION 3.504 DISEÑO GEOMETRICO DE UN ENLACE
3.504.1 ASPECTOS GENERALES
3.504.2 TRAZADO EN PLANTA
3.504.3 DEFINICION DE LA ELEVACION
3.504.4 DEFINICION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

CAPITULO 3.600 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA OBRA BASICA Y DE LA PLATAFORMA

SECCION 3.601 ASPECTOS GENERALES
3.601.1 DEFINICIONES
3.601.2 INFRAESTRUCTURA
3.601.3 PAVIMENTOS

SECCION 3.602 DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA
3.602.1 ASPECTOS GENERALES
3.602.2 EFECTO DEL AGUA EN EL SUELO
3.602.3 ESTABILIDAD DE CORTES
3.602.4 ESTABILIDAD DE TERRAPLENES
3.602.5 COMPACTACION DE SUELOS

SECCION 3.603 CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS
3.603.1 CONCEPTOS BASICOS DE DISEÑO
3.603.2 CARACTERIZACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO

SECCION 3.604 DISEÑO DE PAVIMENTOS NUEVOS
3.604.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES
3.604.2 PAVIMENTOS RIGIDOS
3.604.3 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES
3.604.4 PAVIMENTOS PARA LA ZONA NORTE

SECCION 3.605 REPOSICION DE PAVIMENTOS
3.605.1 CRITERIOS BASICOS
3.605.2 RECARPETEOS ASFALTICOS SOBRE PAVIMENTOS ASFALTICOS
3.605.3 RECARPETEOS ASFALTICOS SOBRE PAVIMENTOS DE HORMIGON
3.605.4 REPOSICION DE PAVIMENTOS ASFALTICOS CON PAVIMENTOS DE HORMIGON
3.605.5 REPOSICION DE PAVIMENTOS DE HORMIGON CON HORMIGON NO ADHERIDO
3.605.6 REPOSICION CON LOSAS ADHERIDAS AL PAVIMENTO DE HORMIGON

CAPITULO 3.700 DISEÑO DEL DRENAJE, SANEAMIENTO, MECANICA E HIDRAULICA FLUVIAL

SECCION 3.701 ASPECTOS GENERALES
3.701.1 OBJETIVOS
3.701.2 ORGANIZACION Y CONTENIDO
3.701.3 RESPONSABILIDAD DEL DISEÑO

SECCION 3.702 HIDROLOGIA
3.702.1 ASPECTOS GENERALES
3.702.2 PERIODO DE RETORNO PARA DISEÑO
3.702.3 ANALISIS DE OBSERVACIONES EN EL PUNTO DE INTERES
3.702.4 CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA DE LLUVIAS
3.702.5 METODO RACIONAL
3.702.6 METODOS DGA
3.702.7 HIDROGRAMAS UNITARIOS
3.702.8 ANALISIS REGIONAL DE CRECIDAS

SECCION 3.703 DRENAJE TRANSVERSAL DE LA CARRETERA
3.703.1 ASPECTOS GENERALES
3.703.2 UBICACION, ALINEACION Y PENDIENTE DE LAS ALCANTARILLAS
3.703.3 DISEÑO HIDRAULICO
3.703.4 CRITERIOS DE INSTALACION
3.703.5 CONDICIONES DE SERVICIO

SECCION 3.704 DRENAJE DE LA PLATAFORMA
3.704.1 ASPECTOS GENERALES
3.704.2 CUNETAS, CANALES LONGITUDINALES Y BAJADAS DE AGUA
3.704.3 COLECTORES DE AGUAS LLUVIAS
3.704.4 MODELOS COMPUTACIONALES

SECCION 3.705 DISEÑO DE CANALES EN REGIMEN UNIFORME
3.705.1 CARACTERISTICAS DEL FLUJO UNIFORME
3.705.2 CANALES REVESTIDOS O NO EROSIONABLES
3.705.3 CANALES EROSIONABLES
3.705.4 REVESTIMIENTO
3.705.5 MODIFICACIONES EN CANALES EXISTENTES

SECCION 3.706 DRENAJE SUBTERRANEO
3.706.1 ASPECTOS GENERALES
3.706.2 CALCULO HIDRAULICO
3.706.3 CONDICIONES DE INSTALACION

SECCION 3.707 PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS DE HIDRAULICA Y MECANICA FLUVIAL
3.707.1 INFORMACION BASICA
3.707.2 METODOS DE CALCULO HIDRAULICO FLUVIAL
3.707.3 METODOS DE CALCULO MECANICO FLUVIAL
3.707.4 METODOS DE CALCULO DE LA SOCAVACION

SECCION 3.708 DISEÑO DE OBRAS DE DEFENSAS FLUVIALES
3.708.1 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS
3.708.2 PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS DE DISEÑO HIDRAULICO
3.708.3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO PARA OBRAS FLUVIALES
3.708.4 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y DE MANTENCION DE LAS OBRAS

CAPITULO 3.800 TUNELES

SECCION 3.801 ASPECTOS GENERALES
3.801.1 OBJETIVOS Y ALCANCES
3.801.2 CLASIFICACION DE OBRAS VIALES SUBTERRANEAS

SECCION 3.802 DEFINICION GEOMETRICA DE TUNELES
3.802.1 ASPECTOS GENERALES
3.802.2 TRAZADO EN PLANTA
3.802.3 TRAZADO EN ALZADO
3.802.4 SECCION TRANSVERSAL

SECCION 3.803 ESTUDIOS DE INGENIERIA BASICA
3.803.1 ASPECTOS GENERALES
3.803.2 ASPECTOS TOPOGRAFICOS
3.803.3 RECONOCIMIENTOS GEOLOGICOS
3.803.4 GEOTECNIA DE TUNELES Y PORTALES - PROSPECCIONES
3.803.5 HIDROGEOLOGIA
3.803.6 ANALISIS DE RIESGOS GEOLOGICOS
3.803.7 CATASTRO DE PERTENENCIAS MINERAS Y EXPROPIACIONES

SECCION 3.804 CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL
3.804.1 ASPECTOS GENERALES
3.804.2 PORTALES DE EXCAVACION Y EXCAVACIONES EXTERIORES
3.804.3 TUNELES FALSOS
3.804.4 TRINCHERAS CUBIERTAS
3.804.5 CONTROL DE INFILTRACIONES Y SANEAMIENTO
3.804.6 REVESTIMIENTO A LA VISTA
3.804.7 PAVIMENTOS, ACERAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS

SECCION 3.805 CRITERIOS DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTROMECANICAS, DE CONTROL Y SEGURIDAD
3.805.1 ASPECTOS GENERALES
3.805.2 ABASTECIMIENTO DE ENERGIA Y DE AGUA
3.805.3 SISTEMAS DE VENTILACION DE TUNELES
3.805.4 ILUMINACION DE TUNELES
3.805.5 SISTEMA DE CONTROL DE INCENDIOS
3.805.6 SISTEMAS DE MONITOREO Y CONTROL

SECCION 3.806 CUBICACIONES Y PRESUPUESTOS
3.806.1 ASPECTOS GENERALES
3.806.2 UNIDADES Y PROCEDIMIENTOS DE MEDIDA Y PAGO

SECCION 3.807 ALCANCES SEGUN NIVEL DE LOS ESTUDIOS
3.807.1 ASPECTOS GENERALES
3.807.2 ESTUDIO PRELIMINAR Y PREFACTIBILIDAD ECONOMICA
3.807.3 ANTEPROYECTO Y FACTIBILIDAD TECNICO ECONOMICA
3.807.4 ESTUDIO DEFINITIVO (PROYECTO DETALLADO)

CAPITULO 3.900 RIESGO Y PROTECCION DE AVALANCHAS DE NIEVE

SECCION 3.901 ASPECTOS GENERALES
3.901.1 OBJETIVO
3.901.2 DEFINICION DE TERMINOS, ABREVIATURAS Y UNIDADES
3.901.3 ANTECEDENTES Y AGRADECIMIENTOS
3.901.4 ORGANIZACION DEL CAPITULO DE AVALANCHAS
3.901.5 LIMITACIONES

SECCION 3.902 LOS CRISTALES DE NIEVE
3.902.1 EL CRISTAL DE HIELO
3.902.2 DESCRIPCION COMUN DE LA PRECIPITACION
3.902.3 CONDICIONES EN QUE SE FORMAN LOS DIFERENTES TIPOS DE CRISTALES DE NIEVE
3.902.4 MECANISMO DE CRECIMIENTO DE CRISTALES DE NIEVE
3.902.5 CLASIFICACION DE LOS CRISTALES DE NIEVE

SECCION 3.903 MEDICION DE LA PRECIPITACION SOLIDA
3.903.1 GUIA PARA LA MEDICION MANUAL DE LA PRECIPITACION SOLIDA
3.903.2 INSTRUMENTOS REGISTRADORES PARA LAS MEDICIONES DE NIEVE

SECCION 3.904 METEOROLOGIA DE MONTAÑA
3.904.1 CIRCULACION GENERAL DE LAS MASAS DE AIRE
3.904.2 LA PRECIPITACION
3.904.3 LA PRECIPITACION SOLIDA
3.904.4 REDISTRIBUCION DE LA NIEVE POR EL VIENTO
3.904.5 LOCALIZACION DE LOS DEPOSITOS DE NIEVE DE ARRASTRE EOLICO
3.904.6 INTERCAMBIO CALORICO EN LA SUPERFICIE DE NIEVE
3.904.7 ANALISIS DE TORMENTAS

SECCION 3.905 EVOLUCION DEL MANTO DE NIEVE
3.905.1 ESTRUCTURA DEL MANTO DE NIEVE
3.905.2 PROCESOS Y TIPOS DE METAMORFISMO
3.905.3 METAMORFISMO EQUITERMAL
3.905.4 METAMORFISMO CON GRADIENTE DE TEMPERATURA
3.905.5 METAMORFISMO CON FUSION Y CONGELAMIENTO
3.905.6 DENSIDAD DE LA NIEVE RECIEN CAIDA
3.905.7 DENSIFICACION DEL MANTO DE NIEVE CON EL TIEMPO
3.905.8 EVALUACION DE LAS ACUMULACIONES NIVALES MAXIMAS
3.905.9 PROPIEDADES MECANICAS DEL MANTO DE NIEVE

SECCION 3.906 VARIABILIDAD REGIONAL DE LAS CARACTERISTICAS GENERALES DEL MANTO NIVAL
3.906.1 COTA MINIMA DE LA NIEVE PERMANENTE Y LINEA DE NIEVE
3.906.2 COTA MINIMA HISTORICA DE LA PRECIPITACION NIVAL
3.906.3 COTA MINIMA MEDIA ANUAL DE LA PRECIPITACION NIVAL
3.906.4 ACUMULACIONES NIVALES MAXIMAS MEDIAS ANUALES
3.906.5 ACUMULACIONES NIVALES MAXIMAS EN UNA SOLA TORMENTA
3.906.6 DENSIDADES DEL MANTO DE NIEVE
3.906.7 DENSIFICACION DEL MANTO DE NIEVE

SECCION 3.907 MEDICIONES EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.1 CLASIFICACION INTERNACIONAL DE LA NIEVE DE TEMPORADA DEPOSITADA SOBRE EL SUELO
3.907.2 TIPOS DE OBSERVACIONES Y PROCEDIMIENTOS PARA LAS MEDICIONES
3.907.3 EQUIPOS Y ELEMENTOS PARA LAS MEDICIONES
3.907.4 EJEMPLOS DE REGISTROS DE OBSERVACIONES EN EL MANTO DE NIEVE

SECCION 3.908 ESTABILIDAD DEL MANTO DE NIEVE Y MECANISMOS DE INICIO DE AVALANCHAS
3.908.1 DEFORMACION Y ESFUERZOS EN EL MANTO DE NIEVE
3.908.2 MECANISMO DE FRACTURA DEL MANTO DE NIEVE INCLINADO
3.908.3 INICIO DE MOVIMIENTO DE PLACAS DE NIEVE
3.908.4 INICIO DE MOVIMIENTO EN MANTOS DE NIEVE SUELTA
3.908.5 EVALUACION DE LA ESTABILIDAD DEL MANTO DE NIEVE
3.908.6 PREDICCION DE OCURRENCIA DE AVALANCHAS

SECCION 3.909 TIPOS, CLASIFICACIONES Y REGISTROS DE AVALANCHAS
3.909.1 CLASIFICACION SEGUN EL TIPO DE MOVIMIENTO INICIAL
3.909.2 CLASIFICACION SEGUN EL GRADO DE HUMEDAD DE LA NIEVE
3.909.3 CLASIFICACION SEGUN EL TIPO DE FLUJO PREDOMINANTE
3.909.4 CLASIFICACION SEGUN LA FORMA DE LA SENDA
3.909.5 CLASIFICACION SEGUN EL PLANO DE DESLIZAMIENTO
3.909.6 CLASIFICACION SEGUN LA MAGNITUD
3.909.7 CLASIFICACION SEGUN EL MECANISMO DE INICIO
3.909.8 AVALANCHAS DE FRAGMENTOS DE HIELO
3.909.9 CLASIFICACION INTERNACIONAL DE AVALANCHAS

SECCION 3.910 SENDAS DE AVALANCHAS
3.910.1 IDENTIFICACION DE SENDAS DE AVALANCHAS
3.910.2 DELIMITACION DE LAS ZONAS DE LAS SENDAS DE AVALANCHAS
3.910.3 TRAYECTORIAS DE CAIDA DE LAS AVALANCHAS EN UNA SENDA
3.910.4 PERFIL DEL TERRENO EN EL EJE DE UNA TRAYECTORIA DE AVALANCHA
3.910.5 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DE LAS SENDAS DE AVALANCHAS

SECCION 3.911 ZONIFICACION DEL PELIGRO Y DEL RIESGO DE AVALANCHAS
3.911.1 ASPECTOS GENERALES Y CRITERIOS DE ZONIFICACION DEL PELIGRO
3.911.2 ZONIFICACION REGIONAL DEL PELIGRO DE AVALANCHAS
3.911.3 ZONIFICACION LOCAL DEL PELIGRO DE AVALANCHAS

3.911.4 MICROZONIFICACION.
3.911.5 INDICE DEL PELIGRO DE AVALANCHAS EN CARRETERAS.
3.911.6 COMPOSICION DEL RIESGO DE AVALANCHAS.
3.911.7 PROBABILIDAD DE DAÑO POR IMPACTO DE AVALANCHAS.

SECCION 3.912 RECURRENCIA DE AVALANCHAS.
3.912.1 ANALISIS ESTADISTICO DE ELEMENTOS CLIMATICOS
3.912.2 DIAS CON PELIGRO DE AVALANCHA EN UN AÑO.
3.912.3 AÑOS CON PELIGROS DE AVALANCHAS.
3.912.4 VARIACION DEL PELIGRO DE AVALANCHAS EN LAS ESTACIONES DEL AÑO.
3.912.5 RECURRENCIA DE AVALANCHAS.

SECCION 3.913 DINAMICA DEL MOVIMIENTO DE LAS AVALANCHAS
3.913.1 ANALOGIA CON FLUIDOS
3.913.2 PROPIEDADES DEL FLUIDO DE LA AVALANCHA
3.913.3 VELOCIDADES DE LAS AVALANCHAS DE FLUJO MIXTO, O FLUJO SOBRE EL TERRENO, EN SENDAS ABIERTAS O PARCIALMENTE CONFINADAS
3.913.4 VELOCIDADES DE LAS AVALANCHAS DE FLUJO MIXTO, O FLUJO SOBRE EL TERRENO, EN SENDAS CONFINADAS
3.913.5 ALTURAS DE FLUJO DE LAS AVALANCHAS
3.913.6 VELOCIDAD DE MOVIMIENTO DE LAS AVALANCHAS DE NIEVE POLVO EN SUSPENSION
3.913.7 DISTRIBUCION VERTICAL DE LA VELOCIDAD EN LAS AVALANCHAS
3.913.8 VIENTO QUE GENERA, Y ACOMPAÑA A LA AVALANCHA DE NIEVE POLVO EN SUSPENSION
3.913.9 DENSIDAD Y PROFUNDIDAD DE LA NIEVE EN LA ZONA DE DEPOSITACION DE LAS AVALANCHAS Y DISTANCIA DE CORRIDA

SECCION 3.914 EFECTOS Y PRESIONES DE LAS AVALANCHAS
3.914.1 EFECTOS DE CONTENCION EN LA ZONA DE DEPOSITACION
3.914.2 PRESION DE IMPACTO
3.914.3 PERDIDA DE ENERGIA DEBIDO A UN OBSTACULO EN LA SENDA
3.914.4 EFECTOS DE SUCCION EN AVALANCHAS DE FLUJO DE NIEVE POLVO EN SUSPENSION
3.914.5 EFECTO DE EMPUJE Y LEVANTE SOBRE GRANDES OBSTACULOS
3.914.6 PRESION SOBRE EL PISO
3.914.7 IMPUREZAS INCLUIDAS EN LAS AVALANCHAS
3.914.8 MODELOS COMPUTACIONALES PARA EVALUAR LOS EFECTOS DE LAS AVALANCHAS

SECCION 3.915 CONTROL DE AVALANCHAS Y PROTECCIONES ACTIVAS
3.915.1 CONTROL DE AVALANCHAS
3.915.2 RESTRICCION DE ACCESO A AREAS CON PELIGRO DE AVALANCHAS
3.915.3 INDUCCION DE AVALANCHAS
3.915.4 OTROS METODOS DE PROTECCION ACTIVA

SECCION 3.916 PROTECCIONES PASIVAS DE AVALANCHAS
3.916.1 CONSIDERACIONES BASICAS EN UN PLAN DE CONTROL DE AVALANCHAS CON PROTECCIONES PASIVAS
3.916.2 ESTRUCTURAS SIMPLES PARA ESTABILIZAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.3 ESTRUCTURAS PARA SOPORTAR Y ESTABILIZAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.4 ESTRUCTURAS PARA DESVIAR Y/O CANALIZAR AVALANCHAS
3.916.5 ESTRUCTURAS PARA DETENER AVALANCHAS
3.916.6 ESTRUCTURAS PARA REDUCIR LA VELOCIDAD DE AVALANCHAS
3.916.7 COBERTIZOS
3.916.8 TUNELES DE PROTECCION Y REFUGIO
3.916.9 DEFLECTORES DE VIENTO Y VALLAS PARA LA NIEVE
3.916.10 FORESTACION Y REFORESTACION
3.916.11 UBICACION PREFERENTE DE LAS CARRETERAS CONSIDERANDO LAS CARACTERISTICAS DE LAS AVALANCHAS

SECCION 3.917 SELECCION DE ALTERNATIVAS DE PROTECCION DE AVALANCHAS
3.917.1 CONSIDERACIONES BASICAS AL SELECCIONAR UNA ALTERNATIVA DE PROTECCION
3.917.2 CONSTRUCCION EN ETAPAS DE LAS PROTECCIONES

SECCION 3.918 SEÑALIZACION VIAL
3.918.1 SEÑALIZACION PARA LA CONDICION GENERAL DEL RIESGO DE AVALANCHAS
3.918.2 SEÑALIZACION PARA LA IDENTIFICACION DE SENDAS DE AVALANCHAS
3.918.3 IDENTIFICACION DE ZONAS LIBRES DE RIESGOS Y REFUGIOS
3.918.4 OTRAS SEÑALES DE TRANSITO EMPLEADAS
3.918.5 ASPECTOS GENERALES

SECCION 3.919 RESCATE DE VICTIMAS DE AVALANCHAS
3.919.1 LOS ACCIDENTES DE AVALANCHAS
3.919.2 EQUIPAMIENTO Y PRECAUCIONES MINIMAS EN ZONA DE AVALANCHAS
3.919.3 METODOS Y ELEMENTOS PARA RESCATE
3.919.4 ORGANIZACION DEL PROCEDIMIENTO DE RESCATE
3.919.5 BUSQUEDA DE VICTIMAS CON TRANSCEPTOR ELECTRONICO
3.919.6 BUSQUEDA DE VICTIMAS CON VARILLAS DE SONDEO
3.919.7 EMPLEO DE PERROS ENTRENADOS
3.919.8 OTROS METODOS DE BUSQUEDA
3.919.9 RESUCITACION Y EVACUACION DE VICTIMAS

SECCION 3.920 TERMINOS DE REFERENCIA GENERALES PARA LOS ESTUDIOS DE RIESGO Y PROTECCION DE AVALANCHAS
3.920.1 DEFINICION DE LOS NIVELES DE ESTUDIOS
3.920.2 ALCANCE DE LOS ESTUDIOS EN PROYECTOS NUEVOS
3.920.3 ALCANCE DE LOS ESTUDIOS PARA OBRAS EXISTENTES

CAPITULO 3.1000 PUENTES Y ESTRUCTURAS AFINES

SECCION 3.1001 ASPECTOS GENERALES
3.1001.1 OBJETIVOS Y ALCANCES
3.1001.2 ASPECTOS LEGALES
3.1001.3 CLASIFICACIONES Y DEFINICIONES BASICAS
3.1001.4 ESTANDARES Y NORMAS. UNIDADES
3.1001.5 CLASIFICACION Y NIVELES DE ESTUDIO PARA PROYECTOS DE PUENTES Y ESTRUCTURAS AFINES

SECCION 3.1002 INGENIERIA BASICA EN PROYECTO DE PUENTES Y ESTRUCTURAS AFINES
3.1002.1 ASPECTOS GENERALES
3.1002.2 INGENIERIA BASICA - ASPECTOS GEODESICOS Y TOPOGRAFICOS PARA PUENTES
3.1002.3 INGENIERIA BASICA - ASPECTOS DE HIDROLOGIA DRENAJE E HIDRAULICA FLUVIAL PARA PUENTES
3.1002.4 INGENIERIA BASICA - ASPECTOS GEOTECNICOS PARA PUENTES
3.1002.5 INGENIERIA BASICA - ASPECTOS DE DEMANDA Y CARACTERISTICAS DEL TRANSITO
3.1002.6 INGENIERIA BASICA - ASPECTOS AMBIENTALES Y DE MITIGACION DE IMPACTO

SECCION 3.1003 DISPOSICIONES Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO
3.1003.1 ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO
3.1003.2 CARGAS
3.1003.3 FUNDACIONES
3.1003.4 MUROS DE CONTENCION
3.1003.5 ESTRUCTURAS ENTERRADAS TIPO MARCO O CAJON
3.1003.6 HORMIGON ARMADO
3.1003.7 HORMIGON PRETENSADO
3.1003.8 ACERO ESTRUCTURAL

3.1003.9 APOYOS ELASTOMERICOS

SECCION 3.1004 DISEÑO SISMICO
3.1004.1 INTRODUCCION
3.1004.2 SIMBOLOGIA
3.1004.3 REQUERIMIENTOS GENERALES
3.1004.4 FUERZAS MODIFICADAS DE DISEÑO
3.1004.5 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO SISMICO DE FUNDACIONES, MUROS DE CONTENCION Y ESTRUCTURAS ENTERRADAS
3.1004.6 DISPOSICIONES DE DISEÑO DE HORMIGON ARMADO
3.1004.7 VIGAS TRAVESAÑO EN SUPERESTRUCTURA
3.1004.8 BARRAS DE ANCLAJE
3.1004.9 TOPES TRANSVERSALES
3.1004.10 JUNTAS SISMICAS
3.1004.11 AISLADORES SISMICOS

SECCION 3.1005 PRESENTACION DE LOS ESTUDIOS
3.1005.1 OBJETIVOS Y ALCANCES
3.1005.2 PLANOS
3.1005.3 INFORMES Y DOCUMENTOS

INDICE GENERAL DE LAMINAS

LAMINAS PARTE I

CAPITULO 3.000

3.005.5.A	GIROS MINIMOS - VEHICULOS TIPO
3.005.5.B	GIROS MINIMOS - VEHICULOS TIPO
3.005.5.C	BUS Y SEMIRREMOLQUE CORRIENTE LEGALMENTE AUTORIZADOS EN CHILE

CAPITULO 3.100

3.102.404.A	DISTRIBUCION DE VELOCIDADES EJEMPLO CARRETERA UNIDIRECCIONAL EN CUESTA
3.102.404.B	DISTRIBUCION DE VELOCIDADES EJEMPLO CAMINO BIDIRECCIONAL EN CUESTA

CAPITULO 3.200

3.202.2.A	DISTANCIA DE PARADA INFLUENCIA DE LAS PENDIENTES
3.202.402.A	VERIFICACION GRAFICA VISIBILIDAD CURVAS EN PLANTA
3.202.402.B	DESPEJE LATERAL REQUERIDO POR VISIBILIDAD DE PARADA O ADELANTAMIENTO
3.202.403.A	VERIFICACION GRAFICA DE LA VISIBILIDAD EN ALZADO
3.203.301.A	ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR
3.203.303(1).A	RELACION RADIO-PERALTE PARA CARRETERAS Y CAMINOS
3.203.303(2).A	VELOCIDAD ESPECIFICA EN CURVAS HORIZONTALES SEGUN RADIO-PERALTE Y FRICCION TRANSVERSAL
3.203.304.A	RELACION ENTRE RADIOS CONSECUTIVOS PARA $0 \leq Lr \leq 400$ m y $Vp \geq 80$ km/h
3.203.304.B	RELACION ENTRE RADIOS CONSECUTIVOS PARA $0 \leq Lr \leq 400$ m y $Vp \geq 80$ km/h
3.203.305.A	DESARROLLO DELPERALTE EN CURVAS CIRCULARES SIN CURVAS DE ENLACE
3.203.306(5).A	TRANSICION DEL SOBREANCHO A LO LARGO DE LA CLOTOIDE DE ENLACE Y DEMARCACION
3.203.402(2).A	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CLOTOIDE
3.203.403(1).A	PARAMETROS MINIMOS Y NORMALES DE LA CLOTOIDE EN FUNCION DEL RADIO DE CURVATURA
3.203.404.A	ELEMENTOS DEL CONJUNTO ARCO DE ENLACE-CURVA CIRCULAR
3.203.405.A	DESARROLLO DEL PERALTE EN ARCOS DE ENLACE CALZADAS BIDIRECCIONALES
3.203.405.B	DESARROLLO DEL PERALTE EN ARCOS DE ENLACE CALZADAS UNIDIRECCIONALES
3.203.405.C	DESARROLLO DELPERALTE CALZADAS UNIDIRECCIONALES CASO CURVAS CONTRAPUESTAS O EN S
3.203.503.A	ALINEACIONES COMPUESTAS CONFIGURACIONES RECOMENDABLES
3.203.503.B	ALINEACIONES COMPUESTAS CONFIGURACIONES LIMITE
3.203.503.C	ALINEACIONES COMPUESTAS CONFIGURACIONES NO RECOMENDABLES
3.203.504.A	CURVAS DE RETORNO TIPO PARA CARRETERAS Y CAMINOS
3.204.303.A	EFECTO DE LA PENDIENTE SOBRE LA VELOCIDAD DE OPERACION
3.204.401.A	ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL
3.205.2.A	ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO ESPACIAL
3.205.302(1).A	IMAGEN EN PERSPECTIVA Y GUIA OPTICA
3.205.302(2).A	ELEMENTOS DE LA PLANTA Y DISEÑO ESPACIAL
3.205.302(3).A	ELEMENTOS DEL ALZADO EN EL DISEÑO ESPACIAL
3.205.302(4).A	SUPERPOSICION DE PLANTA Y ELEVACION EN EL DISEÑO ESPACIAL
3.205.302(4).B	PERDIDAS DE TRAZADO
3.204.302(5).A	DISEÑO ESPACIAL EN INTERSECCIONES
3.205.302(5).B	DISEÑO ESPACIAL EN ESTRUCTURAS
3.205.303.A	EFECTOS DEL ENTORNO DE LA CARRETERA: MUROS

CAPITULO 3.300

3.301.1.A	PERFIL TRANSVERSAL DESCRIPTIVO CALZADAS SEPARADAS EN RECTA
3.301.1.B	PERFIL TRANSVERSAL DESCRIPTIVO CALZADA UNIDA EN CURVA
3.302.204.A	BOMBEOS Y EJES DE GIRO DEL PERALTE
3.302.601(3).A	PARADERO DE BUSES SOBRE LA BERMA CAMINOS DE DESARROLLO Y LOCALES
3.302.601(4).A	PARADERO DE BUSES FUERA DE LA BERMA CAMINOS BIDIRECCIONALES COLECTORES Y PRIMARIOS
3.302.601(4).B	PARADERO DE BUSES FUERA DE LA BERMA EN CALZADAS UNIDIRECCIONALES
3.302.602(3).A	LECHOS DE FRENADO EN PENDIENTE FUERTE

3.303.2.A PLATAFORMA DE SUBRASANTE
3.303.302(1).A TALUDES DE TERRAPLEN EN FUNCION DEL TRANSITO Y DE SU ALTURA Y CRITERIOS DE INSTALACION DE BARRERAS DE CONTENCION
3.303.401.A DIVERSAS SECCIONES DE CUNETAS
3.308.107.A UBICACION DE CERCOS EN AUTOPISTAS YCAMINOS PRIMARIOS

CAPITULO 3.400

3.402.305(2).A EJEMPLOS DE TRAMOS DE TRENZADO
3.402.305(2).B TIPOS DE TRENZADO
3.403.2.A TIPOS BASICOS DE INTERSECCIONES EN CARRETERA
3.403.2.B MODIFICACIONES DE TRAZADO POR NUMERO DE RAMAS Y ESVIAJE
3.403.301.A EMPALMES E INTERSECCIONES SIMPLES
3.403.302.A ENSANCHES PARA EMPALMES "T" O "Y" E INTERSECCIONES EN CRUZ
3.403.303(2).A EMPALMES CANALIZADOS VALIDOS PARA TIPOS "X " o "Y"
3.403.303(2).B EMPALMES CANALIZADOS EN Y
3.403.303(2).C EMPALMES CANALIZADOS DE ALTO COSTO
3.403.303(3).A INTERSECCIONES CANALIZADAS
3.403.303(3).B INTERSECCIONES CON IMPORTANTES GIROS A LA IZQUIERDA EN UN CUADRANTE
3.404.203.A VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES
3.404.205(2).A DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA CRUZAR
3.404.208(4).A ESQUEMA EN PLANTA Y ALZADO DE CRUCES A NIVEL CON VIAS FERREAS
3.404.302.A TRAZADO DE CURVA DE TRES CENTROS
3.404.302.B TRAZADOS MINIMOS PARA VEHICULOS LIVIANOS (L)
3.404.302.C TRAZADOS MINIMOS PARA CAMION SIMPLE (C) APLICABLE A BUS
3.404.302.D TRAZADOS MINIMOS PARA TRACTOCAMION CON SEMI-REMOLQUE CORRIENTE (VA)
3.404.303.A TRAZADOS PARA RAMALES DE GIRO CON ISLAS MINIMAS
3.404.307(1).A VIAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD
3.404.307(2).A PISTAS DE ACELERACION
3.404.307(3).A PISTAS DE DECELERACION CASO I: DIRECTA
3.404.307(3).B PISTAS DE DECELERACION CASO II: EN PARALELO
3.404.307(3).C LONGITUDES DE PISTAS DE DECELERACION (L_D=f(i)) CUADROS RESUMENES $L_T=L_C+L_D$ CUANDO i=0 Y Vc = 50, 60, 70 Y 80 km/h
3.404.307(3).D LONGITUDES DE PISTAS DE DECELERACION (L_D=f(i)) CUADROS RESUMENES $L_T=L_C+L_D$ CUANDO i=0 Y Vc = 90, 100, 110 y 120 km/h
3.404.307(4).A PISTA DE DECELERACION CENTRAL
3.404.307(4).B TRAZADO MINIMO CON CANALIZACION PARA GIROS A LA IZQUIERDA CON ENSANCHE DEL CAMINO Y PINTURA
3.404.308(3).A ABERTURAS DE MEDIANA TRAZADOS PARA RADIOS DE GIRO MINIMOS CON Y SIN ESVIAJE EN EL CRUCE
3.404.308(5).A ABERTURAS DE MEDIANA DISEÑO SOBRE LOS MINIMOS PARA REMATES EN PUNTA DE PROYECTIL
3.404.308(8).A APERTURA DE MEDIANA TRAZADOS MINIMOS PARA GIROS EN “U”
3.404.308(8).B TRAZADOS PARA GIROS EN “U” CON MEDIANA ESTRECHA
3.404.402(2).A TIPOS Y FORMAS GENERALES DE ISLAS
3.404.404.A TRANSICIONES PARABOLICAS MAS CORRIENTES PARA EL RETRANQUEO DE VERTICES DE ISLAS
3.404.404.B ISLAS: DETALLE DE TRAZADO
3.404.405(2).A DISEÑOS PARA TERMINALES DE SALIDA
3.404.405(3).A DISEÑOS PARA TERMINALES DE ENTRADA
3.404.502(2).A ELEVACION EN INTERSECCIONES EJEMPLO: CASO DE PLATAFORMA UNICA
3.404.503(2).A PERFIL LONGITUDINAL DE RAMAL EJEMPLO DE SOLUCION
3.404.602.A RADIOS Y PERALTES DESEABLES EN INTERSECCIONES CUANDO NO EXISTEN CONDICIONAMIENTOS LIMITANTES
3.404.604.A DESARROLLO RECOMENDABLE DEL PERALTE EN EMPALMES DE RAMAL Y CARRETERA
3.404.701.A TIPO DE INTERSECCION APROPIADO SEGUN INTENSIDAD MEDIA DIARIA EN UN NUDO DE TRES RAMAS
3.404.701.B ROTONDAS TIPICAS
3.404.701.C ROTONDAS ESPECIALES
3.404.703.A FACTORES RELEVANTES PARA EL DISEÑO DE ROTONDAS
3.404.706.A CAPACIDAD DE ROTONDAS PARAMETROS GEOMETRICOS PARA EL CALCULO

CAPITULO 3.500

3.501.203.A ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE UN ENLACE
3.502.201.A DISTANCIAS REQUERIDAS PARA DESNIVELACIONES EN TERRENO HORIZONTAL
3.503.2.A ENLACES TIPO
3.503.3.A RAMALES DE ENLACE
3.503.3.B RAMALES DE ENLACE
3.503.305.A FORMAS DE DESAPARICION DE PISTAS AUXILIARES
3.503.401.A ENLACES TIPO DE TRES RAMAS
3.503.402(1).A ENLACES DE CUATRO RAMAS
3.503.402(2).A ENLACES TIPO DIAMANTE CLASICO
3.503.402(2).B MODIFICACIONES DE ENLACE TIPO DIAMANTE
3.503.402(2).C ENLACES TIPO TREBOL PARCIAL
3.503.402(3).A ENLACES SIMETRICOS DE LIBRE CIRCULACION
3.503.404.A ROTONDAS DESNIVELADAS
3.503.502.A EJEMPLOS DE EQUILIBRIO DE PISTAS
3.504.102.A ESQUEMA DEL PROCESO DE DEFINICION GEOMETRICA DE UN ENLACE
3.504.207.A TERMINALES SUCESIVOS
3.504.207.B SEPARACIONES ENTRE TERMINALES SUCESIVOS
3.504.403.A SECCIONES TRANSVERSALES TIPO DE RAMALES

L A M I N A S P A R T E II

CAPITULO 3.600

3.602.302.A FALLAS DE TALUD DE CORTE EN SUELO
3.602.302.B METODO GRAFICO PARA EL CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO
3.602.304.A GRAFICO PARA DETERMINAR EL ESPESOR MINIMO DE MATERIAL FILTRO DE PROTECCION TALUD
3.602.305.A PROTECCION EN SUELO COMPACTO DE TALUD CON MALLA DE ALAMBRE
3.602.305.B REFUERZO DE TALUD CON MALLA DE ALAMBRE ROCA FRACTURADA
3.602.305.C PROTECCION DE TALUD CON MALLA DE ALAMBRE Y HORMIGON PROYECTADO
3.602.305.D PROTECCION TALUD SEMBRADO SOSTENIDO EN BARRO VEGETAL Y MALLA
3.602.305.E TALUDES EN CORTES ALTOS CON ESCALONAMIENTO SUELOS Y ROCAS
3.602.401.A EJEMPLO DE FALLA DE TERRAPLENES
3.602.402.A TERRAPLENES EN LADERA
3.602.402.B EJEMPLO MURO CON GEOTEXTIL
3.602.402.C EJEMPLO DISPOSICION GENERAL MURO GAVION
3.602.402(1).A MURO GEOTEXTIL
3.602.404(2).A AUMENTO DE PRESIONES BAJO TERRAPLEN
3.602.404(3).A EJEMPLO CALCULO DE ASENTAMIENTO TERRAPLEN
3.602.404(3).B ENSAYO EDOMETRICO - EJEMPLO (VALDIVIA)
3.602.405(2).A DISTRIBUCION DE ESFUERZOS CORTANTES EN UN TERRENO DE CIMENTACION SEMIINFINITO
3.602.405(3).A FALLAS POR APLASTAMIENTO
3.602.406.A ASENTAMIENTO DINAMICO
3.602.407(2).A SOLUCIONES PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LOS TERRAPLENES
3.602.407(2).B SOLUCIONES PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DEL TERRENO DE CIMENTACION
3.602.407(3).A CONSTRUCCION DE TERRAPLENES EN SUELOS INESTABLES
3.602.501(1).A CURVA TIPICA DENSIDAD - HUMEDAD
3.603.202.A1 FACTORES DE EJES EQUIVALENTES EJES SIMPLES- RUEDA DOBLE
3.603.202.A2 FACTORES DE EJES EQUIVALENTES EJES DOBLES- RUEDA DOBLE
3.603.202.A3 FACTORES DE EJES EQUIVALENTES EJES TRIPLES - RUEDA DOBLE
3.603.202.B1 FORMULARIO PARA CALCULAR EJES EQUIVALENTES EJES SIMPLES- RUEDA DOBLE
3.603.202.B2 FORMULARIO PARA CALCULAR EJES EQUIVALENTES EJES DOBLES- RUEDA DOBLE
3.603.202.B3 FORMULARIO PARA CALCULAR EJES EQUIVALENTES EJES TRIPLES - RUEDA DOBLE
3.603.202.C EJES EQUIVALENTES POR VEHICULO
3.603.202.E FORMULARIO DE CALCULO EJES EQUIVALENTES PARA DISEÑO
3.604.105.A CALCULO DEL MODULO RESILIENTE DE DISEÑO TRAMO: CAMINO EJEMPLO
3.604.108.A TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES (TMMA) Y TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES PONDERADAS (TMPA)

3.604.108.B1 NUMERO ESTRUCTURAL CAPAS ASFALTICAS TMAPA 6°C
3.604.108.B2 NUMERO ESTRUCTURAL CAPAS ASFALTICAS TMAPA 14°C
3.604.108.B3 NUMERO ESTRUCTURAL CAPAS ASFALTICAS TMAPA 19° C
3.604.201.A PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE ESPESOR DE LOSA
3.604.201.B VERIFICACION DE ESCALONAMIENTO EN JUNTAS TRANSVERSALES
3.604.201.C VERIFICACION DEL ESPESOR POR CARGA DE ESQUINA
3.604.206.A AJUSTE DE K PARA TERRAPLEN Y/O ESTRATO RIGIDO
3.604.206.B CALCULO DEL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE; TRAMO: CAMINO EJEMPLO
3.604.211.A1 TENSION DE TRACCION EN LA FIBRA SUPERIOR DE LA LOSA DEBIDO A LA ACCION COMBINADA DE CARGA DE ESQUINA Y UN DIFERENCIAL NEGATIVO DE TEMPERATURA
3.604.211.A2 TENSION DE TRACCION EN LA FIBRA SUPERIOR DE LA LOSA DEBIDO A LA ACCION COMBINADA DE CARGA DE ESQUINA Y UN DIFERENCIAL NEGATIVO DE TEMPERATURA
3.604.211.A3 TENSION DE TRACCION EN LA FIBRA SUPERIOR DE LA LOSA DEBIDO A LA ACCION COMBINADA DE CARGA DE ESQUINA Y UN DIFERENCIAL NEGATIVO DE TEMPERATURA
3.604.211.A4 TENSION DE TRACCION EN LA FIBRA SUPERIOR DE LA LOSA DEBIDO A LA ACCION COMBINADA DE CARGA DE ESQUINA Y UN DIFERENCIAL NEGATIVO DE TEMPERATURA
3.604.211.A5 TENSION DE TRACCION EN LA FIBRA SUPERIOR DE LA LOSA DEBIDO A LA ACCION COMBINADA DE CARGA DE ESQUINA Y UN DIFERENCIAL NEGATIVO DE TEMPERATURA
3.604.211.A6 TENSION DE TRACCION EN LA FIBRA SUPERIOR DE LA LOSA DEBIDO A LA ACCION COMBINADA DE CARGA DE ESQUINA Y UN DIFERENCIAL NEGATIVO DE TEMPERATURA
3.604.211.A7 FACTOR DE AJUSTE SEGUN NIVEL DE ADHERENCIA, CONSIDERANDO CARGA DE ESQUINA Y UN DIFERENCIAL NEGATIVO DE TEMPERATURA
3.604.303.A CALCULO DEL CBR DE DISEÑO; TRAMO: CAMINO EJEMPLO
3.604.4.A TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DOBLES PARA LA ZONA NORTE

CAPITULO 3.700

3.702.3(1).A PAPEL DE DISTRIBUCION LOG-NORMAL
3.702.3(1).B PAPEL DE DISTRIBUCION DE VALORES EXTREMOS
3.702.402.A ESTACIONES PLUVIOGRAFICAS
3.703.202.A CAUCES CON FUERTE ESVIAJE RESPECTO DEL EJE DEL CAMINO
3.703.203.A UBICACION DE ALCANTARILLAS RESPECTO DE LA PENDIENTE DEL CAUCE
3.703.303.A CLASIFICACION DE TUBOS Y CAJONES SEGUN CONDICIONES DE ENTRADA PARA CALCULO DE He CON CONTROL DE ENTRADA
3.703.303.B ALCANTARILLAS DE TUBO DE HORMIGON CON CONTROL DE ENTRADA
3.703.303.C ALCANTARILLAS DE TUBO CORRUGADO CIRCULAR CON CONTROL DE ENTRADA
3.703.303.D ALCANTARILLAS DE CAJON CON CONTROL DE ENTRADA
3.703.303.E ALCANTARILLA DE TUBO CORRUGADO ABOVEDADO CON CONTROL DE ENTRADA
3.703.303(2).A TUBOS CIRCULARES CON CONTROL DE ENTRADA EFICIENCIA HIDRAULICA SEGUN MATERIAL Y TIPO DE ENTRADA
3.703.303(2).B CAJONES DE HORMIGON ARMADO CON CONTROL DE ENTRADA EFICIENCIA HIDRAULICA SEGUN TIPO DE ENTRADA
3.703.304.A ESCURRIMIENTO EN ALCANTARILLAS CON CONTROL DE SALIDA
3.705.2.A REVANCHAS RECOMENDADAS POR EL U.S.B.R.
3.705.2.B CURVAS EMPIRICAS DEL U.S.B.R. PARA DIMENSIONAR CANALES REVESTIDOS
3.705.3(1).A VELOCIDADES MAXIMAS PERMISIBLES EN SUELOS NO COHESIVOS
3.705.3(2).A FUERZA TRACTRIZ PERMISIBLE EN SUELOS NO COHESIVOS
3.705.3(2).B VELOCIDADES MAXIMAS PERMISIBLES EN SUELOS COHESIVOS
3.705.3(2).C ANGULOS DE REPOSO EN MATERIAL NO COHESIVO
3.706.203.A DISTANCIA FICTICIA d' EN FUNCION DEL ESPACIAMIENTO DE LOS SUB-DRENES
3.707.402.D FACTOR K_R POR AFLORAMIENTO DE BASE EN PILAS RECTANGULARES
3.708.101(1).A TIPO DE DEFENSAS LONGITUDINALES
3.708.101(1).B DISPOSICION TIPICA DE DEFENSAS LONGITUDINALES PARA FIJAR EL CAUCE ACTUAL
3.708.101(2).A SOLUCIONES PARA MINIMIZAR PROBLEMAS DE SOCAVACION AL PIE DE CEPAS DE PUENTES
3.708.101(2).B SOLUCIONES PARA MINIMIZAR PROBLEMAS DE SOCAVACION AL PIE DE CEPAS DE PUENTES
3.708.301(1).A (1/2) TRAZADO DEL EJE DEL RIO Y LINEAS EXTREMAS DE DEFENSA EN UNA RECTIFICACION DE CAUCE
3.708.301(1).A(2/2) TRAZADO DEL EJE DE UN RIO Y RADIOS DE CURVATURA
3.708.301(2).A ESPIGON EMPOTRADO EN LA RIBERA
3.708.301(3).A DISEÑO DE LOS PRIMEROS ESPIGONES EN UNA OBRA DE PROTECCION
3.708.301(4).A CONSTRUCCION DE LOS ESPIGONES EN FUNCION DE LA ALTURA DE LAS RIBERAS

3.708.301(6).A RECOMENDACIONES PARA EVITAR SOCAVACION LOCAL DURANTE LA CONSTRUCION DE UN ESPIGON
3.708.301(7).A RECOMENDACIONES PARA FORMA Y ESPACIAMIENTO ENTRE ESPIGONES
3.708.302(4).A FORMAS DE PROTEGER UNA DEFENSA LONGITUDINAL CONTRA LA SOCAVACION
3.708.303(1).A SISTEMA DE BARRERAS DE RETENCION DE SEDIMENTOS Y ESTABILIZACION DE LA PENDIENTE DE UN CAUCE
3.708.303(2).A POZA DE DECANTACION BAJO EL CAUCE

CAPITULO 3.800

3.804.109.A CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO Y SOPORTE RECOMENDADO
3.805.3.A SISTEMA DE VENTILACION DE TUNELES

L A M I N A S P A R T E III

CAPITULO 3.900

3.902.102.A ESTRUCTURA CRISTALINA DEL HIELO
3.902.102.B DISPOSICION DE PROTONES EN LA MOLECULA DE AGUA (H_2O) DEL CRISTAL DE HIELO
3.902.301.A FORMA BASICA Y CONDICIONES DE FORMACION DE LOS CRISTALES DE HIELO
3.902.303.A DIFERENTES TIPOS BASICOS DE FORMAS DE LOS CRISTALES DE HIELO
3.902.401.A CRECIMIENTO DE CRISTALES DE HIELO CONTROLADO POR EL PROCESO DE DIFUSION
3.902.403.A CRECIMIENTO DE CRISTALES DE HIELO
3.902.501.A CLASIFICACION DE LAS FORMAS TIPICAS DE LA PRECIPITACION SOLIDA SEGUN LA COMISION INTERNACIONAL DE NIEVE Y HIELO
3.902.501.B CLASIFICACION DE LOS CRISTALES DE NIEVE SEGUN MAGONO Y LE
3.902.501.C CLASIFICACION DE LOS CRISTALES DE NIEVE SEGUN MAGONO Y LEE
3.903.101.A EQUIPOS PARA MEDIR LA PRECIPITACION SOLIDA
3.903.101.B ESQUEMA DE TUBO COLECTOR DE NIEVE CON PANTALLA PROTECTORA
3.904.101.A CIRCULACION GENERAL DE LAS MASAS DE AIRE
3.904.102.A VIENTOS EN LOS CICLONES Y ANTICICLONES DEL HEMISFERIO SUR
3.904.102.B TIPOS DE FRENTES
3.904.104.A CIRCULACION DEL VIENTO SOBRE TERRENOS MONTAÑOSOS
3.904.202.A EFECTOS OROGRAFICOS EN LA PRECIPITACION
3.904.402.A EROSION Y TRANSPORTE DE NIEVE
3.904.405.A FORMAS DE DEPOSITOS DE NIEVE EOLICA
3.904.405.B FORMAS DE DEPOSITOS DE NIEVE EOLICA
3.904.702.A EJEMPLO DE PERFILES NORMALIZADOS DE TORMENTAS EN UNA LOCALIDAD
3.905.102.A ESTRUCTURAS DEL MANTO DE NIEVE
3.905.103.A SINTERIZACION EN EL MANTO DE NIEVE
3.905.104.A TEMPERATURA DEL MANTO DE NIEVE
3.905.105.A VARIACION DE LA DENSIDAD Y LA DUREZA EN UN MANTO DE NIEVE
3.905.301.A METAMORFISMO EQUITERMAL DEL MANTO DE NIEVE
3.905.402.A METAMORFISMO TG Y MF EN EL MANTO DE NIEVE
3.905.702.A DENSIFICACION DEL MANTO DE NIEVE CON EL TIEMPO
3.905.902.A DENSIDAD Y RESISTENCIA MECANICA DEL MANTO DE NIEVE
3.905.905.A MODELO DE DEFORMACION MECANICA DEL MANTO DE NIEVE
3.905.906.A MODULO DE YOUNG Y RAZON DE POISSON DE LA NIEVE
3.905.907.A VISCOSIDAD DE LA NIEVE
3.905.908.A RESISTENCIA MECANICA DE LA NIEVE
3.905.909.A CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y VELOCIDAD DE ONDAS ELASTICAS EN LA NIEVE
3.905.911.A DUREZA DE LA NIEVE
3.906.1.A COTAS MINIMAS DE LA NIEVE EN CHILE
3.907.101.A EJEMPLOS DE FORMAS DE GRANOS DE HIELO EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.101.B EJEMPLOS DE FORMAS DE GRANOS DE HIELO EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.101.C EJEMPLOS DE FORMAS DE GRANOS DE HIELO EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.101.D EJEMPLOS DE FORMAS DE GRANOS DE HIELO EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.101.E EJEMPLOS DE FORMAS DE GRANOS DE HIELO EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.304.A MUESTREO PARA MEDIR DENSIDADES Y MEDICIONES DE RESISTENCIA MECANICA CON PENETROMETRO MANUAL
3.907.306.A MEDICION DE RESISTENCIA MECANICA Y DUREZA DE LA NIEVE EN EL MANTO

3.907.4.A EJEMPLO DE PERFIL EN EL MANTO DE NIEVE EMPLEANDO LA CLASIFICACION INTERNACIONAL
3.908.102.A ESFUERZOS Y MOVIMIENTOS EN UN MANTO DE NIEVE INCLINADO
3.908.202.A CAUSAS DE ESFUERZOS DE TENSION EN EL MANTO DE NIEVE INCLINADO
3.908.203.A MODOS DE FALLAMIENTO EN EL MANTO DE NIEVE INCLINADO
3.908.304.A SECUENCIA DE EVENTOS QUE GATILLAN EL INICIO DE FRACTURAS EN PLACAS DE NIEVE
3.908.602.A METODO SINOPTICO DE EVALUACION DEL PELIGRO DE AVALANCHAS
3.908.603.A EJEMPLO DE METODO DE RED DE NEURONES PARA EVALUAR EL PELIGRO DE AVALANCHAS
3.908.604.A PARAMETROS PARA EL CALCULO DEL INDICE DE ESTABILIDAD
3.909.101.A ESQUEMA DE CLASIFICACION GENERAL DE AVALANCHAS
3.909.301.A TIPOS DE FLUJOS DE AVALANCHAS
3.909.902.A ZONAS DE LAS SENDAS DE AVALANCHAS
3.910.302.A TRAYECTORIAS MULTIPLES DE AVALANCHAS EN SENDAS CON UNA ZONA DE INICIO COMPLEJA Y ZONA DE DEPOSITACION NO CONFINADA
3.910.304.A SINUOSIDADES EN LA TRAYECTORIA DE UNA AVALANCHA
3.910.402.A PERFIL POR EL EJE DE UNA SENDA DE AVALANCHA DIVIDIDO EN TRAMOS DE PENDIENTES HOMOGENEAS
3.910.502.A EJEMPLOS DE ASPEREZAS DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO
3.911.602.A PARAMETROS DEL RIESGO DE AVALANCHAS EN CARRETERAS
3.912.101.A HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS RELATIVAS DE LAS PRECIPITACIONES MENSUALES EN UNA ESTACION DE LA CORDILLERA DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE
3.913.601.A MOVIMIENTO DE UNA AVALANCHA CON FLUJO DE NIEVE POLVO EN SUSPENSION
3.913.801.A MOVIMIENTO DEL AIRE ALREDEDOR DEL FRENTE DE UNA AVALANCHA CON FLUJO DE NIEVE POLVO EN SUSPENSION
3.913.902.A ESQUEMA DE PARAMETROS PARA LA ESTIMACION DE LAS DISTANCIAS DE CORRIDA CON EL METODO DEL MODELO DEL TERRENO
3.914.501.A EFECTO DE EMPUJE DE LA AVALANCHA SOBRE UNA PARED VERTICAL
3.914.502.A CARGAS DE LA AVALANCHA SOBRE UNA PARED VERTICAL
3.915.302.A CURVAS DE PRESIONES (en bar) SOBRE EL MANTO DE NIEVE POR LA DETONACION DE CARGAS EXPLOSIVAS EN LA SUPERFICIE O EN EL AIRE
3.915.302.B ARMADO DEL DETONADOR Y DE LA CARGA EXPLOSIVA
3.915.304.A DESPRENDIMIENTO DE CORNISAS DE NIEVE CON EXPLOSIVOS
3.915.305.A ARTILLERIA MILITAR EMPLEADA EN LA INDUCCION DE AVALANCHAS
3.915.306.A CAÑON LOCAT DE PROPULSION A GAS
3.915.307.A ESQUEMAS DE LOS SISTEMAS CATEX Y GAZEX DE INDUCCION DE AVALANCHAS
3.915.308.A DISEÑO DE LA CURVA DE PRESION DE 0,025 bar EJERCIDA SOBRE EL MANTO DE NIEVE POR LA DETONACION DE UN EXPLOSOR GAZEX
3.916.201.A ESQUEMA DE BANCOS PARA ESTABILIZAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.202.A ESQUEMA DE PAREDES PARA ESTABILIZAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.203.A ESQUEMA DE PILOTES PARA ESTABILIZAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.301.A ESQUEMA DE CERCAS PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.301.B ESQUEMA DE RASTRILLO PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.301.C ESQUEMA DE REDES PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.302.A DISPOSICION EN TERRENO DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTROL DE AVALANCHAS
3.916.303.A ALTURAS DE LAS ESTRUCTURAS PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.304.A INTERVALOS DE SEPARACION ENTRE ESTRUCTURAS PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.305.A LONGITUD MINIMA DE ESTRUCTURAS PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.306.A COMPONENTES DE LA PRESION DE LA NIEVE SOBRE PLANOS PERPENDICULAR E INCLINADOS CON RESPECTO A LA PENDIENTE
3.916.306.B PRESIONES EN LOS EXTREMOS DE ESTRUCTURAS INDIVIDUALES PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE Y FUERZA TOTAL RESULTANTE SOBRE LA ESTRUCTURA
3.916.307.A CARGAS GENERALES SOBRE LA ESTRUCTURA PARA SOPORTAR EL MANTO DE NIEVE
3.916.307.B CARGAS PERPENDICULARES SOBRE EL PLANO RIGIDO Y LOS LARGUEROS DE UNA GRILLA DE CERCA O RASTRILLO
3.916.307.C CARGAS PARALELAS AL PLANO RIGIDO DE UNA GRILLA Y QUE AFECTAN A LOS LARGUEROS DE UNA CERCA
3.916.307.D CARGAS SOBRE POSTES O MASTILES POR REPTACION DEL MANTO DE NIEVE
3.916.307.E TIPOS DE FUNDACIONES EN ESTRUCTURAS RIGIDAS Y POLIGONO DE ESFUERZOS
3.916.401.A ESQUEMA DE MURO PARA DESVIO DE AVALANCHAS
3.916.401.B ESQUEMAS DE CUÑAS PARA DESVIO DE AVALANCHAS

3.916.404.A ONDA ESTACIONARIA EN EL MURO PARA DESVIO DE AVALANCHAS
3.916.404.B CONFIGURACION GEOMETRICA DE UN MURO RECTO PARA DESVIO DE AVALANCHAS
3.916.601.A MONTICULOS DE TIERRA PARA REDUCIR LA VELOCIDAD DE LAS AVALANCHAS
3.916.601.B PEQUEÑOS MUROS DE TIERRA PARA REDUCIR LA VELOCIDAD DE LAS AVALANCHAS
3.916.601.C ESQUEMA DE TRIPODE PARA REDUCIR LA VELOCIDAD DE AVALANCHAS
3.916.701.A ESQUEMA DE COBERTIZOS PARA PROTECCION DE AVALANCHAS
3.916.703.A ESQUEMA DE COBERTIZO DE MENOR LONGITUD CON MUROS PARA DESVIAR AVALANCHAS HACIA EL COBERTIZO
3.916.801.A ESQUEMAS DE PERFILES EN ALTERNATIVAS DE FALSOS TUNELES
3.916.901.A ESQUEMA DE VALLA PARA NIEVE
3.916.902.A ESQUEMA DE PANELES DE TURBULENCIA
3.916.902.B ESQUEMA DE PULPITO Y TECHO JET PARA EVITAR LA FORMACION DE CORNISAS DE NIEVE
3.916.902.C ESQUEMA DE DEFLECTOR DE VIENTO OMNIDIRECCIONAL
3.918.201.A SEÑAL PREVENTIVA, DE INGRESO A SENDA DE AVALANCHA
3.918.201.B SEÑAL DE TERMINO DE SENDA DE AVALANCHA
3.919.103.A PROBABILIDAD DE SOBREVIVIR DE PERSONAS ATRAPADAS EN UNA AVALANCHA, SEGUN EL TIEMPO
3.919.501.A PROCEDIMIENTO GENERAL DE BUSQUEDA DE VICTIMAS CON TRANSCEPTOR ELECTRONICO
3.919.501.B FASE FINAL DE LA BUSQUEDA DE VICTIMAS CON TRANSCEPTOR ELECTRONICO
3.919.601.A ESQUEMA DE ORGANIZACION DE BUSQUEDA DE VICTIMAS DE AVALANCHAS POR LINEA DE SONDEO CON VARILLAS
3.919.602.A TECNICAS DE SONDEO CON VARILLA PARA BUSQUEDA DE VICTIMAS ATRAPADAS EN LA NIEVE
3.919.603.A PROCEDIMIENTO DE SONDEO FINO CON VARILLA, PARA BUSQUEDA VICTIMAS ATRAPADAS EN NIEVE DE AVALANCHAS
3.919.702.A EJERCICIOS BASICOS 1 Y 2 PARA ENTRENAMIENTO DE PERROS EN EL RESCATE DE VICTIMAS DE AVALANCHAS
3.919.702.B EJERCICIOS BASICOS 3 Y 4 PARA ENTRENAMIENTO DE PERROS EN EL RESCATE DE VICTIMAS DE AVALANCHAS

CAPITULO 3.1000

3.1001.302(2).A ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN PUENTE - SIN ESCALA
3.1001.302(2).B ESTRIBOS - SIN ESCALA
3.1001.302(2).C ESTRIBOS - SIN ESCALA
3.1001.302(2).D ESTRIBOS - SIN ESCALA
3.1001.302(2).E CEPAS - SIN ESCALA
3.1001.302(2).F CEPAS - SIN ESCALA
3.1001.302(2).G CEPAS - SIN ESCALA
3.1001.302(2).H CEPAS - SIN ESCALA
3.1002.205(2).A PERFILES COMPLEMENTARIOS - SIN ESCALA
3.1002.404(1).A PROFUNDIDAD DE LA PROSPECCION PARA FUNDACIONES DIRECTAS - SIN ESCALA
3.1002.405.A PRESIOMETRO - SIN ESCALA
3.1003.101.A SECCION TIPO DE PUENTES Y PASOS SUPERIORES - SIN ESCALA
3.1003.102(1).A LUCES LATERALES LIBRES Y GALIBOS EN PASOS BAJO NIVEL
3.1003.301(2).A FACTOR DE MOVILIZACION DE LA RESISTENCIA PASIVA EN ARENAS
3.1003.302(2).A MODELO PILA RECTANGULAR - SIN ESCALA
3.1003.302(2).B MODELO PILA CIRCULAR - SIN ESCALA
3.1003.302(3).D COEFICIENTE DE REDUCCION DE LA ALTURA COLABORANTE POR INTERACCION ENTRE PILAS
3.1003.303(1).A1 COEFICIENTE PARA DEFINIR LA ELASTICA Y ESFUERZOS EN PILOTES CON CABEZA LIBRE (SUELOS CON RIGIDEZ VARIABLE LINEALMENTE EN PROFUNDIDAD)
3.1003.303(1).A2 COEFICIENTE PARA DEFINIR LA ELASTICA Y ESFUERZOS EN PILOTES CON CABEZA EMPOTRADA SIN GIRO (SUELOS CON RIGIDEZ VARIABLE LINEALMENTE EN PROFUNDIDAD)
3.1003.303(1).A3 DETERMINACION DE LA ELASTICA Y ESFUERZOS EN PILOTES EMBEBIDOS EN SUELOS CON MODULO DE DEFORMACION CONSTANTE CON LA PROFUNDIDAD
3.1003.303(1).B1 PLASTIFICACION DEL SUELO CON VARIACION LINEAL EN PROFUNDIDAD DE SU MODULO DE DEFORMACION
3.1003.303(1).B2 PLASTIFICACION DEL SUELO CON MODULO DE DEFORMACION CONSTANTE CON LA PROFUNDIDAD
3.1003.303(1).D CORRECCION DE LA RIGIDEZ DEL SUELO EN UN GRUPO DE PILOTES - SIN ESCALA

3.1003.303(2).A MARCO EQUIVALENTE PARA ANALISIS DE UN GRUPO DE PILOTES
3.1003.303(2).B MODELACION DE UN GRUPO DE PILOTES PARA SER RESUELTA MEDIANTE COMPUTADOR
3.1003.303(3).A PILOTE SOMETIDO A LAS DEFORMACIONES HORIZONTALES DEL SUELO DE FUNDACION DE UN TERRAPLEN
3.1003.303(3).B DIMENSIONES PARA EVALUAR LAS DEFORMACIONES HORIZONTALES DEL SUELO DE FUNDACION BAJO EL TALUD FRONTAL DE UN TERRAPLEN - SIN ESCALA
3.1003.401(1).A TIPOLOGIA DE LOS MUROS DE CONTENCION CONSIDERADOS - SIN ESCALA
3.1003.401(3).A MODIFICACION DE LA GEOMETRIA DEL SUELO RETENIDO PARA UN TALUD QUEBRADO - SIN ESCALA
3.1003.402(1).B DEFINICION DE PARAMETROS BASE PARA EL SUELO RETENIDO - SIN ESCALA
3.1003.402(2).A EMPUJE DE TIERRA ESTATICO EN MURO GRAVITACIONAL - SIN ESCALA
3.1003.402(2).B EMPUJE DE TIERRA ESTATICO EN MURO CANTILEVER - SIN ESCALA
3.1003.403(1).A COMPONENTE SISMICA DEL EMPUJE EN MURO GRAVITACIONAL DETERMINADA CON MONONOBE Y OKABE
3.1003.403(1).B COMPONENTE SISMICA DEL EMPUJE EN MURO CANTILEVER DETERMINADA CON MONONOBE Y OKABE
3.1003.403(2).C RELACION NORMALIZADA ENTRE EL CORRIMIENTO PERMANENTE Y EL COEFICIENTE SISMICO DE DISEÑO EN MUROS DE CONTENCION - SIN ESCALA
3.1003.403(2).F FACTOR DE CARGA SISMICA EN EL SUELO SOBRE LA ZARPA TRASERA PARA EL DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL DEL MURO
3.1003.404.A EMPUJE DE TIERRA ESTATICO PARA MUROS RIGIDOS
3.1003.404.B COMPONENTE SISMICA DEL EMPUJE PARA MUROS RIGIDOS
3.1003.405.A EMPUJES DE TIERRA SOBRE ESTRIBOS TRANSPARENTES
3.1003.501(1).A MODELO PARA EL ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS ENTERRADAS TIPO MARCO O CAJON - SIN ESCALA
3.1003.501(2).A1 DESANGULACION SISMICA DE CAMPO LIBRE PROMEDIO - SIN ESCALA
3.1003.501(2).A2 COEFICIENTE DE CORTE SISMICO NORMALIZADO PARA SUELOS GRANULARES - SIN ESCALA
3.1003.501(2).A3 COEFICIENTE DE CORTE SISMICO NORMALIZADO PARA SUELOS FINOS CON RAZON DE PRECONSOLIDACION ENTRE 1 Y 15
3.1003.501(3).A DESANGULACION SISMICA PROMEDIO DEL SUELO - SIN ESCALA
3.1003.501(3).B TERMINO FG PARA EL CALCULO DE LOS RESORTES DE INTERACCION SISMICA HORIZONTAL - SIN ESCALA
3.1003.501(3).C LONGITUDES PARA EVALUAR EL TERMINO Fr UTILIZADO EN EL CALCULO DE LOS RESORTES DE INTERACCION SISMICA HORIZONTAL
3.1003.501(4).A MODELO SIMPLIFICADO PARA EL ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS ENTERRADAS TIPO MARCO O CAJON
3.1004.304.A ZONIFICACION SISMICA DE LAS REGIONES I, II Y III
3.1004.304.B ZONIFICACION SISMICA DE LAS REGIONES IV, V, VI, VII, VIII, IX, X Y REGION METROPOLITANA
3.1004.304.C ZONIFICACION SISMICA DE LAS REGIONES XI Y XII
3.1005.201.B CARATULA LAMINAS A-1 Y A-2

INDICE GENERAL DE TABLAS

TABLAS PARTE I

CAPITULO 3.000

3.005.4.A	PESOS MAXIMOS POR EJE Y SUS COMBINACIONES

CAPITULO 3.100

3.102.805(2).A	RESUMEN CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS Y CAMINOS EN CONDICIONES IDEALES
3.102.805(3).A	INTENSIDAD MAXIMA DE SERVICIO (I) DE UNA CALZADA BIDIRECCIONAL SEGUN NIVEL DE SERVICIO PARA FHP=1 MEDIDA EN VEHICULOS POR HORA EN AMBOS SENTIDOS DE TRANSITO
3.102.805(3).B	INTENSIDAD MAXIMA DE SERVICIO (I) EN CARRETERAS UNIDIRECCIONALES (4 PISTAS TOTALES) CON CONTROL TOTAL DE ACCESOS -SEGUN NIVEL DE SERVICIO- POR SENTIDO (FHP=1)
3.103.201.A	CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO CARRETERAS Y CAMINOS RURALES
3.103.3.A	CARACTERISTICAS TIPICAS DE LAS CARRETERAS Y CAMINOS SEGUN LA CLASIFICACION FUNCIONAL

CAPITULO 3.200

3.201.301(1).A	CRITERIOS DE PREDICCION DE LA V85 EN FUNCION DE Vp Y Lr PARA Vp ENTRE 40 Y 120 km/h
3.201.301(1).B	V85% AL FINAL DE UNA RECTA SEGUN LONGITUD Y VELOCIDAD DE PROYECTO
3.201.5.A	PARAMETROS DE DISEÑOS MINIMOS EN PLANTA Y ALZADO
3.201.5.B	CARACTERISTICAS DE LA SECCION TRANSVERSAL
3.201.5.C	RESUMEN DE ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN Y DE SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE
3.202.2.A	DISTANCIA MINIMA DE PARADA EN HORIZONTAL "Dp"
3.202.3.A	DISTANCIA MINIMA DE ADELANTAMIENTO
3.202.302.A	PORCENTAJE DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR
3.202.402.A	DISTANCIA DEL CONDUCTOR AL BORDE DE LA PISTA CRITICA "dc(m)"
3.203.203(1).A	Lr MIN ENTRE CURVAS DE DISTINTO SENTIDO-CONDICION
3.203.203(2).A	Lr MIN ENTRE CURVAS DEL MISMO SENTIDO
3.203.302.A	VALORES MAXIMOS PARA EL PERALTE Y LA FRICCION TRANSVERSAL
3.203.302.B	RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS EN CURVAS HORIZONTALES
3.203.303(3).A	RADIOS LIMITES EN CONTRAPERALTE EN TRAMOS SINGULARES
3.203.303(4).A	DESARROLLO MINIMO PARA CURVAS CIRCULARES DE RADIO MINIMO
3.203.303(4).B	DESARROLLOS MINIMOS PARA DEFLEXIONES w ≤ 6
3.203.305(3).A	VALORES ADMISIBLES PENDIENTE RELATIVA DE BORDE Δ %
3.203.305(4).A	PROPORCION DEL PERALTE A DESARROLLAR EN RECTA
3.203.306(2).A	ENSANCHE DE LA CALZADA E (m)
3.203.306(2).B	ENSANCHE DE LA CALZADA EN CAMINOS CON Vp ≤ 60 km/h
3.203.306(6).A	DESARROLLO DEL SOBREANCHO PARA CURVAS CIRCULARES SIN CURVA DE ENLACE
3.203.403.A	TASA MAXIMA DE DISTRIBUCION DE LA ACELERACION TRANSVERSAL
3.203.403(1).A	PARAMETROS MINIMOS DE LA CLOTOIDE POR CRITERIO DE J máx y Δ máx
3.203.403(1).B	TASA NORMAL DE DISTRIBUCION DE ACELERACION TRANSVERSAL
3.203.504.A	DATOS PARA REPLANTEO DE LAS CURVAS DE RETORNO
3.204.301.A	PENDIENTES MAXIMAS ADMISIBLES %
3.204.301.B	CAMINO DE ALTA MONTAÑA. PENDIENTES MAXIMAS % SEGUN ALTURA S.N.M.
3.204.303.A	LONGITUD CRITICA EN PENDIENTES PARA ΔV=24 km/h y ΔV=40 km/h
3.204.403.A	PARAMETROS MINIMOS EN CURVAS VERTICALES POR CRITERIO DE VISIVILIDAD DE PARADA
3.204.403.B	PARAMETROS MINIMOS PARA CURVAS CONCAVAS EN ZONAS CON ILUMINACION ARTIFICIAL
3.204.405.A	PARAMETRO MINIMO CURVAS VERTICALES CONVEXAS PARA ASEGURAR VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO
3.205.302(4).A	DISTANCIAS AL PUNTO DE ATENCION

CAPITULO 3.300

3.301.1.A	CUADRO RESUMEN DE ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN Y DE SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE
3.302.203(1).A	ANCHOS DE PISTAS AUXILIARES
3.302.203(1).B	CUÑAS DE REINCORPORACION Y ZONA DE SEGURIDAD EN PISTAS PARA TRANSITO RAPIDO – AMBAS DE 3,5 m DE ANCHO TOTAL
3.302.203(2).A	TRANS. DE ANCHO AL MODIFICAR EL NUMERO DE PISTAS
3.302.204.A	BOMBEOS DE LA CALZADA
3.302.402.A	PENDIENTE TRANSVERSAL DEL SAP (is)
3.302.502.A	ANCHOS DE MEDIANA (m)
3.302.602(1).A	COEFICIENTES DE RETENCION Cr (m/m)
3.302.602(2).A	TIEMPO TRANSCURRIDO PARA UN INCREMENTO DE 20 km/h SEGUN VALORES DE i (m/m) Y Cr CONSIDERADOS
3.302.602(2).B	DISTANCIA RECORRIDA EN EL TIEMPO tx PARA EL CUAL SE ALCANZA LA VELOCIDAD Vp + 20 km/h
3.302.602(3).A	LONGITUD TEORICA DEL LECHO DE FRENADO Lo (m), MATERIAL DEL LECHO = ARENA GRUESA LIMPIA TAMAÑO MAXIMO 10 mm Y COEFICIENTE DE ROCE EN EL LECHO R = 0,22
3.302.602(3).B	LONGITUD TEORICA DEL LECHO DE FRENADO Lo (m), MATERIAL DEL LECHO = GRAVA DE CANTOS RODADOS TAMAÑO MAXIMO 25 mm Y COEFICIENTE DE ROCE EN EL LECHO R = 0,30
3.303.401(2).A	INCLINACIONES MAXIMAS DEL TALUD INTERIOR DE CUNETA
3.307.2.A	HUELGAS MINIMAS DESEABLES ENTRELIMITES DE OBRA Y DE EXPROPIACION (m)
3.307.2.B	DISTANCIAS MINIMAS ENTRE PIE DE TALUDES O DE OBRAS DE CONTENCION Y UN ELEMENTO EXTERIOR (m)
3.307.3.A	ANCHOS DE EXPROPIACION TIPO
3.307.4.A	DERECHO DE VIA
3.309.504(1).A	DISTANCIA ENTRE ARBOLES EN HILERAS DISPUESTOS EN LOS COSTADOS DE CARRETERAS Y CAMINOS

CAPITULO 3.400

3.402.305(2).A	GUIA PARA SELECCIONAR NIVELES DE SERVICIO PARA DISEÑO
3.404.205(1).A	DISTANCIA DE PARADA (m) EN CRUCES E INTERSECCIONES
3.404.205(2).A	TIEMPOS (ta) REQUERIDOS PARA CRUZAR UNA CARRETERA
3.404.207.A	CORRECCION DE ta POR INCLINACION DE LA RASANTE
3.404.208(1).A	TIEMPOS EN CRUCES A NIVEL CON VIAS FERREAS
3.404.208(1).B	DISTANCIAS DE VISIBILIDAD EN CRUCES A NIVEL CON VIAS FERREAS
3.404.302.A	TRAZADOS MINIMOS DEL BORDE INTERIOR DE LA CALZADA EN INTERSECCIONES NO CANALIZADAS CURVA SIMPLE (Vp ≤ 15 km/h)
3.404.302.B	TRAZADOS MINIMOS DEL BORDE INTERIOR DE LA CALZADA EN INTERSECCIONES NO CANALIZADAS CURVAS COMPUESTAS
3.404.303.A	TRAZADOS MINIMOS ABSOLUTOS DEL BORDE INTERIOR DE RAMALES DE GIRO EN INTERSECCIONES CANALIZADAS.
3.404.304.A	RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS EN INTERSEC. CANALIZADAS
3.404.305(2).A	VALORES MINIMOS DE A EN FUNCION DE Vp Y J PARA RADIOS EN EL ORDEN DE LOS MINIMOS ABSOLUTOS
3.404.305(3).A	DESARROLLO DE LA CURVA CIRCULAR DE ENLACE CUANDO LA RAZON RADIO MAYOR A RADIO MENOR ES 2
3.404.306(2).A	ANCHOS DE PAVIMENTO Y BERMAS EN RAMALES
3.404.307(2).A	LONGITUD DE PISTAS DE ACELERACION ENTRE RAMAL Y CARRETERA
3.404.307(2).B	RELACION DE LONGITUD DE PISTAS DE ACELERACION ENTRE VIAS EN PENDIENTE Y EN HORIZONTAL
3.404.307(2).C	LONGITUD Lt(m) DE PISTAS DE ACELERACION APLICANDO FACTORES DE PENDIENTE
3.404.307(3).A	ANGULO DE INCIDENCIA DE PISTA DE DECELERACION SEGUN Vc
3.404.307(3).B	Lc SEGUN Vc
3.404.307(3).C	FV SEGUN Vc
3.404.307(4).A	LONGITUD ADICIONAL EN PISTAS DE DECELERACION PARA ALMACENAMIENTO Y ESPERA DE VEHICULOS
3.404.308(4).A	CARACTERISTICAS DE LA ZONA ABIERTA EN LA MEDIANA PARA CONDICIONES MINIMAS DE GIRO A LA IZQUIERDA
3.404.405(2).A	LONGITUD DE TRANSICION (Z) PARA HACER DESAPARECER LA PISTA DE RECUPERACION
3.404.405(3).A	LONGITUD PARA REDUCCION DE ANCHO DE PAVIMENTO EN NARICES CONVERGENTES

3.404.603.A VALORES ADMISIBLES PENDIENTE RELATIVA DE BORDE (Δ %)
3.404.604.A MAXIMA DIFERENCIA ALGEBRAICA ACEPTABLE ENTRE LA PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA PISTA DEL CAMINO DE PASO Y EL PERALTE DEL RAMAL DE GIRO EN SU ARISTA COMUN
3.404.703(3).A ANCHOS REQUERIDOS PARA EL GIRO DE VEHICULOS VA1 EN GLORIETAS NORMALES PEQUEÑAS
3.404.703(6).A RADIOS LIMITES EN CONTRAPERALTE PARA ANILLOS DE ROTONDAS

CAPITULO 3.500

3.504.203(2).A VELOCIDADES DE PROYECTO MINIMAS EN RAMALES DE ENLACE
3.504.203(3).A RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS CON PERALTES MAXIMOS EN RAMALES DE ENLACE
3.504.203(4).A PARAMETROS MINIMOS DE CLOTOIDES
3.504.204.A BERMAS MINIMAS EN RAMALES DE ENLACE
3.504.3.A PARAMETROS MINIMOS ABSOLUTOS PARA EL PROYECTO EN ELEVACION DE RAMALES

T A B L A S P A R T E II

CAPITULO 3.600

3.602.302.A TIPOS DE FALLAS POR DESLIZAMIENTO
3.602.302.B FACTOR DE REDUCCION DEL F.S. ESTATICO CON RESPECTO AL F.S. CON SISMO
3.602.501(3).A DENSIDAD MAXIMA EN COMPACTACION SEGUN TIPO DE SUELO
3.602.502.A GRADO DE COMPACIDAD SEGUN DENSIDAD RELATIVA
3.602.504.A RECOMENDACION DE EQUIPO DE COMPACTACION SEGUN TIPO DE SUELO (CLASIFICACION H.R.B.)
3.603 202.D DISTRIBUCION PORCENTUAL DELTRANSITO PESADO EN CARRETERAS UNIDIRECCIONALES DE DOS Y MAS PISTAS
3.603.204.A DESVIACION ESTANDAR NORMAL PARA DIFERENTES NIVELES DE CONFIANZA
3.604.102.A INDICES DE SERVICIABILIDAD
3.604.103.A VIDA DE DISEÑO
3.604.104.A NIVEL DE CONFIANZA Y VALOR DEL S_O
3.604.106.A CALIDAD DEL DRENAJE DE BASES Y SUBBASES
3.604.106.B COEFICIENTES DE DRENAJE (m_i)
3.604.107.A COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA LAS CAPAS DE PAVIMENTO
3.604.108.A LIMITACIONES A LOS ESPESORES DE LAS CAPAS ESTRUCTURALES
3.604.108.B CALCULO DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL PONDERADA DEL AIRE (TMAPA)
3.604.203.A INDICES DE SERVICIABILIDAD
3.604.204.A VIDA DE DISEÑO
3.604.205.A NIVEL DE CONFIANZA Y VALOR DEL S_O
3.604.206.A VALORES DE A Y B PARA SUELOS FINOS
3.604.206.B RANGOS DE VALORES DE k PARA SUELOS GRANULARES
3.604.207.A RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCION (PROMEDIO A LOS 28 DIAS)
3.604.208.A MODULOS DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTES DE FRICCION DE LAS BASES
3.604.209.A FACTOR DE AJUSTE POR TIPO DE BERMA
3.604.210.A ESTADISTICAS CLIMATICAS
3.604.212(4).A COEFICIENTE DE DRENAJE AASHTO MODIFICADO
3.604.303.A COEFICIENTES ESTRUCTURALES
3.605.101.A ALGUNOS PROCEDIMIENTOS DE REPOSICION
3.605.103.A FACTORES DE EQUIVALENCIA A UTILIZAR
3.605.104.A VALORES DEL COEFICIENTE C
3.605.104.B VALORES DEL COEFICIENTE B
3.605.203.A COEFICIENTES ESTRUCTURALES RECOMENDADOS PARA PAVIMENTOS EXISTENTES
3.605.303.A FACTORES DE CONVERSION PARA TRANSFORMAR EL ESPESOR DEL PAVIMENTO EXISTENTE A ESPESOR EFECTIVO

CAPITULO 3.700

3.702.2.A PERIODO DE RETORNO Y RIESGO DE FALLA SEGUN VIDA UTIL
3.702.2.B PERIODOS DE RETORNO PARA DISEÑO
3.702.402.A INTENSIDADES DE LLUVIA PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO (mm/h)
3.702.403.A COEFICIENTES DE DURACION PARA 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO
3.702.403.B COEFICIENTES DE FRECUENCIA

3.702.404.A RELACIONES ENTRE LLUVIA MAXIMA EN 24 HORAS Y LLUVIA MAXIMA DIARIA
3.702.405.A FACTORES DE DURACION Y FRECUENCIA
3.702.501.A TIEMPOS DE CONCENTRACION PARA CUENCAS (Tc)
3.702.501.B TIEMPOS DE CONCENTRACION AREAS PLANAS (Tc)
3.702.503.A COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO (C)
3.702.503.B COEFICIENTES DE ESCORRENTIA (C) PARA T = 10 AÑOS
3.702.801.A LIMITES PARA EL TEST DE HOMOGENEIDAD
3.703.301.A CARGA HIDRAULICA DE DISEÑO (He, m)
3.703.301.B VELOCIDADES MAXIMAS ADMISIBLES (m/s) EN CANALES NO REVESTIDOS
3.703.303.A COEFICIENTES DE REGRESION PARA ALCANTARILLAS CON CONTROL DE ENTRADA
3.703.304.A COEFICIENTE DE PERDIDA DE CARGA A LA ENTRADA EN ALCANTARILLAS CON CONTROL DE SALIDA
3.703.304.B COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA MATERIALES USADOS EN ALCANTARILLAS
3.703.503.A VALORES GUIA SOBRE RESISTENCIA AL SULFATO DE TUBOS DE CONCRETO
3.703.504.A GUIA PARA ANTICIPAR LA PROLONGACION DE LA VIDA DE SERVICIO DE TUBOS DE ACERO DETERMINADA POR EL REVESTIMIENTO BITUMINOSO
3.704.102.A NORMAS PARA DRENAJE DE LA PLATAFORMA
3.704.201.A CAPACIDAD HIDRAULICA DE CUNETAS Y CANALES TRIANGULARES
3.704.202.A VELOCIDADES MAXIMAS ADMISIBLES EN CONTRAFOSOS Y CUNETAS REVESTIDAS
3.704.303.A DIAMETROS MINIMOS DE TUBO EN INSTALACIONES DE COLECTORES DE AGUAS LLUVIAS
3.705.1.A VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING EN CANALES
3.705.2.A TALUDES RECOMENDADOS PARA LA SECCION TRAPECIAL
3.705.301.A VELOCIDADES Y FUERZAS TRACTICES MAXIMAS PERMISIBLES
3.705.4.A RECOMENDACIONES SOBRE ESPESORES DE REVESTIMIENTOS EN CANALES
3.706.201.A RECOMENDACIONES PARA EL ESPACIAMIENTO DE SUB-DRENES
3.706.203.A VALORES DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA
3.707.104.A VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD O N DE MANNING CAUCES NATURALES
3.707.104.B ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE MANNING SEGUN METODO DE COWAN
3.707.202.A VALORES DE LOS PARAMETROS A, B Y C PARA RELACIONES HIDRAULICAS LOGARITMICAS PARA LECHOS GRUESOS
3.707.202.B VALORES DE LOS PARAMETROS A Y B PARA RELACIONES HIDRAULICAS MONOMIAS
3.707.303.A VALORES DE α, M Y N EN EXPRESION DE VELOCIDAD CRITICA DE ARRASTRE PARA FLUJOS MACRORRUGOSOS
3.707.402.A FACTOR DE FORMA DE SECCION TRANSVERSAL DE PILAS (K_S)
3.707.402.B FACTOR DE GRUPOS DE PILAS DE SECCION CIRCULAR (Kgr) PARA PARES DE PILAS
3.707402.C FACTOR K_R EFECTO DE LA BASE DE FUNDACION PARA PILAS DE SECCION CIRCULAR
3.707.402.D VALORES DE K_D SEGUN FORMULAS ALTERNATIVAS
3.707.403.A COEFICIENTE $K\phi$ ANGULO DE INCLINACION
3.707.403.B COEFICIENTE DE FORMA K_F PARA SOCAVACION DE ESTRIBOS O ESPIGONES
3.707.404.A PARAMETROS DE FORMULA DE SOCAVACION AL PIE DE BARRERAS U OBRAS VERTEDORAS DE BAJA CARGA
3.707.404.B PARAMETROS DE LA FORMULA DE SOCAVACION AL PIE DE PRESAS
3.707.404.C PARAMETROS DE LA FORMULA DE SOCAVACION AL PIE DE RADIER PRECEDIDOS DE COMPUERTAS
3.707.404.D PARAMETROS DE FORMULA ALTERNATIVA DE SOCAVACION AL PIE DE RADIERES PRECEDIDOS DE COMPUERTAS. TORRENTES AHOGADOS
3.707.404.E FACTOR DE CORRECCION FORMULA DE HOFFMANS. TORRENTE AHOGADO
3.707.404.F PARAMETROS DE FORMULAS DE SOCAVACION AL PIE DE DESCARGAS
3.707.405.A VALORES DE β EN FUNCION DE LA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DEL CAUDAL DE DISEÑO
3.707.405.B VALORES DE ψ EN FUNCION DEL PESO ESPECIFICO DE LA MEZCLA AGUA – SEDIMENTO
3.707.405.C VALORES DEL COEFICIENTE X PARA SUELOS COHESIVOS Y SUELOS NO COHESIVOS
3.707.405.D VELOCIDAD CRITICA PARA 1 m DE PROFUNDIDAD SEDIMENTOS NO COHESIVOS
3.707.405.E VELOCIDAD CRITICA PARA 1 m DE PROFUNDIDAD SEDIMENTOS COHESIVOS
3.708.302(5).A DISTRIBUCIONES GRANULOMETRICAS DE ENROCADOS DE PROTECCION

CAPITULO 3.800

3.801.202(4).A EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD Y CONTROL EN TUNELES MAYORES DE 200 m
3.802.3.A LONGITUD CRITICA EN PENDIENTE Δ ~ 23 km/h
3.804.102.A CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI (1979). PARAMETROS DE CLASIFICACION

3.804.102.B CORRECCION POR LA ORIENTACION DE LAS DIACLASAS
3.804.102.B1 ORIENTACION DE LAS DIACLASAS
3.804.102.C CLASIFICACION
3.804.102.D CARACTERISTICAS GEOTECNICAS
3.804.103.A ESTIMACION DE PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL INDICE Q (SIMPLIFICADO DE BARTON ET AL., 1974)
3.804.104.B EQUIVALENCIA APROXIMADA DE LAS CLASIFICACIONES
3.804.106.A CARGAS PARA DIMENSIONAR EL SOSTENIMIENTO: CLASIFICACION DE TERZAGHI (1946)
3.804.108.A SOSTENIMIENTOS PROPUESTOS POR BIENIAWSKI (1979) APLICADA A TUNELES DE SECCION EN HERRADURA, MAXIMO ANCHO 10 m, Y MAXIMA TENSION VERTICAL 250 kg/cm^2
3.804.109.A VALORES DE ESR PARA DISTINTOS TIPOS DE EXCAVACION

T A B L A S P A R T E III

CAPITULO 3.900

3.902.103.A PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA Y HIELO ORDINARIO
3.903.106.A FORMATO Y EJEMPLO PARA INFORME DIARIO DE OBSERVACIONES DE PRECIPITACION SOLIDA
3.904.602.A EJEMPLO DE VALORES DEL ALBEDO MEDIO MENSUAL EN LA CORDILLERA A LA LATITUD DE SANTIAGO, EN UN MANTO DE NIEVE INCLINADO APROXIMADO 10° AL NORTE Y A LA COTA APROXIMADA DE 4.200 m
3.904.604.A EJEMPLO DE VALORES MEDIOS MENSUALES ESTIMADOS PARA EL INDICE Nu DE LA POTENCIA DEL PERFIL DEL VIENTO SOBRE UN MANTO DE NIEVE ENLA CORDILLERA A LA LATITUD DE SANTIAGO Y A LA COTA APROXIMADA DE 4.200 m CON NIEVE PENITENTE EN PRIMAVERA Y VERANO
3.904.607.A EJEMPLO DE UN BALANCE CALORICO PARA UN PUNTO EN LA SUPERFICIE DE NIEVE EN LA CORDILLERA DE CHILE CENTRAL A LA COTA DE 4.200 m EXPRESADO EN TERMINOS MENSUALES (LY/MES)
3.906.4.A POSIBLES ACUMULACIONES NIVALES MAXIMAS ANUALES EN LAS MAS ALTAS CUMBRES DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES, EN LA LATITUD Y SEGUN ESTIMACIONES DE LAS PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES
3.907.101(2).A CLASIFICACION DE LAS FORMAS DE LOS GRANOS DE HIELO EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.101(2).B INFORMACION ADICIONAL PARA LA CLASIFICACION DE LAS FORMAS DE LOS GRANOS DE HIELO EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.101(4).A CLASIFICACION DEL MANTO DE NIEVE, O SUS ESTRATOS, SEGUN EL CONTENIDO DE AGUA LIQUIDA
3.907.101(7).A CLASIFICACION DE LA DUREZA DE LOS ESTRATOS DE NIEVE EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.102(3).A MEDICIONES EN UN PERFIL EN EL MANTO DE NIEVE
3.907.102(3).B RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DEL MANTO DE NIEVE
3.907.307.A PLANILLA DE OBSERVACIONES DE LA SONDA DE PENETRACION
3.908.602.A PARAMETROS GENERALMENTE EMPLEADOS EN EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL MANTO DE NIEVE MEDIANTE EL METODO SINOPTICO
3.908.602.B EJEMPLO DE PREDICCION DE OCURRENCIA DE AVALANCHAS CON EL METODO DE ANALISIS ESTADISTICO, PARA UNA LOCALIDAD EN LA CORDILLERA DEL CENTRO DE CHILE Y SEGUN EL ESPESOR DE NIEVE NUEVA; BASADA EN 30 AÑOS DE OBSERVACIONES DE AVALANCHAS Y PARA EL CASO DE TEMPERATURA DEL AIRE ENTRE -2°C Y -10°C Y VELOCIDAD DE VIENTO INFERIOR A 4 m/s
3.908.603.A EJEMPLO DE UN CASO DE NORMALIZACION DE DATOS PARA EVALUAR EL PELIGRO DE AVALANCHAS CON RED NEURAL
3.909.902.A CLASIFICACION MORFOLOGICA INTERNACIONAL DE AVALANCHAS
3.909.902.B CLASIFICACION MORFOLOGICA DE AVALANCHAS
3.909.903.A ESQUEMA DE CLASIFICACION Y DESCRIPCION GENETICA DE AVALANCHAS
3.909.904.A ANTECEDENTES QUE DEBEN CONTENER LOS REGISTROS DE OCURRENCIA DE CADA AVALANCHA
3.910.501.A COHESION Y GRANULOMETRIA DE SUELOS, PARA EMPLEO EN LA DESCRIPCION DE SENDAS DE AVALANCHAS
3.911.504.A RELACION ENTRE LAS CATEGORIAS DEL INDICE DE PELIGRO DE AVALANCHAS EN LAS CARRETERAS Y LAS PRACTICAS DE OPERACION DE CARRETERAS
3.911.702.A PROBABILIDAD DE IMPACTO DE AVALANCHAS SEGUN EL PERIODO DE RETORNO DE ESTAS Y LA VIDA UTIL DE LAS ESTRUCTURAS

3.912.101.A PRECIPITACIONES MENSUALES (mm), 1987 - 1996; ESTACION EN LA CORDILLERA DE LA ZONA CENTRAL DE CHILE
3.912.203.A ESTIMACION DE DIAS CON PELIGRO DE AVALANCHAS, BASADA EN REGISTROS DIARIOS DE PROFUNDIDAD DEL MANTO DE NIEVE
3.912.301.A EJEMPLO DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE ACUMULACIONES NIVALES MAXIMAS ANUALES DEPOSITADAS DURANTE UNA TORMENTA, BASADO EN LA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE PRECIPITACIONES LIQUIDAS MAXIMAS ANUALES EN 24, 48 Y 72 HORAS.
3.913.303.A VALORES DEL COEFICIENTE DE FRICCION KINETICA (μ) PARA DISTINTAS PENDIENTES DEL TERRENO, SEGUN EXPERIENCIAS EN AVALANCHAS EN LOS ANDES CENTRALES DE CHILE
3.916.306.A CRITERIOS PARA EVALUAR EL FACTOR DE DESLIZAMIENTO (N) DEL MANTO DE NIEVE EN ESTRUCTURAS PARA SOPORTAR EL MANTO
3.918.101.A DESCRIPTORES DE ADVERTENCIA DEL NIVEL DE PELIGRO DE AVALANCHAS

CAPITULO 3.1000

3.1002.302.A PERIODOS DE RETORNO PARA DISEÑO
3.1002.403.A PROSPECCIONES RECOMENDABLES EN PUENTES
3.1002.403.B PROSPECCIONES RECOMENDABLES EN ATRAVIESOS Y PASARELAS
3.1002.404(2).A PENETRACION DE LA EXPLORACION BAJO LA PUNTA O SELLO DE FUND. PARA GRUPOS DE PILOTES O PILAS
3.1002.405.A RANGO DE DIAMETROS DEL SONDAJE VERSUS DIAMETRO DE LA SONDA PRESIOMETRICA
3.1003.101.A ANCHOS MINIMOS DE TABLEROS EN PUENTES Y PASOS SUPERIORES
3.1003.202.A PESOS ESPECIFICOS DE ALGUNOS MATERIALES
3.1003.301(1).A LONGITUD DE CALCULO PARA DETERMINAR RIGIDEZ DE LA FUNDACION
3.1003.301(2).A FACTOR DE RIGIDEZ SISMICA PARA FUNDACIONES SUPERFICIALES
3.1003.301(3).A COEFICIENTE SISMICO Cs PARA ANALISIS DE ESTABILIDAD DE FUNDACIONES EN O CERCANAS A TALUDES
3.1003.302(2).A COEFICIENTE DE INCREMENTO LINEAL REAL CON LA PROFUNDIDAD DEL MODULO DE DEFORMACION DEL SUELO COLABORANTE
3.1003.302(3).A FACTOR DE RIGIDEZ SISMICA PARA FUNDACIONES PROFUNDAS
3.1003.303(1).A FACTOR DE RIGIDEZ SISMICA PARA FUNDACIONES PROFUNDAS
3.1003.303(3).A MODULOS DE DEFORMACION PARA ANALISIS DEL DESPLAZAMIENTO DE SUELOS BLANDOS EN TORNO A PILOTES
3.1003.402(1).A DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL NORMALIZADO PARA ALCANZAR CONDICION ACTIVA
3.1003.402(1).B ANGULO DE FRICCION EQUIVALENTE
3.1003.404.A COEFICIENTE DE EMPUJE SISMICO PARA MUROS RIGIDOS, Ksr
3.1003.406.A VIDA UTIL DE DISEÑO
3.1003.501(2).A COEFICIENTE DE CORTE MAXIMO PARA PEQUEÑAS DEFORMACIONES, K2máx
3.1003.501(3).A DESANGULACION SISMICA DE DISEÑO
3.1003.501(3).B FACTOR DE RIGIDEZ PARA EVALUAR LOS RESORTES DE INTERACCION SISMICA HORIZONTAL, FR
3.1003.601.A CLASIFICACION DE LOS HORMIGONES POR RESISTENCIA A COMPRESION
3.1003.601.B PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO
3.1003.801.A DESIGNACION DE ZONAS DE TEMPERATURAS PARA ENSAYOS DE PROBETA CHARPY
3.1004.302.A VALOR DE ACELERACION EFECTIVA MAXIMA AO Y COEFICIENTE DE ACELERACION EFECTIVA MAXIMA A'O
3.1004.303.A VALOR DE ACELERACION MAXIMA DEL SUELO aO COMPARACION CON VALOR ACELER. EFECTIVA MAXIMA AO.
3.1004.304.A ZONIFICACION SISMICA POR COMUNAS PARA LAS REGIONES CUARTA NOVENA
3.1004.306.A PELIGRO DE SOCAVACION SISMICA (PSS)
3.1004.307.A CATEGORIAS DE COMPORTAMIENTO SISMICO (CCS)
3.1004.308.A COEFICIENTE DEL SUELO (S)
3.1004.308.B DEFINICION DE LOS TIPOS DE SUELOS DE FUNDACION (SOLO PARA SER USADA CON LA TABLA 3.1004.308A)
3.1004.309(1).A COEFICIENTE DE IMPORTANCIA K1
3.1004.309(2).A CONSTANTES ESPECTRALES T1 Y K2
3.1004.309(2).B PERIODOS FUNDAMENTALES DE PUENTES FUNDADOS EN FORMA DIRECTA O SOBRE PILOTES
3.1004.310.A FACTORES DE MODIFICACION DE RESPUESTA (R)
3.1005.201.A DIMENSIONES DE LAMINAS NORMALIZADAS
3.1005.201.B DISTRIBUCION Y CONTENIDO DE LA CARATULA
3.1005.202.A PLANOS QUE DEBEN PRESENTARSE SEGUN NIVEL DEL ESTUDIO

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 3.000
INFORMACION GENERAL

DIRECCION DE VIALIDAD
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CHILE

JUNIO 2002

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

I N D I C E

CAPITULO 3.000 INFORMACION GENERAL

SECCION 3.001 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL VOLUMEN

3.001.1 CAMPO DE APLICACION

3.001.2 CONCEPCION DEL VOLUMEN

3.001.3 VALIDEZ DE LIMITES NORMATIVOS Y RECOMENDACIONES
3.001.301 Límites Normativos
3.001.302 Métodos y Procedimientos Recomendados
3.001.303 Términos de Referencia Específicos

3.001.4 RESPONSABILIDAD DEL PROYECTISTA

SECCION 3.002 ESTRUCTURA DEL VOLUMEN INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

3.002.1 MATERIAS CUBIERTAS A NIVEL DE CAPITULOS

3.002.2 FLEXIBILIDAD DE LA ESTRUCTURA

SECCION 3.003 NOMENCLATURA

3.003.1 ABREVIATURAS
3.003.101 Abreviaturas Instituciones Nacionales
3.003.102 Abreviaturas Instituciones Extranjeras

3.003.2 SIMBOLOS Y UNIDADES DE MEDIDA

SECCION 3.004 SISTEMA DE UNIDADES

3.004.1 ASPECTOS GENERALES

3.004.2 OBLIGATORIEDAD DEL EMPLEO DE LA NORMA

3.004.3 LONGITUDES Y DISTANCIAS ACUMULADAS EN PROYECTOS VIALES

SECCION 3.005 VEHICULOS TIPO

3.005.1 ASPECTOS GENERALES

3.005.2 DIMENSIONES VEHICULOS LIVIANOS

3.005.3 DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS PESADOS

3.005.4 PESOS MAXIMOS DE VEHICULOS EN CARRETERA

3.005.5 GIRO MINIMO VEHICULOS TIPO

CAPITULO 3.000 INFORMACION GENERAL

SECCION 3.001 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL VOLUMEN

3.001.1 CAMPO DE APLICACION

El presente Volumen N° 3 del Manual de Carreteras cubre los aspectos relativos a INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO de carreteras y caminos en áreas rurales, los que también son válidos en gran medida, para las carreteras y dispositivos viales empleados en áreas urbanas, salvo aquellas que sean modificadas o complementadas explícitamente por la Dirección de Vialidad, mediante documentos emitidos al efecto. Su contenido está íntimamente ligado a las normas y recomendaciones que se exponen en el Volumen N° 2 PROCEDIMIENTOS DE ESTUDIOS VIALES versión Diciembre 2001.

3.001.2 CONCEPCION DEL VOLUMEN

Las distintas materias se tratan en términos de un Instructivo que establece procedimientos y límites normativos. Ello implica analizar y detallar suficientemente los fundamentos de los procedimientos, límites normativos y recomendaciones que el volumen contiene. En el caso de materias aún poco difundidas en el ambiente vial, el texto adquiere mayor relevancia con el fin de facilitar la incorporación de estos conceptos a la práctica habitual del diseño de carreteras. En la Sección 3.002 se resume el contenido de cada Capítulo.

En ningún caso se pretende que el Manual reemplace el conocimiento y experiencia del Especialista. Por el contrario, ante problemas complejos, sólo la labor conjunta del proyectista de carreteras y del especialista permitirá alcanzar la solución más adecuada desde los puntos de vista técnico, económico, operacional y medio ambiental.

3.001.3 VALIDEZ DE LIMITES NORMATIVOS Y RECOMENDACIONES

3.001.301 Límites Normativos. Los límites normativos de diseño que se indican en este Volumen corresponden a valores mínimos según la situación que se está resolviendo, es decir, representan el límite inferior de tolerancia en el diseño. Por lo tanto, ellos constituyen una norma que no puede ser transgredida sin la autorización expresa de la Dirección de Vialidad. Dentro de límites económicos razonables el proyectista procurará usar valores más amplios que los mínimos de norma, cuando ello 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.

Cabe destacar, como una 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. Cuando exista limitación de fondos para ejecutar una obra cuya categoría esté bien definida, se debe analizar primero la posibilidad de construirla por etapas, antes que minimizar las características geométricas que le corresponden. Por ejemplo, un pavimento inicial más económico, aunque de vida de diseño más corta, puede ser reforzado o repavimentado en el momento oportuno, aportando al nuevo diseño su capacidad estructural remanente.

3.001.302 Métodos y Procedimientos Recomendados. Los métodos y procedimientos que no estén redactados en términos imperativos, no constituyen norma, sin embargo, son los que la Dirección de Vialidad estima como los más adecuados en cada caso. En estas situaciones el Proyectista no queda limitado al uso exclusivo del método recomendado, pero deberá justificar adecuadamente la validez del procedimiento propuesto en su reemplazo, debiendo en todo caso, solicitar la autorización correspondiente de la Dirección de Vialidad para emplearlo.

3.001.303 Términos de Referencia Específicos. Mediante Términos de Referencia Específicos (TRE), emitidos para cada proyecto en particular, la Dirección de Vialidad señalará aquellos aspectos contenidos en éste o en otros Volúmenes del Manual que deben modificarse o complementarse según lo especificado en dichos TRE.

3.001.4 RESPONSABILIDAD DEL PROYECTISTA

Los procedimientos y recomendaciones generales contenidas en este Volumen están orientadas a facilitar la labor del proyectista y a conseguir una razonable uniformidad en los métodos de diseño.

En ningún caso el contenido del Volumen reemplaza al conocimiento de los principios básicos de la Ingeniería y técnicas afines, así como tampoco el adecuado criterio profesional. En consecuencia el Proyectista será responsable de la calidad de los diseños que proponga.

Finalmente, la Dirección de Vialidad se reserva la facultad de exigir, en casos particulares justificados, previa notificación anticipada al proyectista, la utilización de normas o criterios de diseño más estrictos que los incluidos en el Manual de Carreteras.

SECCION 3.002 ESTRUCTURA DEL VOLUMEN INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

3.002.1 MATERIAS CUBIERTAS A NIVEL DE CAPITULOS

El Volumen se compone de once Capítulos cuyos temas principales se resumen a continuación:

CAPITULO 3.000

INFORMACION GENERAL

Presenta los objetivos y alcances del Volumen, la estructura general y contenido del mismo, así como un resumen de la nomenclatura utilizada. La Sección 3.004 “Sistema de Unidades” hace referencia a la Norma Nch 30 Of98 que reproduce la Norma ISO 1000, relativa al Sistema Internacional de Unidades, cuya síntesis se incluye en la Sección 2.004 del Volumen N° 2. Su empleo será obligatorio en los proyectos de la Dirección de Vialidad. La Sección 3.005 resume la normativa vigente a la fecha de edición de este Volumen, en relación con las dimensiones y pesos de los vehículos autorizados para circular por los caminos del país sin requerir permisos especiales. Cuando no existen normas legales al respecto, se indican los valores considerados para el diseño.

CAPITULO 3.100

CONTROLES BASICOS DE DISEÑO

El Capítulo trata inicialmente los factores que intervienen en la definición de las características de las carreteras y caminos, distinguiéndose aquellos funcionales, físicos, de costo, humanos y ambientales; para luego desarrollar una ponderación cualitativa de los más relevantes. A partir de lo anterior se desarrollan los criterios que deberá considerar el Proyectista para definir las características de la ruta, atendiendo a la función asignada, la demanda y característica del tránsito, los conceptos de velocidad que intervienen en el diseño (Velocidades de Proyecto, Específica de los elementos curvos, de Operación del conjunto de usuarios y Percentil 85%), los que reemplazan al antiguo concepto de Velocidad de Diseño. Se describen los conceptos y alcances del Control de Acceso, las Facilidades para Peatones que se relacionan con la vía y los Valores Estéticos y Ecológicos.

Con el objeto de introducir al Proyectista en la comprensión de las relaciones que definen la Capacidad y Calidad del Servicio que se brinda al conjunto de usuarios de una carretera o camino, se dedica un Tópico a Capacidad y Niveles de Servicio, mediante una breve síntesis de la teoría de Capacidad de Carreteras expuesta en el Highway Capacity Manual (Transportation Research Bord (TRB) – 1997).

Finalmente se presenta el Sistema de Clasificación Funcional para Diseño, distinguiendo por categorías:

Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias
Caminos : Primarios, Locales y de Desarrollo

Se entrega la definición conceptual de cada una de ellas, para finalmente resumir el contenido del Capítulo mediante las Tablas 3.103.201.A “Clasificación Funcional para Diseño” y 3.103.3.A “Características Típicas de las Obras Viales según la Clasificación Funcional”.

CAPITULO 3.200

DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO

Desarrolla los criterios, límites normativos y recomendaciones que deberá emplear el Proyectista para el diseño de la Planta y el Alzado.

Se incorpora al diseño el concepto de Velocidad Percentil 85 (V85%) y los criterios de predicción de dicha velocidad en rectas cuya longitud supere los 400 m, de lo que se derivan implicancias fundamentales para un diseño más seguro del trazado en planta para aquellos usuarios que superan la Velocidad de Proyecto; de igual modo, se establecen los criterios que definen la V* que se empleará para la verificación de las distancias de visibilidad de parada y el diseño en alzado, respecto de aquel mismo grupo de usuarios.

Sobre dichas bases se desarrollan las Secciones relativas a, Distancia de Visibilidad, Verificación de las Distancias de Visibilidad, Trazado en Planta, Trazado en Alzado y Directrices para el Diseño Especial de una Carretera.

En todos estas secciones se han actualizado los factores que intervienen en el cálculo, ponderando la experiencia consignada en diversas normas e instructivos vigentes en los países de mayor desarrollo. Se incorporan nuevos criterios en el tratamiento de parámetros tan importantes como el peralte en elementos curvos para radios mínimos y sobre los mínimos; el concepto Velocidad Específica en los elementos curvos y la relación entre elementos curvos consecutivos, que al estar muy próximos se consideran dependientes. Todo ello en la perspectiva de brindar mayor seguridad a los usuarios sin incrementar los costos de la obra.

En definitiva, este Capítulo presenta modificaciones sustanciales respecto de los criterios de diseño considerados en el Capítulo 3.200 de la Versión de 1981, y en consecuencia, los Proyectistas deberán prestar especial atención a los fundamentos que en él se exponen.

CAPITULO 3.300

LA SECCION TRANSVERSAL

Este capítulo norma las dimensiones de los elementos de la plataforma: calzada, bermas, medianas y sobreancho de la plataforma (SAP), los que son función básicamente de la Velocidad de Proyecto y de la demanda prevista al año horizonte del proyecto, todo lo cual tiene relación directa con la Capacidad y Seguridad de la ruta.

El Concepto de “SAP” que reemplaza al antiguo “sac”, incorpora mayores anchos a este elemento en función de la velocidad de proyecto, con el objeto de dar cabida a los elementos de seguridad vial, cuyas dimensiones y huelgas respecto del borde de la berma aumentan en función de la velocidad de Proyecto.

Los elementos asociados a la plataforma de subrasante, taludes y cunetas, son objeto de normas específicas, en las que se han incorporado las nuevas tendencias respecto de la seguridad vial.

Elementos auxiliares, tales como estructuras de sostenimiento, soleras, fosos, contrafosos, caminos de servicio y otras reposiciones, son también objeto de normas y recomendaciones, inscribiéndoselos, junto a los demás ya citados, en el contexto más amplio de las franjas de expropiación y derecho de vía.

Finalmente se incorporan a este Capítulo los antiguos Capítulos 3.800 “Normas para Obras Varias” y 3.900 “Tratamiento de las Zonas Marginales”, que figuran en la versión de 1981 y que ahora se presentan en las Secciones 3.308 y 3.309, respectivamente, debidamente actualizados.

CAPITULO 3.400

INTERSECCIONES

El tratamiento de cruces y empalmes a nivel se desarrolla casi con la extensión de un texto, acompañado de Láminas que ilustran las soluciones tipo, además de las respectivas Tablas y gráficos para abordar el diseño de los diversos elementos constituyentes.

En primer término se identifica y define las unidades constitutivas de una intersección, con imágenes que constituyen un apoyo a la búsqueda de los respectivos temas. Luego se presenta los conceptos generales que determinan las características de una intersección y se sugiere un método para abordar el proyecto. A continuación se presenta las soluciones tipo más comunes que ayudan al análisis de alternativas. Finalmente se entrega las normas y recomendaciones aplicables al diseño geométrico de una intersección.

Se incorpora también un tratamiento más amplio de las Intersecciones Rotatorias o Rotondas a las que se dedica un Tópico especial al final del Capítulo. Se actualizan las Tablas relativas a elementos mínimos del diseño considerando los vehículos tipo legalmente autorizados para circular por los caminos públicos.

CAPITULO 3.500

ENLACES

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 Intersecciones. De hecho existe entre ambos capítulos una estrecha ligazón y en diversos aspectos el Capítulo de Enlaces hace referencia a materias tratadas en Intersecciones. Se recomienda por lo tanto un cabal conocimiento del Capítulo 3.400 antes de proceder con el diseño de enlaces, que constituyen una etapa más avanzada de este tipo de proyectos.

Esta versión actualizada del Capítulo ha sido revisada a la luz de la experiencia internacional vigente y la práctica de diseño en el país en los últimos años.

CAPITULO 3.600

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA OBRA BASICA Y DE LA PLATAFORMA

Este Capítulo aborda en primer término (Sección 3.602), las materias relativas al diseño de la infraestructura de las obras viales, entendiendo como tales, las obras generadas por el movimiento de tierras y/o roca requerido para materializar la plataforma del camino a nivel de subrasante, y los taludes de terraplén y corte que su implantación requiere; los que a su vez pueden generar la necesidad de obras complementarias a nivel de la fundación de terraplenes, elementos de contención de terraplenes y cortes, etc. La Sección ha sido actualizada totalmente, incluyendo criterios y recomendaciones de diseño acordes con las prácticas vigentes de la ingeniería geotécnica.

El diseño de la Superestructura del Camino se desarrolla en las tres Secciones siguientes, comenzando por los criterios para el Diseño de Pavimentos, el Diseño de Pavimentos Nuevos (Flexibles Rígidos y Tratamientos Superficiales) para finalmente abordar la Rehabilitación de Pavimentos de Asfalto y Hormigón, considerando los diversos procedimientos de recaparpeteo y reposición aprobados por La Dirección de Vialidad a la fecha de edición de la presente versión.

Los Pavimentos Flexibles (capas de mezclas asfálticas apoyadas sobre capas de suelos seleccionados, con y sin tratar, o apoyados directamente sobre la subrasante), así como los Pavimentos Rígidos (losas de hormigón apoyados sobre una base) se diseñan mediante el método propuesto por AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) en sus versiones de los años 1993 y 1998 respectivamente. Ambos procedimientos se presentan con algunos ajustes y adaptaciones a las condiciones nacionales.

Los Tratamientos Superficiales se diseñan de acuerdo con el procedimiento denominado Tropical Procedures for Flexibles Pavements, desarrollado por W.J. Morin y Peter Todor.

CAPITULO 3.700

DISEÑO DEL DRENAJE, SANEAMIENTO, MECANICA E HIDRAULICA FLUVIAL

Se abordan en primer término los aspectos relativos a hidrología, o cálculo del caudal que puede llegar a escurrir por una Sección de una hoya hidrográfica, asociado a un período de retorno dado. Se presentan varios métodos según sea el tipo de información estadística disponible y se señala cuando la complejidad del problema supera el ámbito del manual y es aconsejable la participación del especialista.

Esta versión actualizada precisa los Períodos de Retorno a emplear en el diseño, según el tipo de obra, asociándolos al Riesgo de Falla correspondiente según la vida útil asignada a la obra. Se incorporan los datos de la estadística actualizada para las estaciones pluviográficas procesadas en 1981 y 23 nuevas estaciones con lo que las estaciones disponibles pasa de 13 a 36, para las que se determinan Coeficientes de Duración y Frecuencia con una amplia cobertura a nivel nacional.

La Sección relativa a drenaje transversal de la carretera analiza los problemas de ubicación y dimensionamiento de obras de arte tales como tubos y alcantarillas. Especial importancia se da al tema del dimensionamiento hidráulico de obras arte, discutiéndose los casos en que el flujo está controlado por condiciones a la entrada o a salida de ella. Se incorporan expresiones analíticas para dimensionar alcantarillas con control de entrada.

El drenaje superficial de la plataforma, o drenaje longitudinal, se presenta en Sección aparte, incluyéndose el análisis hidráulico de cunetas, sumideros, contrafosos, etc.

Para abordar la rectificación o desvío de canales se presenta un completo análisis del problema, incluyendo métodos de cálculo y recomendaciones empíricas para el caso de canales no erosionables o revestidos. Para canales erosionables se presenta el método de la velocidad máxima permisible y el de la fuerza tractriz. Finalmente se incluye una Sección destinada al drenaje subterráneo orientada a dar solución a los problemas de mayor ocurrencia en los proyectos de carreteras.

Las Secciones 3.707 “Procedimientos y Técnicas de Hidráulica y Mecánica Fluvial” y 3.708 “Diseño de Obras de Defensas Fluviales” se incorporan al Manual de Carreteras en este versión actualizada. La primera Sección presenta un tratamiento teórico riguroso y detallado con las aplicaciones prácticas correspondientes, que se desarrollan abordando los Métodos de Cálculo Hidráulico Fluvial, los de Cálculo Mecánico Fluvial y los de Cálculo de la Socavación. La última Sección aborda el Diseño de Obras de Defensas Fluviales, mediante la definición de los conceptos básicos, para luego entregar los Criterios Generales de Diseño de las Obras Fluviales aplicadas a espigones, defensas longitudinales y obras de retención de sedimentos, todas las que se ilustran mediante obras tipo características. Por último se dan recomendaciones generales relativas a Aspectos Constructivos y de Mantención de las Obras.

CAPITULO 3.800

TUNELES

Este Capítulo que se incorpora al Manual de Carreteras en la presente versión, comprende siete secciones, a saber: Aspectos Generales, que cubre la Clasificación de las Obras Viales Subterráneas; Definición Geométrica de los Túneles (Planta, Alzado, Sección Transversal); Estudios de Ingeniería Básica, Criterios de Diseño Estructural; Criterios de Diseño de Instalaciones Electromecánicas, de Control y Seguridad, y finalmente, Alcances de los Estudios según el Nivel que se este desarrollando.

Los Criterios de Diseño Estructural se definen y describen de acuerdo con las metodologías y procedimientos normalmente empleados a nivel mundial, los que han sido usados en nuestro medio para la construcción de numerosas obras de tunelería en Obras Viales, Minería, Proyectos Hidroeléctricos y de Riego.

En cuanto a Criterios de Diseño de Instalaciones Electromecánicas de Control y Seguridad, se estipulan las Normas que la Dirección de Vialidad exige para este tipo de obras a la fecha de edición de este Volumen, y se enumeran los requerimientos mínimos que debe incluir el proyecto de la especialidad correspondiente.

CAPITULO 3.900

RIESGO Y PROTECCION DE AVALANCHAS DE NIEVE

Este Capítulo que también se incorpora al Manual de Carreteras en esta versión actualizada del Volumen N° 3, comprende 20 Secciones que abordan el tratamiento teórico y práctico de la materia.

Las primeras siete secciones tratan de los objetivos y de la organización del Capítulo, de los Cristales de Nieve y Hielo, de las Mediciones de la Precipitación Sólida, de la Meteorología de Montaña, del Análisis del Viento y los Depósitos de Nieve, de la Evolución del Manto de Nieve y su Variabilidad Regional y de las Mediciones del Manto de Nieve.

Las Secciones octava a décimo cuarta cubren lo relativo a Estabilidad del Manto de Nieve y Mecanismos de Inicio de Avalanchas, los Tipos, Clasificaciones y Registro de Avalanchas, las Sendas de Avalanchas, la zonificación del Peligro y Riesgo, la Recurrencia de Avalanchas, la Dinámica del Movimiento de Avalanchas, los Efectos y Presiones Inducidas.

Las Secciones decimoquinta a décimo séptima tratan el Control de Avalanchas (Protecciones Activas, Restricción de Acceso al área con Peligro de Avalanchas e Inducción de Avalanchas), de las Protecciones Pasivas, siendo ellas todos los tipos de estructuras y otros procedimientos destinados a controlar, mitigar el efecto o desviar las avalanchas.

Finalmente las últimas Secciones se refieren a la Señalización Aconsejable en zona de Avalanchas, al Rescate de Víctimas y a los Alcances de los Estudios de Riesgo y Protección de Avalanchas según el Nivel del estudio que se esté desarrollando.

CAPITULO 3.1000

PUENTES Y ESTRUCTURAS AFINES

Tradicionalmente el Departamento de Puentes de la Dirección de Vialidad ha diseñado las estructuras tales como puentes, viaductos, pasos desnivelados, pasarelas peatonales y estructuras de contención de tierras, empleando para ello la normativa propuesta por AASHTO "Standard Specifications for Highway Bridges, Sixteen Edition 1996", a la que se han agregado precisiones o modificaciones, derivadas de la experiencia nacional, en cuanto a las particularidades de los materiales (Hormigón, Acero, Madera, etc), de los suelos, de las características de los ríos, en su gran mayoría torrentes, y de capital importancia, en cuanto a las características sísmicas de Chile y la evolución que ha experimentado en el tiempo el Diseño Sísmico en el medio nacional.

Consecuente con ello, este Capítulo, además de contener aspectos similares a los tratados en los volúmenes 2 y 3 para el diseño de carreteras y caminos, hace aquí una recopilación de los aspectos que dicen relación con las estructuras asociadas que forman parte de ellas; precisa las modificaciones, alcances o complementaciones que se hacen a la Norma AASHTO para su aplicación en Chile y dedica una Sección específica al tratamiento del Diseño Sísmico de Puentes y Estructuras Afines. En definitiva, las Secciones del Capítulo son:

3.1001 Aspectos Generales; 3.1002 Ingeniería Básica de Proyectos de Puentes y Estructuras Afines; 3.1003 Disposiciones y Recomendaciones de Diseño; 3.1004 Diseño Sísmico; 3.1005 Presentación de los Estudios.

3.002.2 FLEXIBILIDAD DE LA ESTRUCTURA

La numeración abierta empleada en el Manual permite agregar o modificar parte de su contenido. Se pretende que tanto éste como los demás volúmenes del Manual se mantengan concordantes con los avances de la técnica.

El sistema de numeración abierta, utilizado para identificar y jerarquizar cada materia, consulta las siguientes subdivisiones, ilustradas con un ejemplo:

3.203.302(1) corresponde a:

3.	**VOLUMEN**	**INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO**
3.200	**CAPITULO**	**DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO**
3.203	**SECCION**	**TRAZADO EN PLANTA**
3.203.3	**TOPICO**	**CURVAS CIRCULARES**
3.203.302	**PARRAFO**	**Radios Mínimos Absolutos**
3.203.302(1)	**ACAPITE**	**Utilización de los Radios Mínimos Absolutos**

El término Numeral es utilizado en algunos casos, para referirse a Párrafos o Acápites seguido de los números correspondientes.

La numeración abierta obliga a abandonar la correlatividad en la numeración de las páginas. En este volumen éstas se numeran de acuerdo al Tópico a que pertenecen pudiendo, por lo tanto, existir varias con un mismo número. Si una Sección no está subdividida sus páginas serán individualizadas con el número de la Sección.

Las Láminas y Tablas llevan numeración completa (Sección, Tópico, Párrafo o Acápite) en que se citan por primera vez, seguida de una letra A, B ... y se presentan intercaladas en el Tópico o Sección que les corresponde. Algunas Láminas y Tablas pueden tener la misma numeración, distinguiéndose una de otras por las palabras “Lámina” o “Tabla”.

SECCION 3.003 NOMENCLATURA

3.003.1 ABREVIATURAS

3.003.101 Abreviaturas Instituciones Nacionales

CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales
DGA	Dirección General de Aguas (MOP)
DGOP	Dirección General de Obras Públicas (MOP)
DMC	Dirección Metereológica de Chile
DV	Dirección de Vialidad (MOP)
IGM	Instituto Geográfico Militar
INN	Instituto Nacional de Normalización INN-Chile
MOP	Ministerio de Obras Públicas
SAF	Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile
SHOA	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada

3.003.102 Abreviaturas Instituciones Extranjeras

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (EE.UU.)
ASTM	American Society for Testing Materials (EE. UU.)
BPR	Bureau of Public Roads (EE.UU.)
HRB	Highway Research Board (EE.UU.)
SCS	Soil Conservation Service (E.E.U.U.)
USBR	United States Bureau of Reclamation (EE.UU.)
ISO	International Standars Organization

3.003.2 SIMBOLOS Y UNIDADES DE MEDIDA

CONTROLES BASICOS DE DISEÑO (3.100)

SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
A, B, C, D, E, F	-	Niveles de Servicio (Capacidad 3.102.805)
BD	-	Bidireccional (Tránsito, Calzada)
UD	-	Unidireccional (Tránsito, Calzada)
TMDA	Veh/día	Tránsito Medio Diario Anual
VHD	Veh/h	Volumen Horario de Diseño
V/C	-	Razón Volumen/Capacidad
Vp	km/h	Velocidad de Proyecto
Vop	km/h	Velocidad de Operación
Ve	km/h	Velocidad Específica de un Elemento
V85%	km/h	Velocidad Asociada al Percentil 85
V*	km/h	Velocidad para Verificar Dp y Seleccionar Kv
VS	Veh/h	Volumen de Servicio

DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO (3.200)

SIMBOLO Distancia de Visibilidad	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
Dv	m	Distancia Visibilidad (Genérico)
Dp	m	Distancia de Parada
Da	m	Distancia Adelantamiento
df	m	Distancia de Frenado
dtp	m	Distancia Recorrida durante “tp”
±i	m/m	Pendientes (+) Subida; (-) Bajada
r	-	Coeficiente de Roce Rodante
tp	s	Tiempo de Percepción y Reacción
h_1 .... h_5	m	Alturas para Cálculos D_v
Amáx.	m	Despeje Lateral Requerido por D_v

SIMBOLO Alineamiento Horizontal	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
Rectas y Curvas Circulares		
a	m	Ancho Normal de una Pista de Tránsito
b	%	Bombeo o Pendiente Transversal Normal de una Pista en Recta.
Dc	m	Desarrollo Curva Circular
E	m	Sobreancho en Curva
e_n	m	Sobreancho Parcial en Transición
l_n	m	Distancia al origen para e_n
Lr	m	Longitud Máxima en Recta
l	m	Longitud Desarrollo de Peralte
n	-	Número de Pistas
PC; MC; FC;	-	Principio, Mitad y Fin de Curva Circular
p	m/m	Peralte
p %	%	Peralte
Δp	%	Variación Total de la Pendiente Transversal
Δ	%	Pendiente Relativa de Borde Calzada Respecto de la Pendiente Longitudinal del eje Carretera.
q	%	Línea de Máxima Pendiente
R	m	Radio Curva Circular
Rm	m	Radio Mínimo Absoluto

SIMBOLO Alineamiento Horizontal	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
RL	m	Radio Límite-Curvas en Contraperalte
S	m	Bisectriz (Distancia de V_n a MC)
Rectas y Curvas Circulares		
T	m	Tangentes a la Curva Circular
t	-	Coeficiente de Fricción Lateral
t_g	m/cada 1%	Tasa de Giro de Peralte
α	Grados centesimales	Angulo entre Dos Alineaciones (3.203.301)
ω	Grados centesimales	Deflexión entre dos Alineac. y Angulo del Centro.
Vn	-	Vértice-InterSección de Dos Alineaciones
Curvas de Enlace		
A	m	Parámetro de la Clotoide
d	m	Desplazamiento del Centro de la Circunferencia Retranqueada.
Dc	m	Desarrollo de la Curva Circular Enlazada
J	m/s³	Variación de la Aceleración Transversal por Unidad de Tiempo.
L	m	Desarrollo de una Clotoide
l, l', lo	m	Longitudes Desarrollo de Peraltes
OV	m	Origen Clotoide Respecto Vértice (Tang. Principal)
R	m	Radio Curva Circular
ΔR	m	Retranqueo de la Curva Circular
τ	g	Angulo de Desviación de la Clotoide en el Punto (R, L).
Xp; Yp	m	Coordenadas del Punto de tangencia de la Clotoide con la Circunferencia
Xc; Yc	m	Coordenadas del Centro de la Circunferencia Retranqueada
Alineamiento Vertical		
ar	m/s²	Aceleración Radial en Curvas Verticales
C	m	Luz Libre Vertical entre Rasante y Estructura
Da	m	Distancia Adelantamiento
Dp	m	Distancia Parada
±i	m/m	Pendiente Longitudinal (+) Subida ; (-) Bajada
± i %,	%	Pendiente Longitudinal (+) Subida ; (-) Bajada
θ	Radianes $\approx$ (i_1-i_2) m/m	Deflexión en el Vértice entre Dos Alineaciones del Perfil Longitudinal.
K	m	Parámetro Parábola 2do. Grado
Ka	m	Parámetro Curva Vertical Convexa por Criterio Adelantamiento
Kc	m	Parámetro Curva Vertical Cóncava por Criterio de Parada.
Kci	m	Parámetro Curva Vertical Cóncava en Zonas con Iluminación Artificial.
Kce	m	Parámetro Curva Vertical Cóncava bajo Estructuras.
Kv	m	Parámetro Curva Vertical Convexa por Criterio Visibilidad de Parada.
$2T = L_v$	m	Proyección Horizontal de una curva Vertical.

LA SECCION TRANSVERSAL (3.300)

SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
a	m	Ancho Normal de una Pista de Tránsito
ac	m	Ancho de las Cunetas a Nivel de Subrasante
b	%	Bombeo
bc	m	Base de las Cunetas Trapeciales
bd, bi	m	Ancho Berma Derecha y Berma Izquierda
ct	m	Proyección Horizontal de la caída de las tierras entre borde exterior del SAP y la Subrasante
h_c	m	Profundidad Util de las Cunetas
h_e	m	Espesor de la Estructura del Firme (pav. + base+ sub-base).
he'	m	he en Borde Externo del SAP
h_f	m	Profundidad del Foso
h_z	m	Profundidad del Contrafoso
Hc	m	Altura Total del Corte
Hc (1, 2, ..., n)	m	Altura de Escalones de Corte
Ht	m	Altura Total de Terraplén
is	% / m/m	Pendiente Transversal del SAP
i_{sr}	% / m/m	Pendiente Transversal de la Subrasante
nt	-	Componente Horizontal de la Inclinación de Taludes en Terraplén.
n_c	-	Componente Vertical de Taludes en Corte
nc(1, 2, ... ,n)	-	n de c/u de los tramos de Corte entre Escalones
nce, nci	-	n del Talud Exterior e Interior de la Cuneta, (comp. Horizontal en rellenos, vertical en cortes)
nfe, nfi	-	n del Talud Exterior e Interior del Foso, respectivamente. (componente vertical)
nze, nzi	-	n del talud Exterior e Interior del Contrafoso, respectivamente. (componente vertical)
p	%	Peralte
pb	%	Inclinación Transversal de bancos en Corte
pic	m/m	Pendiente Transversal del Talud Interior de las Cunetas. (Ver Tabla 3.303.401(2).A).
SAP	m	Sobreancho de la Plataforma

INTERSECCIONES (3.400)

SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
Tránsito y Capacidad (Véase también símbolos de Política Básica de Diseño).		
L	-	Vehículo Liviano
C	-	Camiones y Buses
Va	-	Vehículos Articulados
t_a	s	Tiempo para Acelerar y Despejar la Calzada
t_c	s	Tiempo Crítico (determinación tipo de Control)
Nt	-	Número de Pistas de Trazado
Diseño Geométrico (Véase también 3.200)		
Distancias de Visibilidad		
da; db	m	Distancias de Visibilidad en el Triángulo de Visibilidad

Trazado en Planta	UNIDAD DE MEDIDA	
a	m	Ancho de Calzada de Ramal
R – r – R'	m – m - m	Radios en Curvas de 3 Centros (R puede ser = R')
Vías de Cambio de Velocidad		
C	m	Ancho Inicial de Cuña
F	tanto por uno	Fracción de Velocidad Operación al Final de Cuña de Deceleración.
LA	m	Longitud de Pista de Aceleración (sin Cuña)
LC	m	Longitud de Cuña
LD	m	Longitud de Pista de Deceleración (Sin Cuña)
LE	m	Longitud de Espera en Pistas de Deceleración Central.
LT	m	Longitud total de Pistas Cambio Velocidad
θi	g	Angulo de Incidencia de Ramal sobre Pista de Salida.
Vc y Vr	km/h	Velocidad de Diseño de Carretera y Ramal

ENLACES (3.500)

SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
Tipos de Enlace y Ramales		
C – D	-	Vía o Pista Colectora Distribuidora
D	-	Ramal Directo
L	-	Lazo
SD	-	Ramal Semidirecto
Trazado en Planta de Ramales		
a	m	Ancho de Calzada
b	m	Ancho de Berma
L.L.D.	m	Luz libre Lateral a la Derecha
L.L.I.	m	Luz libre Lateral a la Izquierda

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PLATAFORMA (3.600)

SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
Diseño de la Infraestructura		
c	Kgf/cm²	Cohesión
c'	Kgf/cm²	Cohesión Efectiva
CH	-	Clasificación USCS-Arcillas Alta Plasticidad
CL	-	Clasificación USCS-Arcillas Baja Plasticidad
GC	-	Clasificación USCS-Grava Arcillosa
GM	-	Clasificación USCS-Grava Limosa
GP	-	Clasificación USCS-Grava Mal Graduada
GW	-	Clasificación USCS-Grava Bien Graduada
ML	-	Clasificación USCS-Limo Baja Compresibilidad
MH	-	Clasificación USCS-Limo Alta Compresibilidad
OL	-	Clasificación USCS-Limo Orgánico (BP)

Diseño de la Infraestructura	UNIDAD DE MEDIDA	
OH	-	Clasificación USCS-Arcilla Orgánica (AP)
σ	Kgf/cm²	Presión Normal Total en un Punto
σ'	Kgf/cm²	Presión Normal Efectiva
pt	-	Clasificación USCS-Suelos Orgánicos (Turbas, etc.)
SC	-	Clasificación USCS-Arena Arcillosa
SM	-	Clasificación USCS-Arena Limosa
SP	-	Clasificación USCS-Arena Mal Graduada
SW	-	Clasificación USCS-Arena Bien Graduada
Tg ϕ	-	Fricción Interna
τf	Kgf/cm²	Resistencia al Corte ($\tau f = c' + \sigma' \cdot tg\phi$)
u	Kgf/cm²	Presión Intersticial o de poros
Diseño de la Superestructura		
EE	-	Ejes Equivalentes a un eje simple de rueda doble de 80 kN de peso.
pi	-	Indice de Serviciabilidad Inicial del pavimento
pf	-	Indice de Serviciabilidad Final del Pavimento
IRI	m/km	Indice de Rugosidad (Regularidad) Internacional
R	%	Nivel de Confianza
NE	mm	Número Estructural
ai	-	Coeficiente estructural de la capa de orden i
hi	mm	Espesor de la capa de pavimento de orden i
m_2, m_3	-	Coeficientes de drenajes de capas no tratadas
MR	MPa	Módulo Resiliente del suelo
TMMA	°C	Temperatura media mensual del aire
TMAPA	°C	Temperatura media anual ponderada del aire
D	mm	Espesor de la losa de hormigón
S'c	MPa	Resistencia media a la flexotracción del hormigón a los 28 días-
σ'_t	MPa	Tensión de tracción máxima en la losa con carga en el borde, considerando el efecto de la temperatura.
σ_t	MPa	Tensión de tracción máxima en la losa con carga en el borde, considerando el efecto de la temperatura en la prueba AASHO.
Sr	%	Nivel de saturación
K	MPa/m	Módulo de reacción de la subrasante.
FAULTD	mm	Escalonamiento promedio en losas de hormigón con juntas y barras de traspaso de cargas.
C_d	-	Coeficiente de drenaje (pavimentos rígidos)
IE	mm	Indice Estructural (tratamientos superficiales)
NE_{rec}	mm	Número Estructural del Recarpeteo
Nef	mm	Número Estructural efectivo para soportar el tránsito futuro.
NEef	mm	Número Estructural Efectivo del pavimento existente.
D_{rep}	mm	Espesor de la losa de hormigón de reposición
D_f	mm	Espesor de la losa necesaria para soportar el tránsito futuro
D_{ef}	mm	Espesor Efectivo de la losa existente.

DRENAJE, SANEAMIENTO Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS (3.700)

SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
Hidrología		
A	km²	Superficie de una Cuenca Hidrográfica
B	Horas	Base del Hidrograma Unitario
C	-	Coeficiente de Escurrimiento
n	Años	Serie de ..., Vida Util, Números de Orden de un Evento.
q_p	lts/s-km²	Valor Máximo Hidrograma Unitario
r	%	Probabilidad de Falla o Riesgo
t	Minutos	Duración de una Lluvia
Tp	Horas	Tiempo de Retraso (Hidrograma Unitario)
T	Años	Período de Retorno
Tc	Horas	Tiempo de Concentración
L	km	Distancia al punto más alejado de la Hoya

DRENAJE TRANSVERSAL (3.703); DRENAJE DE LA PLATAFORMA (3.704); CANALES (3.705)

SIMBOLO	UNIDAD DE MEDIDA	CONCEPTO
Ω	m²	Area o Sección de Escurrimiento de un Conducto o Cauce.
D	m	Diámetro de un Tubo
H	m	Carga en Obras con Control de Salida
h	m	Altura de Agua en un Canal
He	m	Altura de Agua a la entrada de una obra
hc	m	Altura Crítica
Ke	-	Coeficiente de Pérdida de Carga
L	m	Longitud de un Tubo o Alcantarilla
n	-	Coeficiente de Rugosidad Manning
χ	m	Perímetro Mojado
Q	m³/s	Caudal o Gasto
R	m	Radio Hidráulico (Ω/χ)
i	m/m	Pendiente de un ducto o canal
τ	kg/m²	Fuerza Tractriz
τ_s	kg/m²	Fuerza Tractriz en el talud
τ_i	kg/m²	Fuerza Tractriz en el Fondo
V	m/s	Velocidad de Escurrimiento

SECCION 3.004 SISTEMA DE UNIDADES

3.004.1 ASPECTOS GENERALES

En la Sección 2.004 del Volumen N° 2 se presenta un resumen de la Norma Nch 30 Of98 denominada “Unidades SI y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de otras ciertas unidades”. La que se edita en hojas color celeste.

Esta Norma es una homologación de la Norma ISO 1000 siendo idéntica a la misma. El anexo A forma parte del cuerpo de la norma. El anexo B no forma parte de la norma, se inserta a título informativo.

El resumen contenido en 2.004 está elaborado mediante citas textuales de aquellos aspectos de la Norma que dicen relación con las unidades de uso habitual en el Manual de Carreteras. Las partes que se han excluido se indican mediante notas encuadradas en un rectángulo.

Las citas a la Norma se hacen empleando la numeración que en ella figura. Los numerales que se han omitido corresponden a especialidades ajenas a las materias que aborda el Manual de Carreteras.

3.004.2 OBLIGATORIEDAD DEL EMPLEO DE LA NORMA

Los proyectos de carreteras y caminos de la Dirección de Vialidad se ajustarán al contenido de esta norma, por lo tanto las unidades básicas, unidades derivadas y unidades suplementarias se usarán respetando el nombre y símbolo de cada una de ellas. Aun cuando se deberá respetar todo el contenido de la norma, se destaca especialmente el punto 6 “Reglas para escribir los símbolos de las unidades”, que se cita a continuación.

“Los símbolos de las unidades deberán ser impresos en caracteres romanos (rectos) (independientemente del tipo usado en el resto del texto), permanecerán inalterados en el plural, se escribirán sin punto final (punto ortográfico) excepto por la puntuación normal del texto, ej., al final de una frase deberá ser puesto después del valor numérico completo en la expresión de una magnitud, dejando un espacio entre el valor numérico y el símbolo de la unidad”.

“Los símbolos de las unidades deberán en general ser escritos con minúscula, excepto en el caso que el nombre de la unidad derive de un nombre propio se escribirá la primera letra en mayúscula.

Ejemplos:

m	metro
s	segundo
A	ampere
Wb	weber

Cuando una unidad compuesta se forma por multiplicación de dos o más unidades, se le indicará en una de las siguientes formas:

$N \cdot m$, N m

Notas:

1) En un sistema con un conjunto de caracteres limitados, un punto sobre la línea es usado en lugar de un punto a media altura.
2) La última manera indicada se puede también escribir sin un espacio, teniendo especial cuidado cuando el símbolo de una de las unidades es el mismo que el símbolo para un prefijo, ej. mN es usado sólo para milinewton y no para metro newton.

"Cuando se forma una unidad compuesta por división de una unidad por otra, esto puede ser indicado de una de las formas siguientes:

$$\frac{m}{s}, \qquad m/s, \qquad m \cdot s^{-1}.$$

Una barra (/) no deberá ser seguida por un símbolo de multiplicación o división en la misma línea formando una combinación, a menos que se inserte un paréntesis para evitar toda ambigüedad. En casos complicados, se usarán potencias negativas o paréntesis".

3.004.3 LONGITUDES Y DISTANCIAS ACUMULADAS EN PROYECTOS VIALES

Todas las longitudes que figuren en los documentos y planos de un Estudio Vial se expresarán en metros (m), centímetros (cm) o milímetros (mm), según sea la especialidad de que se trate, debiendo cada cifra estar acompañada de la unidad que le corresponda, o bien, si se trata de un plano, incluir una nota destacada que indique, por ejemplo, "DIMENSIONES EN milímetros (mm), SALVO INDICACION EXPRESA EN CONTRARIO".

En los documentos y planos relativos a trazados en planta y alzado, así como toda vez que se deba hacer referencia a una cierta distancia acumulada referida a un cierto origen, se le antepondrá a la cifra correspondiente, la sigla "Dm" correspondiente al concepto **"Distancia Acumulada expresada en metros".**

Consecuentemente, se abandona a partir de la fecha de entrada en vigencia de este Volumen del Manual de Carreteras, el concepto de kilometraje y su unidad el kilómetro, reemplazándolos por el concepto de Distancia Acumulada y su notación "Dm" como se indica en el siguiente ejemplo:

Km 252,324843 (Notación Antigua)
Dm 252.324,843 (Nueva Notación)

No obstante lo anterior, en las Señales Camineras Informativas que expresan la distancia a algún destino o la longitud de un cierto tramo, se seguirá empleando como unidad el kilómetro (km).

Del mismo modo las velocidades de proyecto, o velocidades máximas señalizadas se seguirán expresando en kilómetros por hora (km/h)

En un Resumen Ejecutivo y sus esquemas ilustrativos, se podrá emplear la notación en kilómetros, con un máximo de tres decimales, es decir aproximando la distancia acumulada al metro, o bien, la nueva notación en metros sin decimales, sin embargo, habiendo optado por una de estas notaciones no se podrá emplear la otra en el mismo documento.

SECCION 3.005 VEHICULOS TIPO

3.005.1 ASPECTOS GENERALES

Los vehículos que circulan por las carreteras influencian el diseño fundamentalmente desde dos puntos de vista : velocidad que son capaces de desarrollar y dimensiones que le son propias.

Los vehículos livianos: automóviles y similares, determinan las velocidades máximas a considerar en el diseño, así como las dimensiones mínimas, ellas participan en la determinación de las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento.

Los vehículos pesados: camiones de diversos tipos, y en menor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su velocidad de operación cuando existen tramos en pendiente. La necesidad de limitar estas reducciones de velocidad determina la longitud y magnitud aceptable de las pendientes (Ver 3.204.303).

Las dimensiones de estos vehículos: largo, ancho y alto, influencian en gran medida diversos elementos de la Sección Transversal y determinan los radios mínimos de giro, los ensanches de la calzada en curva y el gálibo vertical bajo estructuras. Las dimensiones consideradas para el diseño se establecen en 3.005.3 y los radios de giro mínimos en 3.005.5.

3.005.2 DIMENSIONES VEHICULOS LIVIANOS

La longitud y el ancho de los vehículos livianos 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 máximas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles.

ANCHO: 2,1 m
LARGO: 5,8 m

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

Las alturas que se citan a continuación corresponden en general a vehículos pequeños, cuya participación en el parque es ya significativa, pero excluye algunos modelos deportivos existentes en muy baja proporción en nuestro medio.

h = Altura focos delanteros: 0,60 m
h_1 = Altura ojos del conductor: 1,10 m
h_2 = Altura obstáculo fijo en la carretera: 0,20 m
h_3 = Altura ojos conductor de camión o bus (Curvas Cóncavas bajo estructura): 2,50 m
h_4 = Altura luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m
h_5 = Altura del techo de un automóvil: 1,20 m

3.005.3 DIMENSIONES DE LOS VEHICULOS PESADOS

Las dimensiones que se citan a continuación corresponden a las legales vigentes al 10.11.1999, de acuerdo con el Documento de Uso Interno del Centro de Documentación de la Subsecretaria de Transporte.

- ANCHO MAXIMO EXTERIOR: 2,60 m (Con o sin carga)
- ALTO MAXIMO SOBRE EL NIVEL DE SUELO: 4,20 m (Con o sin carga)

No obstante la altura máxima indicada, se debe tener presente que la luz libre o gálibo vertical que se considerará para el diseño de estructuras es de 5,0 m y de 5,5 m en el caso de las Pasarelas.

Las longitudes máximas de los vehículos pesados y de los elementos remolcables que los componen, son:

- BUS 13,20 m
- BUS (Autorizado por Res. N° 62 de 03.12.2001 MINTRATEL) 14,00 m
- BUS ARTICULADO 18,00 m
- CAMION SIMPLE 11,00 m
- SEMIREMOLQUE CORRIENTE (Elemento remolcable) 14,40 m
- REMOLQUE (Elemento remolcable) 11,00 m
- TRACTO CAMION CON SEMIRREMOLQUE CORRIENTE 18,60 m
- TRACTO CAMION CON SEMIRREMOLQUE PARA TRANSPORTE DE AUTOMOVILES 22,40 m
- CAMION CON REMOLQUE 20,50 m
- CAMION CON REMOLQUE PARA TRANSPORTE DE AUTOMOVILES 22,40 m

3.005.4 PESOS MAXIMOS DE VEHICULOS EN CARRETERA

De acuerdo con el Decreto N° 158 de 29 de Enero de 1980 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, los pesos máximos por eje y el peso bruto total, para vehículos circulando por caminos públicos, no podrán sobrepasar los siguientes límites, excepción hecha de las tolerancias que fijó la Resolución DV N° 159 de 30 de Julio de 1996.

TABLA 3.005.4.A
PESOS MAXIMOS POR EJE Y SUS COMBINACIONES

Tipo de Eje	Tipo de Rodado	Ton	Tolerancia Ton
Simple	Simple	7	0,35
Simple	Doble	11	0,60
Doble	Simple	14	0,70
Doble	Uno doble + uno simple	16	0,75
Doble	Doble	18	0,90
Triple	Simples	19	0,95
Triple	Dos dobles + uno simple	23	1,10
Triple	Doble	25	1,20

Eje doble es un conjunto de dos ejes cuya distancia entre centros de ruedas es superior a 1,2 metros e inferior a 2,4 metros.

Eje triple es un conjunto de tres ejes cuya distancia entre centros de ruedas extremas es superior a 2,4 metros e inferior a 3,6 metros.

Rodado simple es aquel que consta de dos ruedas por eje.

Rodado doble es aquel que consta de cuatro ruedas por eje.

No obstante los límites señalados para cada conjunto de ejes, cualquiera subcombinación de ejes del conjunto deberá respetar los límites máximos asignados a ella en forma individual.

El Peso Bruto Total queda limitado a los siguientes valores según el tipo de vehículo.

CAMION SEMIRREMOLQUE:
a) Eje posterior Simple o Doble

Distancia entre Centros Ruedas Extremas m	Peso Bruto Total del Conjunto Ton
L < 13	39
13 < L < 15	42
L > 15	45

b) Eje posterior Triple Independiente de L 45

CAMION MAS REMOLQUE
Uno o más remolques, cualesquiera sea la distancia entre ejes extremos, Peso Bruto Total del Conjunto: 45 Ton.

3.005.5 GIRO MINIMO VEHICULOS TIPO. El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180° en el sentido de los punteros del reloj, queda definido por la trayectoria que sigue el extremo delantero izquierdo del parachoquess del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior). 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 parachoques delantero y el eje de la última rueda trasera en los vehículos simples (Camión o Bus) que se denominará "L_o" y de la distancia entre el parachoques delantero y el último eje del Camión Tractor "L_1" y de la distancia entre el pivote de la mesa de apoyo y el último eje del Semiremolque "L_2" en los Semitrailers.

En las Láminas 3.005.5.A y B se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas de "A Policy on Geometric Design of Rural Highways – 1994 – AASHTO", para un Vehículo Liviano de fabricación norteamericana, un bus interurbano de 12,1 m de largo, un camión con remolque de 19,9 m de largo y un camión tractor y semiremolque de 22,5 m de largo.

Dos de los vehículos obtenidos del estudio AASHTO son levemente más cortos que los permitidos legalmente en Chile:

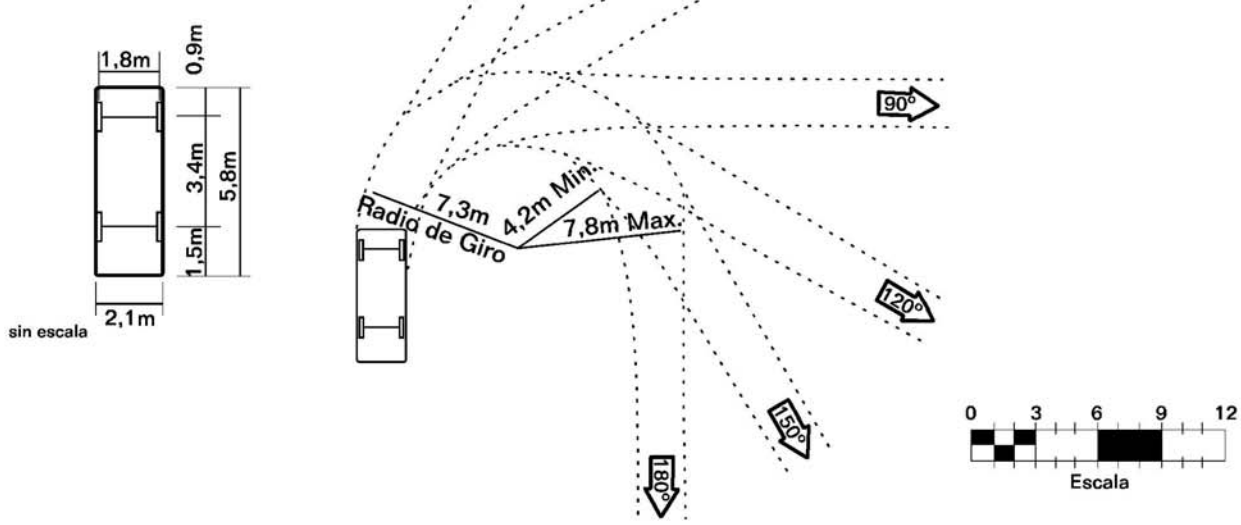
Bus = 13,2 m y 14,0 m Chile; 12,1 m AASHTO.
Camión con Remolque 20,5 m Chile; 19,9 m AASHTO

Como vehículo rígido para el cálculo de los ensanches máximos en curva, para radio mínimos en intersecciones, y para el cálculo del ensanche requerido en Curvas de Retorno Bidireccionales, se considerará el Bus de 14,0 m autorizado legalmente en Chile. Por ser un vehículo rígido basta con conocer en detalle sus dimensiones.

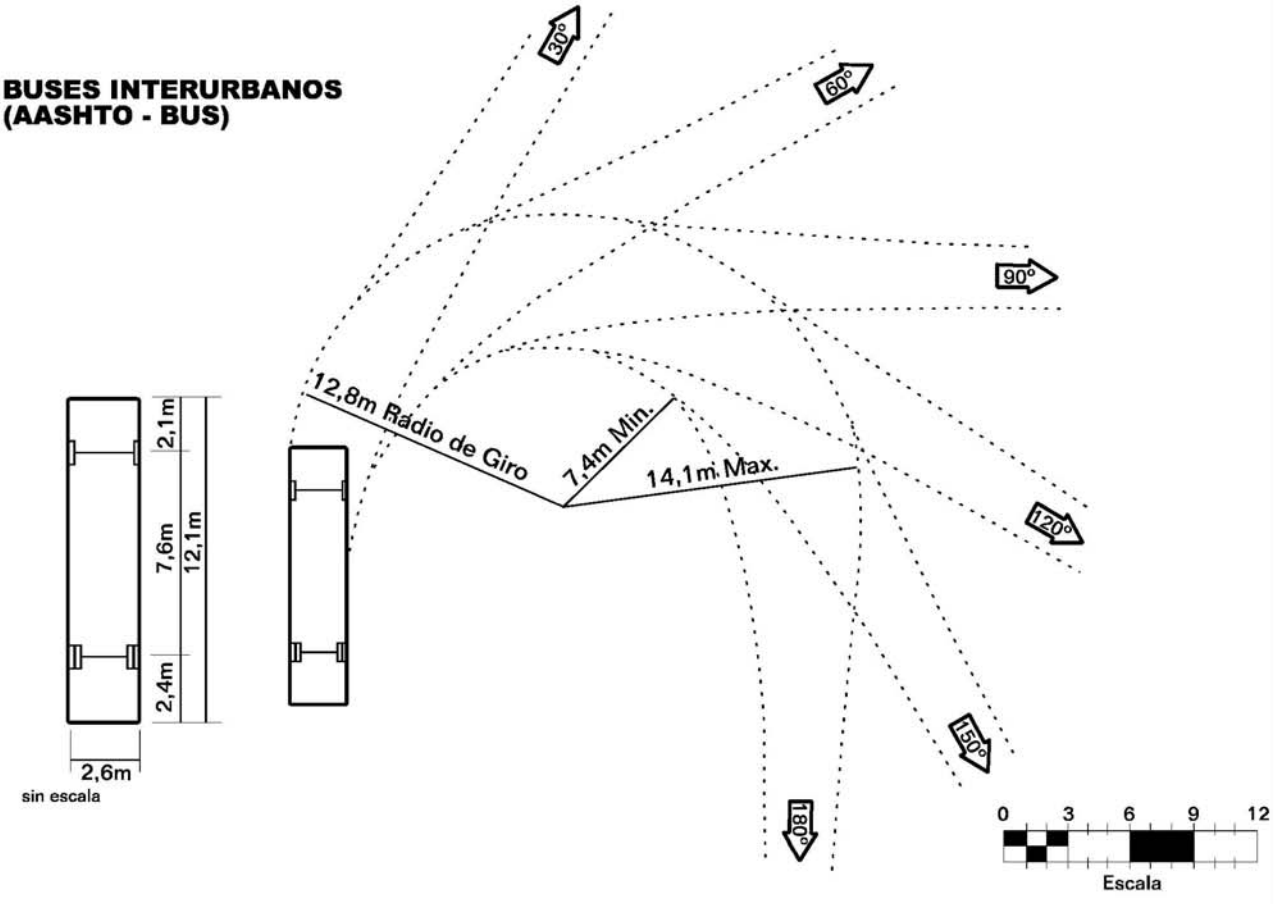
Para los cálculos en que interviene un vehículo articulado, se considera por lo general el Semirremolque Corriente de 18,6 m de largo total autorizado legalmente en Chile. AASHTO no presenta un vehículo de ese largo, por lo tanto se procedió a determinar el giro mínimo de este tipo de vehículo mediante mediciones efectuadas en una Cancha de Pruebas, resultados que se emplearon para el cálculo de las Curvas de Retorno.

En la Lámina 3.005.5.C se ilustran las dimensiones parciales de los Buses de 13,2 m y de (14,0 m); del Semirremolque de 18,6 m, y para este último, la trayectoria del parachoquess delantero izquierdo (trayectoria exterior) y de la última rueda derecha del tandem trasero (trayectoria interior), según el ensayo mencionado precedentemente.

VEHICULO LIVIANO (AASHTO - P)

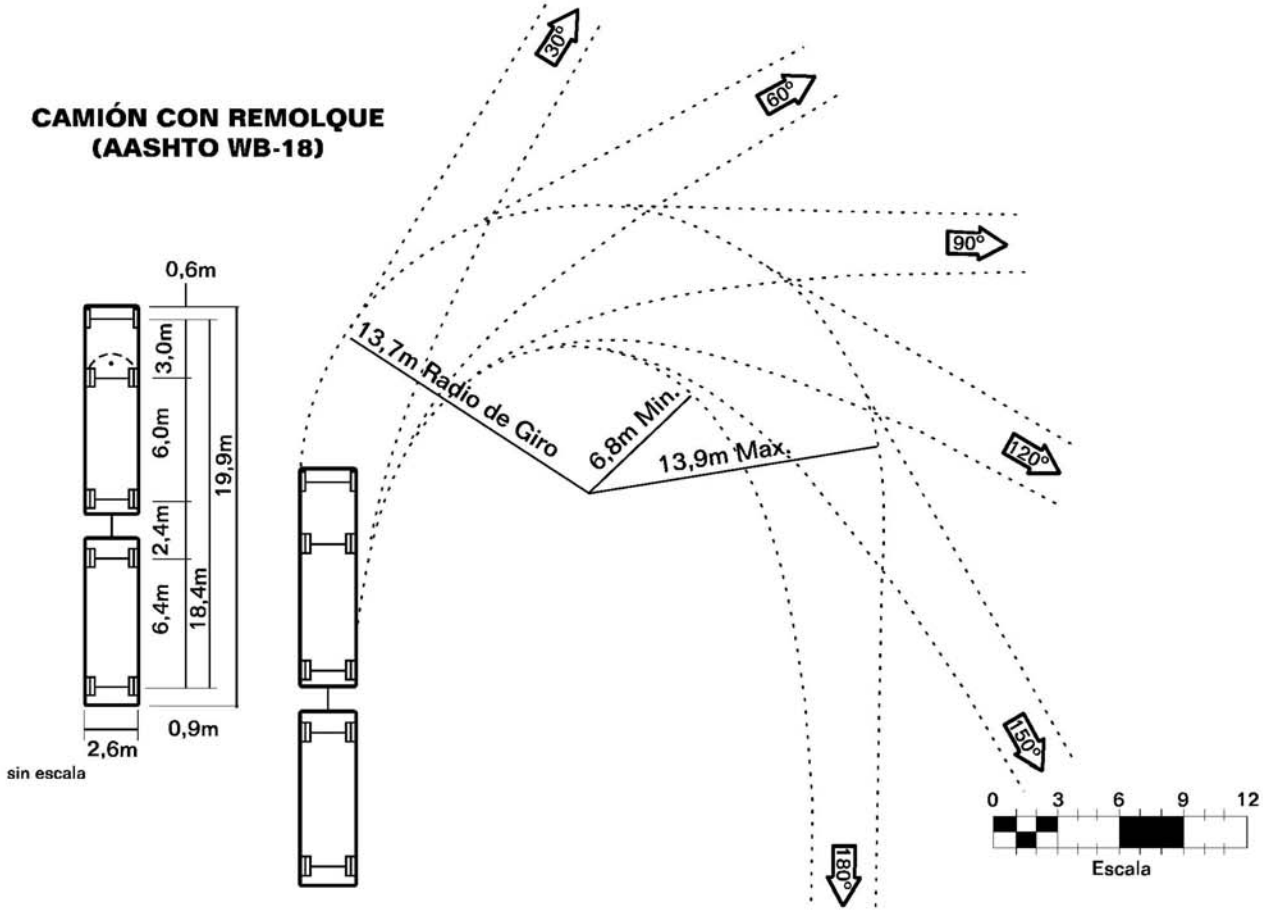


BUSES INTERURBANOS (AASHTO - BUS)

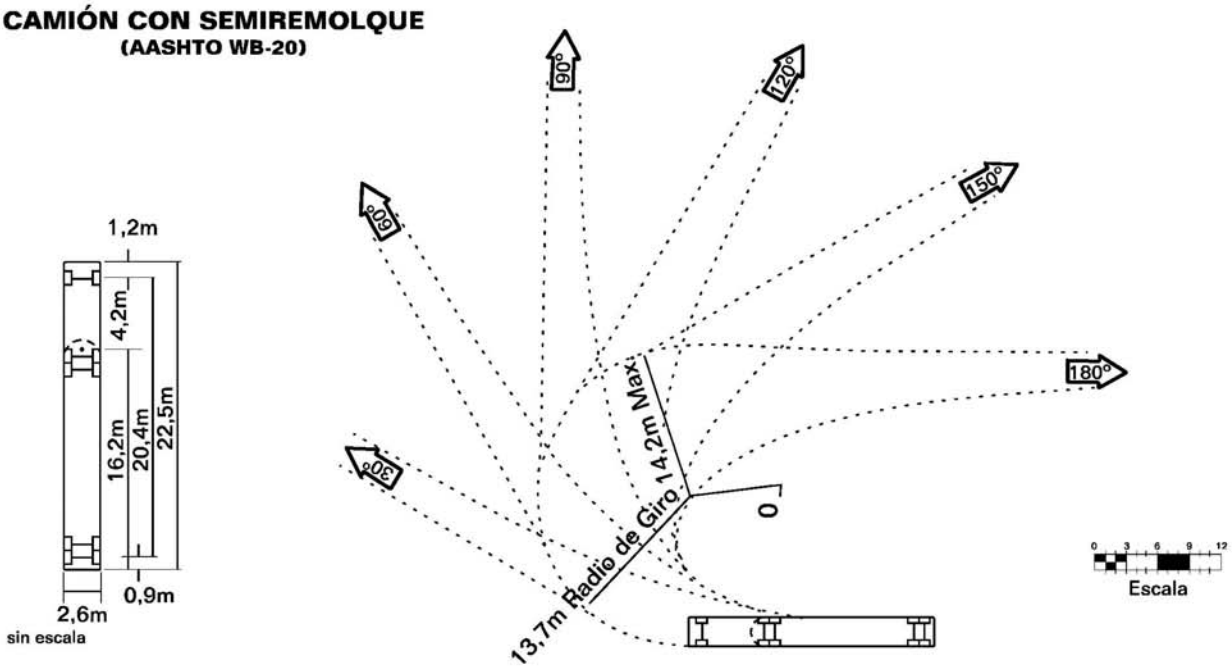


Las líneas punteadas muestran la trayectoria del borde exterior izquierdo del parachoque delantero y la trayectoria de la rueda trasera derecha.
La rueda delantera izquierda tiene una trayectoria circular (no se ilustra) acorde con el radio de giro del vehículo.

CAMIÓN CON REMOLQUE (AASHTO WB-18)



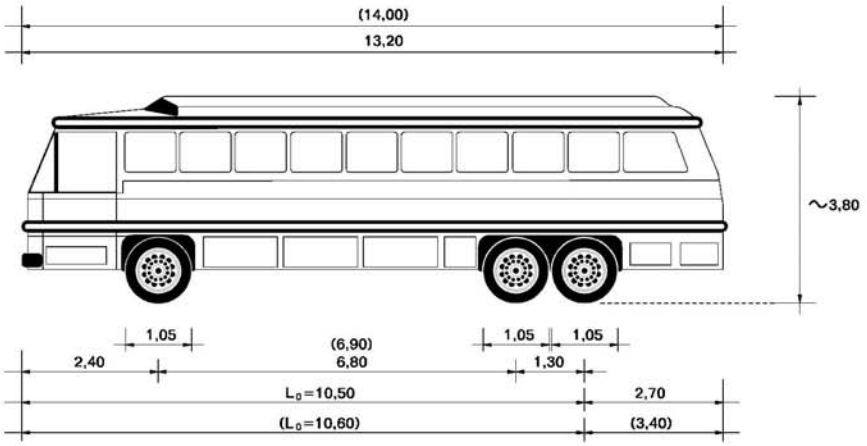
CAMIÓN CON SEMIREMOLQUE (AASHTO WB-20)



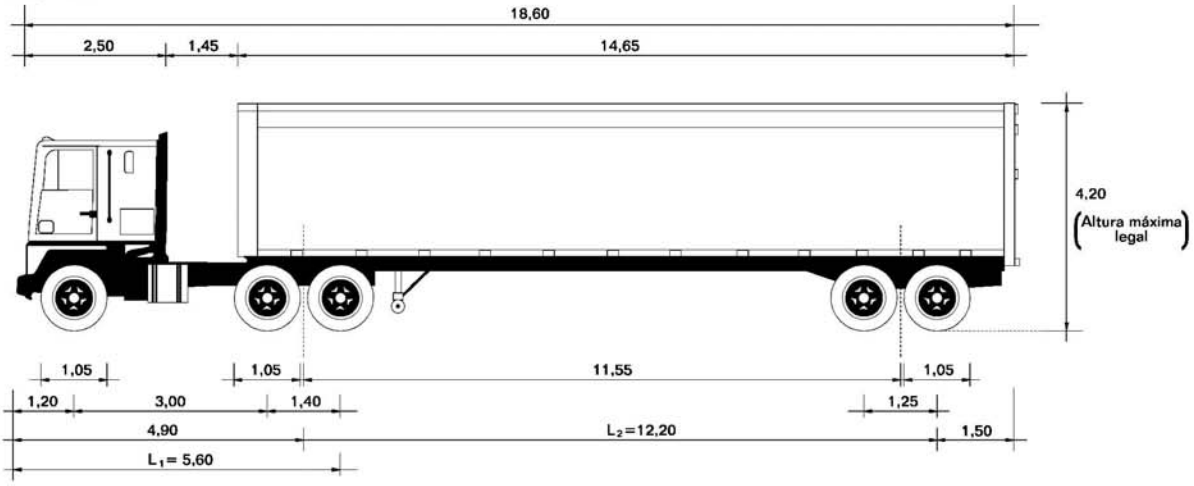
Las líneas punteadas muestran la trayectoria del borde exterior izquierdo del parachoque delantero y la trayectoria de la rueda trasera derecha.
La rueda delantera izquierda tiene una trayectoria circular (no se ilustra)acorde con el radio de giro del vehículo.

BUS Y SEMIRREMOLQUE CORRIENTE LEGALMENTE AUTORIZADOS EN CHILE

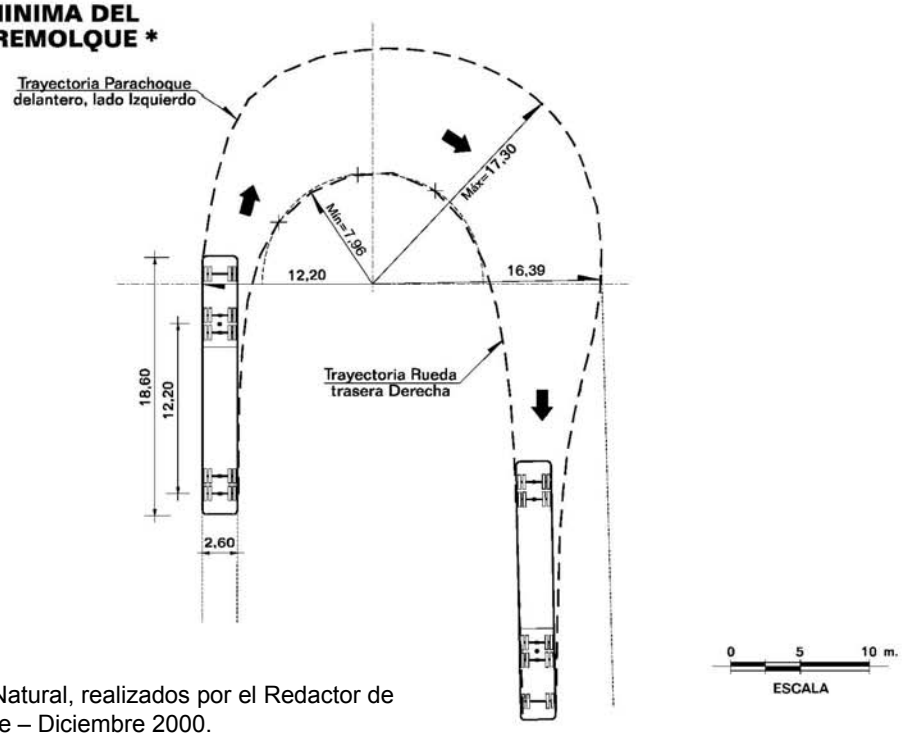
BUS
L=13,20m



SEMIRREMOLQUE CORRIENTE
L=18,60m



TRAYECTORIA MINIMA DEL CAMION SEMIRREMOLQUE *



* Ensayos a Escala Natural, realizados por el Redactor de este Volumen, Chile – Diciembre 2000.

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 3.100
CONTROLES BASICOS DE DISEÑO

DIRECCION DE VIALIDAD
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CHILE

JUNIO 2002

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

I N D I C E

CAPITULO 3.100 CONTROLES BASICOS DE DISEÑO

SECCION 3.101 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE UNA CARRETERA O CAMINO

3.101.1 CLASIFICACION DE LOS FACTORES.
3.101.101 Aspectos Generales
3.101.102 Factores Funcionales
3.101.103 Factores Físicos
3.101.104 Factores de Costo Asociados a la Carretera
3.101.105 Factores Humanos y Ambientales

3.101.2 PONDERACION CUALITATIVA DE LOS FACTORES MAS RELEVANTES

SECCION 3.102 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS CARACTERISTICAS DE UNA CARRETERA O CAMINO

3.102.1 ASPECTOS GENERALES

3.102.2 FUNCION DE LA CARRETERA O CAMINO

3.102.3 DEMANDA Y CARACTERISTICAS DEL TRANSITO
3.102.301 Aspectos Generales
3.102.302 Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)
3.102.303 Clasificación por Tipo de Vehículo
3.102.304 Demanda Horaria
3.102.305 Crecimiento del Tránsito

3.102.4 CONCEPTOS RELATIVOS A VELOCIDAD EN EL DISEÑO VIAL
3.102.401 Velocidad de Proyecto (Vp)
3.102.402 Velocidad Específica (Ve)
3.102.403 Velocidad de Operación (Vop)
3.102.404 Velocidad Percentil 85 (V85%)
3.102.405 Velocidades de Proyecto Según Categoría de la Obra Vial

3.102.5 CONTROL DE ACCESO
3.102.501 Aspectos Generales
3.102.502 Accesos Directos
3.102.503 Caminos Laterales o de Servicios
3.102.504 Control de Acceso y Nuevos Trazados
3.102.505 Control de Acceso y Caminos Existentes
3.102.506 Materialización del Control de Acceso
3.102.507 Instalaciones al Lado de la Carretera
(1) Aspectos Generales
(2) Frecuencia de Instalaciones en Caminos con Control de Acceso
(3) Instalaciones Dentro de la Faja Expropiada
(4) Instalaciones Fuera de la Faja Expropiada
(5) Utilización Ventajosa de Intersecciones y Enlaces
(6) Conexiones a la Calzada

(7) Obstrucciones a la Visibilidad
(8) Letreros Comerciales

3.102.6 FACILIDADES PARA PEATONES
3.102.601 Responsabilidades
3.102.602 Reposición
3.102.603 Carreteras que Cruzan Areas Urbanas o Suburbanas
3.102.604 Caminos Laterales o de Servicio
3.102.605 Areas de Enlaces
3.102.606 Parada de Buses
3.102.607 Senderos
3.102.608 Pasarelas a Distinto Nivel

3.102.7 VALORES ESTETICOS Y ECOLOGICOS

3.102.8 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO
3.102.801 Aspectos Generales
3.102.802 Tipos de Carreteras Rurales Consideradas
3.102.803 Condiciones Ideales o de Referencia
3.102.804 Capacidad de una Carretera o Camino
3.102.805 Niveles de Servicio
(1) Niveles de Servicio en Caminos Bidireccionales
(2) Niveles de Servicio en Caminos y Carreteras Unidireccionales
(3) Ejemplos de Aplicación

SECCION 3.103 SISTEMA DE CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO

3.103.1 ASPECTOS GENERALES

3.103.2 SISTEMA DE CLASIFICACION
3.103.201 Categoría de Las Vías
(1) Autopista
(2) Autorrutas
(3)Carreteras Primarias
(4)Caminos Colectores
(5)Caminos Locales
(6)Caminos de Desarrollo

3.103.202 Códigos de la Clasificación

3.103.3 CARACTERISTICAS SEGUN CATEGORIA

3.103.4 SELECCION DE VELOCIDADES

CAPITULO 3.100 CONTROLES BASICOS DE DISEÑO

SECCION 3.101 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE UNA CARRETERA O CAMINO

3.101.1 CLASIFICACION DE LOS FACTORES

3.101.101 Aspectos Generales. Existen factores de distinta naturaleza que influencian en diversos grados el diseño de una carretera. No siempre es posible considerarlos explícitamente en una instrucción o recomendación de diseño en la justa proporción que les puede corresponder.

En consideración a lo anterior en cada proyecto será necesario examinar la especial relevancia que pueda adquirir uno o varios factores, según se analizan en 3.102, para luego considerarlos adecuadamente al aplicar la Clasificación Funcional para Diseño" que se definió en 2.101.103 del Volumen N° 2, y cuyas particularidades respecto del diseño se tratan 3.103.

3.101.102 Factores Funcionales. Tienen relación, en general, con el servicio para el cual la carretera debe ser diseñada, destacándose los siguientes:

a) Función que debe cumplir la carretera.
b) Volumen y características del tránsito inicial y futuro
c) Velocidad de Proyecto y Velocidad de Operación deseable
d) Seguridad para el usuario y la comunidad circundante
e) Relación con otras vías y la propiedad adyacente

3.101.103 Factores Físicos. Dicen relación con las condiciones impuestas por la naturaleza y suelen implicar restricciones que la clasificación para diseño debe considerar. Los principales son:

a) Relieve, hidrografía y geología en la zona del trazado
b) Clima de la zona

3.101.104 Factores de Costo Asociados a la Carretera. En rigor, los costos asociados a una carretera son consecuencia de la categoría de diseño adoptada para ella. Esta relación es tan directa que muchas veces actúa como un criterio realimentador que obliga a modificar decisiones previas respecto de las características asignadas a un Proyecto. Estas situaciones se resolverán mediante los estudios económicos de Prefactibilidad o Factibilidad, expuestos en el Tomo II del Volumen N° 1 "Evaluación de Proyectos Interurbanos", cuya relación con los Niveles de Estudio se expone en el Tópico 2.101.4 del Volumen N° 2.

3.101.105 Factores Humanos y Ambientales. Las decisiones tecnológicas están sin duda relacionadas con las características de la comunidad que se pretende servir y el medio ambiente en que ésta se inserta.

Algunos de los factores que influencian en mayor grado las decisiones en relación a un proyecto de carreteras son:

a) Idiosincrasia de usuarios y peatones
b) Uso de la tierra adyacente al eje vial
c) Actividad de la zona de influencia
d) Aspectos Ambientales-Impacto y Mitigación

3.101.2 PONDERACION CUALITATIVA DE LOS FACTORES MAS RELEVANTES

Como es lógico, los diversos factores antes mencionados se influencian entre sí y adquieren mayor relevancia según sea la función asignada a la carretera y las características del entorno en que ésta se localiza (físico, humano, económico y ambiental.

No existen criterios o metodologías que permitan considerar simultáneamente y con su exacta ponderación la importancia de cada uno de los factores antes mencionados. Es por eso que a continuación se destacan los aspectos que por lo general influencian en mayor grado las decisiones a adoptar en relación a un proyecto específico.

a) El tipo y calidad de servicio que la carretera debe brindar al usuario y a la comunidad nacional, regional o local, según corresponda, debe definirse en forma clara y objetiva, ya que de ello dependerá la categoría asignada al proyecto y las eventuales restricciones que deberán imponerse al usuario y a los habitantes y centros de actividad económica de la zona de influencia.

b) La seguridad para el usuario y para aquéllos que de algún modo 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.

   La acertada selección de la categoría que le corresponde a un proyecto específico, así como la correcta aplicación de las técnicas de diseño, permiten, mediante un tratamiento cuidadoso de los sectores conflictivos, obtener un equilibrio óptimo entre seguridad deseable, calidad de servicio y rentabilidad social del proyecto.

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. Por otra parte la compatibilización de los aspectos técnicos con los aspectos estéticos está normalmente asociada a una más alta calidad final del proyecto.

SECCION 3.102 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS CARACTERISTICAS DE UNA CARRETERA O CAMINO

3.102.1 ASPECTOS GENERALES

En este Manual el término "Carretera" (Autopistas, Autorrutas y Primarias) se empleará para designar una vía de características de diseño altas, adecuada para acomodar importantes volúmenes de tránsito de paso circulando a velocidades elevadas. Consecuentemente, deberá siempre contar con pavimento de tipo superior. El término "Camino" (Colectores, Locales y Desarrollo) se empleará para designar una vía de características geométricas medias a mínimas, adecuada para dar servicio a volúmenes moderados y bajos de tránsito, cuya función principal consiste en dar acceso a la propiedad adyacente. La velocidad de circulación es sólo una consideración secundaria y por tanto le corresponderán valores más bien bajos dentro del rango consultado en la Clasificación Funcional para Diseño.

A continuación se desarrollan los Tópicos que contienen los criterios, políticas y conceptos considerados para definir las características de diseño, los que se deberán tener presente para el correcto uso de la clasificación funcional que se presenta en 3.103.

3.102.2 FUNCION DE LA CARRETERA O CAMINO

Las vías de transporte pueden estar destinadas fundamentalmente a servir el tránsito de paso, a dar acceso a la propiedad colindante o bien dar un servicio que sea combinación de ambas posibilidades.

En el primer caso interesa posibilitar velocidades de desplazamiento elevadas que puedan ser mantenidas a lo largo de toda la ruta en condiciones seguras. Para que se justifiquen económicamente las inversiones que implica la infraestructura asociada a este tipo e servicio, se requerirán demandas de tránsito elevadas, del orden de varios miles o decenas de miles de vehículos como promedio diario anual. Los elevados volúmenes de tránsito a que se hace referencia obligan, normalmente, a pasar de carreteras de dos pistas para tránsito bidireccional a carreteras de cuatro o más pistas destinadas a tránsito unidireccional. Lo anterior con el objeto de evitar problemas de congestión que invalidan la función asignada: “permitir tránsito ininterrumpido a elevados volúmenes de demanda, en los que coexistirán vehículos rápidos y lentos (automóviles y camiones), sin que unos restrinjan la libertad de maniobra y selección de velocidad deseadas por los otros." Ver 3.102.8 - Capacidad y Nivel de Servicio.

Para lograr los propósitos antes mencionados resulta indispensable restringir el acceso hacia o desde la propiedad colindante y dar un tratamiento especial al cruce de la carretera con otras vías de tránsito. Estos aspectos se analizan en 3.102.5 CONTROL DE ACCESO.

Normalmente este tipo de carreteras está destinado a viajes largos y su importancia es de orden nacional o al menos interregional, el porcentaje de kilómetros respecto del total de la red es bajo.

Este tipo de carreteras, cuya función y características generales se acaba de describir, corresponde a las categorías que se incluyen en la Clasificación Funcional para Diseño, bajo la denominación de Autopistas, Autorrutas y Carreteras Primarias.

En el caso de caminos cuya función primordial es dar acceso a la propiedad colindante, deberá permitirse todos los movimientos que ello implica, con la consecuente restricción impuesta a los vehículos en tránsito. Su zona de influencia es limitada y por ende los volúmenes de tránsito que los solicitan no pasan de algunos cientos como promedio diario anual. La longitud de los viajes en este tipo de caminos suele ser corta, ya que normalmente ellos empalman con otras vías de categoría superior.

La función que cumplen, así como los bajos volúmenes de tránsito que los utilizan, obligan, por consideraciones económicas y de seguridad para usuarios y habitantes de la propiedad colindante, a consultar velocidades de desplazamiento por lo general moderadas a bajas. Mientras el tránsito no presente un promedio diario anual superior a 150 a 250 vehículos/día, difícilmente se justificarán los pavimentos, por económicos que éstos sean.

Estos caminos rara vez llegan a presentar problemas de congestión, pero es común que la evolución de tránsito en una ruta inicialmente construida con capa de grava llegue a justificar una superficie de rodadura pavimentada, situación que debe tenerse presente al seleccionar sus características geométricas de diseño. Este tipo de caminos corresponde al ámbito provincial o comunal y ellos constituyen el mayor porcentaje de la red del país.

Dentro de la Clasificación Funcional para Diseño este tipo de vías corresponde a las Categorías que se han denominado Caminos Locales y Caminos de Desarrollo.

Cuando el servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante presenta similar importancia, y además acceden a ella numerosos caminos de tipo local o de desarrollo, se enfrenta una situación intermedia respecto de las antes descritas. En efecto, los volúmenes de tránsito pueden fluctuar entre varios cientos y algunos miles de vehículos, pudiendo preverse en algunos casos problemas de congestión que obliguen a consultar ampliaciones a lo largo de la vida económica de la ruta. La velocidad de operación deseable en este tipo de caminos será mayor que en los caminos de tipo local, pero en razón de su función mixta no podrá ser tan alta como en Carreteras Primarias, Autorrutas y Autopistas. Por otra parte, según sean los volúmenes de tránsito previstos, el acceso a la propiedad puede verse restringido en cierta medida y el empalme o cruce con otros caminos requerir un tratamiento especial.

Este tipo de vías cumple una función de colector de tránsito, adoptando de allí el nombre que se le asigna en la Clasificación Funcional para Diseño. En caso de existir Carreteras Primarias o eventualmente Autopista en la zona de influencia del Camino Colector, será éste el que se conecte con dichas vías mediante las obra especiales de intercambio de tránsito.

La importancia de este tipo de vías corresponde normalmente al nivel provincial o regional.

3.102.3 DEMANDA Y CARACTERISTICAS DEL TRANSITO

3.102.301 Aspectos Generales. Estas materias se tratan en profundidad en el Tomo II del Volumen N° 1 del Manual de Carreteras “Evaluación de Proyectos Interurbanos” y en el Capítulo 2.600 “Ingeniería Básica – Demanda y Características del Tránsito” del Volumen N° 2, se presenta un resumen sintético del primer documento orientado al Proyectista. No obstante ello, se describen a continuación los principales indicadores que intervendrán en el proceso de selección, dado que 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.

3.102.302 Tránsito Medio Diario Anual (TMDA). 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 ruta en la sección considerada.

3.102.303 Clasificación por Tipo de Vehículo. Expresa en porcentaje la participación que le corresponde en el TMDA a las diferentes categorías de vehículos, debiendo diferenciarse por lo menos las siguientes:

- Vehículos livianos: Automóviles, Camionetas hasta 1.500 kg
- Locomoción Colectiva: Buses Rurales e Interurbanos
- Camiones: Unidad Simple para Transporte de Carga.
- Camión con Semirremolque o Remolque: 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.

3.102.304 Demanda Horaria. En caminos de alto tránsito es el Volumen Horario de Diseño (VHD), y no el TMDA, 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 (aquéllos que no presentan una componente especializada 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 del horizonte de diseño del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor aunque similar, que los volúmenes previsibles en una gran cantidad de horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora (Hora 30); de allí su definición como máximo normal. Algunos países adoptan para el diseño la Hora 100.

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 TMDA con el VHD:

VHD año i = 0,12 ~ 0,18 del TM DA año i (VHD año i = 0,10 ~ 0,15 del TMDA i para Hora 100)

Coeficientes del orden de 0,12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas (0,10 para Hora 100).

Coeficientes del orden 0,18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas normalmente por componentes de tipo turístico (0,15 para Hora 100).

Es importante hacer notar que mientras no se produzca un cambio importante en el Sistema de Actividades del área de influencia de la ruta, la relación entre el VHD y el TMDA se mantendrá razonablemente constante en el tiempo.

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

3.102.305 Crecimiento del Tránsito. Deben establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquéllos 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 caminos locales o de desarrollo que por lo general no inducen cambios estructurales en la red vial y 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 Autopistas, Autorrutas, Primarios y eventualmente Colectores, se requerirá un estudio especial para proyectar la evolución del tránsito en todos sus aspectos, según se resume en el Capítulo 2.600 del Volumen N° 2 y se estudia detalladamente en el Tomo II del Volumen N° 1.

3.102.4 CONCEPTOS RELATIVOS A VELOCIDAD EN EL DISEÑO VIAL

3.102.401 Velocidad de Proyecto (Vp). Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que sólo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalizado.

La Velocidad de Proyecto reemplaza a la denominada Velocidad de Diseño (Volumen N° 3 – Edición 1981), por cuanto como se verá más adelante, se introducen nuevos conceptos que también intervendrán en el diseño, como son la Velocidad Específica (Ve) y la Velocidad Percentil 85 (V85%). Nótese además, que por lo general, una carretera o camino poseerá una longitud mayor con tramos de trazado más amplio que el correspondiente a aquellos de características mínimas, y por lo tanto, el diseño deberá considerar dicha realidad, ya que los usuarios al percibir la mayor amplitud del diseño tienden a elevar su velocidad de circulación. En consecuencia, el concepto Velocidad de Proyecto se usará para efectos del Sistema de Clasificación Funcional para Diseño, a fin de indicar el estándar global asociado a la carretera y para definir los parámetros mínimos aceptables bajo condiciones bien definidas.

3.102.402 Velocidad Específica (Ve). Es la máxima velocidad a la cual se puede circular por un elemento del trazado, considerado individualmente, en condiciones de seguridad y comodidad, encontrándose el pavimento húmedo, los neumáticos en buen estado y sin que existan condiciones meteorológicas, del tránsito, del estado del pavimento o del entorno de la vía, que impongan limitaciones a la velocidad.

La velocidad específica se aplica a los elementos curvos de la planta. Su divergencia con el antiguo concepto de Velocidad de Diseño, surge de la adopción de leyes de variación del peralte que en vez de disminuirlo ante radios crecientes, lo mantienen relativamente alto para un rango amplio de los mismos, confiriendo mayor seguridad ante velocidades de circulación mayores que las de proyecto (ex diseño), situación que es consecuente con la tendencia de los usuarios a elevar la velocidad ante trazados amplios.

En el caso particular de los elementos curvos la Ve debe entenderse como la máxima velocidad a la que se puede recorrer una curva horizontal de radio y peralte dado, haciendo uso del máximo roce transversal especificado para dicha velocidad, en condiciones de pavimento húmedo, neumáticos en razonable buen estado y condiciones de flujo libre. Se hace notar que la antigua norma también hacia uso de valor máximo del roce transversal, pero sólo para las curvas de radio mínimo y que según se expone en 3.203, el coeficiente de roce transversal ahora recomendado, es menor que el máximo usado antiguamente a partir de velocidades sobre 70 km/h.

3.102.403 Velocidad de Operación (Vop). La Velocidad de Operación es la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en un tramo Carretera de una Velocidad de Proyecto dada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, del estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

Si el tránsito y la interferencia son bajos, la velocidad de operación del usuario medio es del orden de la velocidad de proyecto y para un cierto grupo de usuarios superior a ésta. 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 y será tratado con mayor extensión en 3.102.8 “Capacidad y Nivel de Servicio”.

3.102.404 Velocidad Percentil 85 (V85%). Es aquella velocidad no superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de tránsito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente. Cuando dichas condiciones no imponen restricciones, la V85% suele ser mayor que la velocidad de proyecto, independientemente de si la velocidad de proyecto está señalizada, corresponde a la máxima legal, etc. (Ello siempre que el tramo no tenga control policial habitual) En consecuencia, el 85% de los usuarios circula a la V85% o menos y un 15% de los usuarios supera dicha velocidad.

Según los estudios hechos en distintos países y también en Chile, si para condiciones de flujo libre se representa en ordenadas el porcentaje acumulado de usuarios que circula a una velocidad menor o igual que “X”, y en abscisas la velocidad de circulación, resulta una curva en forma S inclinada, que ilustra la distribución de velocidades. En la medida que aumenta el flujo, (niveles C y D) la curva se desplaza hacia atrás, sin embargo las velocidades máximas de unos pocos usuarios (V99%), se mantienen siempre muy elevadas.

En las Láminas 3.102.404.A y B se ilustran los resultados obtenidos en dos de nueve muestreos de velocidad efectuados en sectores homogéneos de carreteras en la zona central de Chile. Se hace notar que en estos tramos no es habitual el control policial, por lo tanto los usuarios se comportan sin considerar dicha restricción.

La Lámina 3.102.404.A ilustra un tramo del Acceso Poniente al Túnel Lo Prado Ruta 68, (Doble calzada y mediana de 2 m) considerando el sentido hacia Valparaíso, es decir de bajada. El flujo está expresado en vehículos equivalentes, transformando camiones y buses en vehículos livianos, pero las velocidades corresponden sólo a los vehículos livianos.

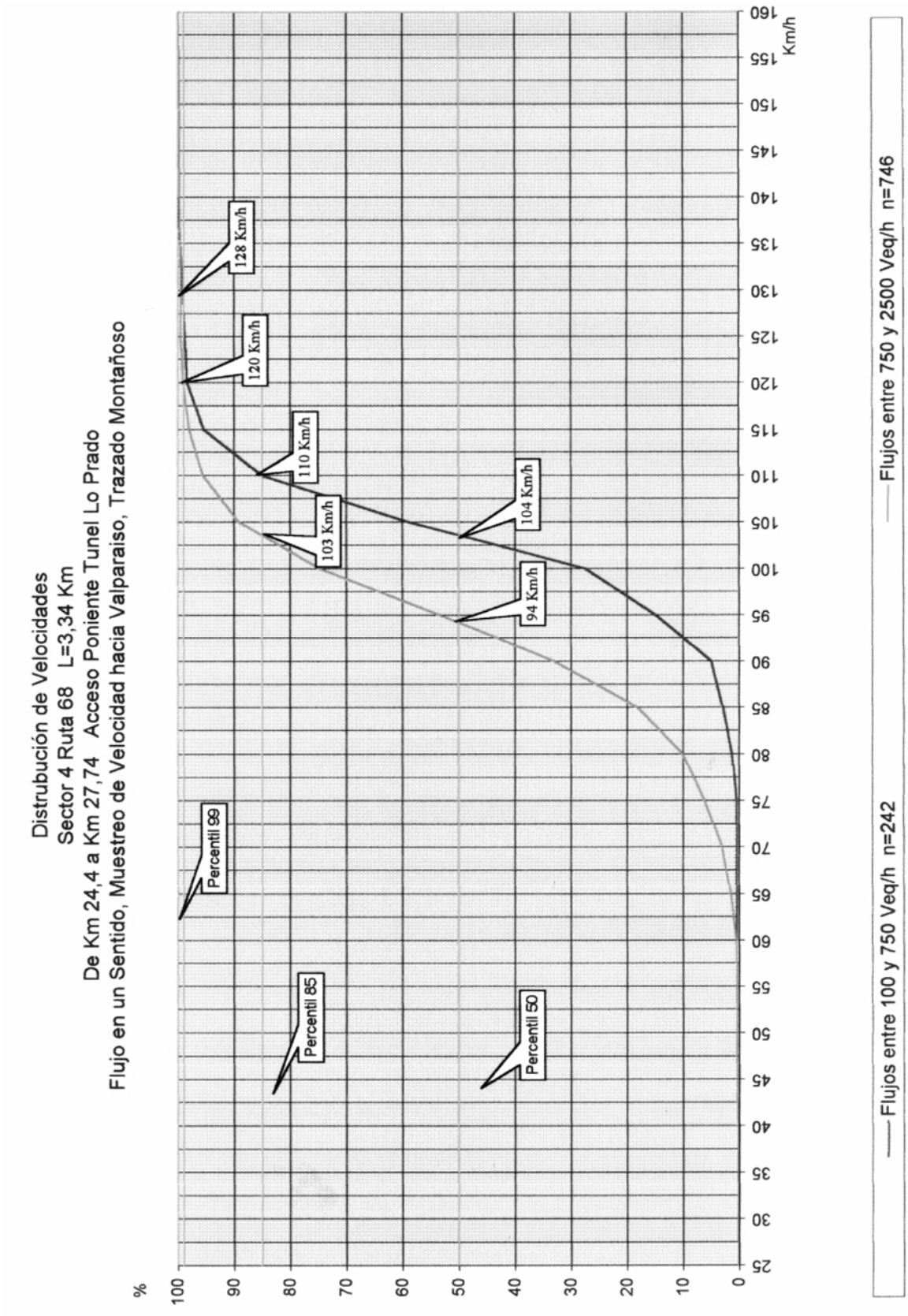
El tramo posee dos curvas con radios del orden de 250 m y 3 curvas con radios del orden de 300 m, todas ellas con desarrollos de 250 a 300 m. La pendiente media es de 4,4%, con tramos que fluctúan entre 2,4 y 5,4%. Por condiciones de la planta, la velocidad de proyecto del tramo es de 80 a 85 km/h en las curvas, pudiendo elevarse en los alineamientos rectos, que equivalen al 50% del tramo, con lo cual la velocidad de operación podría ser del orden de 90 a 95 km/h.

El gráfico indica sin embargo, que para flujos de 100 a 750 Veq/h (de bajada), los 95 km/h se asocian a una V15% y según la Tabla siguiente, a percentiles crecientes, se detectan velocidades que superan ampliamente los 95 km/h. Por otra parte si se comparan las velocidades de bajada (según el gráfico) con las de subida (no se presenta en el gráfico) se tiene:

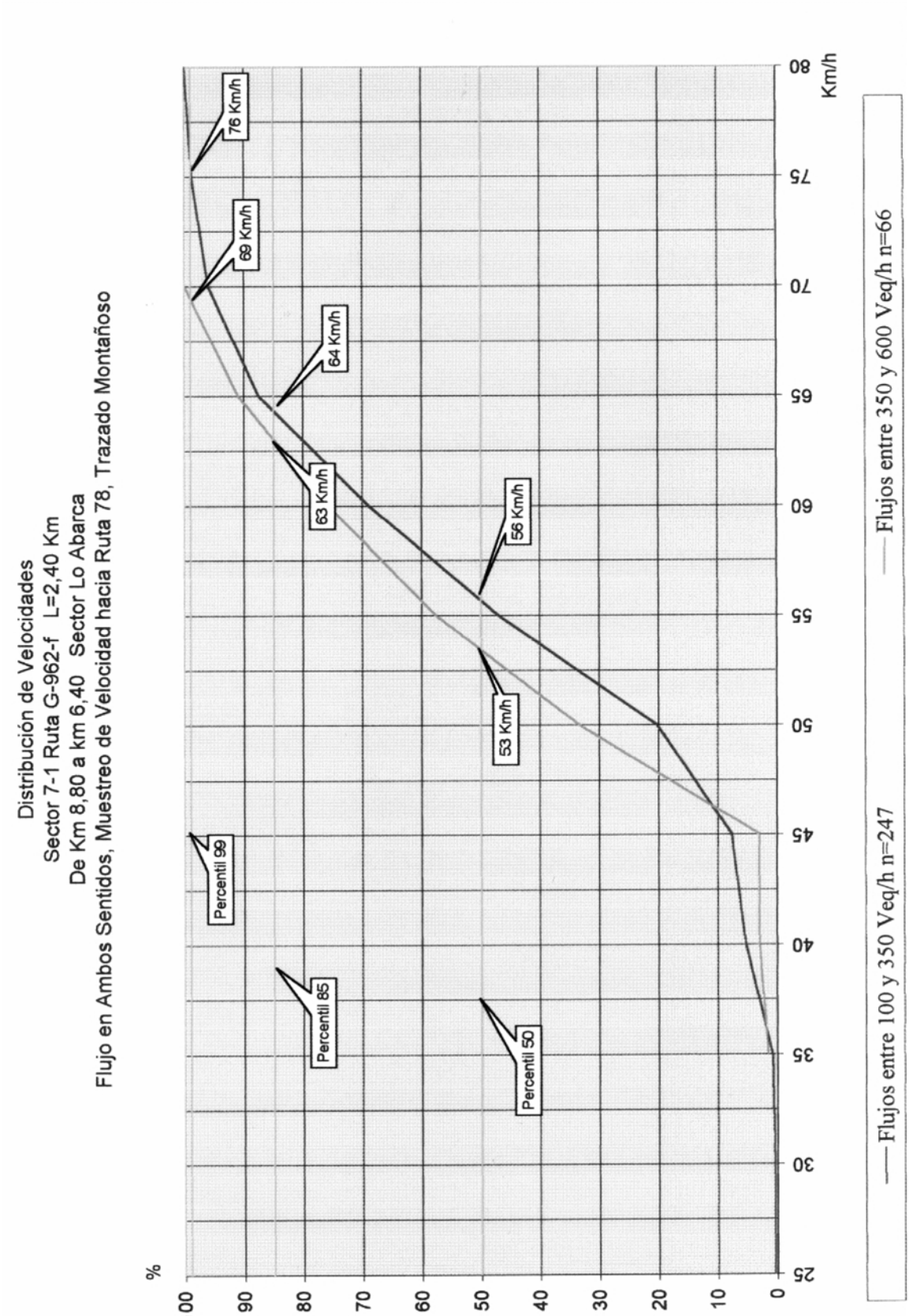
DISTRIBUCION DE VELOCIDAD (km/h) – Para 750 a 2500 Veq/h y 100 a 750 Veq/h

	V50%	V85%	V99%
De Bajada	94 y 104	103 y 110	120 y 128
De Subida	89 y 101	100 y 109	118 y 118

Es decir el efecto de la pendiente hasta un 4 a 5% en general no es significativo y sólo se hace perceptible para las velocidades máximas absolutas (V99%), en condiciones de flujo libre (100 a 750 Veq/h).


Distrubución de Velocidades
Sector 4 Ruta 68 L=3,34 Km
De Km 24,4 a Km 27,74 Acceso Poniente Tunel Lo Prado
Flujo en un Sentido, Muestreo de Velocidad hacia Valparaiso, Trazado Montañoso
%
Km/h
Percentil 99
Percentil 85
Percentil 50
128 Km/h
120 Km/h
110 Km/h
103 Km/h
104 Km/h
94 Km/h
Flujos entre 100 y 750 Veq/h n=242
Flujos entre 750 y 2500 Veq/h n=746

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES EJEMPLO CAMINO BIDIRECCIONAL EN CUESTA



La Lámina 3.102.404.B, ilustra el caso de un camino colector, bidireccional, con trazado sinuoso y fuertes pendientes, pavimento de 7 m y bermas de 1.5 m; correspondientes a la Ruta G-962-F, entre Lo Abarca y Orrego Abajo, en el tramo de la Cuesta Lo Abarca km 6,4 al 8,8. El gráfico corresponde al tránsito de bajada, pero se indica el volumen total del flujo en ambos sentidos.

El trazado presenta 9 curvas horizontales, el primer sub tramo posee una curva con radio de 100 m antecedida por una recta de 100 m; conjunto para el cual se puede aceptar una velocidad de operación de 55 km/h. Un sub tramo central con 6 curvas en planta con radios de 55 a 75 m y una sola recta de 200 m, su velocidad de operación es del orden de 45 km/h. El tramo final posee una curva de 120 m seguida de otra de 150 m y dos tramos en recta de 200 y 400 m. Considerando que en las rectas, la velocidad de operación podría alcanzar a los 70 km/h. La velocidad media ponderada del tramo total de 2,4 km se ha estimado en 56 km/h. La pendiente media del tramo es de 6,15% y la máxima de 8% en dos tramos de 350 m de largo.

Como se observa en el gráfico y se cita en el cuadro a continuación, la distribución de velocidades de bajada y subida es:

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES km/h para 350 a 600 Veq/h y 100 a 350 Veq/h

	V50%	**V85%**	**V99%**
De Bajada	53 y 56	63 y 64	69 y 76
De Subida	44 y 53	57 y 62	84 y 85[(1)]

Para el flujo 100 – 350 Veq/h casi no hay diferencia en las velocidades de subida y bajada para los percentiles 50 y 85 y la V50% es prácticamente igual a la velocidad de operación estimada, la V85% supera dicha velocidad calculada para el tramo en 8 y 6 km/h y la V99% en 20 y 30 km/h, siendo el valor mayor para el flujo de subida. Es decir la velocidad posible de los vehículos livianos existentes hoy en día, casi no está limitada por las pendientes si el usuario está dispuesto a correr el riesgo[1)]. Para los flujos de subida, los mayores volúmenes de tránsito afectan los valores de la V50% y V85%, no así en el caso de la V99%.

Países como el Reino Unido, Alemania y Suiza ha elaborado modelos de predicción de la V85% según sean las características de la ruta, en especial para el caso de caminos bidireccionales.

En el caso del Reino Unido se ha adoptado como representativa de su realidad la siguiente relación entre los diversos percentiles.

$$\frac{V85\%}{V50\%} \approx \frac{V99\%}{V85\%} \approx 1{,}19$$

No se indica sin embargo que relación existiría entre la V50% y la velocidad de proyecto de las carreteras.

En España existen datos de una investigación llevada a cabo por CEDEX en 1993, que indican órdenes de magnitud para diferentes tipo de carreteras, clasificadas según su sección transversal, los que se citan a continuación:

1) La mayor velocidad V99% de subida puede atribuirse el hecho que en este caso la pista de subida queda hacia el costado de los taludes de corte y en la bajada por estar hacia el barranco, el usuario percibe un mayor riesgo y modera algo su velocidad. Esta situación no se da en el ejemplo de la Ruta 68 pues allí existe mediana con Barrera.

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES – km/h (CEDEX – ESPAÑA)

Percentil	Carreteras Bidireccionales		Carreteras Unidireccionales
	Bermas < 1,5 m	Bermas ≥1,5	Bermas ≥ 3,0 m
V99	128	145	165
V85	90	110	130
V50	70	90	105
V99/V85	1,38	1,33	1,28
V85/V50	1,30	1,25	1,23

Se hace notar que en España la velocidad máxima legal en Autopistas y Autovías (Autorrutas en Chile) es de 120 km/h y en el resto de las carreteras de 100 y 90 km/h, salvo señalización en contrario.

La sola comparación de los datos del Reino Unido con los de España en cuanto a la relación entre percentiles, muestra cuan diferente puede ser la realidad de un país a otro, por ello no parece recomendable adoptar un modelo de predicción desarrollado en otros países sin antes estudiar detenidamente la realidad nacional.

En esta actualización del Volumen N° 3 del Manual de Carreteras, se analizaron los nueve tramos en que se midieron velocidades medias en longitudes del orden de 3 kms cada uno (1998) y unos 25 puntos en que el MOP tuvo instalado (1995 a 1998) instrumentos contadores-clasificadores de tránsito, con capacidad para medir Velocidades Instantáneas.

En el Capítulo 3.200 “Diseño Geométrico del Trazado”, numerales 3.201.301 “Velocidad 85% Considerada para el Diseño en Planta” y 3.201.302 “Velocidad V* Considerada para Visibilidad de Parada”, se establece la normativa adoptada para predecir dichas velocidades según sean las características del sector que se está diseñando. La estimación de estas por parte del Proyectista, empleando dicha normativa, será especialmente relevante cuando se diseñen sectores de trazado amplio que pueden inducir velocidades de desplazamiento superiores a las de proyecto, por lo cual deberá verificarse que el trazado cumple tanto en planta como en alzado con los requerimientos previstos para esas velocidades.

3.102.405 Velocidades de Proyecto Según Categoría de la Obra Vial. La Velocidad de Proyecto fija el marco de referencia mínimo que define el diseño geométrico de una carretera o camino, principalmente en lo relativo a su trazado horizontal y vertical. Algunas características de la sección transversal, como los anchos mínimos de pavimentos y bermas, dependen más bien del volumen de tránsito, tipo de vehículos y proporción de estos en el flujo.

La Velocidad de Proyecto seleccionada para un proyecto de categoría dada dependerá fundamentalmente de la función asignada a la carretera, del volumen y composición del tránsito previsto, de la topografía de la zona de emplazamiento y del diferencial de costo que implica seleccionar una u otra velocidad de proyecto dentro del rango posible considerado para la categoría. En definitiva, la elección de una velocidad de proyecto que se aparte de la óptima se reflejará en una disminución de la rentabilidad del proyecto.

Dentro del rango de velocidades posibles para cada categoría de carretera o camino, se justificarán las más altas en terrenos llanos o ligeramente ondulados y las más bajas para relieves montañosos o escarpados. Esto no sólo por las consideraciones de costo ya expuestas, sino que también porque el usuario está mejor dispuesto a aceptar velocidades menores cuando el terreno es difícil y el trazado necesariamente sinuoso, que cuando no encuentra un razón evidente para ello.

Por lo anteriormente expuesto, si un sector extenso de camino, Colector o Local, que pueda llegar a ser pavimentado, se emplaza en un terreno muy favorable, sus elementos deberán proyectarse con valores más amplios, correspondientes a unos 10 a 20 km/h por sobre la velocidad de proyecto que le corresponde al camino considerando su función y volumen de demanda general, a fin de evitar que cuando el camino se pavimente los usuarios traten de alcanzar esas velocidades en un trazado que no las acepta. Ahora bien, al cambiar la características del sector y pasar a un terreno difícil que obliga a retornar a las características propias de la velocidad de proyecto general asignada al camino, se debe diseñar cuidadosamente una zona de transición en que los elementos críticos (curvas en planta, distancia de visibilidad, etc.), vayan disminuyendo en forma paulatina a lo largo de varios elementos del trazado, hasta recuperar lo valores normales correspondientes a la Vp propia de camino.

3.102.5 CONTROL DE ACCESO

3.102.501 Aspectos Generales. Se define por control de acceso la acción de la Autoridad por la cual se limita parcial o totalmente, el derecho de los dueños ocupantes de la propiedad adyacente o de las personas en tránsito, a 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 existente antes de la construcción de la carretera.

La Dirección de Vialidad debe prever en forma anticipada en los proyectos de carreteras de las categorías Autopista, Autorruta y Primarios (Ver 3.103.201(1), (2) y (3)), la forma de darle acceso a la tierra adyacente.

Corresponde a las Autopistas el régimen de Control Total de Acceso, que exige que ellas no tengan acceso directo más que a través de enlaces debidamente proyectados para conectarse con Autorrutas vías Primarias y Colectores.

Las Autopistas deberán contar con cercos de malla a todo lo largo del trazado, que eviten el ingreso de peatones y animales. La distancia mínima entre enlaces estará regulada. Se proscriben los accesos direccionales.

Las Autorrutas deberán contar con Control Total de Acceso respecto de los vehículos, pero la distancia entre enlaces o atraviesos será regulada en cada caso por la Dirección de Vialidad, dependiendo de las circunstancias. Se aceptarán los accesos direccionales. Es deseable que las Autorrutas posean también cercos de malla a todo lo largo, si ese no fuere el caso deberán construirse estos elementos 750 m antes y después de la estructura del enlace o atravieso y en todas las zonas cuyo desarrollo lateral aumente la probabilidad de ingreso a la ruta de peatones y animales.

En Carreteras Primarias se debe establecer Control Parcial de acceso, pudiendo tener algunos accesos directos a través de intersecciones debidamente proyectadas, conectándose así a Colectores y Locales. El número de accesos directos deberá reducirse a un mínimo según se especifica más adelante.

3.102.502 Accesos Directos. Cuando una Carretera Primaria cruce un área urbana la frecuencia media de accesos directos no deberá sobrepasar uno cada 1.000 m, pudiendo variar esta distancia entre 750 y 1.500 m, según la densidad de la red urbana, la existencia de enlaces, etc. En áreas rurales se procurará evitar accesos a menos de 2.500 m. En áreas suburbanas el distanciamiento mínimo podrá reducirse a 1.500 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 Primario, 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 1.500 m, se permitirá un acceso directo a la Carretera 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 en medianas ensanchadas).

3.102.503 Caminos Laterales o de Servicios. Un camino lateral es un camino que se construye adyacente a una Autopista, Autorruta o Carretera Primaria 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 costo es menor que proveer acceso desde otro camino público o resulta más barato que adquirir en su totalidad la propiedad afectada.

3.102.504 Control de Acceso y Nuevos Trazados. Los alineamientos de las nuevas Carreteras 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 carretera 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.

3.102.505 Control de Acceso y Caminos Existentes. En las carreteras Primarias que tengan que desarrollarse a lo largo de caminos existentes, se analizará la posibilidad de dejar 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 3.102.504.

3.102.506 Materialización del Control de Acceso. Para asegurar que una carretera a la que se le otorga control total o parcial de acceso permanezca bajo ese status, deberán proyectarse e instalarse las barreras, rejas o cercos adecuados, según se describe en la sección 3.308 "Normas para Obras Varias".

3.102.507 Instalaciones al Lado de la Carretera.

3.102.507(1) Aspectos Generales. La actividad que se desarrolla en una carretera da 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.

Los tipos de instalaciones más corrientes son:

a) Refugios para los viajeros que utilizan los medios de locomoción colectiva urbana o rural, en los caminos que admiten detenciones reguladas (Paraderos de Buses).
b) Casetas telefónicas, destinadas a los usuarios que se encuentran en dificultades (especialmente en las Autopistas y Autorrutas), para la rápida solución de las averías.
c) Plazas de peaje y pesaje de camiones.
d) Estaciones de carburantes, lubricantes y atención mecánica.
e) Puestos de Control de Policía.
f) Restaurantes, moteles u hoteles.
g) Aduanas.
h) Lugares de descanso y miradores.

3.102.507(2) Frecuencia de Instalaciones en Caminos con Control de Acceso*.* Es muy importante que las instalaciones no tengan una proliferación excesiva. Ellas deben establecerse ahí 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 y Autorrutas se colocarán cada 2 Km. La existencia de Enlaces con centros poblados a menos de 500 m de la Carretera, y las Instalaciones con accesos especialmente diseñados, permitirán espaciar las casetas telefónicas. La localización de cualquier instalación deberá anunciarse anticipadamente mediante señales informativas diseñadas en conformidad con las disposiciones de la Dirección de Vialidad, teniendo presente el Manual de Señalización de Tránsito (MINTRATEL), de manera que el conductor no sea sorprendido y ejecute maniobras rápidas que pueden resultar peligrosas.

3.102.507(3) Instalaciones Dentro de la Faja Expropiada*.* Sólo se permitirán dentro de la faja de expropiación 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.

3.102.507(4) Instalaciones Fuera de la Faja Expropiada. *Toda* instalación con fines de lucro, deberá estar ubicada fuera de la faja de expropiación, 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 la Dirección de Vialidad.

3.102.507(5) Utilización Ventajosa de Intersecciones y Enlaces*.* 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 las zonas al interior de los enlaces no se admitirá ningún tipo de instalación.

3.102.507(6) 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 principales (Autopistas, Autorrutas y Primarios) se diseñarán pistas auxiliares de deceleración y aceleración. En caminos de menor importancia la conexión deberá tener el mismo tipo de pavimento que el camino y eventualmente se dotarán de pistas de cambio de velocidad si el nivel de tránsito y las características del emplazamiento (visibilidad, pendientes, etc.) así lo requiere. Sólo se permitirá una pista de entrada y otra de salida. En caminos con Control de Acceso no se permitirá el cruce de la mediana para pasar de una calzada a la otra.

3.102.507(7) Obstrucciones a la Visibilidad*.* La edificación, arborización u otros elementos que forman parte de las instalaciones, no deberán obstruir o limitar la visibilidad de la carretera, en especial si se prevé un futuro ensanche de pistas.

3.102.507(8) Letreros Comerciales*.* En la actualidad esta actividad está regulada por el Art. 38 del DFL N° 850 de 1997 y el Decreto MOP N° 1.319 del 12.09.77. No obstante ello, los criterios generales a considerar, desde el punto de vista seguridad para los usuarios, deben ser coherentes con los siguientes principios.

Fomentar una política que restrinja la colocación de carteles o letreros de propaganda general, cuya proliferación distrae a los conductores y atenta contra la seguridad de la circulación, en particular en zonas de curvas horizontales, verticales y puntos singulares, tales como Intersecciones y Enlaces. En las Autopistas se debieran permitir solamente letreros normalizados que anuncien servicios al usuario.

El uso de la iluminación y reflectorización u otros dispositivos, deberá regularse. Por razones de seguridad resulta inconveniente la iluminación mediante luces intermitentes y los anuncios comerciales de texto variable.

Se podrá colocar en las zonas de descanso del camino letreros que contengan una lista de servicios y atractivos turísticos de la zona, diseñados en conformidad con las disposiciones de la Dirección de Vialidad, teniendo presente el Manual de Señalización de Tránsito (MINTRATEL).

3.102.6 FACILIDADES PARA PEATONES

3.102.601 Responsabilidades. El Fisco 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 las Municipalidades respectivas, e incluso en algunos casos por cuenta de los particulares que hacen uso exclusivo de ellas. Si el flujo de peatones es considerable se deberá estudiar la instalación de rejas o protecciones para aislar las aceras de la plataforma de la vía.

3.102.602 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 la expropiación de la faja.

3.102.603 Carreteras que Cruzan Areas Urbanas o Suburbanas. El perfil tipo para dichas áreas, normalmente, provee zonas marginales para veredas. Estas deberán ser construidas dentro de la faja de expropiación con la autorización previa de la Dirección de Vialidad, y conservadas por la Municipalidad respectiva o por los propietarios responsables del desarrollo marginal 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 Fisco. De todas maneras se construirán veredas en aquellos lugares en que es necesario dar seguridad a los peatones y/o donde es importante no interferir el tránsito de los vehículos.

3.102.604 Caminos Laterales o de Servicio. En las Autopistas, Autorrutas o Primarios 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, se permitirá continuarlas a lo largo del camino lateral, considerándolas como reposición de las facilidades existentes.

3.102.605 Areas de Enlaces. 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 dispositivo, situación en que se deberá considerar la inclusión de pasarelas peatonales.

3.102.606 Parada de Buses. Deberán construirse veredas, donde sea necesario, desde la parada de buses al sistema de veredas existentes.

3.102.607 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 los islotes.

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

a) Puntos de generación de tránsito de peatones
b) Volumen del cruce de peatones
c) Tipo de carretera a cruzar
d) Localización de otras facilidades próximas para cruzar
e) Tipo y edad de las personas que utilizarán el cruce
f) Consideración especial al cruce de escolares

La pasada adecuada, a distinto nivel, deberá ser motivo de un cuidadoso 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. La Sección 4.605 del Volumen N° 4 presenta una solución tipo para las Pasarelas, cuya utilización será aplicable según sean las condiciones del emplazamiento previsto.

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.

3.102.7 VALORES ESTETICOS Y ECOLOGICOS

En el diseño de cualquier camino se tendrá en consideración 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 al proyectista. 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 ambientales. 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. Las materias relacionadas con el tema se tratan en el Capítulo 2.700 del Volumen N° 2 “Aspectos Ambientales-Impacto y Mitigación” y en un futuro próximo en el Volumen N° 9 del Manual de Carreteras.

Para lograr los efectos deseados, deberán tenerse en consideración, entre otros, 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 del alineamiento horizontal mediante el empleo de clotoides, 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 amplios y medianas anchas 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 su costo no sea excesivo.

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. (Ver Sección 4.001 del Volumen N° 4 Obras Tipo para redondeo del coronamiento de cortes y Tópico 3.303.5 del presente Volumen) respecto de los alabeos. Eventualmente, estos tendidos pueden demostrarse económicamente convenientes para la obtención de materiales para terraplenes (empréstito en cortes) o como depósito de materiales excedentes (en tendido de terraplenes, los cuales deben quedar compactados según especificaciones).

h) En caso de ser necesaria, la excavación de yacimientos, éstos deberán cumplir en cuanto a la localización y tratamiento, con lo especificado en la Sección 5.003 del Volumen N° 5 del Manual de Carreteras. El criterio correspondiente 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 permitan.

j) Las áreas de enlaces 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) Si el clima de la zona y el ancho de la mediana lo permite (Am $\geq$ 6,0 m), 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. Los árboles que lleguen a desarrollar troncos de más de 10 cm de diámetro y que queden desprovistos de follaje en su parte inferior, no deben admitirse por el peligro que ellos implican en el caso de colisión, además del efecto indeseable en cuanto a la intermitencia de las luces de los vehículos que circulan en sentido contrario.

3.102.8 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

3.102.801 Aspectos Generales. La teoría de Capacidad de Carreteras desarrollada por el Transportation Research Board (TRB), de los Estados Unidos, edición 1997, 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 señalan deben ser considerados sólo como indicadores que permiten ilustrar órdenes de magnitud para las condiciones más corrientes en Chile. El cálculo para situaciones particulares en estudios de Anteproyecto o Proyecto Definitivo deberá hacerse considerando las condiciones reales de cada Proyecto.

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 capa de ripio o tierra que introducen variables no cuantificadas por el método.

Para una mejor comprensión de los aspectos que se presentan a continuación, es necesario definir los conceptos siguientes:

- **Pista**: Es la faja de pavimento destinada a la circulación de una sola fila de vehículos.

- **Velocidad Media de Viaje**[(1)]**:** Es la velocidad calculada al dividir la longitud de un segmento de carretera por el tiempo medio de viaje de los vehículos que recorren dicho segmento, bajo las condiciones prevalecientes; se expresa en kilómetros por hora.

- **Intensidad**: Es el flujo correspondiente a cuatro veces el volumen de los 15 minutos con mayor tránsito en una hora. Se expresa en Veh/h.

- **Tiempo Demorado**: Es el porcentaje del tiempo de recorrido que el usuario se ve demorado antes de lograr efectuar las maniobras de adelantamiento deseadas.

[(1)] La Velocidad Media de Viaje, definida por el Highway Capacity Manual, es equivalente a la Velocidad de Operación definida en 3.102.403 de este Capítulo, sólo que en la definición de esta última se han explicitado las variables asociadas a las condiciones prevalecientes.

3.102.802 Tipos de Carreteras Rurales Consideradas. La teoría da un tratamiento diferente al problema según se trate de:

a) Carreteras o Caminos de dos pistas con tránsito bidireccional. En estos casos se considera que la vía no tiene control de acceso, pero que tiene prioridad sobre todas las demás vías que empalman en ella 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 pistas, sin control de acceso, en que se cuenta por lo menos con dos pistas adyacentes para cada sentido de tránsito (Tránsito Unidireccional). Puede tratarse de una sola calzada sin separación central (mediana), o dos calzadas separadas en plataforma única.

c) Carreteras de dos o más pistas para tránsito unidireccional, con control total de acceso y calzadas separadas. Corresponde al caso de Autopistas, Autorrutas y Primarios que cumplan con las condiciones descritas.

3.102.803 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 un cierto nivel de servicio, (calidad del flujo), bajo las condiciones prevalecientes. Las condiciones ideales o de referencia son:

a) Flujo de Tránsito Continuo. Libre de interferencias según lo definido en 3.102.801 para las diferentes categorías de caminos que considera la teoría.

b) En el flujo de tránsito existen solamente vehículos livianos de pasajeros (automóviles, station wagons, camionetas).

c) Pistas de tránsito de 3,6 m. de ancho, con bermas a los costados de la carretera de un ancho igual o mayor que 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 caminos de dos pistas con tránsito bidireccional debe contarse, además, con distancia de visibilidad adecuada para adelantar, en forma continua, a lo largo de todo el sector bajo análisis. Por otra parte, el tráfico por sentido deberá repartirse en partes iguales.

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.

3.102.804 Capacidad de una Carretera o Camino. Se define como la intensidad máxima de vehículos 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 máximos absolutos se cita a continuación la "Capacidad en Condiciones Ideales", que corresponde a caminos para tránsito bidireccional o unidireccional, expresada en términos de Intensidad:

- **Camino Bidireccional de dos Pistas : 2.800 Veh. Livianos/hora (Total Ambas Pistas)**
- **Camino Unidireccional con al menos dos Pistas para Tránsito en el mismo sentido : 2.200 Veh. Livianos/hora (Por Pista)**

Como puede observarse, la unidireccionalidad del tránsito, que evita tener que compartir las pistas para efectos de adelantamientos, 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 válidos internacionalmente.

3.102.805 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. Estas condiciones de operación deficientes afectan a la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo es inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el período de detención. Cuando se pierde la situación de equilibrio límite, que implica operar a capacidad, y se suceden las interrupciones del flujo. se habla de un flujo forzado que corresponde a lo que el usuario describe como "taco en la carretera". En la Tabla 3.102.805(2).A se presenta un resumen cualitativo y cuantitativo de las características de operación cuando el flujo está en el entorno de la capacidad de la carretera (Nivel E).

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. (Ver Tabla 3.102.805(2).A).

Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la razón Intensidad/Capacidad (I/C) y el porcentaje de Tiempo Demorado, para las condiciones prevalecientes en el caso de las carreteras bidireccionales. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por la intensidad máxima.

Los niveles de servicio abarcan un rango en que intensidades menores que la intensidad de servicio permiten mejores condiciones de operación que las definidas para el nivel, pudiendo llegar a alcanzarse el nivel superior, en caso contrario se pasará a un nivel inferior.

3.102.805*(1) Niveles de Servicio en Caminos Bidireccionales*. Las principales características de operación que se dan dentro del rango correspondiente a cada nivel de servicio para un **Camino Bidireccional** bajo condiciones ideales, son:

Nivel A: Representa la condición de flujo libre que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades
de operación iguales o mayores que 93 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,15 (420 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 30%.

Nivel B: Representa la condición de flujo estable. Los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 88 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,27 (750 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 45%.

Nivel C*:* Representa aun la 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. La velocidad de operación posible debe ser igual o mayor que 83 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,43 (1200 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 60%.

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 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 80 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,64 (1.800 Veh/h) y el tiempo demorado no supera el 75%.

Nivel E*:* Representa la capacidad del camino o carretera y por lo tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación de orden de 72 km/h. El Nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como en los niveles superiores. La razón I/C alcanza de valor 1,0 (2.800 Veh/h) y el tiempo demorado fluctúa entre 75 y 100%.

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. Las velocidades de operación son menores de 72 km/h.

3.102.805*(2) Niveles de Servicio en Caminos y Carreteras Unidireccionales*. 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, la razón I/C y el tiempo demorado son válidos sólo para caminos con tránsito bidireccional, siendo mayores los asociados a cada nivel en caso de caminos unidireccionales con y sin control de acceso. Una buena síntesis de estas materias para caminos bidireccionales y unidireccionales con y sin control de acceso se presenta en la Tabla II-5, Págs 88 y 89 de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets – AASHTO 1994”, que se reproduce aquí en la Tabla 3.102.805(2).A.

3.102.805*(3) Ejemplos de Aplicación*. En las Tablas 3.102.805(3).A y B se calculan las intensidades de servicio correspondientes a las condiciones prevalecientes que se indican. Estos valores representan situaciones medias y tienen por objeto servir sólo de referencia, debiendo en cada caso particular hacerse el cálculo correspondiente a las condiciones reales del problema.

Los parámetros considerados en dichas Tablas son:

a) Entorno Llano, Ondulado y Montañoso (Ver 3.103.201)

b) Ancho de pavimento para dos pistas, sean estas las de un camino bidireccional (Tabla A), o las de una calzada para tránsito unidireccional (Tabla B).

c) Ancho de Bermas. En este caso se indica el valor 1,8 m que es el mínimo considerado ideal desde el punto de vista capacidad, aún cuando por otras razones la carretera puede tener bermas más anchas. Si el valor indicado es menor que 1,8 m él representa el ancho específico considerado en ese caso.

d) Porcentaje del camino que cuenta con distancia adecuada para adelantar en caso de caminos bidireccionales.

e) Porcentaje de vehículos pesados presentes en el flujo
%VP = 10%, correspondiente a 5% camiones y 5% buses.
%VP = 15%,correspondiente a 10% camiones y 5% buses

Que corresponden a situaciones de Hora Punta en fines de semana o festivos, en que suele aumentar el número de Vehículos Livianos y disminuir el de Camiones.

f) Los resultados, se indican como Intensidad en Veh/hora de **tránsito mixto**, es decir, con el % de camiones y buses considerado.

g) Sólo por simplicidad se consideró un FHP = 1

Para caminos bidireccionales de dos pistas ellos representan tránsito total en ambos sentidos, considerando la distribución por sentido que se indica en la Tabla.

Para carreteras unidireccionales de cuatro pistas se indica la Intensidad de Servicio correspondiente a dos pistas adyacentes con un solo sentido de tránsito. El volumen total presente en la carretera podría llegar a ser el doble del indicado, en caso que la demanda fuera equilibrada en ambos sentidos.

TABLA 3.102.805(2).A
RESUMEN CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE LOS NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS Y CAMINOS EN CONDICIONES IDEALES

NIVEL DE SERVICIO	CARRETERAS UNIDIRECCIONALES CON ACCESOS CONTROLADOS	CARRETERAS UNIDIRECCIONALES SIN CONTROL DE ACCESOS	CARRETERAS BIDIRECCIONALES SIN CONTROL DE ACCESOS
A	Flujo Libre, Velocidad Media de Viaje igual o mayor que 112 km/h. La Intensidad Máxima de Servicio corresponde a 700 vehículos livianos por hora y por pista, ó 32% de la Capacidad.	Velocidad Media de Viaje de 96 km/h o superior. En condiciones ideales, la Intensidad Máxima de Servicio es de 720 vehículos livianos por hora y por pista, ó 33% de la Capacidad.	Velocidad Media de Viaje de 93 km/h o superior. La mayoría de las maniobras de adelantamiento pueden realizarse sin demora o demora moderada. Bajo condiciones ideales, la Intensidad Máxima de servicio, en ambas direcciones, puede alcanzar a 420 vehículos livianos por hora, aproximadamente al 15% de la capacidad.
B	Condiciones de flujo razonablemente libres. Velocidad Media de Viaje igual o superior a 112 km/h. La Intensidad Máxima de Servicio no supera a 1.120 vehículos livianos por hora y por pista, ó 51% de la Capacidad.	Flujo razonablemente libre, en que las acciones de los vehículos precedentes tendrán alguna influencia sobre los que los siguen. En condiciones ideales, la Intensidad Máxima de Servicio no supera los 1.200 vehículos livianos por hora y por pista, ó 55% de la Capacidad, a 96 km/h.	Velocidad Media de Viaje de 88 km/h o superior. En condiciones ideales, la Intensidad Máxima de Servicio puede alcanzar el 27% de la Capacidad (o 750 vehículos livianos por hora, en ambos sentidos).
C	Operación estable, pero alcanzando niveles más críticos. Velocidad Media de Viaje de 110 km/h. La Intensidad Máxima de Servicio no supera los 1.640 vehículos livianos por hora y por pista, correspondientes al 75% de la Capacidad.	Circulación estable con una Intensidad Máxima de Servicio un superior al 75% de la Capacidad, ó 1.650 vehículos livianos por hora y por pista. En condiciones ideales, se mantiene, al menos, una Velocidad Media de Viaje de 95 km/h.	Circulación aún estable con Velocidad Media de Viaje de 84 km/h o superior. La Intensidad Máxima de Servicio, en condiciones ideales, es igual al 43% de la Capacidad (o1.200 vehículos livianos por hora, en ambos sentidos).
D	Rango de Velocidades por debajo de las típicas del flujo estable. Las condiciones de circulación son cambiantes, aproximándose a la inestabilidad. La Velocidad Media de Viaje se aproxima a los 101 km/h. La Intensidad Máxima de Servicio un supera los 2.015 vehículos livianos por hora y por pista, al 92% de la Capacidad.	Acercándose al flujo inestable. Su Intensidad Máxima de Servicio corresponde al 89% de la Capacidad (del orden de los 1.940 vehículos livianos por hora y por pista). Bajo condiciones ideales, la Velocidad Media de Viaje es de 92 km/h .	Próximo al flujo inestable. En condiciones ideales, la Velocidad Media de Viaje se aproxima a los 80 km/h. Por su parte, la Intensidad Máxima de Servicio, corresponde al 64% de la Capacidad (1.800 vehículos livianos por hora, en ambos sentidos).
E	Flujo inestable. Velocidad Media de Viaje de 96 km/h. Intensidad Máxima de Servicio correspondiente a Capacidad, ó 2.200 vehículos livianos por hora y por pista. Pequeñas interrupciones de la corriente vehicular generan colas muy difíciles de disipar. Cualquier incidente en la ruta causa “tacos” complicados.	La Intensidad Máxima de Servicio corresponde al 100% de la Capacidad, ó 2.200 vehículos livianos por hora y por pista, en condiciones ideales. Velocidad Media de Viaje alrededor de los 88 km/h.	Flujo inestable. Velocidad Media de Viaje del orden de los72 km/h. En condiciones ideales, la intensidad Máxima de Servicio, en ambos sentidos, es de 2.800 vehículos livianos por hora. No es posible mantener al Nivel de Servicio E, ya que las condiciones de circulación pasan directamente del Nivel D al Nivel F.
F	Flujo forzado. Sobre la carretera se acumulan los vehículos posteriores, ante la interrupción del flujo de los vehículos de adelante. La Velocidad Media de Viaje es del orden de los 50 km/h, con continuas detenciones y partidas.	Flujo Forzado. Congestionado, presenta una variación amplia del volumen de circulación. Velocidad Media de Viaje inferior a los 50 km/h.	Flujo Forzado. Congestionado, con características impredecibles. Velocidades de operación inferiores a los 72 km/h.

TABLA 3.102.805(3).A

INTENSIDAD MAXIMA DE SERVICIO (I) DE UNA CALZADA BIDIRECCIONAL SEGUN NIVEL DE SERVICIO PARA FHP=1 MEDIDA EN VEHICULOS POR HORA EN AMBOS SENTIDOS DE TRANSITO

TRAZADO			LLANO			ONDULADO			MONTAÑOSO		
ANCHO PAVIMENTO (m)			7	7	7		7	6		7	6
ANCHO BERMAS (m)			> 1,8	> 1,8	> 1,8		1,5	1,5		1,5	1,0
% VISIBILIDAD ADELANTAMIENTO			80%	60%	60%		60%	40%		40%	30%
REPARTO %			50% -50%	50% -50%	80% -20%		50% -50%	50% -50%		50% -50%	50% -50%
NIVEL DE	PORCENTAJE										
SERVICIO	CAMIONES	BUSES	V_m	I	I	I	V_m	I	I	V_m	I	I
A	5	5	≥93	302	227	188	≥91	147	91	≥90	69	40
	10	5		289	217	180		132	81		57	34
B	5	5	≥88	593	519	431	≥86	379	292	≥86	201	158
	10	5		563	493	409		329	254		159	125
C	5	5	≥83	964	890	739	≥82	698	550	≥78	356	268
	10	5		915	844	701		606	477		282	212
D	5	5	≥80	1.575	1.524	1.265	≥78	1.057	841	≥79	577	443
	10	5		1.506	1.457	1.209		915	728		443	340
E	5	5	≥72	2.541	2.464	2.109	≥64	1.930	1.692	≥56	1.220	1.044
	10	5		2.428	2.355	2.016		1.671	1.466		938	802

V_m : Velocidad Media de Viaje (km/h). Se entrega a título informativo para carreteras con $V_p \leq$ 96 km/h.

I : Flujo correspondiente a 4 veces el volumen registrado en los 15 minutos de mayor flujo dentro de la hora. Se expresa en veh/h.

Q : Volumen de la hora considerada veh/h.

FHP = Q/I

TABLA 3.102.805(3).B

INTENSIDAD MAXIMA DE SERVICIO (I) EN CARRETERAS UNIDIRECCIONALES (4 PISTAS TOTALES) CON CONTROL TOTAL DE ACCESOS –SEGUN NIVEL DE SERVICIO- POR SENTIDO (FHP = 1)

Vp (km/h) ≥		112,6			96,5			88,5			
ANCHO PAVIMENTO (m)			7	7		7	7		7	7	6
AMCHO BERMAS (m)			>1,8	>1,8		>1,8	>1,8		>1,8	>1,8	>1,8
NIVEL	% V. PESADOS	V_m km/h	I Llano	I Ond.	V_m km/h	I Llano	I Ond.	V_m km/h	I Llano	I Ond.	I Mont.
A	10	112,6	1.330	1.162	96,5	1.140	996	88,5	1.045	913	663
	15	112,6	1.302	1.078	96,5	1.116	924	88,5	1.023	847	564
B	10	112,6	2.128	1.859	96,5	1.824	1.594	88,5	1.672	1.461	1.061
	15	112,6	2.083	1.725	96,5	1.786	1.478	88,5	1.637	1.355	903
C	10	110,2	3.124	2.729	96,5	2.736	2.390	88,5	2.508	2.191	1.592
	15	110,2	3.058	2.532	96,5	2.678	2.218	88,5	2.455	2.033	1.354
D	10	101,4	3.561	2.576	91,7	3.223	2.331	88,2	3.110	2.250	1.344
	15	101,4	3.486	2.389	91,7	3.155	2.163	88,2	3.044	2.087	1.144
E	10	96,5	4.180	3.652	85,3	4.180	3.652	80,5	4.180	3.652	2.653
	15	96,5	4.092	3.388	85,3	4.092	3.388	80,5	4.092	3.388	2.257
F	10		var	var		var	var		var	var	var
	15										

NOTAS: - Considera un Factor de Ajuste por el Tipo de Conductores = 1(Usuarios Habituales predominantes)
- I,Q y FHP: según lo definido en la Tabla 3.102.805(3).A

SECCION 3.103 SISTEMA DE CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO

3.103.1 ASPECTOS GENERALES

La clasificación de carreteras y caminos motivo de la presente sección está orientada específicamente al diseño. Otras clasificaciones, Legales y Administrativas, como las que se describen en 2.101.101 y 2.101.102, cumplen, por su parte, las funciones asignadas dentro del ámbito que les corresponde.

3.103.2 SISTEMA DE CLASIFICACION

3.103.201 Categoría de Las Vías. La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias

Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo

Cada Categoría se subdivide según las Velocidades de Proyecto consideradas al interior de la categoría. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos Llanos, las intermedias en terrenos ondulado y las más bajas a terreno montañoso o cuyo extorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

Terreno Llano: Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre ± 3%.

Terreno Ondulado: Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3 y 7%, según la Categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura, lo que justificará un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un Ondulado Medio o uno Franco o Fuerte.

Terreno Montañoso: Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la Categoría del Camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (Puntillas, Laderas de fuerte inclinación transversal, Quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de Curvas de Retorno. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado.

En trazados urbanos o suburbanos, salvo casos particulares, no es el relieve del terreno el que condiciona el trazado, siendo el entorno de la ciudad, barrio industrial, etc., el que los impone. Situaciones normalmente reguladas por el Plan Regulador y su Seccional correspondiente.

La Tabla 3.103.201.A, que se presenta a continuación resume las características principales según categorías.

TABLA 3.103.201.A
CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO
CARRETERAS Y CAMINOS RURALES

CATEGORIA	SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
	N° PISTAS	N° CALZADAS		
AUTOPISTA	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORRUTA	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
	2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
	2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO	2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx

- UD : Unidireccionales
- BD : Bidireccionales

(n) Número Total de Pistas
- xx Velocidad de Proyecto (km/h)
* Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos

- En los proyectos de nuevos trazados, todas las carreteras o caminos con calzadas unidireccionales deben contar con una mediana que separe físicamente las calzadas.

- Los anchos de mediana se especifican en el Capítulo 3.300. El caso de Primarios y Colectores sin mediana (N° de Calzadas (1)) sólo podrán darse en vías existentes diseñadas y construidas antes de la entrada en vigencia del presente Volumen N° 3.

La definición conceptual de las categorías se presenta en los siguientes Numerales y un resumen integrado con la funcionalidad de la vía, en la Tabla 3.103.3.A.

3.103.201*(1) Autopista*: Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados.

Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad.

La Sección Transversal estará compuesta por dos o tres pistas unidireccionales dispuestas en calzadas separadas por una mediana de al menos 13 m de ancho si está previsto pasar de 2 pistas iniciales por calzada a 3 pistas futuras. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada.

En ellas se autorizará sólo la circulación de vehículos motorizados especialmente diseñados para el transporte de pasajeros y carga, quedando expresamente prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada (Agrícola, de Construcción, etc.)

Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio - 120 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte - 100 km/h
- Terreno Montañoso - 80 km/h

Para poder desarrollar las velocidades indicadas bajo condiciones de seguridad aceptables las Autopistas deberán contar con Control Total de Acceso a todo lo largo del trazado, respecto de los vehículos, peatones y animales que se encuentren fuera de la faja del derecho de vía. Se conectarán con otras carreteras solo mediante enlaces provistos de todos los elementos definidos en el Capítulo 3.500. El distanciamiento entre enlaces consecutivos deberá ser mayor o igual a 5,0 kms, medidos entre los extremos de las pistas de cambio de velocidad de ambos enlaces. No se considerará el diseño de accesos direccionales aislados.

El resto de las características geométricas y obras anexas se detallan en los Capítulos 3.200 y 3.300.

3.103.201*(2) Autorrutas*. Son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera.

Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos subtramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí. Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial, y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deteriorar la calzada.

La Sección Transversal deberá contar con al menos dos pistas unidireccionales por calzada debiendo existir una mediana entre ambas cuyas dimensiones mínimas se especifican en el Capítulo 3.300.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90 km/h
- Terreno Montañoso 80 km/h

Las Autorrutas deberán contar con Control Total de Acceso respecto del acceso o salida de vehículos a ella; preferentemente se dará también control de acceso respecto de los peatones y animales a todo lo largo de la ruta, previéndose obligatorio este tipo de control de acceso en las zonas de enlaces, pasarelas y zonas adyacentes a poblados, con longitudes suficientes como para forzar a los peatones a usar los dispositivos especialmente dispuestos para su cruce. (Ver 3.102.5).

El distanciamiento entre Enlaces sucesivos lo regulará la Dirección de Vialidad según las circunstancias particulares de cada emplazamiento; en todo caso resulta conveniente que el espacio libre entre extremos de pistas de cambio de velocidad de enlaces sucesivos no sea menor que 3,0 kms.

3.103.201*(3) Carreteras Primarias.* Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

La Sección Transversal puede estar constituida por pistas unidireccionales separadas por una mediana que al menos de cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1,0 m libre desde ésta al borde interior de las pistas adyacentes, pero por lo general se tratará de una calzada con dos pistas para tránsito bidireccional.

Las Velocidades de Proyecto consideradas son las mismas que para las Autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio de estándar puedan adquirir las características de Autorruta:

	Terreno Llano y Ond. Fuerte	**Terreno Montañoso**
Calzadas Unidireccionales	100 – 90 km/h	80 km/h
Calzadas Bidireccionales	100 – 90 km/h	80 km/h

Las Carreteras Primarias deberán contar con un Control Parcial de Acceso, entendiéndose por tal, aquel en que se disponga de enlaces desnivelados toda vez que ellos se hagan necesarios por condiciones de seguridad y capacidad derivadas del volumen de tránsito que presenta la vía secundaria (Colector o Local). Los cruces con líneas férreas deberán ser obligatoriamente desnivelados. El resto de los cruces con otros caminos deberán contar con intersecciones canalizadas, provistas de pistas de cambio de velocidad en los casos que se indican en el Capítulo 3.400. Los Accesos Directos a la Carretera se tratarán según lo establecido en 3.102.502.

3.103.201*(4) Caminos Colectores.* Son caminos regionales o provinciales que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tienen una importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar pistas auxiliares destinadas a la construcción de ciclovías (Ver Tópico 3.307.4 del Capítulo 3.300).

Su Sección Transversal normalmente, es de dos pistas bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio - 80 km/h
- Ondulado Fuerte - 70 km/h
- Montañoso - 60 km/h

Normalmente este tipo de caminos poseerá pavimento superior, o dentro del horizonte de proyecto será dotado de él, consecuentemente la selección de la velocidad de proyecto debe ser estudiada detenidamente. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados y vehículos a tracción animal que cuenten con los dispositivos reglamentarios señalados en la Ordenanza del Tránsito. En zonas densamente pobladas se consultarán pistas auxiliares en que se habilitarán Ciclovías. (Ver 3.302.503 del Capítulo 3.300).

3.103.201(5) Caminos Locales. Son caminos provinciales o comunales que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las Ciclovías.

La Sección Transversal prevista consulta dos pistas bidireccionales de las dimensiones especificadas en 3.300 y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio - 70 km/h
- Ondulado Fuerte - 60 km/h
- Montañoso 50 y 40 km/h

3.103.201(6) Caminos de Desarrollo. Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aún cuando a velocidades reducidas, de hecho las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos.

La Sección Transversal que se les asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10 km/hr y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido, según se indica en el Capítulo 3.300.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Favorable 50 y 40 km/h
- Terreno Difícil 30 km/h

3.103.202 Códigos de la Clasificación. En la última columna del Cuadro 3.103.201.A se dan ejemplos de los códigos estandarizados.

a) La categoría de la Carretera o Camino se indica mediante, la inicial del nombre que le corresponde.
b) En paréntesis se indica el numero total de pistas
c) Seguido de un guión se anota la velocidad de proyecto. No se considera la velocidad de proyecto de 110 km/h, que figuraba en la versión de 1981. No obstante ello, en el Capítulo 3.200 se calcularán los parámetros asociados a ella para contar con los valores de referencia correspondientes, que permitirán diseñar tramos de transición entre un trazado amplio a uno con elementos mínimos para la Velocidad de Proyecto considerada.

3.103.3 CARACTERISTICAS SEGUN CATEGORIA

En la Tabla 3.103.3.A se presenta una síntesis de las características asociadas a cada categoría, de acuerdo con los criterios expuestos en 3.102. Dicha Tabla debe ser considerada como un ayuda memoria teniendo especial cuidado de ponderar adecuadamente los factores humanos, económicos, estéticos y ambientales que no están mencionados en ella. Los rangos de tránsito que se señalan son sólo indicativos ya que condiciones topográficas particulares, o el porcentaje de vehículos pesados en el VHD o decisiones adoptadas por la Autoridad, pueden crear situaciones no consideradas. Esta Tabla es idéntica a la incluida en el Volumen N° 2 bajo el número 2.101.3.A, debiendo prestarse atención a los alcances que se hacen respecto de los estudios económicos en el numeral 2.101.301.

TABLA 3.103.3 A
CARACTERISTICAS TIPICAS DE LAS CARRETERAS Y CAMINOS
SEGUN LA CLASIFICACION FUNCIONAL

		CARRETERAS			CAMINOS		
CATEGORIA		**AUTOPISTAS**	**AUTORRUTAS**	**PRIMARIOS**	**COLECTORES**	**LOCAL**	**DESARROLLO**
VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h) TIPO DE TERRENO		**120 - 100 - 80** **LL - O - M**	**100 - 90 - 80** **LL - O - M**	**100 - 90 - 80** **LL - O - M**	**80 - 70 - 60** **LL - O - M**	**70 - 60 - 50 - 40** **LL - O - M**	**50 - 40 - 30** **LL - O - M**
PISTAS DE TRANSITO		**UNIDIRECCIONALES**	**UNIDIRECCIONALES**	**UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES**	**BIDIRECCIONALES O (UNIDIRECCIONALES)**	**BIDIRECCIONALES**	**BIDIRECCIONALES**
FUNCION	Servicio al Tránsito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de tránsito consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso vehículos	Control parcial de acceso		Consideración primaria	
CONEXIONES	Se conecta con	Autopistas Autorrutas Primarios (Colectores)	Autopistas, Autorrutas Primarios Colectores	Autopistas, Autorrutas Prim. y Colectores (Locales)	Todos	(Primarios) Colectores, Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces Intersecciones (Acc. Directo)	Todos	(Intersección) Acceso Directo	Acceso Directo
CALIDAD SERVICIO	Nivel de Servicio (1) Años Iniciales Año Horizonte	A, B C	B (2) C, (D)	B C, (D)	C (2) (D)	No Aplicable	
	Tipo de Flujo	Libre Estable	Libre Estable (Prox. Inestab)	(Libre) Estable (Prox. Inestab.)	Estable con restricción (Próximo Inestable)	Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad	
	Veloc. Operación (1) (3) Según demanda rango probable	115 - 95 km/h	95 - 90 km/h	95 - 85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 60 km/h	50 - 25 km/h
TRANSITO	Volúmenes Típicos de tránsito al año inicial TMDA	UD > 10.000 confirmar fact. económica	UD > 8.000	BD > 3000 UD > 6000	BD > 300 UD: Caso especial	Tránsito y composición variable según tipo de actividad: Agrícola, Minera, Turística	
	Tipo de vehiculo	Sólo vehíc. diseñados para circular normalmente en carreteras	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Todo tipo de vehículos	Vehículo liviano y camiones medianos	

Letras o conceptos entre paréntesis indican situaciones límites en condiciones poco frecuentes.
(1) Considera Trazado Llano y Ondulado; Trazado Montañoso constituye caso particular (Vop = Velocidad Operación usuario medio ~ V 50%) (Definición LL - O - M Ver 3.103.201)
(2) Las Velocidades de Proyecto limitan la posibilidad de niveles mejores aún con baja demanda.
(3): EL RANGO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN SE DA A TITULO INDICATIVO PARA FLUJOS LIBRE - ESTABLE.
LOS VALORES DEFINITIVOS DEBERAN ESTABLECERSE SEGÚN LO SEÑALADO EN EL TOMO II DEL VOLUMEN N° 1.
BD : Tránsito Bidireccional, total ambos sentidos. UD: Tránsito Unidireccional, total ambos sentidos.

3.103.4 SELECCION DE VELOCIDADES

Para seleccionar la Velocidad de Proyecto óptima correspondiente a un proyecto específico, será conveniente proceder del siguiente modo durante el transcurso del Estudio Preliminar.

a) Asignada una categoría se procederá a ejecutar sobre los planos levantados a escala intermedia (1:5.000 o 1:10.000) un anteproyecto preliminar utilizando la velocidad de proyecto que se presume adecuada. Este anteproyecto preliminar dará mayor importancia al análisis de los puntos críticos del trazado a fin de establecer la influencia de la velocidad seleccionada sobre los costos de inversión y la posibilidad física de implantar en el terreno los elementos del trazado.

b) Del anterior análisis puede resultar evidente que la velocidad seleccionada resulta alta o por el contrario que con aumentos marginales de inversión ella puede ser elevada, ganándose en seguridad y capacidad de la ruta.

c) Si la elección no resulta evidente, los estudios realizados permiten contar con los antecedentes de costo y con cálculos aproximados de capacidad y velocidad de operación, que permitan realizar la comparación de alternativas a nivel de Prefactibilidad, para determinar la velocidad de proyecto óptima.

En ciertos casos un análisis como el descrito puede llegar a concluir que la categoría asignada al proyecto no es compatible con la rentabilidad del mismo, debiendo en esos casos revisarse los criterios empleados para seleccionar la categoría.

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 3.200
DISEÑO GEOMETRICO
DEL TRAZADO

DIRECCION DE VIALIDAD
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CHILE

JUNIO 2002

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

I N D I C E

CAPITULO 3.200 DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO

SECCION 3.201 ASPECTOS GENERALES

3.201.1 EL TRAZADO

3.201.2 VARIABLES FUNDAMENTALES

3.201.3 CRITERIOS BASICOS
3.201.301 Velocidad 85% Considerada para el Diseño en Planta
(1) Predicción de la V85% en Tramos Rectos
(2) Criterios de Predicción de la V85% en Curvas Horizontales
(3) Conclusiones-Predicción V85% para los Diseños en Planta
(4) Ejemplo de Aplicación de la V85% al Diseño en Planta

3.201.302 Velocidad V* Considerada para Verificar la Visibilidad de Parada y para Diseñar el Alzado
(1) Criterios y Definiciones
(2) Velocidades V* Adoptadas
(3) Situaciones en que Interviene V* en el Diseño

3.201.303 V85% y V* en Tramos Singulares

3.201.4 ORGANIZACION DEL CAPITULO

3.201.5 RESUMEN DE CARACTERISTICAS MINIMAS SEGUN CATEGORIA DE LA CARRETERA O CAMINO

SECCION 3.202 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD Y MANIOBRAS ASOCIADAS

3.202.1 ASPECTOS GENERALES

3.202.2 DISTANCIA DE PARADA
3.202.201 Visibilidad de Parada en Puntos Singulares

3.202.3 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO
3.202.301 Efecto de las Pendientes sobre la Distancia de Adelantamiento
3.202.302 Frecuencia de Zonas Adecuadas para Adelantar
3.202.303 Zonas de No Adelantar

3.202.4 VERIFICACION DE LA VISIBILIDAD
3.202.401 Aspectos Generales
3.202.402 Verificación de la Visibilidad en Planta
3.202.403 Verificación Gráfica de la Visibilidad en Alzado

SECCION 3.203 TRAZADO EN PLANTA

3.203.1 ASPECTOS GENERALES
3.203.101 Controles del Trazado en Planta
3.203.102 Localización del Eje en Planta
3.203.103 Criterios Para Establecer el Trazado en Planta
(1) Elementos del Trazado en Planta
(2) Tendencia Actual
(3) El Problema de la Visibilidad
(4) Elementos de Curvatura Variable

3.203.2 ALINEAMIENTO RECTO
3.203.201 Aspectos Generales
3.203.202 Longitudes Máximas en Recta
3.203.203 Longitudes Mínimas en Recta
(1) Curvas en S
a) En Nuevos Trazados
b) En las Recuperaciones o Cambios de Estándar
c) Tramos Rectos Intermedios de Mayor Longitud

(2) Tramo Recto Entre Curvas en el Mismo Sentido

3.203.3 CURVAS CIRCULARES
3.203.301 Elementos de la Curva Circular
3.203.302 Radios Mínimos Absolutos
(1) Utilización de los Radios Mínimos Absolutos
(2) Modificación del Peralte Máximo
(3) Verificación por Visibilidad

3.203.303 Curvas Horizontales con Radios Sobre los Mínimos
(1) Peralte en Función del Radio de Curvatura
(2) Radio –Peralte – Velocidad Específica – Coeficiente de Fricción Transversal
(3) Radios Límite en Contraperalte - RL.
(4) Desarrollo Mínimo de Curvas Horizontales
(5) Línea de Máxima Pendiente

3.203.304 Relación Entre los Radios de Curvas Circulares Consecutivas
3.203.305 Desarrollo de Peralte en Curvas Circulares Sin Curvas de Enlace
(1) Aspectos Generales
(2) Eje de Giro de Peralte
(3) Longitud del Desarrollo de Peralte
(a) Eje de Giro Normal
(4) Condicionantes para el Desarrollo del Peralte
(a) Proporción del Peralte a Desarrollar en Recta
(b) Longitud en Curva con Peralte Total
(5) Desarrollo de Peralte entre Curvas Sucesivas

3.203.306 Sobreancho en Curvas Circulares
(1) Aspectos Generales
(2) Cálculo del Sobreancho
(3) Sobreancho en Calzadas de Menos o Más de 2 Pistas
(4) Desarrollo del Sobreancho en Arcos de Enlace
(5) Demarcación del Eje de las Pistas Ensanchadas
(6) Desarrollo del Sobreancho en Caminos de Desarrollo
(7) Aspectos Constructivos
(8) Casos Especiales

3.203.4 ARCOS DE ENLACE O TRANSICION
3.203.401 Aspectos Generales
3.203.402 La Clotoide Como Arco de Enlace
(1) Aspectos Generales

(2) Ecuaciones Paramétricas
(3) Ecuaciones Cartesianas

3.203.403 Elección del Parámetro A de las Clotoides
(1) Parámetros A Mínimos y Normales
(2) Desarrollo Máximo de la Clotoide
(3) Radios que no Requieren el Empleo de Clotoides

3.203.404 Elementos del Conjunto Arco de Enlace Curva Circular
(1) Casos Particulares de Curva de Enlace
(2) Expresiones Aproximadas
3.203.405 Desarrollo de Peralte en Arcos de Enlace
(1) Aspectos Generales
(2) Procedimiento a Seguir
3.203.406 Sobreancho en Curvas con Arco de Enlace
(1) Aspectos Generales
(2) Desarrollo del Sobreancho
(3) Aspectos Constructivos

3.203.5 COMPOSICION DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL
2.203.501 Aspectos Generales
3.203.502 Composición del Alineamiento Según Categoría
3.203.503 Alineaciones Compuestas
(1) Configuraciones Recomendables
a) Curva Circular con Clotoide de Enlace
b) Curva de Inflexión o Curvas en S
c) Ovoide
d) Ovoide Doble
(2) Configuraciones Límite
a) Curva Circular sin Curva de Enlace
b) Clotoide de Vértice Sin Arco Circular
c) Curvas Circulares Contiguas
(3) Configuraciones no Recomendables

3.203.504 Curvas de Retorno

SECCION 3.204 TRAZADO EN ALZADO

3.204.1 ASPECTOS GENERALES
3.204.2 UBICACION DE LA RASANTE RESPECTO DEL PERFIL TRANSVERSAL
3.204.3 INCLINACION DE LAS RASANTES
3.204.301 Pendientes Máximas
3.204.302 Pendientes Mínimas
3.204.303 Longitud en Pendiente y Velocidad de Operación

3.204.4 ENLACES DE RASANTES
3.204.401 Curvas Verticales de Enlace
3.204.402 Criterios de Diseño para Curvas Verticales
3.204.403 Parámetros Mínimos por Visibilidad de Parada
(1) Curvas Verticales Convexas
(2) Curvas Verticales Cóncavas
(3) Casos Especiales Curvas Verticales Cóncavas
a) Zonas con Iluminación Artificial
b) Curvas Verticales Cóncavas Bajo Estructuras

3.204.404 Longitud Mínima de Curvas Verticales
3.204.405 Parámetros Mínimos por Visibilidad de Adelantamiento
3.204.406 Situaciones en que se Puede Aceptar Valores de 2T < Vp.
3.204.407 Verificación de Visibilidad en Curvas Verticales

3.204.5 DRENAJE EN CURVAS VERTICALES

3.204.6 COMPOSICION DEL ALINEAMIENTO VERTICAL
3.204.601 Aspectos Generales
3.204.602 Rasantes Asociadas a Estructuras
(1) Gálibo Vertical
(2) Curvas Verticales Cóncavas Bajo Estructuras
(3) Rasante en Puentes
(4) Rasante sobre Líneas de FF.CC.

SECCION 3.205 DIRECTRICES PARA EL DISEÑO ESPACIAL DE UNA CARRETERA

3.205.1 ASPECTOS GENERALES
3.205.2 ELEMENTOS DEL ALINEAMIENTO ESPACIAL
3.205.3 DISEÑO ESPACIAL
3.205.301 Aspectos Generales
3.205.302 La Imagen de la Plataforma para el Conductor
(1) Imagen en Perspectiva y Guía Optica
(2) Elementos de la Plataforma
a) La Recta
b) La Curva
c) Secuencia de Elementos en Planta
(3) Elementos del Alzado
a) La Recta
b) Acuerdo Verticales Cóncavos
c) Acuerdos Verticales Convexos
d) Secuencia de elementos en el Perfil
(4) Superposición de Planta y Elevación
a) Relación entre los elementos de Diseño En planta y Alzado
b) Relación entre los Puntos de Inflexión en Planta y Alzado
c) Combinaciones Indeseables
d) Pérdidas de Trazado
(5) Intersecciones y Estructuras

3.205.303 Efecto del Entorno de la Carretera en el Diseño Espacial

SECCION 3.206 CARACTERISTICAS MINIMAS ACEPTABLES PARA LA RECTIFICACION DE CAMINOS EXISTENTES

3.206.1 ANTECEDENTES GENERALES

3.206.2 MEJORAMIENTOS INDISPENSABLES EN PLANTA Y ALZADO

3.206.3 MEJORAMIENTOS DESEABLES EN PLANTA Y ALZADO

3.206.4 CRITERIOS DE DISEÑO MINIMOS ADMISIBLES PARA RECTIFICACION DE TRAZADOS EXISTENTES

3.206.5 CONSIDERACIONES COMPLEMENTARIAS

3.206.6 NORMAS E INSTRUCTIVOS DE DISEÑO GEOMETRICO ANALIZADOS

CAPITULO 3.200 DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO

SECCION 3.201 ASPECTOS GENERALES

3.201.1 EL TRAZADO

Las carreteras y caminos son obras tridimensionales, cuyos elementos quedan definidos mediante las proyecciones sobre los planos ortogonales de referencia: Planta, Elevación y Sección Transversal.

El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación definen la planta y el alzado respectivamente.

Estos ejes en planta y alzado, deben cumplir con una serie de normas y recomendaciones. Estas pretenden conciliar la conveniencia económica de adaptarlos lo más posibles al terreno, con las exigencias técnicas requeridas para posibilitar desplazamientos seguros de un conjunto de vehículos a una cierta velocidad, definida genéricamente como Velocidad de Proyecto.

La elección y definición del conjunto de elementos de planta y alzado y de sus combinaciones, reguladas y normalizadas según una Instrucción de Diseño, constituye el trazado del eje y, por extensión, de la carretera.

3.201.2 VARIABLES FUNDAMENTALES

En el Capítulo 3.100 se describieron los factores que determinan las características de una vía. Se puede considerar que el diseño geométrico propiamente tal se inicia cuando se define, a partir de las consideraciones y antecedentes del caso, una Categoría y una Velocidad de Proyecto para ella. No obstante ello, éste es sólo el primer paso del proceso, pues en la medida que el trazado se desarrolle por terrenos que no imponen restricciones perceptibles por el usuario y los elementos del trazado sean consecuentes con ello, un porcentaje significativo de los usuarios tenderá a circular a velocidades que pueden superar las de proyecto (Ver 3.102.4, 3.201.301 y 3.201.302).

Será entonces la velocidad de desplazamiento previsible que adopten los usuarios en los distintos tramos de la ruta, durante períodos de baja demanda y los riesgos que puedan enfrentar, los que ponderados mediante criterios estadísticos, condicionen la elección de los parámetros máximos, mínimos y deseables que fije la Instrucción para el diseño de Carreteras y Caminos. En cualquier caso, a todo lo largo de la ruta se garantiza un desplazamiento seguro y confortable para aquellos que circulan a la Velocidad de Proyecto y en algunos tramos para velocidades superiores a esta, en previsión de las velocidades que adopte un porcentaje significativo de los usuarios

Existe en consecuencia una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos en ella (dinámica del desplazamiento), y entre esta geometría y la visibilidad y capacidad de reacción que el conductor tiene al operar su vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino que además debe asegurarse, para todo punto de la vía, que el usuario tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta y a las eventualidades que puedan presentarse.

3.201.3 CRITERIOS BASICOS

La presente versión del Capítulo 3.200 introduce modificaciones sustantivas a los criterios de diseño, respecto de aquella de 1981, consecuentemente deberá emplearse en el diseño de Carreteras y Caminos en nuevos trazados y en las variantes a las obras existentes. Su aplicación en la rectificación de trazados existentes en que se mantiene el emplazamiento general de la ruta, no siempre será posible de manera integral, en razón de los costos que ello significaría, pudiendo la Dirección de Vialidad autorizar algunas relajaciones según se establece en la Sección 3.206.

Los criterios a aplicar en los distintos casos se establecen mediante límites normativos y recomendaciones que el proyectista deberá respetar y en lo posible, dentro de límites económicos razonables, superar, para lograr un trazado que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde la seguridad y calidad de servicio, que se pretende obtener de la carretera o camino, según sea la categoría asignada.

El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de los límites normativos, que en general representan valores mínimos. Por el contrario, el diseño requiere buen juicio y flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y alzado, sin por ello transgredir los límites normativos.

El trazado debe ser homogéneo, es decir, sectores de éste que inducen velocidades superiores a las de proyecto, no deben ser seguidos de otros en los que las características geométricas se reducen bruscamente a los mínimos correspondientes a dicha Vp. Las transiciones de una a otra situación, si ellas existen, 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 requeridos en un sector dado. Eventualmente, una ruta puede requerir se definan tramos con distintas Vp, cuando la topografía o el uso de la tierra cambia significativamente y dicha situación se mantiene por más de 3 ó 4 km, casos en que se diseñarán cuidadosamente las transiciones y la señalización correspondiente.

En general, las Tablas normativas que resumen los valores mínimos absolutos para los diversos elementos se darán para el rango de Velocidades de Proyecto comprendido entre 30 y 120 km/h, variando cada 10 km/h. En algunas de las Tablas detalladas que figuran en el texto, se incluyen valores variando cada 5 km/h y hasta 130 km/h, que se requieren en relación con las Velocidades Percentil 85(V85%) y Velocidad Específica (Ve). En Caminos de Desarrollo con Velocidades de Proyecto menores o iguales que 40 km/h, sólo se indicarán valores normativos correspondientes a las variables principales, dando mayor libertad en el empleo de los valores asociados a las restricciones complementarias que dicen relación con la comodidad y percepción estética de la ruta.

3.201.301 Velocidad 85% Considerada para el Diseño en Planta. Según la experiencia internacional, confirmada para el caso de Chile (Ver 3.102.4), son las características de la planta y la sección transversal, las que determinan en mayor grado la distribución de velocidades que tienden a adoptar los usuarios. Por otra parte, los fenómenos asociados a la dinámica del desplazamiento en planta, en particular al recorrer elementos curvos, ejercen su influencia sobre el 100% de los usuarios, en relación directa al cuadrado de la velocidad de desplazamiento en el tramo considerado.

En los períodos en que los flujos de demanda son moderados, existirá poca interferencia entre los usuarios y la velocidad asociada al percentil 85 se define como la velocidad a emplear para el diseño. Lo anterior requiere establecer criterios que permitan predecir con cierta aproximación, la V85% que se dará en diferentes tramos de la ruta.

3.201.301(1) **Predicción de la V85% en Tramos Rectos.** La longitud de las rectas “Lr” (m), se medirá entre el PK de salida de la clotoide de la curva de entrada a la recta, y el inicio de la clotoide de la curva de salida desde la recta, ambas según el sentido de circulación que se está analizando. Si las curvas no poseen clotoide, la recta obviamente se desarrolla entre el FC y el PC de dichas curvas.

Para el rango de Velocidades de Proyecto (Vp) y la Longitud del Tramo en Recta (Lr), que se definen en la Tabla 3.201.301(1).A, la V85% dependerá de:

TABLA 3.201.301(1).A
CRITERIOS DE PREDICCION DE LA V85 EN FUNCION DE Vp Y Lr
PARA Vp ENTRE 40 Y 120 km/h

Situaciones Posibles		V85% Determinada por :
Caso I	Lr (m) $>$ 400	Longitud de la Recta
Caso II	Lr (m) $\leq$400	Las características de la configuración precedente y la relación de los radios de las curvas de entrada y salida

Caso I En la Tabla 3.201.301(1).B se indican las V85% adoptadas para rectas con Lr > 400 m.

TABLA 3.201.301(1).B
V85% AL FINAL DE UNA RECTA SEGUN LONGITUD Y VELOCIDAD DE PROYECTO

V Proyecto Km/h	40	50	60	70	80	90	100	120
400 m ≤ Lr ≤ 600 m	50	60	70	80	90	100	110	125
Lr > 600 m	60	70	80	90	100	110	115	130

La Tabla anterior es válida para Carreteras bidireccionales y unidireccionales en terreno llano u ondulado medio, con pavimento de 7,0 m de ancho y bermas + SAP mayores o iguales a 2,0 m, (berma exterior en el caso de las unidireccionales). Estas Velocidades podrán ser alcanzadas en períodos en que el flujo no impone restricciones a la selección de la Velocidad por parte de los usuarios.

Como puede observarse, la predicción establece que para Vp bajas en que los usuarios se ven severamente restringidos en la selección de su velocidad de desplazamiento en los tramos sinuosos, la velocidad en las rectas (V85%) puede superar hasta en 20 km/h la Vp, en tanto que para las Vp altas la diferencia se reduce a 15 y 10 km/h por sobre la Vp.

En Caminos Colectores y Locales bidireccionales, con pavimento de 6,0 m de ancho y bermas + SAP de menos que 2,0 m, los valores indicados en la Tabla 3.201.301(1).B, se podrán reducir en 5 km/h y si el trazado se desarrolla en terreno ondulado fuerte o francamente montañosos (Vp 40 a 60 km/h) la reducción puede alcanzar a 10 km/h con un límite de V85%=Vp.

Lo expuesto precedentemente indica que las rectas de más de 600 m de longitud inducen velocidades V85% que dejan de tener relación con la Vp seleccionada para la ruta, de allí que resulten más seguros y consecuentes los trazados curvilíneos razonablemente amplios, en los que se minimice la longitud de las rectas. Es decir, al controlar la longitud de las rectas el proyectista está controlando en alguna medida las altas velocidades de desplazamiento a que tenderá un porcentaje importante de los usuarios. Por otra parte, rectas largas obligarán a diseñar curvas amplias al final de la recta y al mismo tiempo proveer las distancias de visibilidad y los elementos de alzado consecuentes con las velocidades que se definen a continuación, las que al superar la Vp seleccionada para el tramo, requerirán niveles de inversión por sobre los esperados para la Velocidad de Proyecto seleccionada.

Caso II El tratamiento de este caso queda comprendido en las letras c) y d) del punto (2) siguiente.

3.201.301(2) Criterios de Predicción de la V85% en Curvas Horizontales. Se deben distinguir los casos bajo los cuales se clasificaron las rectas en la Tabla 3.201.301(1).A

a) Toda curva horizontal posterior a una recta con longitud Lr mayor que 400 m deberá poseer un radio R al que corresponda una Velocidad Específica Ve ≥ V85% determinada según la Tabla 3.201.301(1).B con las correcciones que puedan corresponder en el caso de Colectores y Locales Bidireccionales.

   La Lámina 3.203.303(2).A entrega un listado de radios, peraltes y coeficientes de fricción transversal a los que se asocia la Ve que les corresponde.
   Los valores de Ve que aparecen en las Tablas I y II de la Lámina, se pueden aproximar a los 5 km/h más próximos para efectos de clasificación. Para radios de valores intermedios la Ve se obtendrá por interpolación, y el peralte correspondiente de la Lámina 3.203.303(1).A.

b) Si la primera curva de una secuencia está precedida por una recta con Lr > 600 m y entre las dos curvas de la secuencia que se analiza, 400 m < Lr ≤ 600 m, es deseable que la segunda curva acepte también una Ve mayor o igual que la V85% empleada en el diseño de la primera. No obstante lo anterior, si se está entrando en una zona de trazado restrictivo , se aceptará que la segunda curva se diseñe para la V85% definida en la Tabla 3.201.301(1).B para 400 m < Lr ≤ 600 m.

c) Para una secuencia de curvas horizontales sin recta intermedia, o con rectas de longitudes menores que 400 m, la Ve de la Curva inicial habrá sido determinada según a) ó b) y los radios sucesivos deberán mantenerse dentro del rango indicado en la Lámina 3.203.304.A para Carreteras con Vp $\geq$ 80 km/h y en la Lámina 3.203.304.B para Caminos con Vp $\leq$ 80 km/h, lo que determina sucesivamente la Ve de las curvas siguientes, según el radio seleccionado dentro del rango para cada par del conjunto, y con Ve siempre mayor o igual que Vp.

d) Según lo expuesto en los literales anteriores, una curva de Rmín correspondiente a la Vp de la ruta, sólo podrá emplearse si está precedida por una recta con 0 $\leq$ Lr $\leq$ 400 m y a la curva existente al inicio de dicha recta (Radio de entrada, según las Láminas 3.203.304.A o B), se asocia un rango de Radios de salida, en el cual esté comprendido el Rmín correspondiente a Vp.

3.201.301(3) Conclusiones-Predicción V85% para los Diseños en Planta

- Toda curva posterior a una recta con Lr > 400 m deberá diseñarse considerando la V85% estimada según lo expuesto en las letras a) o b), del numeral 3.201.301(2), con la sola excepción señalada para Caminos Colectores y Locales en que se cumplan las condiciones especificadas.
- Si la primera alineación del trazado es una recta con Lr $\leq$ 400 m, la V85% al inicio de la curva siguiente puede estimarse igual a Vp. Se actuará del mismo modo si en algún punto se produce una detención obligada, tal como en una Plaza de Peaje, Intersección o cruce con una vía férrea, u otras en que el camino en estudio tiene condición de "Pare".
- La V85% de una sucesión de curvas, sin recta intermedia o con una cuya longitud Lr sea $\leq$ 400 m, letras c) y d) de 3.201.301(2), corresponde a la Ve de cada una de las curvas, siempre dependiendo de la curva precedente y del rango de radios especificados para la situación bajo análisis.
- En caminos bidireccionales el cálculo de la V85% debe hacerse por pista, según el sentido de circulación y en carreteras unidireccionales para cada calzada.
- En las Recuperaciones o Cambios de Estándar de rutas existentes, la determinación de las V85% podrá aceptar las relajaciones que se indican en la Sección 3.206.
- Cualquiera que sea el caso particular que se enfrenta, o la interpretación que se de al contenido de lo expuesto precedentemente, la V85% nunca podrá ser menor que la Vp asignada al proyecto o a los subtramos que lo compongan.

3.201.301(4) Ejemplo de Aplicación de la V85% al Diseño en Planta. Debe entenderse que Ri representa la configuración curva en el vértice "i", incluyendo el radio y las clotoides seleccionadas. El proyectista conoce la Poligonal del Eje y por lo tanto las distancias entre los vértices y los ángulos entre las alineaciones. Deberá seleccionar tentativamente las configuraciones en cada vértice y luego verificar si estos cumplen con las V85% predichas en 3.201.301, según sean las distancias de las rectas intermedias.

Sea un Camino Colector Bidireccional
Vp = 70 km/h; Pistas de 3,5 m; Bermas + SAP mayor de 2,0 m.
En consecuencia no corresponde reducción de la V85% predicha en la Tabla 3.201.301(1).B.

La zona que se está diseñando está entrando en un sector en que se requiere emplear radios en el orden de los mínimos correspondientes a Vp = 70 km/h.

Por la longitud de Vo–V_1 se anticipa que Lr_1 > 600 m cualquiera que sea la configuración de R_1
Luego según Tabla 3.201.301(1).B, V85% al final de la recta = 90 km/h.
Consecuentemente R1 mínimo=350 m, pues según Lámina 3.203.303(2).A-II, este radio permite una Ve = 90,3 km/h.

La longitud entre V1-V2 hace presumir que 400 $\leq$ Lr_2 $\leq$ 600 m. Según Letra b) del Numeral (2), es deseable que R2 sea $\geq$ 350 m, pero si se está entrando a una zona restrictiva, se puede aceptar que V85% se reduzca a la V85% correspondiente a la longitud de Lr_2, es decir V85% = 80 km/h.

El valor mínimo de R2 será entonces igual a 250 m al que le corresponde una Ve = 80,1 km/h (3.203.303(2).A-II).

La distancia entre V2 y V3 permite anticipar que Lr_3 < 400 m, letra c) del Numeral (2), por lo tanto R3 debe estar comprendido en el rango definido en la Lámina 3.202.304.B (Relación entre Radios Consecutivos para 0 $\leq$ Lr $\leq$ 400 m, para Caminos Colectores y Locales). Este gráfico indica que para un

Radio entrada R2 = 250 m, el Radio de salida debe estar comprendido entre 160 m < R3 ≤ 460 m; pero como Vp = 70 km/h el R3 mínimo debe ser al menos igual a 180 m.

En consecuencia, el trazado con rectas de longitudes decrecientes, permitió emplear en una zona restrictiva el Rmín correspondiente a Vp. Si el trazado continua con rectas Lr < 400 m se podrá seguir diseñando con radios entre 180 y 460 m y cuando se llegue a una zona más amplia, aumentar los radios y eventualmente los valores de Lr.

En cualquier caso si la sucesión de curvas presenta curvas en distinto sentido, curvas en S, los valores de Lr deben cumplir con lo establecido en 3.203.203(1) y si las curvas son en el mismo sentido, el valor de Lr deberá superar los valores señalados en 3.203.203(2).

Finalmente, si se examina el trazado para el sentido de circulación contrario, se verifica que también se cumplen las condiciones, siempre que Lr_4 sea menor que 400 m y R4 ≤ 460 m.

3.201.302 Velocidad V* Considerada para Verificar la Visibilidad de Parada y para Diseñar el Alzado

3.201.302(1) Criterios y Definiciones. La Visibilidad de Parada a la que se asocia la Distancia de Parada "Dp" determinada a partir de la Velocidad de Proyecto, debe existir a todo lo largo del trazado, tanto para los elementos de la planta como para aquellos del alzado que se diseñan bajo este concepto. Corresponde entonces, también en este caso, un tratamiento particular de los tramos con trazado amplio que pueden inducir velocidades de desplazamiento superiores a las de proyecto; aún cuando como se verá, intervienen en el proceso de su definición, consideraciones adicionales a las expuestas en 3.201.301.

La Distancia de Parada Dp (m) presupone en su cálculo la existencia de un obstáculo de 0,20 m de alto, localizado en el centro de la pista por la que va circulando el vehículo, el cual deberá ser percibido por el conductor, quien reaccionará para detener el vehículo inmediatamente antes del obstáculo. La situación descrita es un fenómeno eventual, en la práctica de muy baja ocurrencia, pudiendo además en caso de ocurrir, ser menos crítico que el supuesto por el modelo, ya sea por que el obstáculo es de mayor altura y por lo tanto será percibido mucho antes, o bien, podrá estar localizado en posiciones más favorables que permitan una maniobra para evitarlo, o bien, ocurra inducido por fenómenos naturales (tormentas, eventos sísmicos, etc.) que ponen en guardia al conductor sobre la posible existencia de obstáculos desprendidos de los cortes del camino, árboles o postes caídos, etc., eventos que lo inducirán a reducir la velocidad de desplazamiento, al menos en las zonas con visibilidad restringida.

La Velocidad V* (km/h), se define como aquella empleada para verificar la existencia de Dp(m), en Curvas Horizontales con obstáculos laterales que limitan la visibilidad, y para el diseño de Curvas Verticales Convexas, también dependientes de Dp. Los valores adoptados para V* son mayores o iguales que Vp, pero en general menores que la V85% del tramo, por cuanto la V* cubre eventos de baja ocurrencia, en tanto que la V85% se asocia al diseño dinámico de las curvas horizontales, en las que se crean esfuerzos laterales que afectan a la totalidad de los usuarios que se desplazan a esa velocidad.

3.201.302(2) Velocidades V* Adoptadas. Los casos en que se debe diseñar considerando la existencia de Distancia de Parada para Velocidades por sobre las de proyecto, y las V* adoptadas, son:

a) Alineaciones Rectas que incluyen una Curva Vertical Convexa que limita la visibilidad, y Curvas Horizontales precedidas por una recta, con o sin Curva Vertical Convexa:

Si: 400 m < Lr ≤ 600 m	V* = Vp + 5 km/h
Lr > 600 m	V* = Vp + 10 km/h

b) Curvas Horizontales precedidas por una recta cuya longitud no supera los 400 m, pudiendo existir o no una curva Vertical Convexa. Si Rm es el radio horizontal mínimo para Vp, V* adopta los siguientes valores:

Rm ≤ R ≤ 1,15 Rm	V* = Vp km/h
1,15 Rm < R ≤ 1,30 Rm	V* = Vp + 5 km/h
R > 1,30 Rm	V* = Vp + 10 km/h

- Los valores de V* son válidos en todo el conjunto Clotoide de Entrada - Curva de Radio R - Clotoide de Salida.
- Si existe un nuevo elemento recto intermedio con Lr < 400 m, la V* en la recta intermedia se determina como el promedio de las V* correspondientes a las curvas horizontales de entrada y de salida, redondeando a los 5 km/h.

3.201.302(3) Situaciones en que Interviene V* en el Diseño:

- Toda vez que se deba diseñar una curva Vertical Convexa.
- Toda vez que corresponda verificar Dp en una curva Horizontal a la derecha, según el sentido de circulación, en que la visibilidad puede estar limitada por el talud de un corte, una Baranda Metálica de un Puente en curva o una Barrera de Seguridad; en curvas a la izquierda en la pista izquierda de una Carretera Unidireccional con Barrera de Seguridad, elemento tipo quiebravista, o arbustos en la Mediana, o bien, Baranda de un Puente en Curva. En curvas a la izquierda, si la carretera posee Control Total de Acceso tanto para vehículos como para peatones y animales (Ver 3.202.402), el obstáculo a considerar será un automóvil (h_3 = 1,2 m).
- No se emplearán las V* para el diseño de curvas Verticales Cóncavas puesto que en ese caso la visibilidad está limitada sólo de noche, situación en que se considera que los usuarios no superan la Velocidad de Proyecto.
- No se emplearán las V* para la Verificación de las Distancias de Adelantamiento, puesto que no se considerarán adelantamientos a vehículos que se desplazan a Velocidades sobre las de Proyecto.
- Al igual que lo establecido en 3.201.301(3), cualquiera que sea el caso particular que se enfrente, o la interpretación que se dé al contenido de lo expuesto precedentemente, la V* nunca podrá ser menor que la Vp asignada al proyecto o a los subtramos que lo compongan.

3.201.303 V85% y V* en Tramos Singulares. Salvo disposición en contrario de la Dirección de Vialidad, en zonas de intersecciones canalizadas y enlaces, se considerará que, V85% = V* = Vp, entre el inicio y el fin de las Pistas de Cambio de Velocidad del dispositivo. En Túneles se adoptará V85% = V* = Velocidad Máxima señalizada dentro del túnel.

3.201.4 ORGANIZACION DEL CAPITULO

Las distancias mínimas de visibilidad, variable básica del diseño se tratan en la Sección 3.202.

Seguidamente se trata, por separado, el trazado en horizontal y vertical, para luego reconstituir el contexto espacial del que ellas provienen: Secciones 3.203, 3.204 y 3.205, respectivamente.

La Sección 3.206, trata de las características mínimas aceptables para la rectificación de caminos existentes.

Dentro de las secciones relativas al trazado en planta y alzado (3.203 y 3.204), se trata aisladamente cada elemento característico del trazado, con el fin de facilitar el acceso a sus descripciones y formas de empleo, para luego destacar la coordinación que debe existir entre todos ellos.

3.201.5 RESUMEN DE CARACTERISTICAS MINIMAS SEGUN CATEGORIA DE LA CARRETERA O CAMINO

En las Tablas siguientes se presenta una síntesis de los valores normativos que se derivan de la presente Instrucción. La Tabla 3.201.5.A, resume aquellos relativos al trazado en planta y alzado correspondientes a este Capítulo. La Tabla 3.201.5.B resume las características principales de la Sección Transversal y en la 3.201.5.C se dan las dimensiones de la plataforma de las Secciones Transversales Tipo en terraplén, correspondientes a cada Categoría y Velocidad de Proyecto. En las dos primeras Tablas se dan los numerales del texto que tratan cada concepto.

TABLA 3.201.5 A
PARAMETROS DE DISEÑOS MINIMOS EN PLANTA Y ALZADO

	CATEGORIA CARRETERAS Y CAMINOS		AUTOPISTAS / PRIMARIOS / AUTORRUTAS / COLECTORES / LOCALES / DESARROLLO											REF. 3.100
	VELOCIDAD DE PROYECTO	Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	(110)	120	(130)	3.103/3.201.301
VISIB.	Distancia de Parada i = 0%	Dp (m)	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250	300	3.202.2
VISIB.	Distancia de Adelantamiento (1)	Da (m)	180	240	300	370	440	500	550	600	650	(1)	(1)	3.202.3
PLANTA	Alineaciones en Recta	Lr (m)	Lr máximo = I 20 Vp Km/h I Para todo V.; Lr mínimo 3.203.203											3.203.2
PLANTA	Radio Mínimo en Curva	Rm (m)	25	50	80	120	180	250	330	425	540	700	900	3.203.302
PLANTA	Radio Mínimo en curva al final recta: 400 m < Lr≤ 600 m	R'm (m)	R' mín ≥ Rm (V+10)									R'mín ≥Rm(V+5)		3.201.301(2)
PLANTA	Radio Mínimo en curva al final recta: Lr ≥ 600 m	R'm (m)	R' mín ≥ R m (V+20)							R'mín ≥Rm(V+15)		R'mín≥Rm(V+10)		3.201.301(2)
PLANTA	Peralte Máximo	P (%)	7	7	7	7	7	7/8	8	8	8	8	7	3.203.302
PLANTA	Pendiente Relativa de Borde (2)	Δ(%)	0,7 - 1,5			0,6 - 1,3 - (1,3)		0,5 - 0,9 - (0,9)		0,35 - 0,8 - (0,8)			(0,8)	3.203.305 (3)
PLANTA	Desarrollo Mín. ω = 9º y Rm	D (m)	-	7	12	17	26	35	47	60	76	100	130	3.203.303 (4)
PLANTA	Radio lím. Contra Peralte (3)	RL (m)	-	-	-	> 3500		> 7500						3.203.303(3)
PLANTA	Parámetro Mín. Clotoide; R =Rmín.	A (m) (4)	-	29	37	48/68	60/83	83/125	110/144	142/173	190/195	-/234	-/305	3.203.403 (1)
PLANTA	Cond. Adicionales A	-	Por desarrollo Peralte - Por Longitud L máx < 1,5 L mín. - Siempre A < R											3.203.403
ALZADO	Pendiente Máxima (5)	i (%)	10 - 12	10 - 9	9	8	8	8-6-5	5	4,5	-	4	4	3.204.301
ALZADO	Curva Vertical Convexa (V* = Vp)	Kv (m)	300	400	700	1.200	1.800	3.000	4.700	6.850	9.850	14.000	16.000	3.204.403 (1)
ALZADO	Curva Vertical Cóncava (Vp)	Kc (m)	400	600	1.000	1.400	1.900	2.600	3.400	4.200	5.200	6.300	6.300	3.204.403 (2)
ALZADO	Curva Vertical Cóncava (Ilum. Artif.)	Kci (m)	250	400	650	950	1.300	1.700	2.100	2.600	3.200	3.700	3.700	3.204.403 (3)
ALZADO	C. Vertical Convexa x . Adelant. (6)	Ka (m)	3.500	6.300	9.800	14.900	21.000	27.200	33.900	39.100	45.900	-	-	3.204.405
ALZADO	Long. Mín. Curva Vertical	2T (m)	En general 2T mín ≥ V (km/h); Si 2T mín. Controla K mín. = V/0 – Salvo casos 3.204.406										-	3.204.404

(1) Distancia Visibilidad adelantamiento requerida sólo en caminos Bidireccionales - No corresponde para V > 100 KPH. Salvo (110) si Vp = 100 y se trata de una pendiente > 6%.
(2) Valores de Δ Normal y Máximo, en ( ) Máximos para n > 1
(3) Para Radios Límite en Contraperalte en Tramos Singulares. Ver Tabla 3.203.303 (3) A
(4) Primer Valor Calzada Bidireccional / Segundo, Calzada Unidireccional-Ambas consideran Jmáx y Δ máx. Para R > Rmín Ver Lámina 3.203.403(1) A.
(5) Pendiente Máxima hasta 2500 m.s.n.m. - Mayor valor corresponde a Menor Categoría de Carretera.
(6) Considerar sólo en caminos Bidireccionales - No corresponde para V > 100 KPH.
Vp (110) y (130) No corresponden a una Velocidad de Proyecto de las Categorías - Se dan en relación con la V85% ó la V* de un cierto tramo. Para (130) Kv indicado corresponde a V* = Vp + 10.

Tabla 3.201.5.B
Características de la Sección Transversal

LA PLATAFORMA (3.302)	CALZADA (3.302.2)	Ancho	Véase Tabla 3.201.5 C ó 3.301.1 C		
		Inclinación en recta (%) Bombeo (3.302.204)	Tipo superficie	(I_{10}^1) ⩽ 15 mm/h (1)	(I_{10}^1) > 15 mm/h (1)
			Pav. hormigón ó asfalto	2,0	2,5
			Tratamiento superficial	3,0	3,5
			Grava, Chancado, Tierra	3,0 - 3,5	3,5 - 4,0
		Incl. en curva (Peraltes) (%)	En función de R - ver Lámina 3.203.303 (1) A		
	BERMAS (3.302.3)	Ancho	Véase Tabla 3.201.5 C ó 3.301.1C		
		Inclinacion en recta	Igual al bombeo de la calzada		
		Inclinacion en curva %	Igual al peralte de la calzada		
	SAP (3.302.4)	Ancho	Ver Tabla 3.201.5 C ó 3.301.1C		
		Inclinación	Ver Tabla 3.302.402 A		
	MEDIANA (3.302.5)	Ancho	Ver Tabla 3.201.5 C ó 3.301.1C		
		Inc. bermas interiores	En rectas y curvas igual a la pendiente de la calzada		

ESTRUCTURA DEL FIRME	Espesor (h_e)	Véase 3.603 a 3.605
	Sobreanchos de las capas	Bases tratadas: ⩾ Que 2 veces su espesor Bases granulares: ⩾ 0.50m.

LA INFRAESTRUCTURA (3.303)	PLATAFORMA DE SUBRASAN	Ancho (3.303.2)	Variable según taludes de Terraplén, espesor del firme y carasterísticas de la cuneta (profundidad, talud interior y ancho de fondo).		
		Inclinanión (3.303.3 y 4)	Pendiente que acompaña a la calzada en rectas y curvas. Limatesa central si hay bombeo a dos aguas .		
	INCLINACION DE TALUDES	Terraplén (3.303.3)	Por criterios de Estabilidad ver 3.303.301 y 3.602.4 Por criterios de Seguridad Vial ver 3.303.302.		
		Corte 3.602.5	Variable según suelos, altura del corte y existencia o no de bancos intermedios.		
		Alabeo 3.303.5	Terraplén ↔ talud interior cuneta: en 10m. o desde que H_T =2.0m. (la distancia que sea mayor). Corte → 4:1 en punto de H_C= 0.Corte ↔ Corte y Terraplén ↔ Terraplén: 40m.		
	CUNETAS (3.303.401)	Talud Interior Cuneta 3.303.401 (2)	Vp (km/h)	pic (m/m)	V : H
			⩽ 70	0,50	1 : 2
			80 - 90	0,40	1 : 2,5
			100	0,33	1 : 3
			120	0,25	1 : 4
		Profundidad de cunetas 3.303.401 (3)	Depende si es el lado alto o bajo de la curva y si la cuneta tiene o no revestimiento.		

(1) I_{10}^1= Intensidad de la lluvia de 1 Hora con 10 Años de Período de Retorno.

TABLA 3.201.5.C

CUADRO RESUMEN DE ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN Y DE SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA				VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO MEDIANA - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE[5] ATP = na + 2(be + Se) + M final		
						"bi" INTERIOR (m)	"be" EXTERIOR (m)	"Si" INTERIOR (m)	"Se" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA			120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	35	28	-
				100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
				80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-
	PRIMARIO Y AUTORRUTA			100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
				90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33	26	-
				80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8 [4]	0,5 - 0,8	10,0	3,0	3,0[4]	29	22	-
	COLECTOR			80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0, 8 [4]	0,5 - 0,8	10,0	3,0	3,0[4]	29	22	-
				70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8 [4]	0,5 - 0,8	9,0	2,0	2,0[4]	27	20	-
				60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8 [4]	0,5 - 0,8	9,0	2,0	2,0[4]	26	19	-
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO			100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	14,0
		COLECTOR		80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	12,0
				80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	11,0
			LOCAL	70	3,5	-	1,0 - 1,5[2]	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	10 - 11,0
				60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0[2]	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
			DESARROLLO	50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0[2]	-	0,5	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
				40	3,0	-	0,0 - 0,5[2]	-	0,5	-	-	-	-	-	7,0 - 8,0
				30	2,0- 3,0	-	0,0 - 0,5[2]	-	0,5	-	-	-	-	-	5,0 - 6,0

(1) Pistas de menos de 3,5 m deberán ser autorizadas expresamente por la Dirección de Vialidad.

(2) El ancho de las Bermas de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.

(3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén; caso sin Barrera de Seguridad SAPe = 0,5 m; con Barrera SAPe = 0,8 m.

(4) Para Ancho Final de Mediana de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0,6 a 0,8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0,56 m ó 0,82 m) o New Jersey (0,61 m).

(5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0,5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior Si cuneta es revestida Se = 0,0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0,5 m. En Unidireccionales "bi" y "si" están comprendidos en el ancho de la Mediana.

SECCION 3.202 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD Y MANIOBRAS ASOCIADAS

3.202.1 ASPECTOS GENERALES

Una carretera o camino debe ser diseñada de manera tal que el conductor cuente siempre con una visibilidad suficiente como para ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En general, el conductor requiere de un tiempo de percepción y reacción para decidir la maniobra a ejecutar y un tiempo para llevarla a cabo. Durante este tiempo total, el o los vehículos que participan en la maniobra recorren distancias que dependen de su velocidad de desplazamiento y que determinan, en definitiva, las distintas distancias de visibilidad requeridas en cada caso.

Se distinguen para el diseño cinco tipos de visibilidad, bajo distintas circunstancias impuestas por el trazado de la carretera o la maniobra que se desea ejecutar.

Los casos básicos aludidos son:

a) Visibilidad de Parada
b) Visibilidad de Adelantamiento (Caminos Bidireccionales)
c) Visibilidad al Punto de Atención
d) Visibilidad en Intersecciones
e) Visibilidad para cruzar una Carretera o Camino

Las dos primeras situaciones influencian el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta Sección, considerando inicialmente la situación de referencia; es decir, en alineamiento recto y sin pendiente, para luego analizar el efecto de las pendientes y de las obstrucciones a la visibilidad que pueden darse en las curvas horizontales. Las condicionantes impuestas por el alzado, curvas verticales, se analizarán en la Sección 3.204. La tercera situación dice relación con el diseño espacial de la carretera y se trata en 3.205.302(4)d “Pérdidas de Trazado”.

Finalmente, las dos últimas situaciones se tratan en el Capítulo 3.400 Intersecciones, Sección 3.404.2.

3.202.2 DISTANCIA DE PARADA

En todo punto de una Carretera o Camino, según se definió en 3.201.302, un conductor que se desplace a la Velocidad V, por el centro de su pista de tránsito, debe disponer al menos de la visibilidad equivalente a la distancia requerida para detenerse ante un obstáculo inmóvil, situado en el centro de dicha pista.

Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor que 0,20 m, estando situados los ojos de conductor a 1,10 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

$$Dp = \frac{V \cdot tp}{3,6} + \frac{V^2}{254\ (r \pm i)}$$

Dp = Distancia de Parada (m)
V = Vp o V* Según lo definido en 3.201.302
tp = Tiempo de Percepción + Reacción (s)
r = Coeficiente de Roce Rodante, Pavimento Húmedo
i = Pendiente Longitudinal (m/m)
+ i Subidas respecto sentido de circulación
- i Bajadas respecto sentido de circulación

El primer término de la expresión representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción + reacción (dtp) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención junto al obstáculo (df).

La Tabla 3.202.2.A presenta los valores parciales calculados mediante la expresión citada y el valor redondeado adoptado para Dp. Todo ello considerando que V* corresponde a la velocidad asignada al tramo y que los valores de "tp" y "r" se han actualizado de acuerdo a las tendencias vigentes a la fecha.

Los valores allí consignados para Dp son los mínimos admisibles en horizontal. En la Lámina 3.202.2.A se presentan los valores corregidos por efecto de la pendiente.

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

TABLA 3.202.2.A
DISTANCIA MINIMA DE PARADA EN HORIZONTAL "Dp"
$Dp = 0{,}555\ V + 0{,}00394\ V^2/r$

V	tp	r	dtp	df	Dp(m)		V
km/h	s	-	m	m	dtp+df	Adopt.	Km/h.
30	2	0,420	16,7	8,4	25,1	**25**	30
35						31	35
40	2	0,415	22,2	15,2	37,4	**38**	40
45						44	45
50	2	0,410	27,8	24,0	51,8	**52**	50
55						60	55
60	2	0,400	33,3	35,5	68,8	**70**	60
65						80	65
70	2	0,380	38,9	50,8	89,7	**90**	70
75						102	75
80	2	0,360	44,4	70,0	114,4	**115**	80
85						130	85
90	2	0,340	50,0	93,9	143,8	**145**	90
95						160	95
100	2	0,330	55,5	119,4	174,9	**175**	100
105						192	105
110	2	0,320	61,1	149,0	210,0	**210**	110
115						230	115
120	2	0,310	66,6	183,0	249,6	**250**	120
125						275	125
130	2	0,295	72,2	225,7	297,9	**300**	130

V = Vp o V* Según lo expuesto en 3.201.302

3.202.201 Visibilidad de Parada en Puntos Singulares. En sectores que se aparten del caso base, trazado recto con rasante en pendiente uniforme, el cálculo de los elementos deberá verificarse o efectuarse de modo de asegurar en todo punto, al menos una visibilidad equivalente a la distancia de parada requerida. Estos casos se tratan en:

a) Verificación de "Dp" en Curvas Horizontales (3.202.402)
b) Verificación Gráfica de las Distancias de Visibilidad en Alzado (3.202.403)
c) Diseño Curvas Verticales por Criterio "Dp" (3.204.403)
d) Verificación de "Dp" bajo Estructuras (3.204.403(3) b

ILUSTRACION GRAFICA

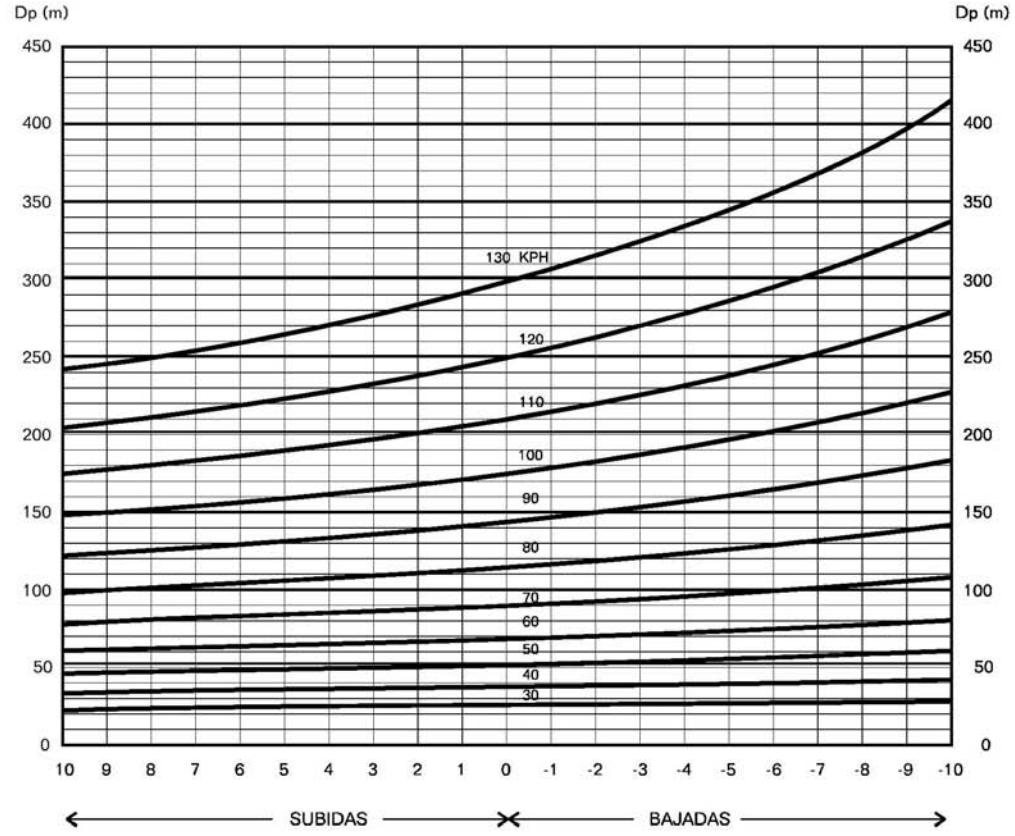


TABLA NUMERICA EQUIVALENTE

V (KPH) ⟶		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
EN SUBIDA + i %	10	23	34	47	62	79	99	122	147	175	205	241
	9	24	35	47	62	80	100	124	149	177	208	245
	8	24	35	48	63	81	102	126	152	180	212	250
	7	24	35	48	63	82	103	128	154	183	216	255
	6	24	35	49	64	83	104	130	157	187	220	260
	5	24	36	49	65	84	106	132	159	190	224	265
	4	24	36	50	66	85	107	134	162	193	229	271
	3	25	36	50	66	86	109	136	165	197	233	277
	2	25	37	51	67	87	111	139	168	201	239	284
	1	25	37	51	68	88	113	141	171	206	244	290
(1)	0	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250	300
EN BAJADA - i %	-1	25	38	52	70	91	116	147	179	215	256	306
	-2	26	38	53	71	92	119	150	183	220	262	314
	-3	26	39	54	72	94	121	153	187	225	269	323
	-4	26	39	54	73	96	123	156	191	231	277	333
	-5	26	39	55	74	97	126	160	196	238	285	344
	-6	27	40	56	75	99	128	164	201	244	294	355
	-7	27	40	57	76	101	131	168	207	252	303	368
	-8	27	41	58	78	103	134	173	213	260	313	382
	-9	27	42	59	79	105	138	178	220	268	324	397
	-10	28	42	60	81	108	141	183	227	278	337	414

(1) : En horizontal valores redondeados según Tabla 3.202.2A

3.202.3 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO

La Distancia de Adelantamiento "Da", equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar a un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la de proyecto; esto es, para abandonar su pista, sobrepasar el vehículo adelantado y retornar a su pista en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por la pista utilizada para el adelantamiento.

De lo expuesto se deduce que la Visibilidad de Adelantamiento se requiere sólo en caminos con pistas para tránsito bidireccional. En carreteras con pistas unidireccionales no será necesario considerar en el diseño el concepto de distancia de adelantamiento, bastando con diseñar los elementos para que cuenten con la visibilidad de parada.

La línea de visual considerada en este caso será aquella determinada por la altura de los ojos de uno de los conductores (1,10 m) en un extremo y la altura de un vehículo (1,2 m) en el otro. Para simplificar la verificación se considerará que al iniciarse la maniobra todos los vehículos que intervienen se sitúan en el eje de la pista de circulación que les corresponde, según el sentido de avance.

El enfoque clásico elaborado por AASHTO para calcular Da, implica definir una serie de variables y situaciones que conforman un modelo, por lo general conservador, de las diferentes realidades que se presentan en la práctica. Contrastados los valores recomendados por AASHTO con los que se emplean en Alemania, España y Gran Bretaña, se adoptaron valores medios correspondientes a la tendencia europea, que son del orden de un 5 a 10% menores que los de AASHTO.

La Tabla 3.202.3.A entrega los valores mínimos a considerar en el diseño como visibilidades adecuadas para adelantar. El proyectista deberá verificar en las etapas iniciales del proyecto en que zonas se deberá prohibir el adelantamiento (3.202.303) y así adaptar su trazado evitando sectores demasiado largos en que no se pueda ejecutar esta maniobra, según se discute en 3.202.302. Las distancias de adelantamiento se dan en función de la Velocidad de Proyecto Vp, considerando que difícilmente se intentarán maniobras de adelantamiento respecto de vehículos que circulan a velocidades mayores.

En la carretera misma, las zonas de no adelantar se señalizarán según se indica en 3.202.303 y en aquellas zonas con visibilidad adecuada para adelantar, los conductores actuarán en conformidad con la situación particular que enfrenten.

TABLA 3.202.3.A
DISTANCIA MINIMA DE ADELANTAMIENTO(1)

Velocidad de Proyecto km/h	Distancia Mínima de Adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

(1) Ver 3.202.301 Efecto de las Pendientes

Donde sea económico posibilitar el adelantamiento el proyectista procurará dar distancias de visibilidad mayores que las indicadas en la Tabla precedente.

3.202.301 Efecto de las Pendientes sobre la Distancia de Adelantamiento. El análisis de la distribución de velocidades que se presentó en las Láminas 3.102.404.A y B indica que los vehículos livianos sólo ven afectada su velocidad en subidas de muy fuerte pendiente. Las distintas normas analizadas no introducen correcciones a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, sin embargo, la capacidad de aceleración es menor que en terreno llano y por ello resulta conveniente considerar un margen de seguridad para pendientes mayores que + 6,0, según se señala a continuación.

En pendientes > 6,0%
Usar Da correspondiente a Vp + 10 km/h
Si Vp = 100 km/h considerar en estos casos Da $\geq$ 650 m

Es decir, se adopta para esas situaciones, como valor mínimo de Da, el correspondiente a una velocidad de Proyecto 10 km/h superior a la del camino en estudio. Si en la zona que se analiza no se dan las condiciones para adelantar requeridas por el Da corregido por pendiente, el proyectista considerará la posibilidad de reducir las características del elemento vertical que limita el adelantamiento, a fin de hacer evidente que no se dispone de visibilidad para esta maniobra quedando ello señalizado. En todo caso dicho elemento vertical siempre deberá asegurar visibilidad para Dp.

3.202.302 Frecuencia de Zonas Adecuadas para Adelantar. La visibilidad requerida para los adelantamientos es muy superior a la de parada. Tratar de diseñar un camino que posea a todo lo largo una Da adecuada para adelantar resulta antieconómico, lo que se acentúa a medida que el terreno pasa de llano a ondulado y de este a montañoso.

En el otro extremo, la poca frecuencia de zonas con visibilidad de adelantamiento reduce la capacidad de los caminos bidireccionales, provoca impaciencia en los conductores y hace aumentar el peligro que conllevan las maniobras de adelantamiento arriesgadas.

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, emplazando 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 3.202.302.A.

TABLA 3.202.302.A
PORCENTAJE DE LA CARRETERA CON VISIBILIDAD ADECUADA PARA ADELANTAR

Tipo de Terreno	% Mínimo	% Deseable
Llano	45	$\geq$ 65
Ondulado	30	$\geq$ 50
Montañoso	20	$\geq$ 30

3.202.303 Zonas de No Adelantar. Toda vez que no se disponga de la visibilidad de adelantamiento mínima, por restricciones causadas por elementos asociados a la planta o elevación o combinación de éstos, la zona de adelantamiento prohibido deberá contar con señalización horizontal, en el caso de pavimentos y mediante señalización vertical en todos los casos. 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.

Para definir la zona de no adelantar, el proyectista deberá determinar mediante procedimientos gráficos (3.202.4), o bien analíticos, los puntos del trazado, para cada sentido de tránsito, en que la visibilidad es igual, y de allí en adelante menor que el mínimo requerido.

3.202.4 VERIFICACION DE LA VISIBILIDAD

3.202.401 Aspectos Generales. 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.

Tramos en recta con pendiente uniforme no presentarán obstrucciones permanentes a la visibilidad; en situaciones extraordinarias, como faenas en la ruta, la señalización preventiva correspondiente debe resolver la situación. En el caso de Da se considerará la Vp asignada a la ruta.

Tramos con curvatura en planta pero en pendiente uniforme deberán verificarse respecto de la distancia a obstáculos existentes en sentido transversal a la carretera, hacia el interior de la curva, que pueden estar constituidos por taludes de corte, árboles, etc., o bien por elementos instalados en la mediana (barreras, arbustos). El despeje lateral mínimo requerido se puede determinar con facilidad analíticamente, considerando la V* asignada al tramo. Tramos en recta con un alzado que presenta curvas verticales no requieren verificación en la medida que estas estén diseñadas para Dp considerando la V* asignada al tramo. Cuando se trata de un camino bidireccional los tramos diseñados para Dp deben analizarse para establecer los puntos en que se debe instalar señalización que prohiba el adelantamiento, resultando práctico el empleo de métodos gráficos o bien una rutina computacional.

Tramos que presentan simultáneamente curvatura en planta y alzado complican la verificación y normalmente se debe recurrir a los métodos gráficos, trabajando sobre los planos del proyecto, combinando los procedimientos que se ilustran más adelante.

3.202.402 Verificación de la Visibilidad en Planta. La visibilidad en el interior de una curva horizontal puede estar limitada por obstrucciones laterales. La expresión analítica que se presenta a continuación permite calcular el despeje mínimo 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. Las figuras de la Lámina 3.202.402.A muestran como mediante un polígono de visuales se puede determinar, para diversas secciones transversales, el despeje necesario medido a partir del radio que describe el conductor por la pista interior (derecha) de la calzada, en el caso de curvas a la derecha. En carreteras unidireccionales se podrá usar el mismo procedimiento, pudiendo en ese caso también ser crítica la pista adyacente a la mediana (izquierda), para curvas hacia la izquierda, si en la mediana existen barreras camineras o arbustos. (Ver caso de Carreteras Unidireccionales con Control Total de Acceso al final de este numeral).

Para calcular el despeje lateral máximo requerido se deben considerar los dos casos que se ilustran.

I Dp o Da < Desarrollo de la Curva Circular
II Dp o Da > Desarrollo de la Curva Circular

En el caso I la zona sombreada ilustra el valor “a máx” requerido para lograr la visibilidad necesaria. Este valor puede ser calculado analíticamente a partir de la expresión:

$$a\ máx = R\left[1-\cos\left(\frac{100 \cdot Dv}{\pi \cdot R}\right)\right]$$

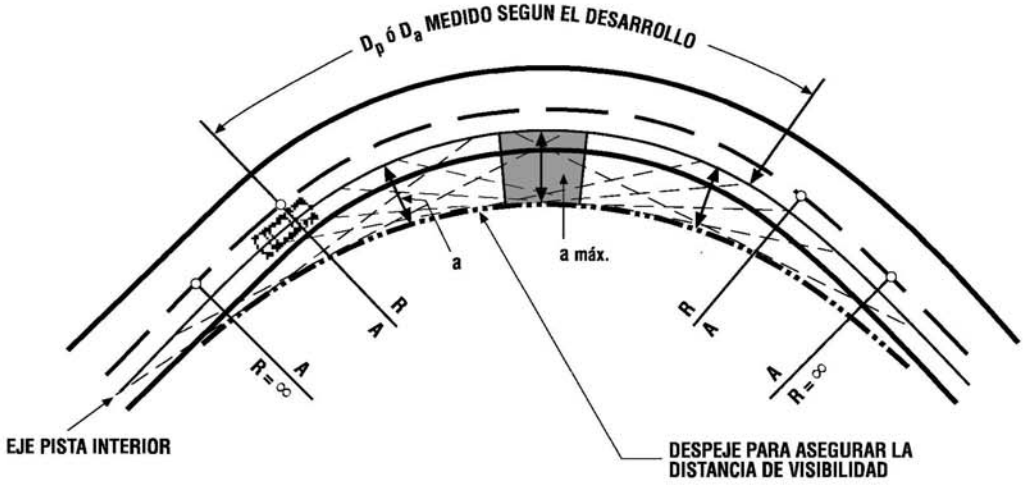
Siendo Dv igual a Dp o Da según el caso bajo análisis y la función trigonométrica en grados centesimales.

La anterior expresión puede reemplazarse por : $a\ máx = Dv^2 / 8R$ que da resultados suficientemente aproximados para todos los efectos, cuando se calcula a máx, por condición de parada o cuando se calcula a máx, 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.

La distancia entre el conductor y el borde de la pista crítica de ancho normal, 3,5 o 3,0 m por la que éste circula, se indica en la Tabla 3.202.402.A, para distintas situaciones. Considerando el sentido de circulación, son Pistas Criticas que requieren verificación, la pista derecha en curvas a la derecha, en calzadas bidireccionales y unidireccionales, y la pista izquierda para curvas a la izquierda en calzadas unidireccionales (las adyacentes a la mediana).

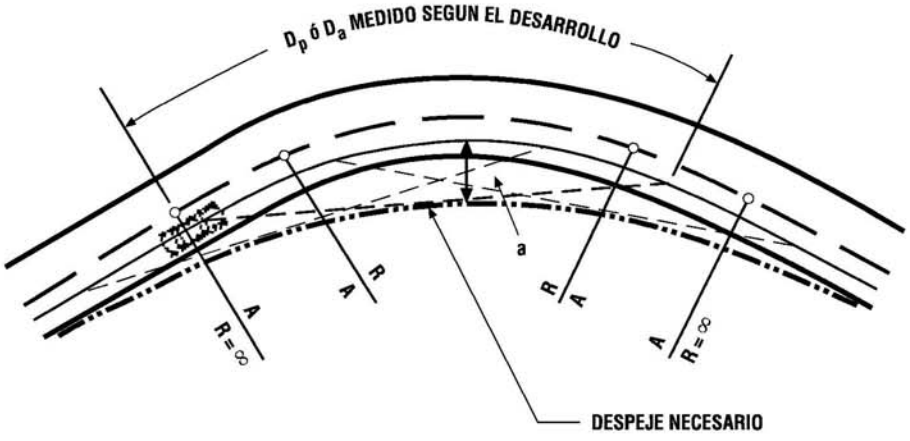
CASO I:

D_p ó D_a < Desarrollo Curva Circular



CASO II:

D_p ó D_a > Desarrollo Curva Circular



NOTA: El procedimiento es válido también para configuraciones sin curva de enlace

TABLA 3.202.402.A
DISTANCIA DEL CONDUCTOR AL BORDE DE LA PISTA CRITICA "dc(m)"
(Considerar Sentido del Flujo y de la Curva)

TRAZADOS EN CAMPO ABIERTO -TERRAPLENES O CORTES CON TALUD ≤ 4v:1h			
CALZADAS BIDIRECCIONALES (n=2)		CALZADAS UNIDIRECCIONALES (n≥2)	
Pistas 3,5 m	Pistas 3,0 m	Pistas 3,5 m	
2,0	1,75	2,0 P. Derecha	1,50 P. Izquierda
TRAZADOS EN TUNELES O ADYACENTES A MUROS DE CONTENCION O CORTES CON TALUD > 4v:1H (1) Y (2)			
CALZADAS BIDIRECCIONALES (n = 2)		CALZADAS UNIDIRECCIONALES (n ≥ 2)	
PISTAS 3,5 m	PISTAS 3,0 m	PISTAS 3,5 m	
2,20	1,95	2,35 P. Derecha	1,65 P. Izquierda

(1) El "Efecto Pared" de los paramentos adyacentes hace que el conductor deje una distancia algo mayor al borde de la Pista Crítica, que la que deja en Campo Abierto, efecto más notorio aún en pistas con flujo unidireccional.
(2) Si adyacente a la Pista Crítica existe una Berma o Acera que individualmente o en conjunto posean un ancho mayor que 1,5 m el Efecto Pared deja de operar y se empleará el "dc" correspondiente a Campo Abierto.

La distancia libre entre el radio que describe el Conductor y el obstáculo deberá ser tal que:

dc + borde pista crítica al obstáculo ≥ a máx (m)

El espacio entre el borde de la pista crítica y el obstáculo se obtendrá sumando los anchos de los siguientes elementos, cuando ellos existan: Sobreancho de Pistas Normales y aceras en Túneles, Sobreancho en curvas según 3.203.306, Bermas, SAP, cuneta y cualquier otro espacio libre de obstáculos, hasta alcanzar la posición del elemento que obstruye la visión.

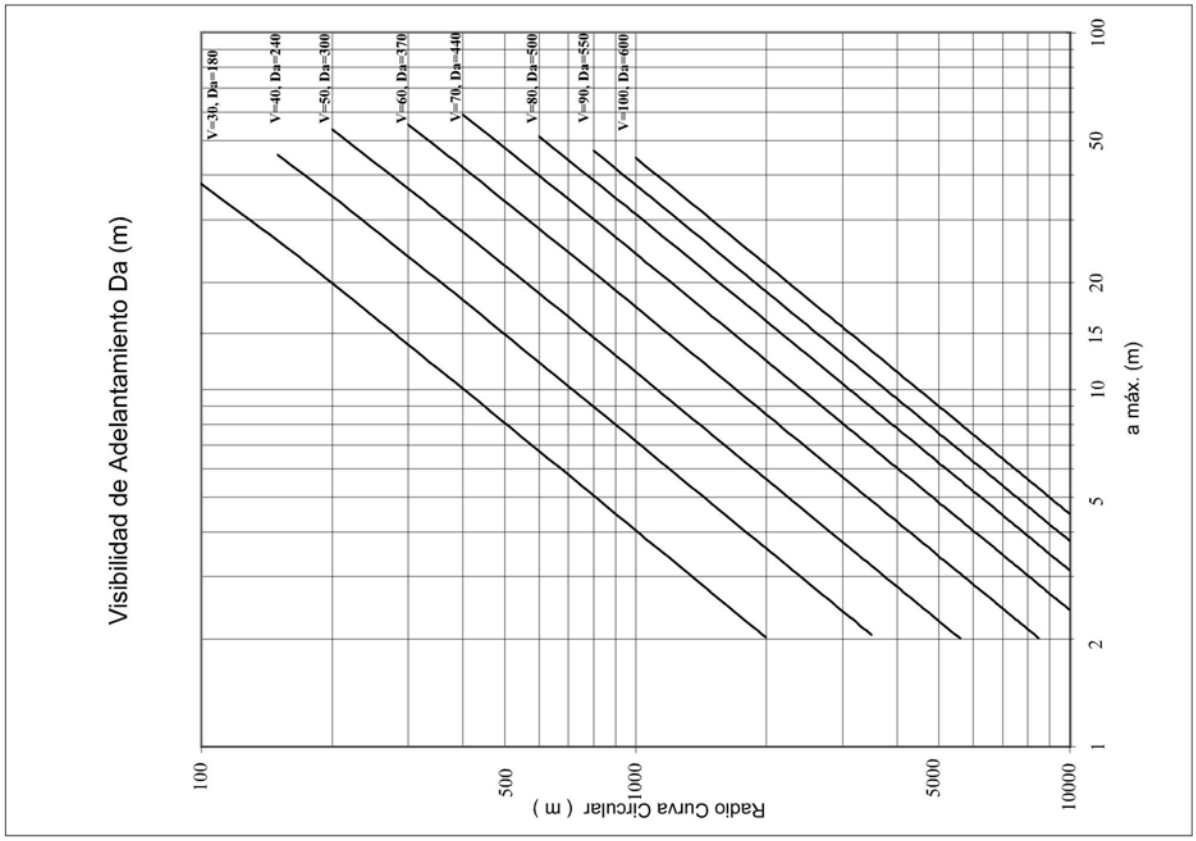
Los ábacos de la Lámina 3.202.402.B entregan la solución gráfica de la expresión exacta. Los valores de allí obtenidos servirán para verificar si una curva en particular provee o no la distancia de visibilidad requerida. Lo anterior es válido tanto para el Caso I como para el Caso II, ya que en este último, el despeje requerido es siempre menor que el a máx del Caso I.

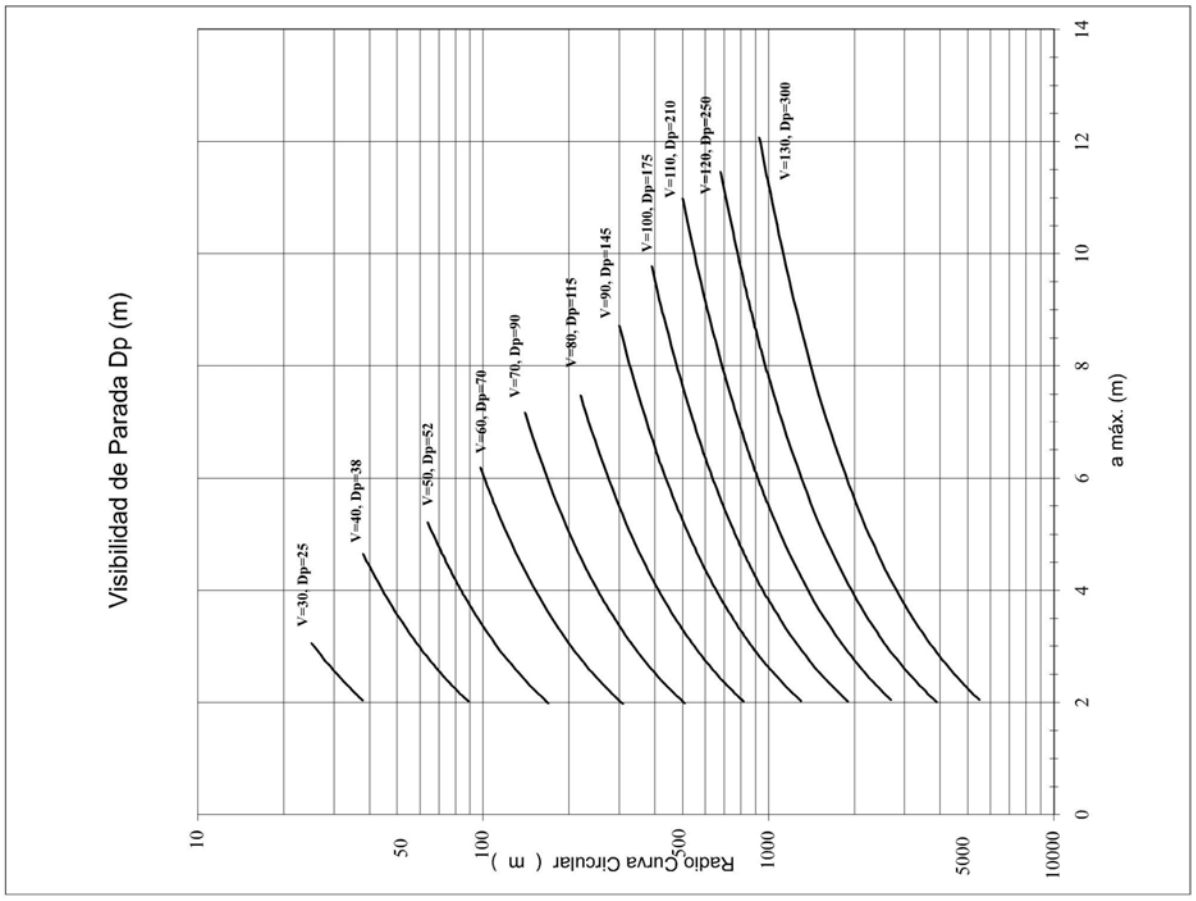
Si la verificación indica que no se tiene la visibilidad requerida y no es posible o económico aumentar el radio de la curva, se deberá recurrir el método gráfico para calcular las rectificaciones necesarias, ya sea que se trate de un talud de corte u otro obstáculo que se desarrolla a lo largo de toda o parte de la curva.

Las líneas de visual se trazarán de modo que la visibilidad bajo análisis (parada o adelantamiento), se de a lo largo del desarrollo de la trayectoria que sigue el conductor. En calzadas bidireccionales se aceptará que el Radio que describe el Conductor es igual al del eje del trazado. En calzadas unidireccionales en que el eje se emplaza en el centro de la mediana, se recalculará el Radio efectivo que describe el conductor si este difiere en más de ± 5 m con el del trazado.

En Carreteras Unidireccionales con Control Total de Acceso, tanto para vehículos como para peatones y animales, la Verificación de la Visibilidad de Parada a lo largo de la pista interior de las calzadas, (aquellas adyacentes a la mediana) considerará que el obstáculo es un automóvil detenido en dicha pista, es decir un obstáculo de 1,2 m de alto. El Control de Acceso de peatones y animales se considera asegurado si existe un vallado sólo interrumpido en los ramales de ingreso y salida a la carretera, del tipo especificado en las Láminas del Volumen N° 4, números 4.301.003 (en zonas de baja densidad poblacional); 4.301.101 (densidad media) y 4.301.104 (alta densidad). Frente a las conexiones viales se podrá reforzar el control peatonal con un vallado en la mediana 150 m antes y después del acceso. En estos casos la altura máxima de las barreras debe limitarse a 1,15 m.

DESPEJE LATERAL REQUERIDO POR VISIBILIDAD DE PARADA O ADELANTAMIENTO





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 semi suma de la elevación de los ojos del conductor y del obstáculo; según el caso dicha altura será:

0,65 m para Visibilidad de Parada
1,15 m para Visibilidad de Adelantamiento

Cuando la curva horizontal coincide con una curva vertical convexa, será necesario trabajar simultáneamente con los planos de planta y perfil longitudinal, utilizando el procedimiento indicado en 3.202.403 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.

3.202.403 Verificación Gráfica de la Visibilidad en Alzado. Salvo el caso de coincidencia de curvas verticales con horizontales antes descrito, la verificación de visibilidad en alzado 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 adelantamiento cuando el proyectista decide darlo, queda asegurado mediante el uso de los valores de la norma y las expresiones de cálculo citadas en 3.204.4.

En cualquier caso el método gráfico que se ilustra en la figura de la Lámina 3.202.403.A, 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:

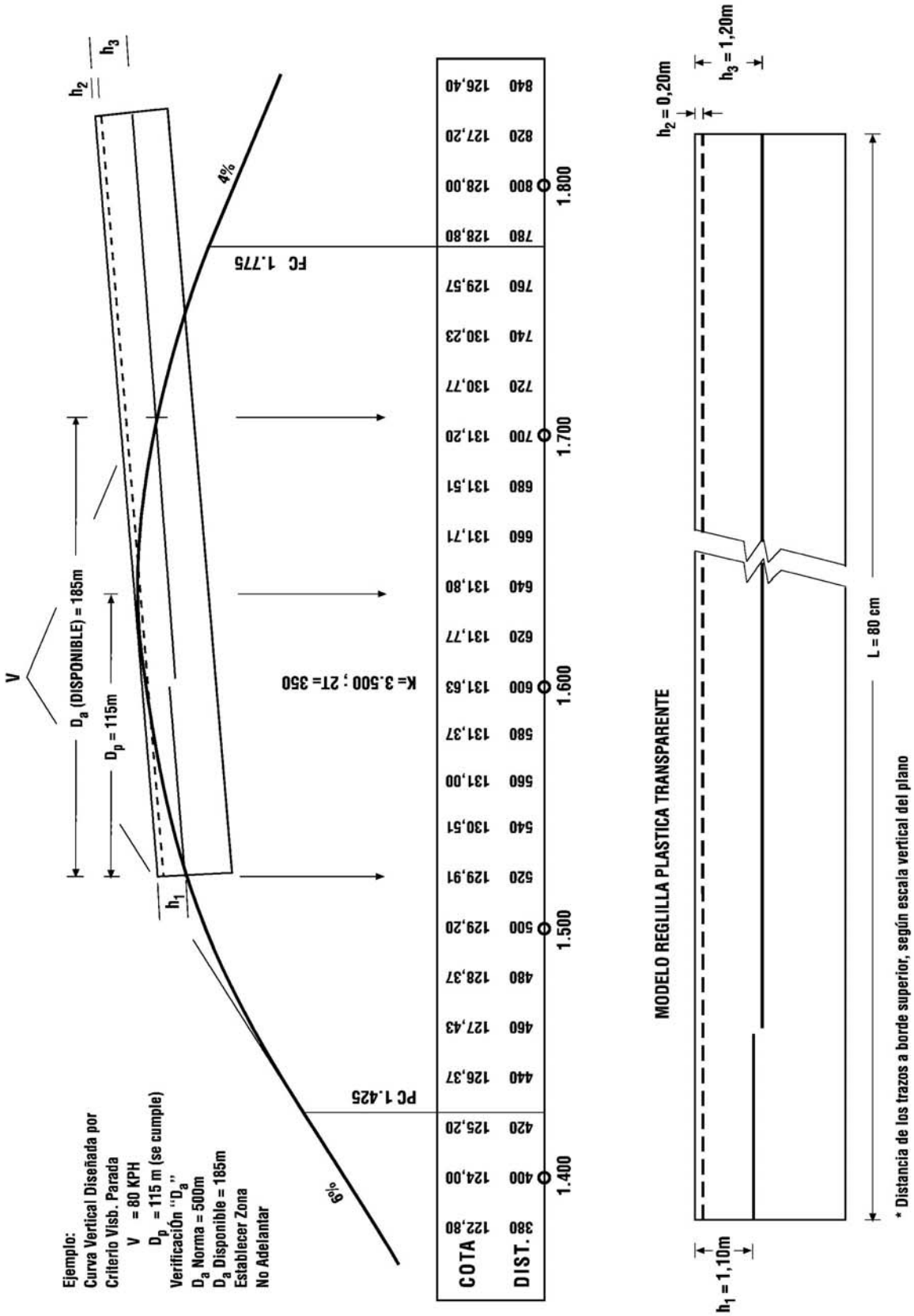
- Largo: 80 cms. Ancho: 3 cm
- Rayado de la Reglilla:
- Trazo segmentado a 2,0 mm del borde superior: representa 20 cm, a la escala del plano y corresponde a la altura del obstáculo inmóvil.
- Trazo lleno a 11,0 mm del borde superior y de 10 cms de largo a partir del extremo izquierdo de la reglilla. Representa altura de los ojos del observador (1,10 m)
- Trazo lleno a 12 mm del borde superior, marcado a partir del término del trazo anterior y a todo el largo de la reglilla. Representa altura de vehículo (1,2 m).

Tal como se observa en la figura, al cortar la rasante con el trazo que dista 1,10 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 1,2 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 la reglilla a lo largo de la rasante en uno y otro sentido de circulación, se podrán verificar las visibilidades disponibles y así determinar 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.

VERIFICACION GRAFICA DE LA VISIBILIDAD EN ALZADO



SECCION 3.203 TRAZADO EN PLANTA

3.203.1 ASPECTOS GENERALES

3.203.101 Controles del Trazado en Planta. En tramos restrictivos del trazado se deberá asegurar una operación segura y confortable considerando la Velocidad de Proyecto (Vp) correspondiente a la categoría de la ruta; en tanto que en los tramos de trazado amplio se deberá considerar la V85% ó la V* según corresponda, asociada al conjunto de los elementos del tramo, en previsión de las velocidades de desplazamiento que adoptará un porcentaje importante de los usuarios en los períodos de baja demanda. Si por condiciones topográficas se debe cambiar la velocidad de proyecto, el diseño debe consultar el tramo de transición correspondiente, situación que se señalizará adecuadamente en terreno.

Los límites normativos que se indican más adelante se aplican a la combinación de elementos rectos y curvos de caminos bidireccionales y unidireccionales, excepto cuando se haga la salvedad correspondiente.

Las principales consideraciones que controlan el diseño del alineamiento horizontal son:

a) Categoría de la Ruta
b) Topografía del Area
c) Velocidad de Proyecto
d) V85 % para diseñar las Curvas Horizontales
e) V* para verificar Visibilidad de Parada
f) Coordinación con el Alzado
g) Costo de Construcción, Operación y Mantención

Todos estos elementos deben conjugarse de manera tal que el trazado resultante sea el más seguro y económico, en armonía con los contornos naturales y al mismo tiempo adecuado a la categoría, según la Clasificación funcional para Diseño.

El alineamiento horizontal deberá proporcionar en todo el trazado a lo menos la distancia mínima de visibilidad de parada, de acuerdo a lo establecido en 3.202.2.

3.203.102 Localización del Eje en Planta . Si el proyecto consulta calzada única, en la mayoría de los casos el eje en planta será el eje de simetría de la calzada de sección normal, prescindiendo de los posibles ensanches o pistas auxiliares que puedan existir en ciertos sectores. El eje de simetría será también el eje de giro para desarrollar los peraltes.

En carreteras unidireccionales provistas de mediana, el eje se localizará en el centro de la mediana y los bordes interiores del pavimento de las calzadas poseerán la misma cota que dicho eje en las secciones transversales correspondientes. Los ejes de giro del peralte corresponderán en este caso a los bordes interiores del pavimento de cada calzada.

En carreteras unidireccionales con calzadas independientes el eje corresponderá al eje de simetría de cada calzada, el que también será eje de giro de los peraltes. Sin embargo, si las calzadas se independizan sólo en un tramo, conviene mantener el eje en el borde interior del pavimento para facilitar el empalme y la coherencia general del proyecto cuando estas vuelvan a juntarse.

En carreteras bidireccionales, para las que en el mediano plazo se prevea la construcción de la segunda calzada, la Dirección de Vialidad decidirá oportunamente si se diseñan considerando un eje de simetría en la calzada inicial o un eje localizado en la futura mediana, proyectándose en este caso con bombeo en un solo sentido.

Para las pistas de aceleración, deceleración y ramales de intersecciones y enlaces, se definirán ejes adecuados a cada situación según se establece en los Capítulos 3.400 y 3.500.

3.203.103 Criterios Para Establecer el Trazado en Planta

3.203.103(1) Elementos del Trazado en Planta. La planta de una carretera preferentemente deberá componerse de una sucesión de elementos curvos que cumplan las relaciones que se fijan más adelante y de aquellos tramos en recta que sean indispensables.

Los elementos curvos comprenden:

a) Curvas Circulares
b) La parte central circular y dos arcos de enlace
c) Otras combinaciones de arco circular y arco de enlace

3.203.103(2) Tendencia Actual. La tendencia actual en el diseño de carreteras de cierto nivel se orienta hacia la utilización de curvas amplias que se adaptan a la topografía del terreno, haciendo casi desaparecer las rectas. Esta forma de trazado se preferirá por cuanto los largos tramos rectos inducen velocidades V 85% muy por sobre la velocidad de proyecto, aumentan el peligro de deslumbramiento por las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto, y porque la monotonía en la conducción disminuye la concentración del conductor, lo que en oportunidades es motivo de accidentes. Una sucesión de curvas de radios adecuados limitan la V 85% y mantienen al conductor atento al desarrollo del trazado. Por otra parte, las curvas armonizan en mejor forma con las sinuosidades del terreno, proporcionando claras ventajas desde el punto de vista estético y económico.

Hay zonas en Chile en que los trazados con curvas se producen naturalmente, y otras en las cuales la topografía sugiere largos tramos en recta, los que deberán ser evitados premeditadamente.

En terrenos llanos y ondulados suaves los conductores esperan poder desarrollar velocidades relativamente altas y consecuentemente se deberán evitar los radios mínimos correspondientes a la categoría de la ruta, los que sólo podrán emplearse en sectores obligados, siempre que estén precedidos de elementos curvos que van disminuyendo paulatinamente.

Los trazados sinuosos compuestos de curvas cortas, deberán evitarse en trazados de velocidad de proyecto sobre 70 km/h pues inducen a una conducción errática.

En terrenos ondulados fuerte y montañosos, los conductores están dispuestos a una mayor restricción pudiendo emplearse elementos en el orden de los mínimos de norma, siempre que ellos no aparezcan en forma sorpresiva.

3.203.103(3) El Problema de la Visibilidad. Si bien el trazado curvo tiene las bondades que se han indicado, la obtención de visibilidad de adelantamiento para caminos bidireccionales exige tramos rectos o de curvatura muy suave, que permiten adelantar en el mayor porcentaje posible de su longitud (Ver 3.202.302). Las curvas del orden del mínimo admisible disminuyen la confianza del conductor para adelantar, aunque ofrezcan visibilidad adecuada. Las rectas largas que se impongan para facilitar el adelantamiento deben terminar en curvas horizontales cuyo radio asegure una velocidad específica mayor o igual que la V 85% definida en 3.201.301.

3.203.103(4) Elementos de Curvatura Variable. La utilización de elementos de curvatura variable entre recta y curva circular, o bien como elemento de trazado propiamente tal, se hace necesaria por razones de seguridad, comodidad y estética. Como elemento de curvatura variable con el desarrollo se utilizará la clotoide, cuyas propiedades y campo de aplicación se tratan en 3.203.4 y 3.203.5.

3.203.2 ALINEAMIENTO RECTO

3.203.201 Aspectos Generales . Salvo en zonas desérticas o estepas, los grandes alineamientos rectos no se dan en forma natural. Pretender incorporarlos al trazado implica por lo general movimientos de tierra innecesarios, además de producir los inconvenientes operativos descritos en 3.203.103(2).

En muchos casos puede reemplazarse con ventaja un alineamiento recto por curvas de radios comprendidos entre 5.000 y 7.500 m.

3.203.202 Longitudes Máximas en Recta . Se procurará evitarán longitudes en recta superiores a:

Lr (m) = 20 Vp (km/h)

Lr = Largo en m de la Alineación Recta
Vp = Velocidad de Proyecto de la Carretera

En caminos bidireccionales de dos pistas, a diferencia de lo que ocurre en carreteras unidireccionales, la necesidad de proveer secciones con visibilidad para adelantar justifica una mayor utilización de rectas importantes. Sin embargo, rectas de longitud comprendida entre 8Vp y 10Vp, enlazadas por curvas cuya Ve sea mayor o igual que la V85 determinada según la Tabla 3.201.301(1).B, cubren adecuadamente esta necesidad.

3.203.203 Longitudes Mínimas en Recta. Se debe distinguir las situaciones asociadas a curvas sucesivas en distinto sentido o curvas en “S” de aquellas correspondientes a curvas en el mismo sentido.

3.203.203(1) Curvas en S:

a) En Nuevos Trazados *deberá existir* coincidencia entre el término de la clotoide de la primera curva y el inicio de la clotoide de la segunda curva.

b) En las Recuperaciones o Cambios de Estándar, si lo expuesto en a) no es posible se podrán aceptar tramos rectos intermedios de una longitud no mayor que:

Lrs máx = 0,08 (A1 + A2)

Siendo A1 y A2 los parámetros de las clotoides respectivas.

c) Tramos Rectos Intermedios de Mayor Longitud, deberán alcanzar o superar los mínimos que se señalan en la Tabla 3.203.203(1).A, los que responden a una mejor definición óptica del conjunto que ya no opera como una curva en S propiamente tal, y están dados por Lr mín = 1,4 Vp.

TABLA 3.203.203(1).A
Lr mín ENTRE CURVAS DE DISTINTO SENTIDO-CONDICION c)

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

3.203.203(2) Tramo Recto Entre Curvas en el Mismo Sentido. Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivamente cortas entre curvas en el mismo sentido, en especial en terreno llano y ondulado suave con velocidad de proyecto medias y altas.

La Tabla 3.203.203(2).A entrega los valores deseables y mínimos según tipo de terreno y Vp.

TABLA 3.203.203(2).A
Lr mín ENTRE CURVAS DEL MISMO SENTIDO

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano y Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	-	-	-	-

Los valores indicados corresponden a Deseables y Mínimos.

Para longitudes de la recta intermedia menores o iguales que los mínimos Deseables, se mantendrá en la recta un peralte mínimo igual al bombeo que le corresponde a la carretera o camino (2, 2,5 ó 3%).

El empleo de valores bajo los deseables sólo se aceptará si no es posible reemplazar las dos curvas por una sola de radio mayor, o bien, enlazar ambas curvas mediante una clotoide intermedia formando una Ovoide, o dos clotoides y una curva circular intermedia (Ovoide doble), configuraciones que se ilustran en la Lámina 3.203.503.A.

3.203.3 CURVAS CIRCULARES

3.203.301 Elementos de la Curva Circular. En la Lámina 3.203.301.A 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 centesimales (g).

Vn Vértice; punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado.
α Angulo entre dos alineaciones, medido a partir de la alineación de entrada, en el sentido de los punteros del reloj, hasta la alineación de salida.
ω Angulo de Deflexión entre ambas alineaciones, que se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular.
R Radio de Curvatura del arco de círculo (m)
T Tangentes, distancias iguales entre el vértice y los puntos de tangencia del arco de círculo con las alineaciones de entrada y salida (m). Determinan el principio de curva PC y fin de curva FC.
S Bisectriz; distancia desde el vértice al punto medio, MC, del arco de círculo (m)
D Desarrollo; longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC (m)
p Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
E Ensanche; sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva.

3.203.302 Radios Mínimos Absolutos. Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión:

$$Rm = \frac{Vp}{127\ (pmáx\ +\ t\,máx)}$$

Rm : Radio Mínimo Absoluto (m)
Vp : Velocidad Proyecto (Km/h)
pmáx : Peralte Máximo correspondiente a la Carretera o el Camino (m/m)
t máx : Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a Vp.

ELEMENTOS DE LA CURVA CIRCULAR

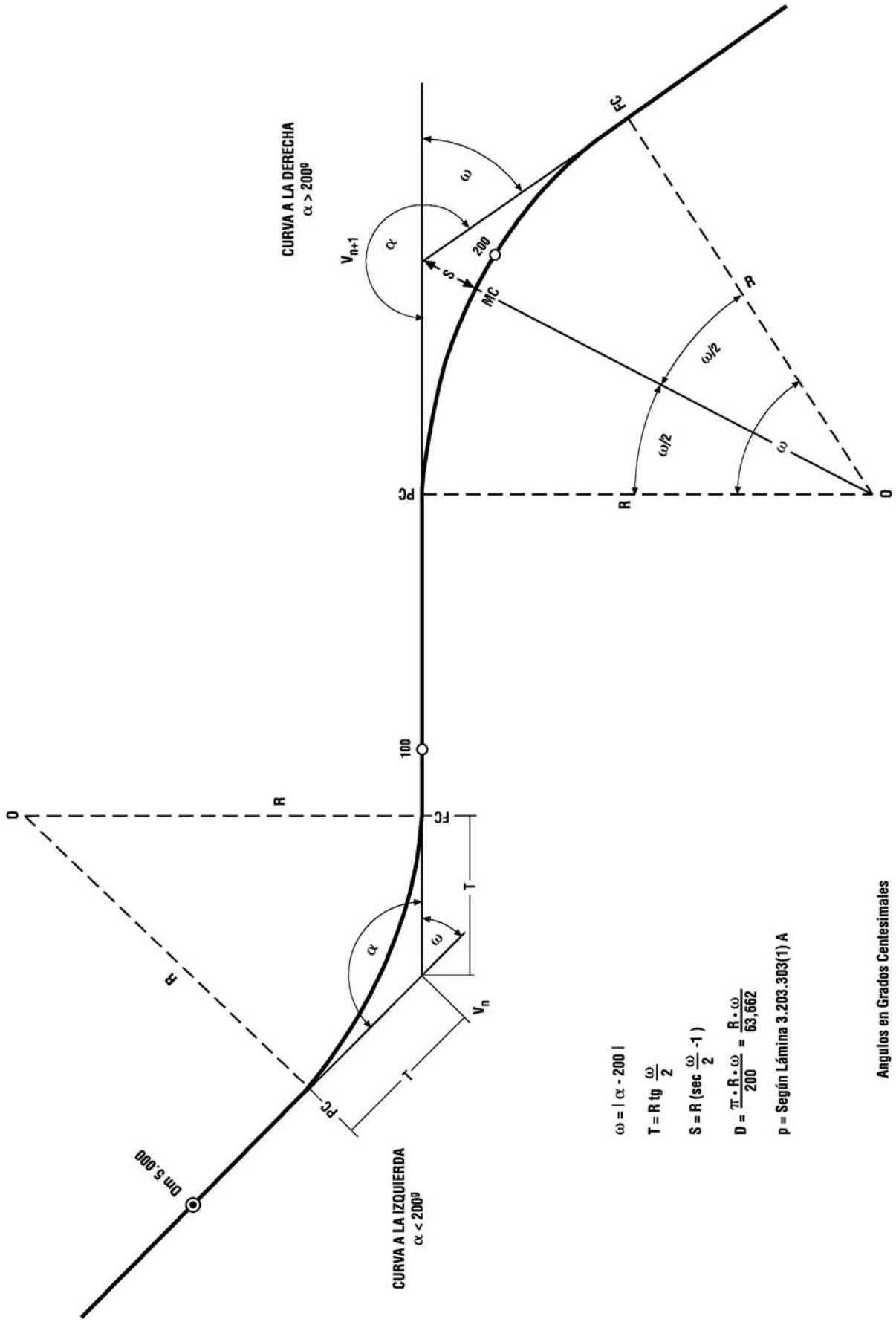


TABLA 3.203.302.A
VALORES MAXIMOS PARA EL PERALTE Y LA FRICCION TRANSVERSAL

Caminos	pmáx	tmáx
V p 30 a 80 km/h	7%	0,265 – V/602,4
Carreteras Vp 80 a 120 km/h	8%	0,193 – V/1134

TABLA 3.203.302.B
RADIO MINIMOS ABSOLUTOS EN CURVAS HORIZONTALES

Caminos Colectores – Locales – Desarrollo			
Vp	**pmáx**	**t máx**	**Rm**
Km/h	**(%)**		**(m)**
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Carreteras – Autopistas Autorrutas – Primarios			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

3.203.302(1) Utilización de los Radios Mínimos Absolutos. Los radios mínimos sólo podrán ser empleados al interior de una secuencia de curvas horizontales, cuando estén comprendidos dentro del rango aceptable para curvas horizontales consecutivas, que se específica en la Lámina 3.203.304.A para Carreteras y en la Lámina 3.203.304.B para Caminos.

Al final de tramos rectos de más de 400 m de largo, el menor radio autorizado será aquel cuya Velocidad Específica sea igual o mayor que la V85% obtenida según lo expuesto en 3.201.301(1).

En Carreteras o Caminos Unidireccionales, en que el eje del trazado se desarrolle por el centro la mediana, el radio efectivo de las curvas en las pistas de la calzada interior, será menor que el del eje del trazado; en consecuencia, además de lo expuesto precedentemente, el Radio Mínimo del trazado deberá aumentarse en al menos el espacio existente entre el eje del trazado y el borde izquierdo (según el sentido del tránsito) de la pista interior de esa calzada.

Luego en Calzadas Unidireccionales:

$$R_{mín\ en\ el\ Eje\ de\ Trazado} = R_{mín\ absoluto} + m/2 + (n-1) \cdot a$$

Siendo:
m = ancho de la mediana (m)
n = número de pistas por calzada
a = ancho normal de cada pista

Ejemplo:

R mín absoluto = 425 m; m= 6,0 m; n=3; a =3,5 m
R mín en el Eje del Trazado = 425 + 3,0 + 2 x 3,50 = 435 m

3.203.302(2) Modificación del Peralte Máximo. Para los Caminos que consultan un peralte máximo de 7%, se podrá, en casos calificados autorizados por la Dirección de Vialidad, subir el peralte a 8% siempre que la Línea de Máxima Pendiente no supere un 11%. El recálculo de Rm se hará empleando la fricción transversal correspondiente. Lo anterior será aplicable a curvas críticas de un trazado y de ningún modo a todo un camino.

3.203.302(3) Verificación por Visibilidad. El criterio de diseño de curvas por seguridad al deslizamiento, no garantiza la existencia de Visibilidad de Parada o Adelantamiento. Estas deberán ser verificadas de acuerdo con lo que se expone en 3.202.402.

3.203.303 Curvas Horizontales con Radios Sobre los Mínimos. El criterio tradicionalmente empleado con anterioridad establecía que para una velocidad de proyecto dada, correspondían peraltes decrecientes a medida que crecían los radios utilizados. Dicho criterio entra en contradicción con la realidad observada en cuanto a que mientras mas amplio es el trazado, mayores son las velocidad que tienden a emplear los usuarios, V85%, según lo definido anteriormente. En consecuencia, las tendencias actuales del diseño mantienen peraltes relativamente altos para un rango amplio de radios, independizándose de la Velocidad de Proyecto, con lo cual las curvas de radio mayor que el mínimo, aceptan una Velocidad Específica (Ve) mayor que la de proyecto, lo que permite mantener la seguridad por criterio de deslizamiento, para aquel grupo de usuarios que tiende a circular a velocidades más elevadas que las de proyecto, todo ello sin aumentar la sensación de enfrentar un trazado aún más amplio.

3.203.303(1) Peralte en Función del Radio de Curvatura.[1] La Lámina 3.203.303(1).A entrega el valor de los peraltes a utilizar en Carreteras y Caminos, los que están dados exclusivamente en función del radio seleccionado. En ella se entregan las definiciones analíticas y la expresión gráfica que les corresponde.

Los valores de p (%) se leerán del gráfico aproximando a un decimal.

3.203.303(2) Radio- Peralte- Velocidad Específica- Coeficiente de Fricción Transversal. La ecuación general que se dio en 3.203.302 puede escribirse también, como:

$$V^2 - 127\ R\ (p+t) = 0$$

Si se reemplaza el valor de t por la expresión analítica dada en la Tabla 3.203.302.A para cada uno de los rangos de velocidad allí indicados, y la variable V pasa a denominarse Ve, se tiene:

Para Caminos con $Vp \leq 80$ km/h	$Ve^2 + (0{,}211\ R)\ Ve - 127\ R\ (p+0{,}265) = 0$
Para Carreteras con $Vp \geq 80$ km/h	$Ve^2 + (0{,}112\ R)\ Ve - 127\ R\ (p+0{,}193) = 0$

Resolviendo las expresiones cuadráticas para cada par de valores de R(m) y p(m/m), obtenidos de la Lámina 3.203.303(1).A, mediante iteración computacional para valores crecientes de Ve, hasta que el resultado tienda a un residuo suficientemente pequeño, se obtiene el valor de Ve que satisface la expresión.

En la Lámina 3.203.303(2).A se presentan las Tablas, I Carreteras y II Caminos que entregan los valores de R - p – Ve y t.

Para el cálculo de la Tabla II se emplea la expresión para $Ve \leq 80$ km/h para radios hasta 250 m y $Ve \geq 80$ km/h para radios sobre 250 m; ello con el objeto de utilizar los valores de "t" que corresponden a velocidades mayores que 80 km/h; no obstante ello los peraltes empleados corresponden a los definidos para caminos.

Si bien las Tablas entregan un numero discreto de valores R – p – Ve, para radios intermedios el valor de Ve se puede estimar con suficiente aproximación interpolando linealmente.

[1] Nota: En el concepto de Velocidad Específica "Ve", y la definición del Peralte en función exclusivamente del radio de las curvas de las categorías Carreteras y Caminos, se ha considerado la Instrucción de Carreteras – Norma 3.1-IC "Trazado" - Ministerio de Fomento – Dirección General de Carreteras – España 2000.

Para R ≥ 900 m en Carreteras, se considerará que Ve = 130 km/h, para R ≥ 700 m en Caminos, se considerará que Ve = 110 km/h

Para calcular la Ve de curvas existentes, diseñadas mediante criterios distintos de los aquí especificados, se deberá resolver la expresión cuadrática que corresponda (camino o carretera), introduciendo el radio de la curva y el peralte que ésta tiene en terreno. La expresión considera directamente el valor de "t" vigente según la normativa actual.

3.203.303(3) Radios Límite en Contraperalte - RL. En general el contraperalte, o inclinación transversal de la calzada en sentido contrario al que normalmente corresponda en la curva, sólo será aceptable para radios ≥ 3.500 m en Caminos y ≥ 7.500 en Carreteras. Su valor máximo podrá igualar al de bombeo, o inclinación transversal de la calzada en alineamientos rectos (Ver Tabla 3.302.204.A), pero sin superar –2,5%.

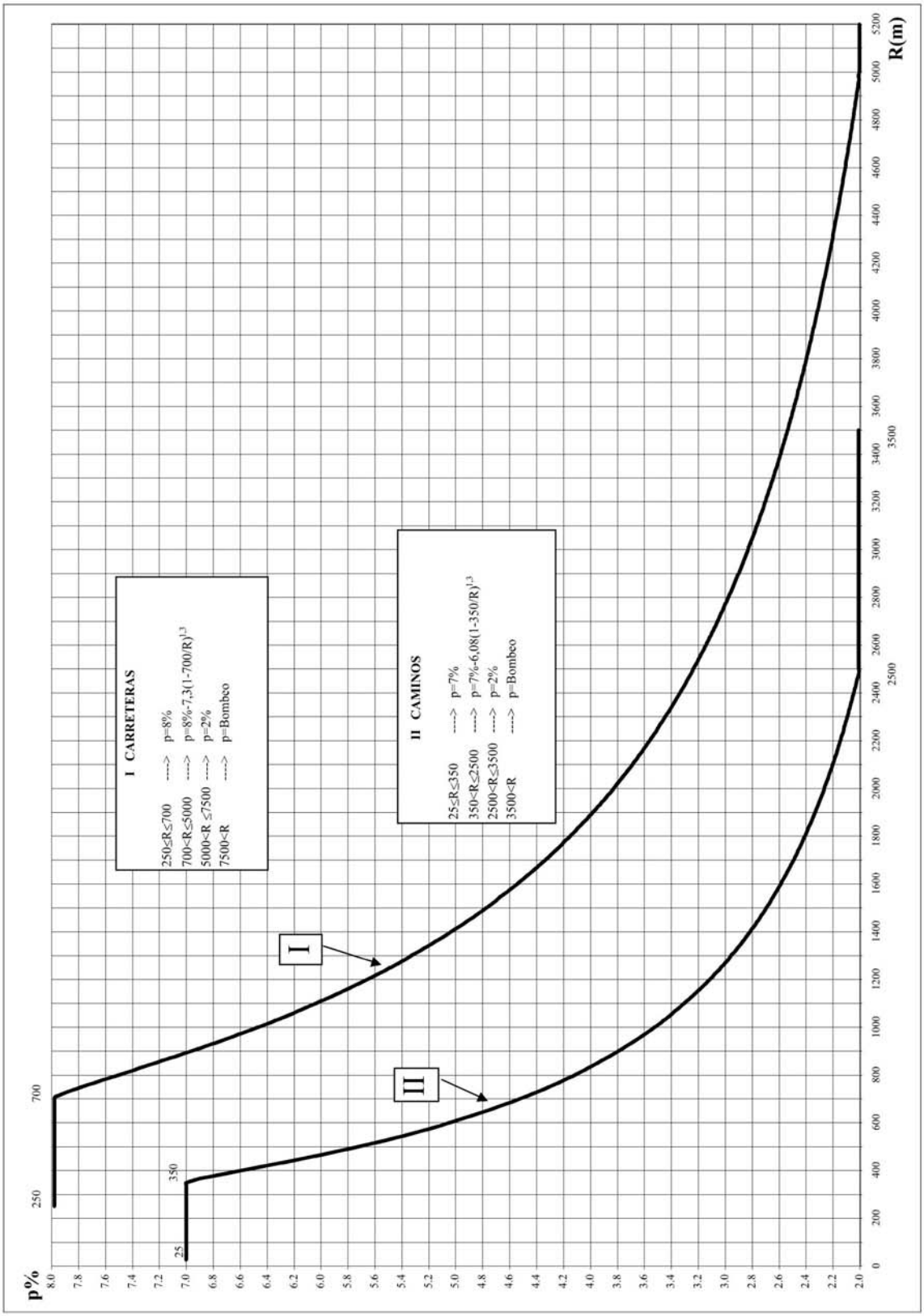
En sectores singulares del trazado, tales como transiciones de dos calzadas a una calzada, o bien, donde se deba modificar el ancho de la Mediana para crear Pistas Auxiliares de Tránsito Rápido, situaciones que deberán señalizarse con la debida anticipación y con indicación de la velocidad máxima aceptable, se podrán diseñar curvas en contraperalte con radios iguales o mayores que los especificados en la Tabla 3.203.303(3).A.

TABLA 3.203.303(3).A
RADIOS LIMITES EN CONTRAPERALTE EN TRAMOS SINGULARES

Vs	Radio Mínimo en Contraperalte	
Km/h	p = -2,0%	p = -2,5%
60	550	600
70	750	800
80	1100	1200
90	1500	1600
100	1900	2100
110	2600	3000
120	3500	4100

Vs = V señalizada, con Vs mínima = Vp-10 km/h.

Para velocidades menores que 60 km/h y en calzadas sin pavimento no se diseñaran curvas en contraperalte.



I CARRETERAS: Autopistas, Autorrutas, Primarios
II CAMINOS: Colectores, Locales, Desarrollo
El valor de los Peraltes se aproxima a 1 decimal

VELOCIDAD ESPECIFICA EN CURVAS HORIZONTALES SEGUN RADIO - PERALTE Y FRICCION TRANSVERSAL

I CARRETERAS

Autopistas - Autorrutas - Primarios

R (m)	p %	Ve (km/h)	t
250	8,0	80,1	0,122
300	8,0	86,6	0,117
330	8,0	90,1	0,114
350	8,0	92,3	0,112
400	8,0	97,5	0,107
425	8,0	99,9	0,105
450	8,0	102,2	0,103
500	8,0	106,6	0,099
540	8,0	109,9	0,096
550	8,0	110,7	0,095
600	8,0	114,5	0,092
650	8,0	118,1	0,089
700	8,0	121,4	0,086
720	7,9	122,5	0,085
750	7,8	124,1	0,084
800	7,5	126,2	0,082
850	7,2	128,1	0,080
900	7,0	130,2	0,078
950	6,7	>130	0,077
1000	6,5	>130	0,075
1200	5,7	>130	0,070
1500	4,8	>130	0,064
1800	4,2	>130	0,059
2000	3,8	>130	0,056
2200	3,6	>130	0,054
2500	3,2	>130	0,050
2800	3,0	>130	0,047
3000	2,8	>130	0,045
3500	2,5	>130	0,041
4000	2,3	>130	0,038
4500	2,1	>130	0,035
5000	2,0	>130	0,032
7000	2,0	>130	0,022

II CAMINOS

Colectores - Locales - Desarrollo

R (m)	p %	Ve (km/h)	t
25	7,0	30,1	0,215
30	7,0	32,7	0,211
40	7,0	37,2	0,203
50	7,0	41,1	0,197
60	7,0	44,6	0,191
70	7,0	47,7	0,186
80	7,0	50,5	0,181
90	7,0	53,1	0,177
100	7,0	55,5	0,173
120	7,0	59,9	0,166
150	7,0	65,6	0,156
180	7,0	70,6	0,148
200	7,0	73,5	0,143
220	7,0	76,3	0,138
250	7,0	80,1	0,132
300	7,0	84,7	0,118
350	7,0	90,3	0,113
400	6,6	94,5	0,110
450	6,1	97,9	0,107
500	5,7	101,1	0,104
550	5,4	104,1	0,101
600	5,1	106,8	0,099
700	4,5	>110	0,095
800	4,1	>110	0,091
900	3,8	>110	0,087
1000	3,5	>110	0,084
1200	3,1	>110	0,079
1500	2,7	>110	0,072
1800	2,4	>110	0,066
2000	2,3	>110	0,063
2500	2,0	>110	0,056
3000	2,0	>110	0,050
3200	2,0	>110	0,047

M.O.P. D.G.O.P. DIRECCION DE VIALIDAD DE CHILE

3.203.303(4) Desarrollo Mínimo de Curvas Horizontales. Dado que el desarrollo de la curva circular es directamente proporcional al producto de la deflexión asociada a la curva circular (ωc) por el radio de la misma, para radios en el orden del radio mínimo y/o deflexiones pequeñas, resultan desarrollos demasiados cortos que conviene evitar en razón de la adecuada percepción de la curva.

3.203.303(4) a) En general se aceptarán desarrollos mínimos asociados a una variación de azimut entre el Pc y el Fc de la Curva Circular $\omega c \geq 9^g$, siendo deseables aquellos mayores o iguales a 20^g.

La Tabla 3.203.303(4).A entrega los desarrollos mínimos para cada Vp, en función de Rm y ωc.

TABLA 3.203.303(4).A
DESARROLLO MINIMO PARA CURVAS CIRCULARES DE RADIO MINIMO

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\omega c = 9^g$	7	12	17	26	35	47	60	76	100
$\omega c = 20^g$	16	26	38	57	78	104	134	170	220

3.203.303(4) b)Deflexiones Totales con $\omega < 6^g$. En estos casos se deben usar curvas circulares de radios muy amplios, que aseguren desarrollos mínimos del orden de los indicados en la Tabla 3.203.303(4).B. No se podrán usar curvas de transición pues el término ($\omega - 2\tau$) se hace negativo y no existe solución para el conjunto clotoide – arco circular (Ver 3.203.404(1))

TABLA 3.203.303(4).B
DESARROLLOS MINIMOS PARA DEFLEXIONES $\omega \leq 6$

Vp (Km/h)	2^g	3^g	4^g	5^g	6^g
40 – 60	140	125	115	100	90
70 – 90	205	190	170	150	130
100 – 120	275	250	225	200	175

En trazados nuevos no se aceptarán deflexiones de menos de 2^g.

3.203.303(4) c) Deflexiones Totales con $7^g < \omega < 15^g$. Esta situación es conflictiva, pues si se diseña con clotoides respetando $\tau > 3{,}1^g$, es decir A=R/3,2 el ωc disponible es muy pequeño para valores de ω cercanos a 7^g, con lo que para lograr desarrollos mínimos aceptables, tales como los de la primera línea de la Tabla 3.203.303(4).A, se requiere usar radios muy grandes, que obligan a usar clotoides también grandes. Resulta en esos casos preferible emplear curvas circulares que no requieren clotoide ($R \geq 1500$ m para $V \leq 80$ km/h o $R \geq 3000$ para $V \geq 80$ km/h). A medida que ω crece acercándose a 15^g la solución en base a clotoides y curvas circulares razonablemente grandes es adecuada, salvo que no existan limitaciones de espacio para usar curvas circulares sin clotoide. Para valores de ω en el orden de 10^g se deberá analizar ambas soluciones y elegir la que más se adecua a la situación.

3.203.303(4) d) En los casos a y c bajo condiciones restrictivas, los desarrollos mínimos señalados en la primera línea de la Tabla 3.203.303(4).A, se podrán dar por cumplidos si la curva circular aporta un 60% de dicha longitud y el saldo se logra sumándole 1/6 del desarrollo de cada clotoide.

3.203.303(5) Línea de Máxima Pendiente. En las curvas horizontales la combinación del peralte con la pendiente longitudinal da origen a una línea de máxima pendiente, equivalente a:

$$q\% = (i\% + p\%) / \sqrt{2}$$

En Caminos el valor de q no debe sobrepasar un 11% y en Carreteras un 10%.

Cuando q supere los valores admisibles se deberá bajar la pendiente longitudinal ya que el peralte es prácticamente invariable para modificaciones leves del radio.

3.203.304 Relación Entre los Radios de Curvas Circulares Consecutivas. Los radios de una sucesión de curvas horizontales sin recta intermedia o con una recta de longitud menor que 400 m, se consideran dependientes y deben por lo tanto cumplir con la relación que se establece en las Láminas 3.203.304.A para Carreteras con Vp $\geq$ 80 km/h y 3.203.304.B para Caminos con Vp $\leq$ 80 km/h.

El empleo de este criterio en Alemania desde hace bastantes años y en España en forma más reciente, ha mostrado que de él se derivan incrementos significativos en cuanto a seguridad.

En el ejemplo que se ilustra en la Lámina 3.203.304.A se aprecia que para un radio de entrada de 425 m le corresponde un radio mínimo de salida de 280 m y uno máximo de 660 m. Ahora bien si la Vp de la Carretera fuese 80 km/h el rango determinado sería utilizable en todo su amplitud ya que para Vp= 80 km/h; R mínimo = 250 m. Por el contrario, si Vp = 100 km/h el radio de entrada es igual al Rm para dicha Vp, por lo que el radio de salida sólo podrá estar comprendido entre el que se determina en el corte con la diagonal de la figura y el radio máximo, (Línea segmentada) es decir entre 425 y 660 m.

Nótese además, que para radios de entrada mayores que 700 m, no existe limitación en cuanto al radio máximo de salida, aun cuando la combinación óptima está en torno a la diagonal, es decir radios de entrada y salida relativamente parecidos.

Las consideraciones precedentes son conceptualmente las mismas para el caso de Caminos (Lámina B).

3.203.305 Desarrollo de Peralte en Curvas Circulares Sin Curvas de Enlace

3.203.305(1) Aspectos Generales. Las normas que se establecen a continuación son válidas para el desarrollo de peralte en aquellos casos particulares en que no existe arco de enlace de curvatura variable, clotoides, entre la alineación recta y la curva circular. Los casos particulares en que no se consulta el empleo de clotoides, son:

- Caminos de Desarrollo con Vp 30 km/h
- Curvas cuya deflexión(ω) está comprendida entre 2^g y 6^g en las que no se emplearán clotoides de enlace según se estableció en 3.203.303(4).B

Curvas cuyos radios superen 1500 m para caminos con Vp $\leq$ 80 km/h ó 3000 m para carreteras con Vp $\geq$ 80 km/h, en las que se podrá prescindir de la clotoide de enlace según se establece en 3.203.4.

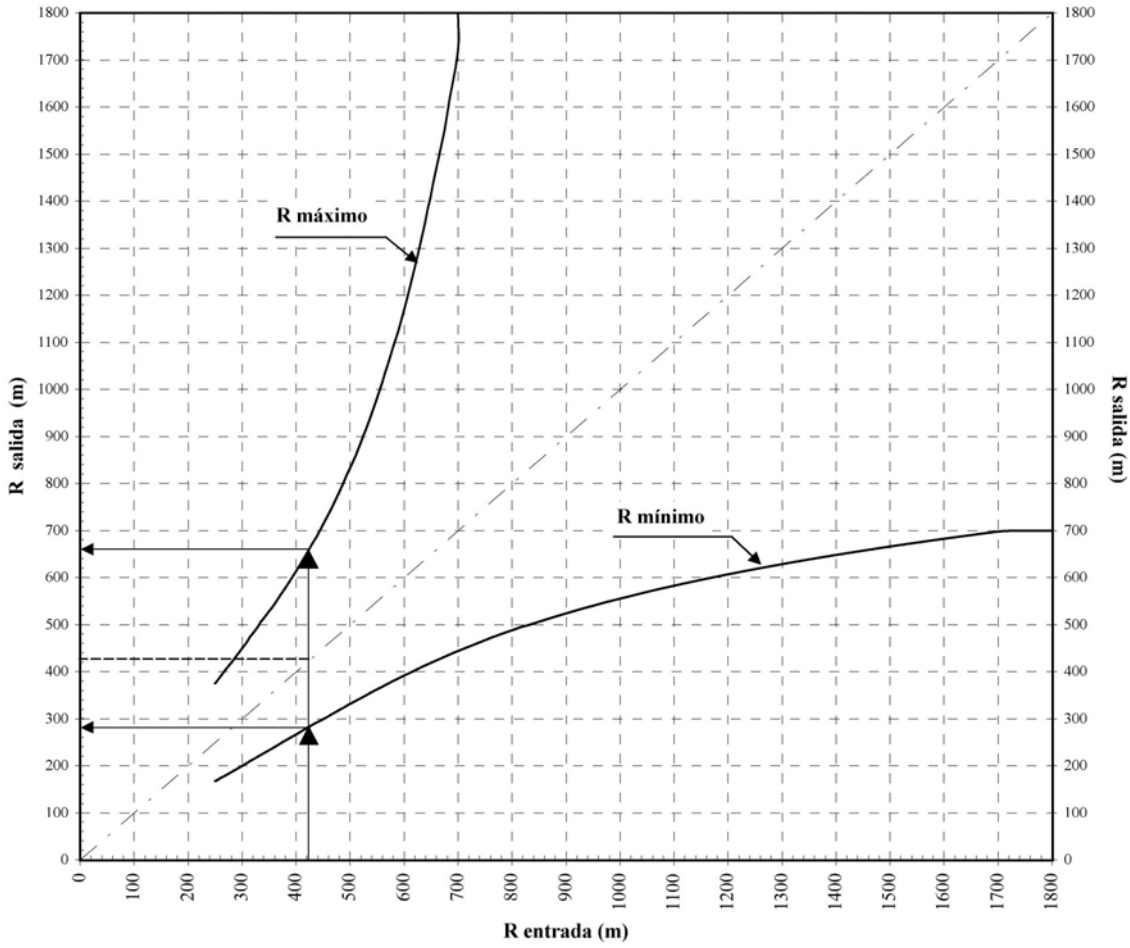
3.203.305(2) Eje de Giro de Peralte. En caminos bidireccionales, el giro normalmente se dará en torno al eje en planta que coincide con el eje de simetría de la calzada. En casos justificados, tales como intersecciones a nivel o zonas de enlace, el eje de giro podrá desplazarse hacia alguno de los bordes de la calzada, tal como se ilustra en la Lámina 3.203.305.A.

En carreteras unidireccionales con mediana, el eje de giro del peralte se localiza normalmente en el borde interior del pavimento de cada calzada y las cotas de los bordes interiores coinciden y se representan por una recta horizontal o de referencia, ilustrándose en el diagrama las variaciones que experimenta los bordes exteriores de cada calzada. En este caso los bordes interiores de los pavimentos mantienen las cotas definidas por el Perfil Longitudinal del Eje de Proyecto, emplazado en el centro de la mediana.

Si las calzadas unidireccionales poseen 3 o más pistas, en curvas con peralte mayor o igual que 4%, resulta recomendable desplazar los ejes de giro del peralte al centro de las calzadas, según se señala en 3.203.405(2) d).

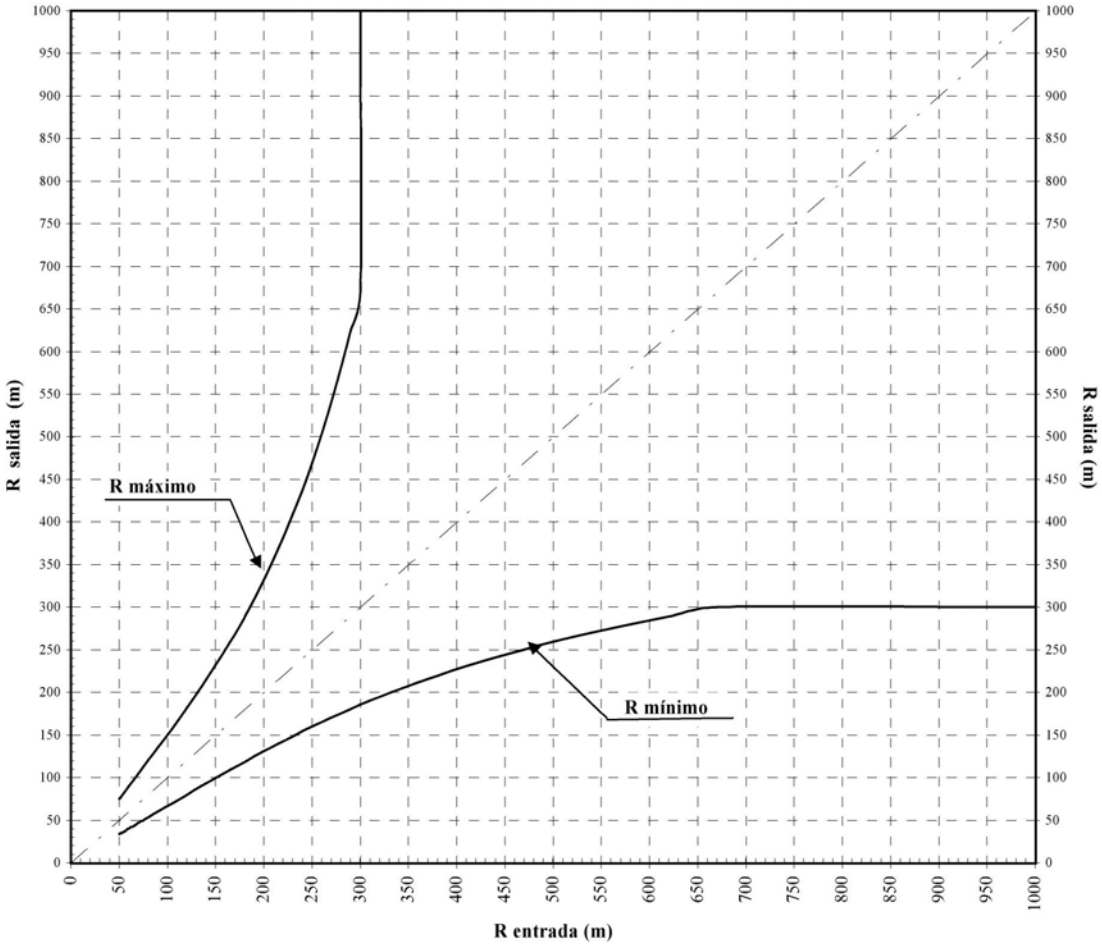
Si se trata del Proyecto de una Segunda Calzada paralela a otra existente, el eje de la nueva calzada deberá emplazarse en el borde interior de la que se está proyectando y su Perfil Longitudinal deberá diseñarse considerando que la calzada existente puede requerir pronto de una repavimentación o recarpeteo, e incluso que en esa operación se le cambie el bombeo a dos aguas por uno o una sola agua. En definitiva lo que se pretende es que tras la repavimentación de la calzada más antigua, los Perfiles Longitudinales por el borde interior de los pavimentos posean una rasante similar.

AUTOPISTAS - AUTORRUTAS - PRIMARIOS



Nota: Atendiendo a la Vp de la Carretera, tanto el R de entrada como el R de salida deben ser mayores o iguales que el R mínimo correspondiente a Vp.

COLECTORES Y LOCALES



Nota: Atendiendo a la Vp del Camino, tanto el R de entrada como el R de salida deben ser mayores o iguales que el R mínimo correspondiente a Vp.

Dado que las carreteras unidireccionales poseerán clotoides en la gran mayoría de los casos, el tratamiento detallado del desarrollo del peralte se aborda en 3.203.405 para dicho tipo de carreteras.

3.203.305(3) Longitud del Desarrollo de Peralte

3.203.305(3) **a) Eje de Giro Normal**. Ya sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales, considerando la respectiva posición normal del eje de giro del peralte, la longitud requerida para la transición desde el bombeo (-b) al peralte total (+p) o (-p), queda dada por:

$$l = \frac{n \cdot a \, \Delta p}{\Delta}$$

l = Longitud del desarrollo del peralte (m)
n = Números de pistas entre el eje de giro del peralte y el borde de la calzada.
a = Ancho normal de una pista (m). Se prescinde de los posibles ensanches
Δp = Variación total de la pendiente transversal para el borde que debe transitar entre (-b) y (+p) en caminos bidireccionales o entre –b y (+p) o (-p) para el borde exterior en carreteras unidireccionales.
Δ = Pendiente Relativa del Borde de la Calzada, respecto de la pendiente longitudinal del eje de la vía (%), cuyos valores normales y máximos se dan en la Tabla 3.203.305(3).A

TABLA 3.203.305(3).A
VALORES ADMISIBLES PENDIENTE RELATIVA DE BORDE Δ%

Vp (km/h)	30 – 50	60 - 70	80 – 90	100 - 120
Δ Normal	0,7	0,6	0,5	0,35
Δ Máx n = 1	1,5	1,3	0,9	0,8
Δ Máx n > 1	1,5	1,3	0,9	0,8

Δ mínimo en zona –b% a + b = 0,35% para todo Vp

Los valores de Δ normal deben interpretarse como un Δ deseable, pudiendo emplearse valores menores y mayores con las limitaciones expuestas.

Los valores Δ máx sólo se usarán cuando el espacio disponible para la transición de peralte es limitado, o bien, cuando la pendiente longitudinal del camino en el tramo de transición es del orden de la pendiente relativa de borde, lo que tenderá a crear una zona de pendiente nula en todos los sentidos, cuando p transita en el entorno de cero, situación en que conviene limitar la longitud del tramo entre –b%, 0% y +b% para no agudizar el problema de drenaje de la calzada.

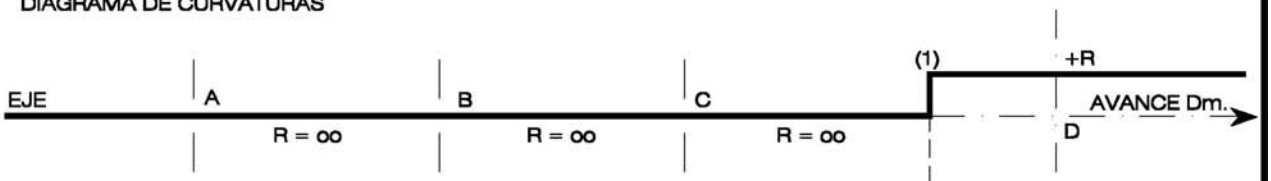
Tasa de Giro: "tg"
Es la longitud necesaria, expresada en metros, para lograr un giro de 1% en torno al eje.
tg = n . a/Δ

Por ejemplo: V = 90 km/h; a = 3,5; n= 1
tg normal 3,5/0,5 = 7 m para giro de 1%
tg máxima 3,5/0,9 = 3,89 m para giro de 1%

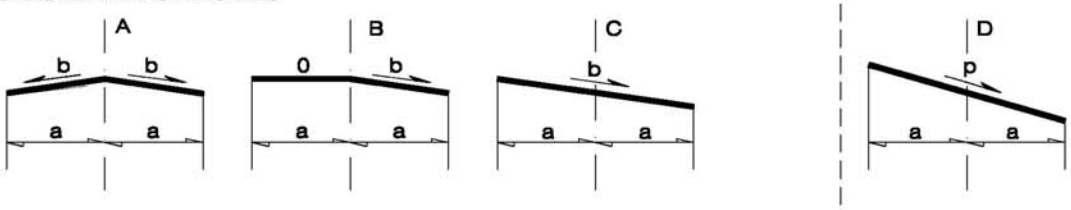
3.203.305(3) **b) Giro en los Bordes de una Calzada Bidireccional.** Cuando la calzada en recta posee inclinación transversal a dos aguas y se desea dar el peralte en torno al borde interior de la curva, borde derecho en curvas a la derecha, es necesario inicialmente lograr el bombeo único girando en torno al eje, para posteriormente cambiar el eje de giro al borde interior (figura b de la Lámina 3.203.305.A).

DESARROLLO DEL PERALTE EN CURVAS CIRCULARES SIN CURVAS DE ENLACE

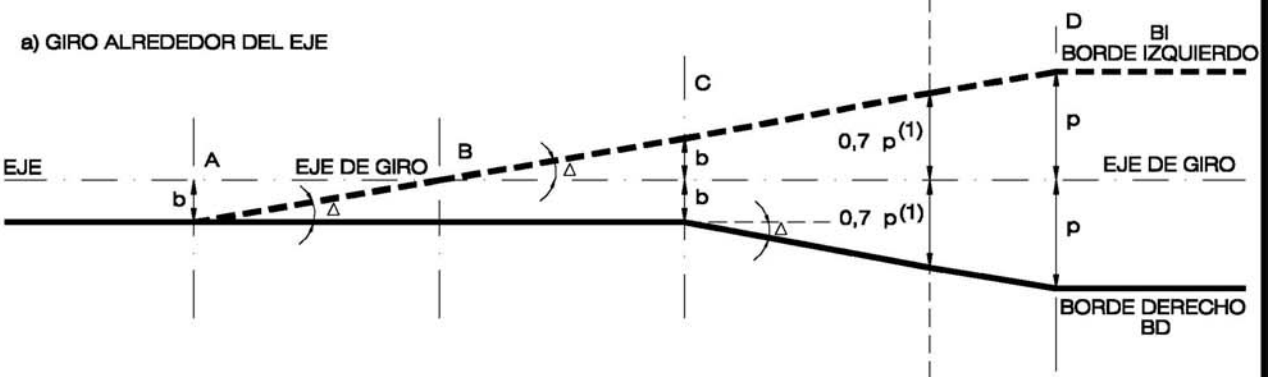
DIAGRAMA DE CURVATURAS



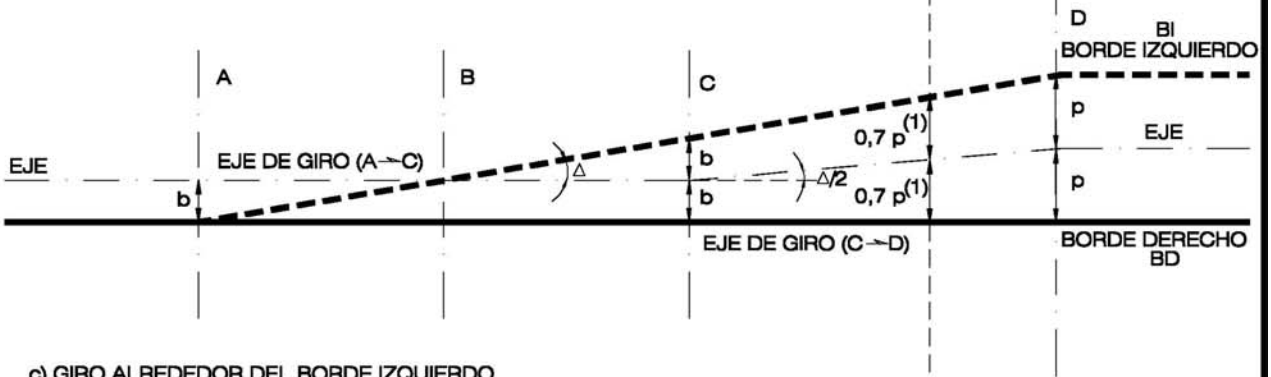
SECCIONES DE TRANSVERSALES



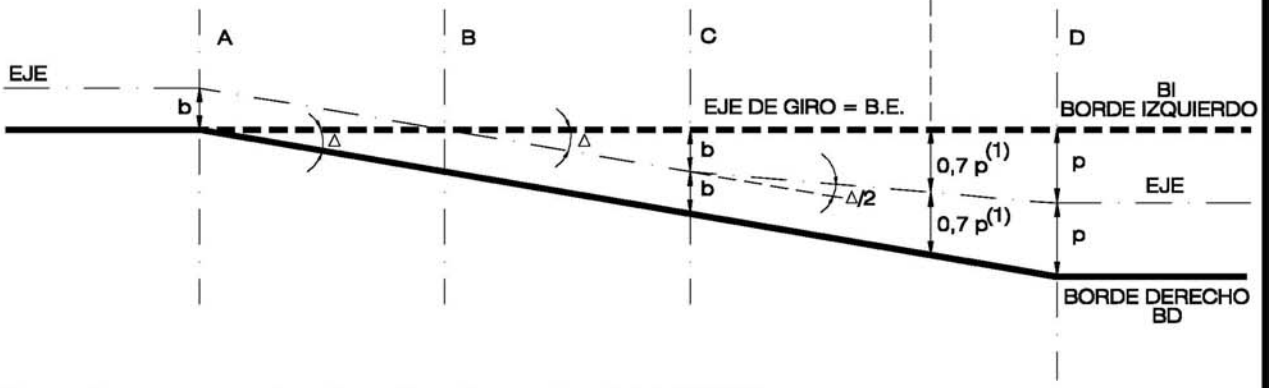
a) GIRO ALREDEDOR DEL EJE



b) GIRO ALREDEDOR DEL BORDE DERECHO



c) GIRO ALREDEDOR DEL BORDE IZQUIERDO



(1) Proporción normal de peralte a desarrollar en la recta: 0,7p (3.203.304.(4) A).

(2) Dados p y Δ , la longitud necesaria para desarrollar el peralte en los casos b) y c) es mayor que para el caso a). (3.203.304.(3))

Δ mín. = 0.35% para toda Vp.

Si el peralte se debe dar en torno al borde exterior de la curva, borde izquierdo en curvas a la derecha, se girará en torno a dicho borde, manteniendo constante el bombeo de la pista interior hasta que se consiga el bombeo único. Ello implica hacer crecer el ángulo formado por las pistas en el eje de simetría hasta que se tenga un solo plano. De allí en adelante, la calzada gira solidariamente hasta lograr el peralte deseado (Ver figura c) de la Lámina 3.203.305.A).

En ambos casos la longitud de transición está dada por:

$l = (2\ n\ .\ a\ .\ p)/\ \Delta$

3.203.305(4) Condicionantes para el Desarrollo del Peralte.

3.203.305(4) a) Proporción del Peralte a Desarrollar en Recta. Cuando no existe curva de enlace de radio variable entre la recta y la curva circular, el conductor sigue en la mayoría de los casos una trayectoria similar a una de estas curvas, la que se describe parcialmente en uno y otro elemento. Lo anterior permite desarrollar una parte del peralte en la recta y otra en la curva. Esto porque en la parte de la recta vecina a la curva el conductor recorre una trayectoria circular que no hace demasiado incomoda una inclinación transversal mayor que el 2%, y porque en la parte de la curva vecina a la recta, 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 esta maniobra y por tanto el peralte a desarrollar en recta, debe alcanzar a un mínimo que no incrementa peligrosamente el coeficiente de fricción transversal a utilizar en el sector inicial de la curva.

TABLA 3.203.305(4).A
PROPORCION DEL PERALTE A DESARROLLAR EN RECTA

Mínimo	Normal	Máximo
p < 4,5	p = todos	p ≤ 7
0,5 p	0,7 p	0,8 p

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

3.203.305(4) b) Longitud en Curva con Peralte Total. En caminos y carreteras con Vp ≥ 60 km/h, el diseño de las curvas de escaso desarrollo se deberá verificar de modo que el peralte total requerido se mantenga en una longitud al menos igual a Vp/3,6 (m), y en lo posible para V85% ≥ 80 km/h en al menos 30 m.

3.203.305(5) Desarrollo de Peralte entre Curvas Sucesivas. Entre dos curvas de distinto sentido, separadas por una recta corta, se podrán emplear los valores máximos para Δ, que figuran en la Tabla correspondiente. El caso límite lo constituirá aquella situación en que no existe tramo en recta con bombeo normal, existiendo en dicho tramo un punto de inclinación transversal nula, a partir del cual se desarrollan los peraltes en uno y otro sentido.

Entre dos curvas del mismo sentido deberá existir, por condiciones de guiado óptico, un tramo en recta mínimo de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3.203.203(2).A. Si la distancia disponible entre el FC y el PC de las curvas sucesivas es menor o igual que el mínimo deseable, se mantendrá en la recta un peralte mínimo de igual sentido que el de las curvas y de una magnitud al menos igual a la del bombeo de la carretera.

3.203.306 Sobreancho en Curvas Circulares

3.203.306(1) Aspectos Generales: En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera o camino, se deberá ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (huelgas), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las huelgas teóricas adoptadas, (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la Berma o el SAP correspondiente a la Categoría de la ruta.

Las huelgas teóricas consideradas para los vehículos comerciales de 2,6 m de ancho, en recta y en curva, según el ancho de una calzada de dos pistas, son:

	Calzada de 7,0 m		**Calzada de 6,0 m**	
	En Recta	**En Curva Ensanchada**	**En Recta**	**En Curva Ensanchada**
h_1	0,5 m	0,6 m	0,3 m	0,45 m
h_2	0,4 m	0,4 m	0,1 m	0,05 m
h_2 ext.	0,4 m	0,0 m	0,1 m	0,0 m

Siendo:

h_1 = Huelga entre cada vehículo y el eje demarcado

h_2 = Huelga entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior de la pista por la que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

h_2 ext = Huelga entre el extremo exterior del parachoquess delantero y el borde exterior de la calzada, h_2 ext $\approx h_2$ en recta y h_2 ext = 0 en curvas ensanchadas.

Las huelgas en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7,0 m respecto de las 6,0 m, no sólo por el mayor ancho de calzada, sino que por las mayores velocidades de circulación que en ellas se tiene y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones.

El cálculo del ensanche o sobreancho en curvas se hará según se establece en(2) para dos vehículos comerciales del mismo tipo que se crucen en calzadas bidireccionales o para el caso de adelantamiento en las unidireccionales.

El vehículo tipo (i) se seleccionará considerando el mayor vehículo comercial para el cual se prevea un flujo mayor o igual que el indicado a continuación, en cualquier época del año a la puesta en servicio de la obra. Se considerará el flujo del vehículo (i) más el de aquellos de mayor tamaño que no superaban el límite

Calzada Bidireccional: Flujo $\geq$ 15 Veh Tipo i/día en ambas direcciones
Calzadas Unidireccionales: Flujo $\geq$ 40 Veh Tipo i/día en cada dirección

Como mínimo se considerarán ensanches para dos vehículos tipo con Lo = 9,5 m, según se define en la Tabla 3.203.306(2).A. Según sean las características del trazado y función que preste la ruta, la Dirección de Vialidad podrá definir el Vehículo Tipo a considerar independientemente de la clasificación según flujos estipuladas precedentemente, así como para dimensiones diferentes de las señaladas en la Tabla 3.203.306(2).A y que se acompaña.

3.203.306(2) Cálculo del Sobreancho. El cálculo detallado del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se desarrolló mediante el análisis geométrico de las trayectorias que describen los diferentes vehículos, considerando el ancho de la calzada y las huelgas definidas en (1); los resultados obtenidos quedan bien representados por las expresiones simplificadas que se presentan en la Tabla 3.203.306(2).A, columna E(m), las que permiten calcular el Ensanche Total requerido en una calzada de dos pistas (bidireccional o unidireccional) con anchos de 7,0 y 6,0 m, empleando los parámetros de cálculo "Lo" para unidades simples (Camiones y Buses); L_1 y L_2 para unidades articuladas (Semitrailer) y el Radio R de la curva.

TABLA 3.203.306(2).A
ENSANCHE DE LA CALZADA E(m)
(PERMITE EL CRUCE DE 2 VEHICULOS DEL MISMO TIPO MANTENIENDO HUELGAS h_1 y h_2)

TIPO DE VEHICULO (Lt en m)	PARAMETRO DE CALCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LIMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n=2) 0,5 m ≤ E ≤ 3,0 m; E = e.int + e.ext. h_1=0,6 m; h_2=0,4 m					
Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$30 \leq R \leq 130$
Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	$35 \leq R \leq 160$
Semitrailer Lt=16,4	L_1 = 5,6 L_2 = 10,0	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,20$	0,70 E	0,30 E	$45 \leq R \leq 190$
Semitrailer Lt=18,6*	L_1 = 5,6 L_2 = 12,2				$60 \leq R \leq 260$
Semitrailer Lt=22,4*	L_1 = 5,6 L_2 = 15,5	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,20$			$85 \leq R \leq 380$

(1) Si e.int calculado ≤ 0,35 m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

CALZADA EN RECTA 6,0 m (n=2) 0,35 m ≤ E ≤ 3,20 m h_1=0,45 m; h_2=0,05 m					
Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	$(Lo^2/R) + 0,15$	0,55 E	0,45 E	$30 \leq R \leq 450$
Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(Lo^2/R) + 0,15$	0,55 E	0,45 E	$35 \leq R \leq 550$
Semitrailer Lt=16,4	L_1 = 5,6 L_2 = 10,0	$((L_1^2 + L_2^2)/R) + 0,20$	0,55 E	0,45 E	$45 \leq R \leq 650$
Semitrailer Lt=18,6*	L_1 = 5,6 L_2 = 12,2	$((L_1^2 + L_2^2)/R) + 0,20$	0,55 E	0,45 E	$65 \leq R \leq 850$
Semitrailer Lt=22,4*	L_1 = 5,6 L_2 = 15,5	No corresponde a Caminos con Calzada 6,0 m.			

(1) Si e.int calculado ≤ 0,35 m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

Lt= Largo Total del Vehículo * Indica largo máximo legal (Ver 3.005.3)

Unidades Simples (Camiones y Buses): L_o = Distancia entre parachoquess delantero y último eje trasero

Semitrailer: L_1 = Distancia entre parachoquess delantero y último eje camión tractor
L_2 = Distancia entre pivote mesa de apoyo y último eje del tandem trasero

Camión con Acoplado: El conjunto con Lt = 20,5 m (máx legal) puede operar en los ensanches diseñados para el Semitrailer con Lt= 18,6 m y cualquier conjunto con Lt ≤ 19,5 m puede hacerlo en los diseños para el Semitrailer con Lt = 16,4 m.

TABLA 3.203.306(2).B
ENSANCHE DE LA CALZADA EN CAMINOS CON Vp ≤ 60 Km/h
ALTERNATIVA CON CALZADA EN RECTA 7,0 m (n=2) y h_1 = 0,45 m; h_2 0,05
0,35 m ≤ E ≤ 3,0 m

TIPO DE VEHICULO (Lt en m)	PARAMETRO DE CALCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LIMITE (m)
Camión Unid. Simple Lt=11,0* Bus Corriente Lt=12,0	Lo = 9,5	(Lo²/R) - 0,85	0,55 E	0,45 E	25 ≤ R ≤ 75
Bus de Turismo Lt=13,2* Bus de Turismo Lt=14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	(Lo²/R) - 0,85	0,55 E	0,45 E	30 ≤ R ≤ 95
Semitrailer Lt=16,4	L_1 = 5,6 L_2 = 10,0	(($L_1$² + $L_2$²)/R) - 0,80	0,55 E	0,45 E	35 ≤ R ≤ 115
Semitrailer Lt=18,6*	L_1 = 5,6 L_2 = 12,2	(($L_1$² + $L_2$²)/R) - 0,80	0,55 E	0,45 E	50 ≤ R ≤ 155
Semitrailer Lt=22,4*	No corresponde a Caminos con Vp ≤ 60 Km/h				

Adicionalmente la Tabla indica la proporción del ensanche total que se debe dar a la pista interior “e.int” y a la pista exterior “e.ext”.

El Ensanche Total “E(m)” se limitará a un máximo de 3,0 m y un mínimo de 0,5 m en calzadas de 7,0 m y a un máximo de 3,20 m y un mínimo de 0,35 m en calzadas de 6,0 m. La columna “Radios Límite” indica que radios menores o mayores que los allí indicados requieren ensanches mayores o menores que los límites antes definidos.

En Caminos Locales y de Desarrollo con calzada de 6,0 m de ancho, pueden existir curvas con radios menores o iguales que 65 m, los que según sea el vehículo tipo considerado, requerirían ensanches mayores que los máximos establecidos, no siendo posible entonces el cruce de dos vehículos tipo dentro de la curva; en estos casos sólo se podrán cruzar dentro de la curva un vehículo comercial tipo y un vehículo liviano, debiendo los vehículos comerciales que requieren ensanches mayores hacerlo en los tramos rectos. Si no existen tramo rectos de longitud suficiente y se da una sucesión de curvas restrictivas respecto de los ensanches requeridos por el vehículo tipo considerado, se deberá estudiar uno o más ensanches especiales al interior de dicho tramo. Simultáneamente, el rango de radios que requieren ensanche crece significativamente para los Vehículos Tipo de mayor tamaño.

Considerando lo expuesto precedentemente, en caminos en que se consulte una calzada normal de 6,0 m de ancho, y Vp ≤ 60 km/h, si existen tramos de trazado sinuoso con curvas cuyos radios estén en el orden de los mínimos correspondientes a la velocidad de proyecto (trazados en montaña o similares), se analizará la conveniencia y se propondrá a la Dirección de Vialidad, ensanchar la calzada del tramo a 7,0 m de ancho y, considerar en las curvas huelgas iguales a las previstas para las calzadas de 6,0 m. Si la Dirección de Vialidad acoge la proposición, el ensanche de las curvas se calculará mediante las expresiones que figuran en la Tabla 3.203.306(2).B.

3.203.306(3) Sobreancho en Calzadas de Menos o Más de 2 Pistas. Las calzadas de 1 Pista (n=1) se asocian a los ramales de intersecciones y enlaces o dispositivos similares y, en consecuencia, el ancho total de la calzada de una pista se obtendrá de la Tabla 3.404.306(2).A del Capítulo Intersecciones, considerando las situaciones descritas para los Casos I ó II, el vehículo tipo que corresponda y el radio de la curva en cuestión. El caso III que allí figura, que corresponde a n=2, se empleará sólo en el caso de ramales, abordándose los ensanches en las carreteras y caminos según se expuso en (2).

En Carreteras y Caminos Unidireccionales con anchos de pista de 3,5 m, se pueden dar casos con n=3 ó más. En estos casos, los vehículos comerciales circularán habitualmente por las dos pistas exteriores de cada calzada y, el radio a considerar para el ensanche de esas dos pistas será el radio efectivo según la arista común a ambas pistas, que correspondería a la calzada sin ensanchar, calculándose para ellas los ensanches como si se tratara de una calzada de dos pistas. La tercera pista, por la cual no circularán vehículos comerciales en zonas de curvas restrictivas, se ensanchará en un 40% del ensanche que se calculó para la pista adyacente y ello con el objeto de crear una huelga respecto del extremo del parachoquess delantero del vehículo comercial que podría estar describiendo una trayectoria coincidente con la línea que separa ambas pistas. Si el ensanche resultante es menor que 0,25 m, no se hará el ensanche. Para una eventual cuarta pista no se consideraran ensanches.

3.203.306(4) Desarrollo del Sobreancho en Arcos de Enlace. En Carreteras y Caminos, con la sola excepción de los de Desarrollo, la transición del ancho en recta al ancho correspondiente al inicio de la Curva Circular que requiere ensanche, se dará en una longitud de 40 m, empleando para ello parcial o totalmente la clotoide que precede a la curva (Ver 3.203.4). Si el arco de enlace es menor de 40 m el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud del arco de enlace disponible y si es mayor de 40 m la transición de ancho se iniciará 40 m antes del PC. Del mismo modo pero en sentido inverso se actuará a la salida de la curva circular a partir del FC.

El desarrollo del sobreancho se dará siempre dentro de la curva de enlace, adoptando una variación lineal con el desarrollo, generando el ensanche en el costado de la ruta que corresponde al interior de la curva, empleando para ello la expresión:

$$e_n = (E/L) \cdot ln$$

Siendo:

E : Ensanche total calculado según Tablas 3.203.306(2).A o B

e_n = Ensanche parcial correspondiente a un punto distante ln metros desde el origen de la transición

L = Longitud Total del desarrollo del sobreancho, dentro de la clotoide

La ordenada "e_n" se medirá normal al eje del trazado en el punto de abscisa "ln" y el borde interior de la calzada distará del eje ($a+e_n$), siendo "a" el ancho normal de una pista en recta.

3.203.306(5) Demarcación del Eje de las Pistas Ensanchadas. Según se establece en las Tablas 3.203.306(2).A y B, el ensanche total correspondiente a la pista exterior (e.ext) es diferente del de la pista interior (e.int), influyendo en ello el ancho de la calzada normal las huelgas y el vehículo tipo considerado.

En la Lámina 3.203.306(5).A se ilustra la posición del eje a demarcar, el que dista según una normal, la distancia e.ext a partir del eje de trazado, o bien, si el eje del trazado no está disponible sobre el pavimento, a una distancia (a+e.ext) del borde exterior del pavimento. Los valores parciales de $e.ext_n$ se calcularan igual que para e_n según lo expuesto en (4). Los valores de "ln" se deben medir según el eje del trazado (por la clotoide) y si este no está definido sobre el pavimento, según la curva distante "a" m del borde exterior del pavimento.

3.203.306(6) Desarrollo del Sobreancho en Caminos de Desarrollo. Las curvas que requerirán sobreanchos en los Caminos de Desarrollo se asocian a velocidades de diseño $\leq$ 50 kph, es decir velocidades de operación moderadas. En estas circunstancias un desarrollo de 40 metros en la recta precedente resulta adecuado cualquiera que sea la magnitud del ensanche y, si el tramo recto es de menor longitud, el ensanche deberá desarrollarse en la longitud existente, la que en todo caso se procurará no sea menor de 30 m.

Si el camino no posee pavimento la transición del ensanche total se generará linealmente, tal como si existiera una clotoide, pero en este caso a lo largo de la recta que precede al PC.

Si el Camino de Desarrollo posee pavimento, el ensanche total del borde interior se dará mediante el curvoide definido en la Tabla 3.203.306(6).A, que entrega las relaciones de abscisa y ordenada correspondiente a la curva seleccionada para generar los ensanches.

TABLA 3.203.306(6).A
DESARROLLO DEL SOBREANCHO PARA CURVAS CIRCULARES
SIN CURVA DE ENLACE

l_n/LT	e_n/E	l_n/LT	e_n/E
0,00	0,00	0,60	0,681
0,10	0,013	0,70	0,834
0,20	0,063	0,75	0,893
0,25	0,107	0,80	0,937
0,30	0,166	0,90	0,987
0,40	0,319	1,00	1,00
0,50	0,50		

l_n = Abscisa de un punto entre el origen y el final del desarrollo, medido a partir del origen (m)
LT = Longitud total para desarrollar el sobreancho, normalmente 40 m
e_n = Sobreancho correspondiente al punto de abscisa In (m)
E = Sobreancho total requerido (m)

La Demarcación del eje de las pistas ensanchadas de un Camino de Desarrollo que cuenten con pavimento, se definirá incrementando linealmente el ancho de la pista exterior, tal como si existiera una clotoide, pero en este caso a lo largo de la recta que precede al PC.

Si dos curvas sucesivas en el mismo sentido de un Camino de Desarrollo, requieren ensanches E' y E", y la recta intermedia es menor o del orden de 80 m, la transición del sobreancho se realizará decreciendo linealmente hasta el punto medio de la longitud disponible si E' > E", para desde allí mantener el valor de E" hasta alcanzar el PC de la curva que lo requiere. Si E' < E", se mantendrá el ensanche E' hasta el punto medio de la recta, para desde allí crecer linealmente hasta el E" que se debe alcanzar en el PC de la próxima curva.

3.203.306(7) Aspectos Constructivos. En los casos que la calzada posea pavimento de hormigón, cualquiera sea la categoría de la Carretera o Camino, el sobreancho se iniciará con 0,5 m manteniéndose este ancho constante hasta que la ordenada correspondiente alcance dicho valor, para de allí seguir con la variación que le corresponde según los procedimientos definidos para rutas con o sin clotoide de enlace.

Los sobreanchos en hormigón deberán llevar barra de amarre en la junta longitudinal, del mismo tipo que las utilizadas entre pistas de la calzada.

3.203.306(8) Casos Especiales. En aquellos Caminos en que el volumen de tránsito, la composición del mismo y tipo de camiones que circulan lo justifique, la Dirección de Vialidad podrá autorizar el empleo de valores de Lo; L1 y L2 distintos de los indicados en la Tabla 3.203.306(2).A.

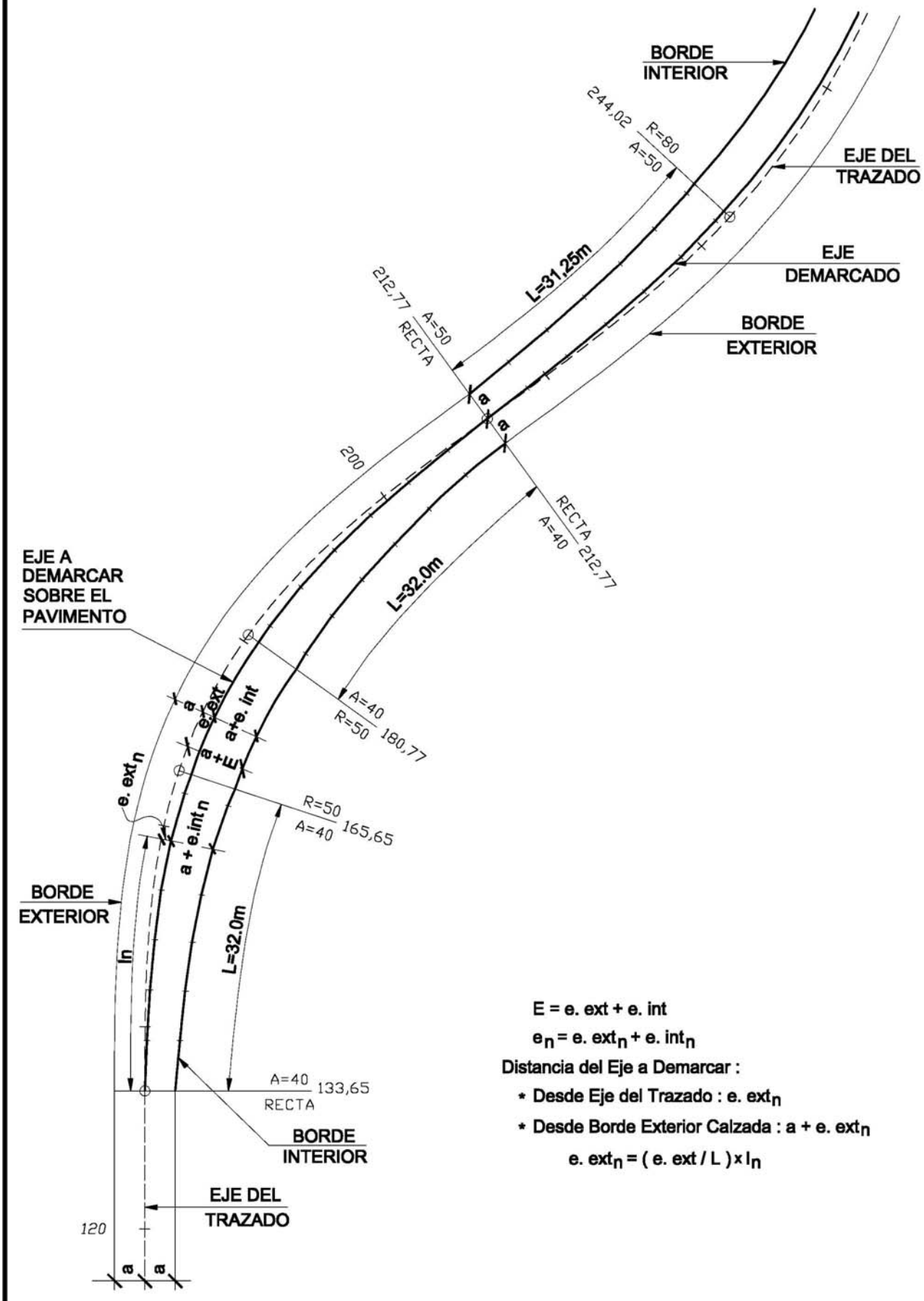
3.203.4 ARCOS DE ENLACE O TRANSICION

3.203.401 Aspectos Generales

La incorporación de elementos de curvatura variable con el desarrollo, entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares, se hace necesaria en carreteras y caminos por razones de seguridad, comodidad y estética.

El uso de estos elementos permite que un vehículo circulando a la velocidad específica correspondiente a la curva circular, se mantenga en el centro de su pista. 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 pista e incluso lo puede hacer invadir la adyacente, con el peligro que ello implica.

TRANSICION DEL SOBREANCHO A LO LARGO DE LA CLOTOIDE DE ENLACE Y DEMARCACION



$E = e.\ ext + e.\ int$

$e_n = e.\ ext_n + e.\ int_n$

Distancia del Eje a Demarcar :

* Desde Eje del Trazado : $e.\ ext_n$
* Desde Borde Exterior Calzada : $a + e.\ ext_n$

$e.\ ext_n = (e.\ ext / L) \times l_n$

La curvatura variable permite desarrollar el peralte a lo largo de un elemento curvo, evitando calzadas peraltadas en recta, al mismo tiempo, la aceleración transversal no compensada por el peralte crece gradualmente desde cero en la recta o su valor máximo al comienzo de la curva circular, lo que hace más confortable la conducción.

Las ventajas estéticas están relacionadas con el grado de adaptación al medio y la variación uniforme de la curvatura que se logra mediante estos elementos.

Se emplearán arcos de enlace o transición en todo proyecto cuya Vp sea mayor o igual que 40 km/h. En caminos con Vp $\leq$ 80 km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios $\geq$ 1500 m. En carreteras con Vp $\geq$ 80 km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios $\geq$ 3000 m.

3.203.402 La Clotoide Como Arco de Enlace

3.203.402(1) Aspectos Generales. Como elemento de curvatura variable en arcos de enlace, o como elemento de trazado propiamente tal, se empleará la clotoide, que presenta las siguientes ventajas:

a) El crecimiento lineal de su curvatura permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, quien sólo requiere ejercer una presión creciente sobre el volante, manteniendo inalterada la velocidad, sin abandonar el eje de su pista.
b) 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.
c) El desarrollo del peralte se logra en forma también progresiva, consiguiendo que la pendiente transversal de la calzada aumente en la medida que aumenta la curvatura.
d) La flexibilidad de la clotoide permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, lo que permite mejorar la armonía y apariencia de la carretera.
e) 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.

3.203.402(2) Ecuaciones Paramétricas. La clotoide es una curva de la familia de las espirales, cuya ecuación paramétrica está dada por:

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

A = Parámetro (m)
R = Radio de curvatura en un punto (m)
L = Desarrollo (m). Desde el origen al punto de radio R.

En el punto de origen L = 0 y por lo tanto R = ∞ ; A la vez que cuando L $\rightarrow \infty$; R $\rightarrow$ 0

El parámetro A define la magnitud de la clotoide, lo que a su vez fija la relación entre R, L y τ. Siendo τ el ángulo comprendido entre la tangente a la curva en el punto (R, L) y la alineación recta normal a R = ∞ que pasa por el origen de la curva.

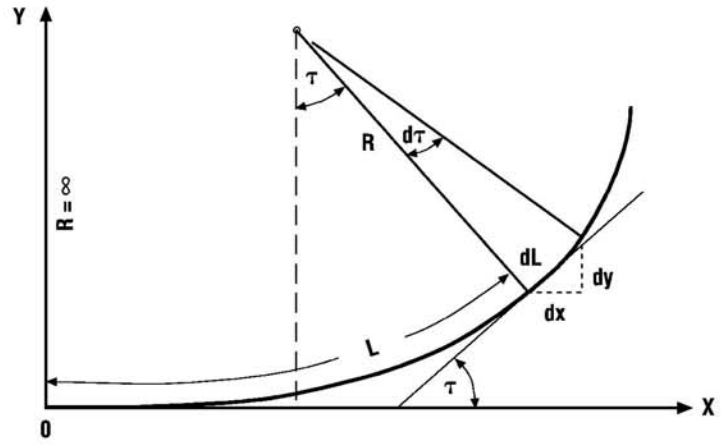
Las expresiones que ligan R, L y τ son:

$$\tau \text{ radianes} = \frac{L^2}{2A^2} = 0{,}5 \frac{L}{R} \qquad \tau \text{ grados cent.} = 31{,}831 \frac{L}{R}$$

La variación de A genera por tanto una familia de clotoides que permiten cubrir una gama infinita de combinaciones de radio de curvatura y de desarrollo asociado.

Las figuras a) y b) de la Lámina 3.203.402(2).A, ilustran los conceptos antes enunciados. El cuadro bajo la figura b) representa un ejemplo particular de los valores que asumen las variables L, τ, X e Y, para R = 250 m, en el caso de los parámetros considerados.

a) RELACIONES GEOMETRICAS FUNDAMENTALES



$$A^2 = RL$$

$$Rd\tau = dL$$

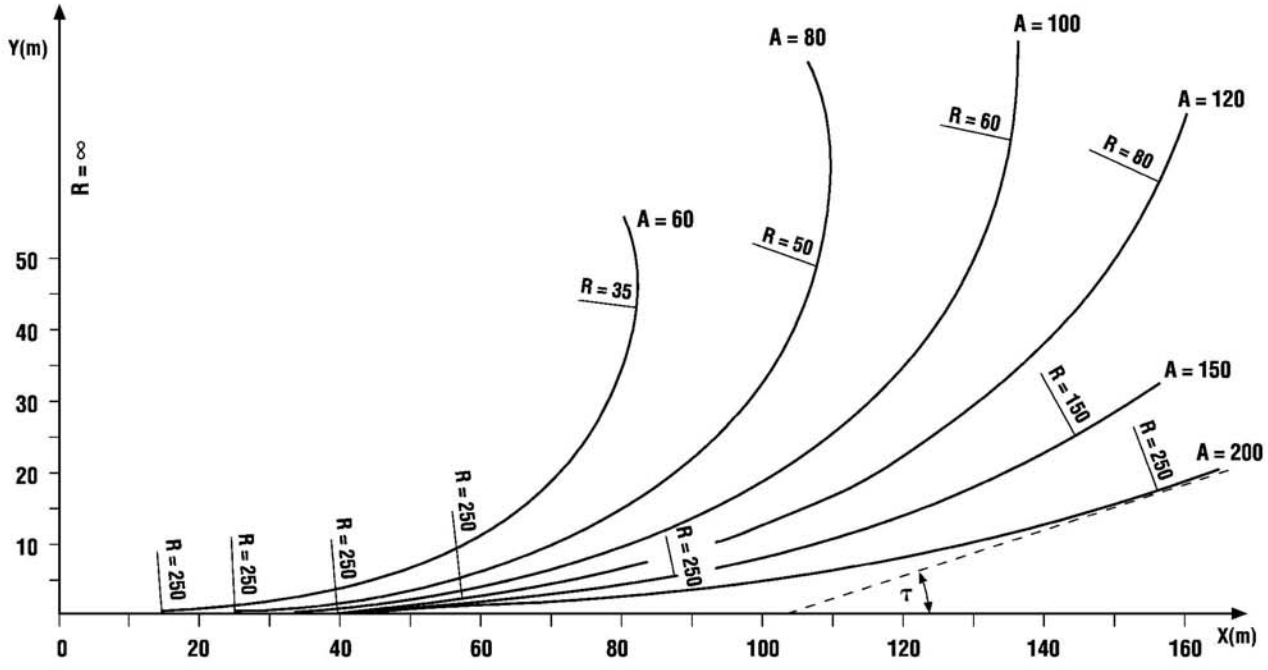
$$\int d\tau = \int \frac{LdL}{A^2}$$

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} + cte.$$

$$L = 0 \; ; \; \tau = 0 \; \ldots cte = 0$$

$$\tau = \frac{L^2}{2A^2} = 0.5 \; \frac{L}{R}$$

b) FAMILIA DE CLOTOIDES - MAGNITUDES SEGUN PARAMETRO



EFECTO VARIACION DEL PARAMETRO PARA R CONSTANTE					
A	R	L	τ^g	X	Y
60	250	14,40	1,8335	14,399	0,138
80	250	25,60	3,2595	25,593	0,437
100	250	40,00	5,0930	39,975	1,066
120	250	57,60	7,3339	57,524	2,210
150	250	90,00	11,4592	89,709	5,388
200	250	160,00	20,3718	158,369	16,942

3.203.402(3) Ecuaciones Cartesianas. De la figura a) de la Lámina 3.203.402(2).A se deduce que:

$dx = d L \cos \tau$
$dy = dL \operatorname{sen} \tau$

A su vez

$R = dL/d\tau$ y $\tau = L/2R$

Luego:

$$dL = Ad\tau / \sqrt{2\tau}$$

Sustituyendo en dx; dy se llega a las integrales de Fresnel:

$$X = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\cos \tau}{\sqrt{\tau}} d\tau \qquad Y = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\operatorname{sen} \tau}{\sqrt{\tau}} d\tau$$

Quedando en definitiva X e Y expresados como desarrollados en serie, con τ expresado en radianes

$$X = A\sqrt{2\tau}\left(1 - \frac{\tau^2}{10} + \frac{\tau^4}{216} - \frac{\tau^6}{9360} + \ldots\right)$$
$$Y = A\sqrt{2\tau}\left(\frac{\tau}{3} - \frac{\tau^3}{42} + \frac{\tau^5}{1320} - \frac{\tau^7}{75.600} + \ldots\right)$$

Ecuaciones que se pueden escribir también como:

$$X = A\sqrt{2\tau} \cdot \left(\sum (-1)^{n+1} \cdot \tau^{2n-2} / (4n-3)(2n-2)!\right)$$

$$Y = A\sqrt{2\tau} \cdot \left(\sum (-1)^{n+1} \cdot \tau^{2n-1} / (4n-1)(2n-1)!\right)$$

Que son las que se usan actualmente en los programas computacionales de diseño, o calculadoras programables, que han reemplazado las Tablas que se usaban antes de la era computacional. Por otra parte conviene recordar que:

$$A\sqrt{2\tau} = L, \quad \text{lo que simplifica las expresiones anteriores.}$$

3.203.403 Elección del Parámetro A de las Clotoides. Existen al menos cuatro criterios que determinan la elección del parámetro de una clotoide usada como curva de transición o arco de enlace, ellos son:

- ***Criterio a)*** Por condición de guiado óptico, es decir para tener una clara percepción del elemento de enlace y de la curva circular, el parámetro debe estar comprendido entre:

$$R/3 \leq A \leq R$$

La condición $A \geq R/3$ asegura que el ángulo τ será mayor o igual que $3{,}54^g$ y $A \leq R$ asegura que τ sea menor o igual que $31{,}83^g$. Para radios de más de 1000 m se aceptarán ángulos τ de hasta $3{,}1^g$, que está dada por A=R/3,2.

- ***Criterio b)*** Como condición adicional de guiado óptico es conveniente que si el radio enlazado posee un R ≥ 1,2 Rm el Retranqueo de la Curva Circular enlazada (∆R) sea ≥ 0,5 m, condición que está dada por:

$$A \geq (12R^3)^{0,25}$$

Estas condiciones geométricas deben complementarse de modo de asegurar que:

- ***Criterio c)*** La longitud de la clotoide sea suficiente para desarrollar el peralte, según los criterios que se explicitan en 3.203.405, situación que en general está cubierta por los parámetros mínimos que se señalan más adelante y los valores máximos de la pendiente relativa de borde que figuran en la Tabla 3.203.305(3).A.

Condición que se cumple si:

$$A \geq \left(\frac{n \cdot a \cdot p \cdot R}{\Delta} \right)^{1/2}$$

n = número de pistas entre el eje de giro y el borde del pavimento peraltado
a = ancho de cada pista, sin considerar ensanches
p = Peralte de la curva
R = Radio de la Curva
∆ = Pendiente relativa del borde peraltado respecto del eje de giro

- ***Criterio d)*** La longitud de la clotoide sea suficiente para que el incremento de la aceleración transversal no compensada por el peralte, pueda distribuirse a una tasa uniforme J (m/s³). Este criterio dice relación con la comodidad del usuario al describir la curva de enlace, y para velocidades menores o iguales que la Velocidad Específica de la curva circular enlazada, induce una conducción por el centro de la pista de circulación.

La expresión correspondiente, es:

$$A = \left(\frac{Ve\ R}{46,656\ J} \left(\frac{Ve^2}{R} - 1,27\ p \right) \right)^{1/2}$$

Ve = Velocidad Específica (km/h) – con máximos de 110 km/h en Caminos y 130 km/h en Carreteras.
R = Radio de la Curva Enlazada (m)
J = Tasa de Distribución de la Aceleración Transversal (m/s³)
p = Peralte de la Curva Circular (%)
Los valores de J en función de Ve se dan en la Tabla 3.203.403.A

Se considerarán dos grupos de valores de J para el diseño, según sea la situación que se esté abordando:

Criterio d.1) Si el radio que se está enlazando posee un valor comprendido entre Rm ≤ R < 1,2 Rm, resulta conveniente emplear los valores de J máx que se señalan en la Tabla 3.203.403.A. Con ello se persigue que el usuario perciba una fuerza centrífuga no compensada por el peralte que crece rápidamente, en relación con la que percibe en curvas más amplias. Ello le advertirá que está entrando a una configuración mínima.

TABLA 3.203.403.A
TASA MAXIMA DE DISTRIBUCION DE LA ACELERACION TRANSVERSAL

Ve ≈ Vp (km/h)	40 - 60	70	80	90	100	120
J máx (m/s³)	1,5	1,4	1,0/0,9	0,9	0,8	0,4

Nota: Para 80 km/h el valor mayor corresponde a Caminos y el menor a Carreteras.

Los valores de J máx que se indican en la Tabla anterior fueron verificados según el criterio c) de modo que los parámetros mínimos resultantes sean tales que la longitud de la clotoide permita desarrollar el peralte cumpliendo con la pendiente relativa de borde Δ máx que se indica en la Tabla 3.203.305(3).A, para los casos de Caminos y Carreteras con n=1 ó n> 1, es decir, vías bidireccionales y unidireccionales de 2 pistas por calzada.

La Tabla 3.203.403(1).A, que se presenta a continuación, contiene los parámetros mínimos así calculados, los que a su vez se grafican mediante líneas segmentadas en las figuras de la Lámina 3.203.403(1).A que se presentan más adelante.

TABLA 3.203.403(1).A
PARAMETROS MINIMOS DE LA CLOTOIDE
POR CRITERIO DE J máx y Δ máx

Vp (km/h)	Rm (m)	A mínimo	
		Bidireccionales	Unidireccionales
Caminos (p máx = 7%)			
40	50	29	-
50	80	37	-
60	120	48	68
70	180	60	83
80	250	83	117
Carreteras (p máx = 8%)			
80	250	89	125
90	330	110*	144
100	425	142*	173
110	540	190	195
120	700	-	234*

* Manda el criterio a) $A \geq R/3$

Criterio d.2) si el radio que se está enlazando posee un valor de R > 1,2 Rm, se emplearán los valores de J Normal que se indican en la Tabla 3.203.403(1).B, o incluso algo menores, según resulta de aplicar los criterios indicados en las **letras a), b) y c).**

TABLA 3.203.403(1).B
TASA NORMAL DE DISTRIBUCION DE ACELERACION TRANSVERSAL

Ve (km/h)	Ve < 80	Ve $\geq$ 80
J Normal (m/s^3)	0,5	0,4

3.203.403(1) Parámetros A Mínimos y Normales. La Lámina 3.203.403(1).A ilustra gráficamente los valores de A especificados en esta Instrucción según la situación que se enfrente.

El gráfico superior corresponde a caminos con Vp $\leq$ 80 km/h. La línea segmentada corresponde a radios comprendidos entre Rm $\leq$ R $\leq$ 1,2 Rm, siendo el Rm el radio mínimo correspondiente a cada Velocidad de Proyecto y fue calculada bajo el criterio expuesto en **d.1).** Entre los Radios 250 m y 300 m se traza una recta para cerrar la curva de los A mín.

La línea continua del mismo gráfico fue calculada seleccionando el mayor valor resultante de aplicar los criterios **a), b) y d.2),** considerando para **d.2)** los valores de J Normal y para cada valor del radio, la Ve que les corresponde, según la Tabla II de la Lámina 3.203.303(2).A. Entre los Radios 50 y 300 m, se trazó una curva envolvente para suavizar los quiebres moderados que presentaba la curva original. El criterio **c)** se cumple holgadamente para Δ máx, puesto que A normal es > A mín. Para valores entre A máx y A normal se debe verificar el Δ que se está empleando.

El gráfico inferior de la Lámina corresponde a Carreteras con Ve $\geq$ 80 km/h y fue calculado empleando los mismos criterios que para los caminos, en consecuencia para radios entre 250 y 550 existen dos curvas segmentadas, asociada a Rm $\leq$ R $\leq$ 1,2 Rm para vías bidireccionales y unidireccionales, extendiéndose la segunda hasta un radio de 800 m en que empalma con la línea continua para R > 1,2 Rm.

Para radios comprendidos entre 500 y 1000 m, prevalece el criterio **b),** es decir ΔR $\geq$ 0,5 m, tanto para Carreteras como Caminos y luego los valores de A son los mismos en ambos gráficos.

Para Radios sobre 1000 m prevalece el criterio **a)**, es decir A $\geq$ R/3. No obstante esto último, entre R = 1000 y 1200 m se hace una transición empleando un factor que pasa de R/3 a R/3,2 y para R $\geq$ 1200 m el valor de A mín se determina mediante la expresión A mín $\geq$ R/3,2. Esta última expresión se asocia a un valor de τ = 3,1^g, algo menor que lo recomendado inicialmente, pero ello permite en algunos casos críticos, limitar clotoides excesivamente extensas para radios grandes; en todo caso se siguen cumpliendo los criterios ΔR $\geq$ 0,5 m y sobradamente el de distribución de aceleración transversal. Si no hay limitación de espacio, es preferible emplear para R > 1000 m el A correspondiente a R/3.

En algunos casos, por condiciones de trazado, puede convenir emplear valores de A comprendidos entre las líneas segmentadas y la continua que figuran en la Lámina 3.203.403(1).A, y aún por sobre la línea continua, siempre que se controle el Lmáx de la clotoide.

3.203.403(2) Desarrollo Máximo de la Clotoide. Aun cuando el **criterio a)** estableció un valor máximo de A = R, no es conveniente emplear desarrollos clotoidales excesivamente largos, siendo recomendable limitarlos a L máx = 1,5 L normal, siendo el L normal aquel obtenido empleando los parámetros correspondientes a las dos líneas continuas de la Lámina 3.203.403(1).A,

La Limitación de L máx es especialmente válida para clotoides que enlazan radios superiores a 200 m, en los que al usar valores de A cercanos a R, resultan desarrollos clotoidales muy largos, a los que se asocian valores de Δ y J muy pequeños; además durante un desarrollo considerable en la zona inicial de la clotoide, los valores de R son mucho más grandes que los radios que se están enlazando, lo que los hace difíciles de percibir, sobretodo de noche.

Como caso particular, para hacer coincidir el FK con el PK de clotoides sucesivas en curvas en "S" o para resolver situaciones del tipo Ovoide y Ovoide Doble, se aceptará superar el límite antes definido, siempre que Lmáx no sea mayor que 2 L normal.

3.203.403(3) Radios que no Requieren el Empleo de Clotoides

En Caminos con Vp $\leq$ 80 km/h Si R > 1500 m

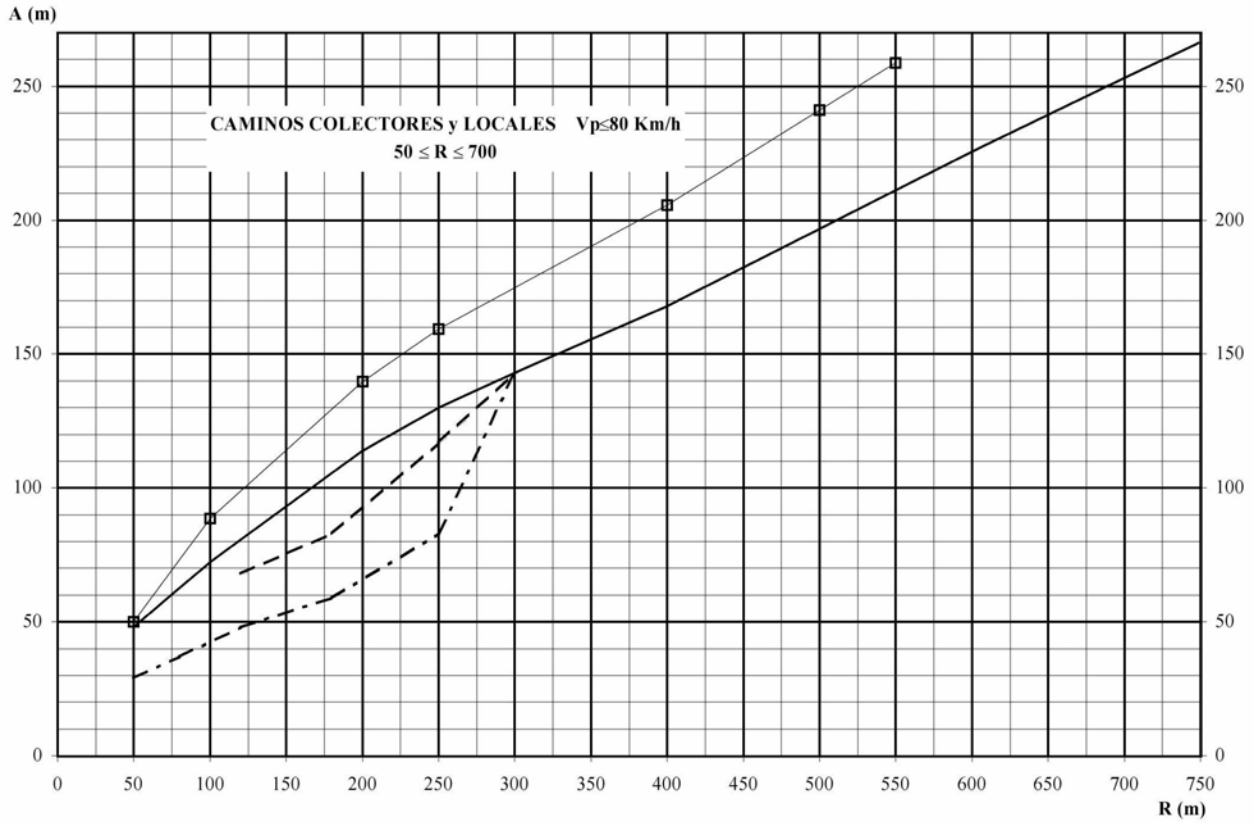
En Carreteras con Vp $\geq$ 80 km/h Si R > 3000 m

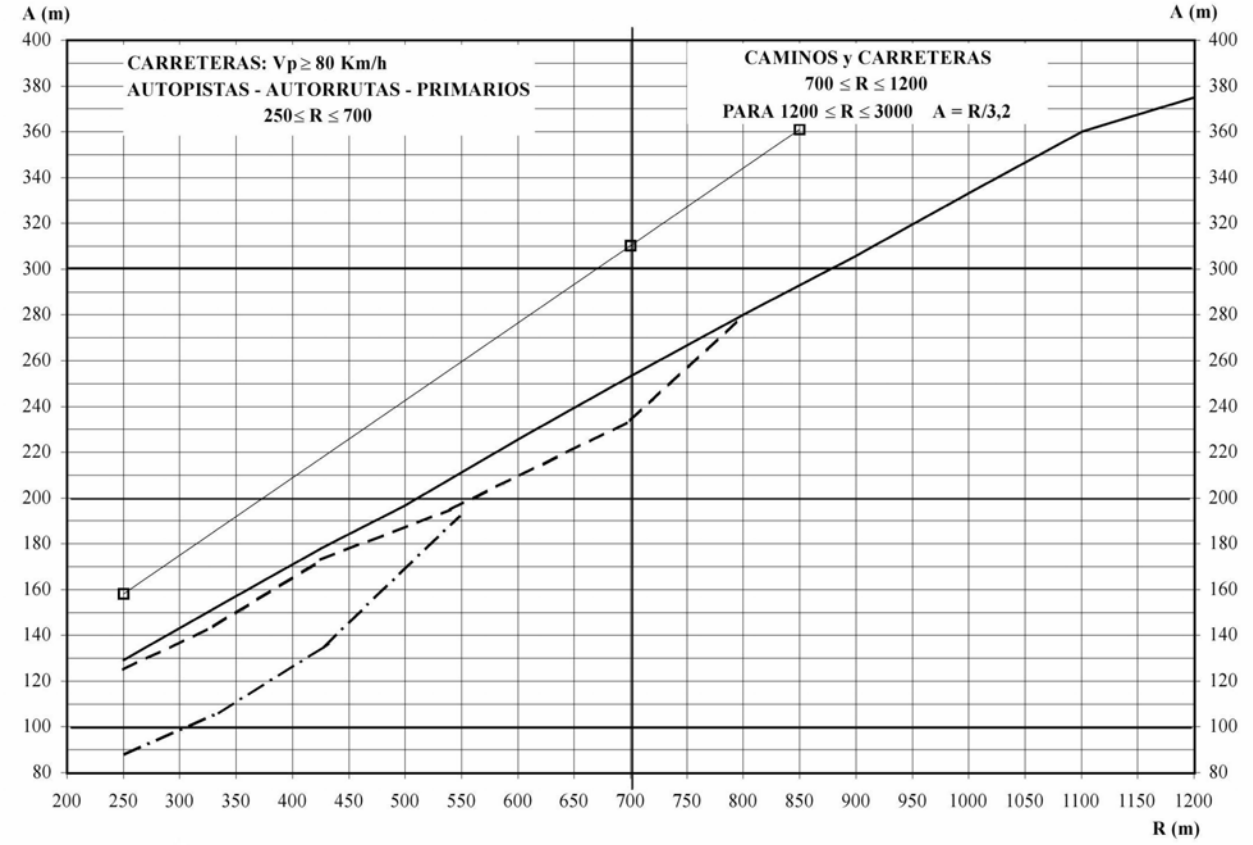
Sobre los límites antes establecidos, la aceleración transversal no compensada por el peralte "gt" es menor que el J normal para Ve $\geq$ 80 km/h (0,4 m/seg^3), considerando en el cálculo Ve = 110 km/h para caminos y Ve = 130 km/h en Carreteras.

3.203.404 Elementos del Conjunto Arco de Enlace Curva Circular. La introducción de un arco de enlace implica el desplazamiento del centro de la curva original en una magnitud que es función del retranqueo ΔR y del ángulo de deflexión de las alineaciones. El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de ésta es parcialmente reemplazado por secciones de las clotoides de enlace.

La figura de la Lámina 3.203.404.A, ilustra los conceptos antes mencionados y permite establecer las relaciones necesarias para el replanteo.

PARAMETROS MINIMOS Y NORMALES DE LA CLOTOIDE EN FUNCION DEL RADIO DE CURVATURA





A mín para Rm ≤ R ≤ 1,2 Rm (n=1 Bidireccionales)

A mín para Rm ≤ R ≤ 1,2 Rm (n>1 Unidireccionales)

A normal para R > 1,2 Rm

A máximo = 1,225 A normal (L máx = 1,5 L normal)

Sea:

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 retranqueada de radio R; válido para clotoides simétricas. En clotoides asimétricas (C) se desplaza fuera de la bisectriz y tiene coordenadas X_{c1}, Y_{c1} determinadas con el parámetro A_1 y usando la expresión para OV_1 del caso asimétrico.

ΔR(m) : Retranqueo o desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia retranqueada de radio R.

Xp; Yp(m) : Coordenadas de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambas poseen un radio común R; referidas a la alineación considerada y a la normal a ésta en el punto "o", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinitivo.

Xc; Yc(m) : Coordenadas del centro de la curva circular retranqueada, referidas al sistema anteriormente descrito.

τp (g) : Angulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide la desviación máxima de la clotoide respecto de la alineación.

ω(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.

Dc(m) : Desarrollo de la curva circular retranqueada entre los puntos PP'

3.203.404(1) Casos Particulares de Curva de Enlace. En la Lámina 3.203.404.A se presenta el caso general en que existe curva de enlace y curva circular. Si se analiza la expresión correspondientes al desarrollo de la curva circular retranqueada se tiene:

$$Dc = R(\omega - 2\tau p)/63.662$$

Para $\omega - 2\tau p > o$ Caso General; Dc> 0
$\omega - 2\tau p = o$ Caso Particular I; Dc = 0
$\omega - 2\tau p < o$ Caso Particular II

El caso particular I, Clotoide de Vértice se discuta en 3.203.503(2), letra f).

En el caso particular II, no existe solución para el conjunto curva de enlace-curva circular. En esos caso que normalmente corresponderán a deflexiones pequeñas ($\omega < 7^g$) la solución de curva circular sin curva de enlace es normalmente adecuada. (Ver 3.203.303(4)).

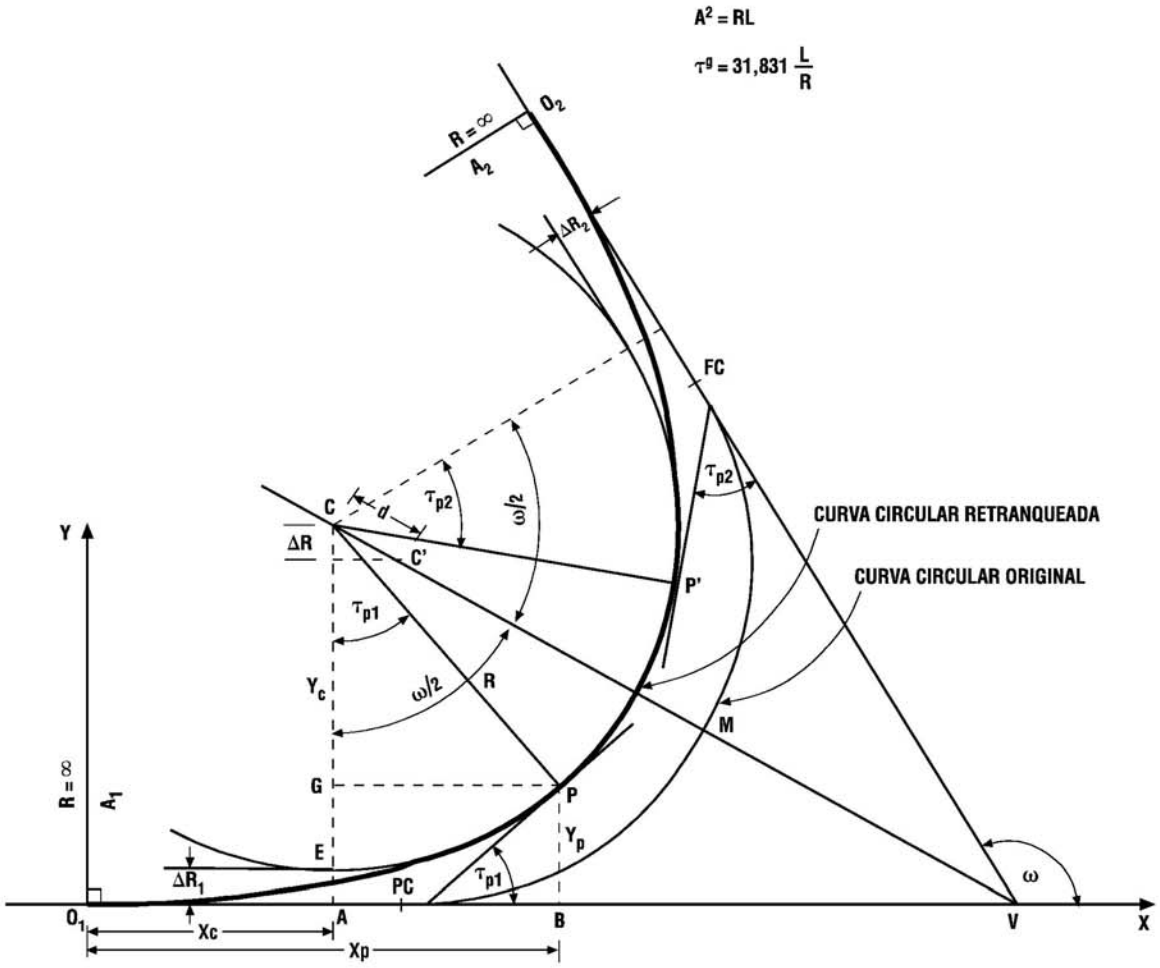
3.203.404(2) Expresiones Aproximadas. Dado que las expresiones cartesianas de la clotoide son desarrollos en serie en función de τ, para ángulos pequeños es posible despreciar a partir del segundo término de la serie y obtener expresiones muy simple.

Estas expresiones simplificadas sirven para efectuar tanteos preliminares en la resolución de algunas situaciones. Los cálculos definitivos deberán efectuarse en todo caso mediante las expresiones exactas.

De las ecuaciones para X e Y que figuran en 3.203.402(3) y considerando que:

$$\tau = L^2/2A^2$$

Luego: $$L = A\sqrt{2\tau}$$



CLOTOIDES SIMETRICAS:

$A_1 = A_2 = A$; $\tau_{p1} = \tau_{p2} = \tau_p$ y todos los elementos función de A y τ_p son iguales.

$$CE = CP = C'M = R$$

RETRANQUEO: $\Delta R = EA = (PB - GE)$

$$\Delta R = Yp - R\,(1 - \cos \tau p)$$

RETRANQUEO CENTRO: $d = \overline{CC'} = \Delta R / \cos \frac{\omega}{2}$

ORIGEN CURVA ENLACE: $OV = Xp + AV - AB$

$$OV = Xp + (R + \Delta R)\, tg \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} \tau p$$

COORDENADAS DE C: $Xc = Xp - R \operatorname{sen} \tau p$

$$Yc = Yp + R \cos \tau p = R + \Delta R$$

DESARROLLO CIRCULAR: $\widehat{PP'} = R \cdot (\omega - 2\,\tau p) / 63{,}662$

CLOTOIDES ASIMETRICAS:

$A_1 \neq A_2$; $\tau_{p1} \neq \tau_{p2}$ y todos los elementos se calculan en función del respectivo A, τ_p.

Además:

$$O_1V = X_{p1} + (R + \Delta R_1)\, tg \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} \tau_{p1} + (\Delta R_2 - \Delta R_1) / \operatorname{sen} \omega$$

$$O_2V = X_{p2} + (R + \Delta R_2)\, tg \frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} \tau_{p2} - (\Delta R_2 - \Delta R_1) / \operatorname{sen} \omega$$

$$\widehat{PP'} = R \cdot (\omega - \tau_{p1} - \tau_{p2}) / 63{,}662$$

Depreciando a partir del segundo término de la serie:

$$X \cong L$$

$$Y \approx \frac{L\,\tau}{3} = \frac{L^2}{6\,R}$$

El retranqueo ΔR puede también expresarse en forma exacta como un desarrollo en serie:

$$\Delta R = \left(\frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3} + \frac{L^6}{506.880R^5} - \cdots \right)$$

Si se deprecia a partir del segundo término, se tiene:

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$$

Combinando las ecuaciones aproximadas para ΔR e Y se tiene:

$$Y = 4\,\Delta R$$

Finalmente las coordenadas aproximadas del centro de la curva retranqueada serán:

$$Xc = L/2 = \tau R$$

$$Yc = R + \Delta R = R + L^2/24R$$

El error asociado a cada una de estas expresiones aproximadas será menor que 0,2% de la longitud real del elemento si $\tau < 0{,}1$ radianes ó $6{,}36^g$.

3.203.405 Desarrollo de Peralte en Arcos de Enlace

3.203.405(1) Aspectos Generales. Cuando existe arco de enlace, el desarrollo del peralte puede darse de forma tal que el valor alcanzado sea exactamente el requerido por el radio de curvatura en el punto considerado, obteniéndose el valor máximo de "p" justo en el principio de la curva circular retranqueada.

Cuando la calzada posee doble bombeo, o si el bombeo único es en sentido contrario al sentido de giro de la curva que se debe enlazar será necesario efectuar en la alineación recta, el giro de la pista o de la calzada, hasta alcanzar la pendiente transversal nula en el inicio de la curva de enlace. Desde ese punto se desarrolla el peralte al ritmo antes descrito. Si se hiciera la transición desde –b% a 0% dentro de la curva de enlace, quedaría un sector con un déficit de peralte.

Por otra parte, para velocidades altas la longitud de la curva de enlace suele ser superior al desarrollo requerido para la transición del peralte entre 0% y p. En estos casos la pendiente del borde peraltado respecto del eje de giro "Δ" puede resultar pequeña y por tanto la zona con pendiente transversal cercana a 0%, tiende a ser demasiado extensa desde el punto de vista del drenaje.

3.203.405(2) Procedimiento a Seguir. Para minimizar los problemas de drenaje, manteniendo el concepto general antes expuesto, cuando existe arco de enlace el desarrollo de peralte se dará según el siguiente procedimiento:

a) Eje de giro normal en torno al eje de las calzadas bidireccionales y en los bordes interiores del pavimento en las unidireccionales. En casos especiales se podrá adoptar otros ejes de giro tal como se expuso en 3.203.305(2), y como se expone en la letra d) de este Numeral para las unidireccionales.

b) El desarrollo de peralte tendrá una longitud total igual a:

$$l = l_o + L$$

Siendo:

l_o = Desarrollo en la recta para pasar –b% a 0%

L = Desarrollo en la Clotoide para pasar de 0% a p%

Para calzadas de doble bombeo o de pendiente transversal única de sentido opuesto al giro de peralte, la longitud, "lo" vale.

$$l_o = (n \cdot a \cdot b)/\Delta$$

n : Número de pistas entre el eje de giro y el borde de la calzada a peraltar.

a : Ancho normal de una pista (m). Se prescinde de posibles ensanches.

b : Bombeo o pendiente transversal normal en recta

Δ : Pendiente relativa del borde peraltado respecto del eje de giro (Según Tabla 3.203.305(3).A).

En todo caso para minimizar los problemas de drenaje a partir del comienzo de la curva de enlace se desarrollará el giro desde 0% a b%, manteniendo la pendiente de borde "Δ" utilizada en el tramo en recta, resultando una longitud idéntica a la ya definida. El valor de Δ no deberá ser nunca menor que 0,35%, pudiendo alcanzar hasta el Δ máx indicado en la Tabla 3.203.305(3) para la Vp correspondiente.

El saldo del peralte por desarrollar se dará entonces en la longitud L– lo resultando una pendiente relativa de borde:

$$\Delta ce = \frac{n \cdot a \left(p - b\right)}{L - l_o}$$

Si el desarrollo del peralte se da con Δ único entre 0% y p% a todo lo largo de la clotoide, el Δ resultante será:

$$\Delta = (n \cdot a \cdot p)/L$$

Para Velocidades altas que implican parámetros grandes, por lo general Δce será < Δ normal y para Clotoides de parámetro mínimo con un Δ constante en toda la transición, este deberá ser similar aunque menor o igual que Δ máx.

c) Para el caso de calzadas con pendiente transversal única, en que ésta coincide con el sentido de giro de la curva: Se mantiene constante la inclinación transversal "b" en una distancia "lo" al inicio de la clotoide, calculada según lo expuesto en la Letra (b); ello con el objeto de evitar un sobreperaltamiento en ese tramo de la clotoide. Luego el peraltamiento de b%, a p% se da en el resto de la curva de enlace y la pendiente relativa de borde se calcula a partir de la expresión para Δce.

Estos procedimientos se ilustran en la Lámina 3.203.405.A, para giros en torno al eje y a los bordes derecho e izquierdo, según el avance de la distancia acumulada, en calzadas bidireccionales con doble bombeo y en las Láminas 3.203.405.B y C para calzadas unidireccionales con eje de giro en los bordes interiores de cada calzada (Izquierdo para la calzada derecha y derecho para la calzada izquierda, siempre considerando el sentido de avance de la distancia acumulada).

d) En Carreteras Unidireccionales con tres o más pistas por calzadas, si la curva requiere un peralte mayor que 4%, puede ser conveniente desplazar los ejes de giro de los peraltes al centro de cada calzada, distando entre dicho eje de giro 5,25 m al borde interior de los pavimentos para el caso de 3 pistas de 3,5 m y 7,0 m para cuatro pistas. Lo anterior tiene por objeto disminuir el desnivel que se produce entre los bordes exteriores de la calzada y la rasante, respecto de aquellos con ejes de giro en el borde interior del pavimento. Al actuar de este modo no se requiere modificar la rasante y la cota de los ejes de giro queda dada por:

Cota Ejes de Giro en el Centro de la Calzada = Cota Rasante en eje de la Mediana - (c/2) b

siendo:

c/2 = 5,25 m para 3 Pistas y 7,0 m para 4 Pistas
b = bombeo de la calzada en recta en m/m

El diagrama de peralte deberá presentarse empleando una nomenclatura distinta para cada borde de las calzadas, o bien, mediante dos diagramas independientes.

3.203.406 Sobreancho en Curvas con Arco de Enlace

3.203.406(1) Aspectos Generales. Los ensanches requeridos se determinarán según lo expuesto en 3.203.306.

3.203.406(2) Desarrollo del Sobreancho. La longitud normal para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si el arco de enlace es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m antes del principio de la curva circular. Si el arco de enlace es menor de 40 m el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de arco de enlace disponible.

El sobreancho se generará mediante una variación lineal con el desarrollo: $e_n = (E/L) \cdot ln$

e_n : Ensanche hacia el interior de la curva correspondiente a un punto distante ln metros desde el origen
L : Longitud Total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de enlace

La ordenada "e_n" se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa "ln" y el borde interior de la calzada distará del eje, $(a + e_n)$, siendo "a" el ancho normal de una pista en recta.

3.203.406(3) Aspectos Constructivos. Son válidas las consideraciones hechas en 3.203.306(7).

3.203.5 COMPOSICION DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

3.203.501 Aspectos Generales. En el Tópico 3.203.1 se discutieron los controles y criterios generales a considerar en el alineamiento horizontal. En los Tópicos siguientes se establecieron los valores mínimos y deseables para los diversos elementos básicos que pueden formar parte de la planta del trazado.

Se establece a continuación el tipo de alineamiento que corresponderá a cada categoría de carretera o camino y se proporcionan algunos antecedentes sobre alineaciones compuestas que no fueron analizadas anteriormente.

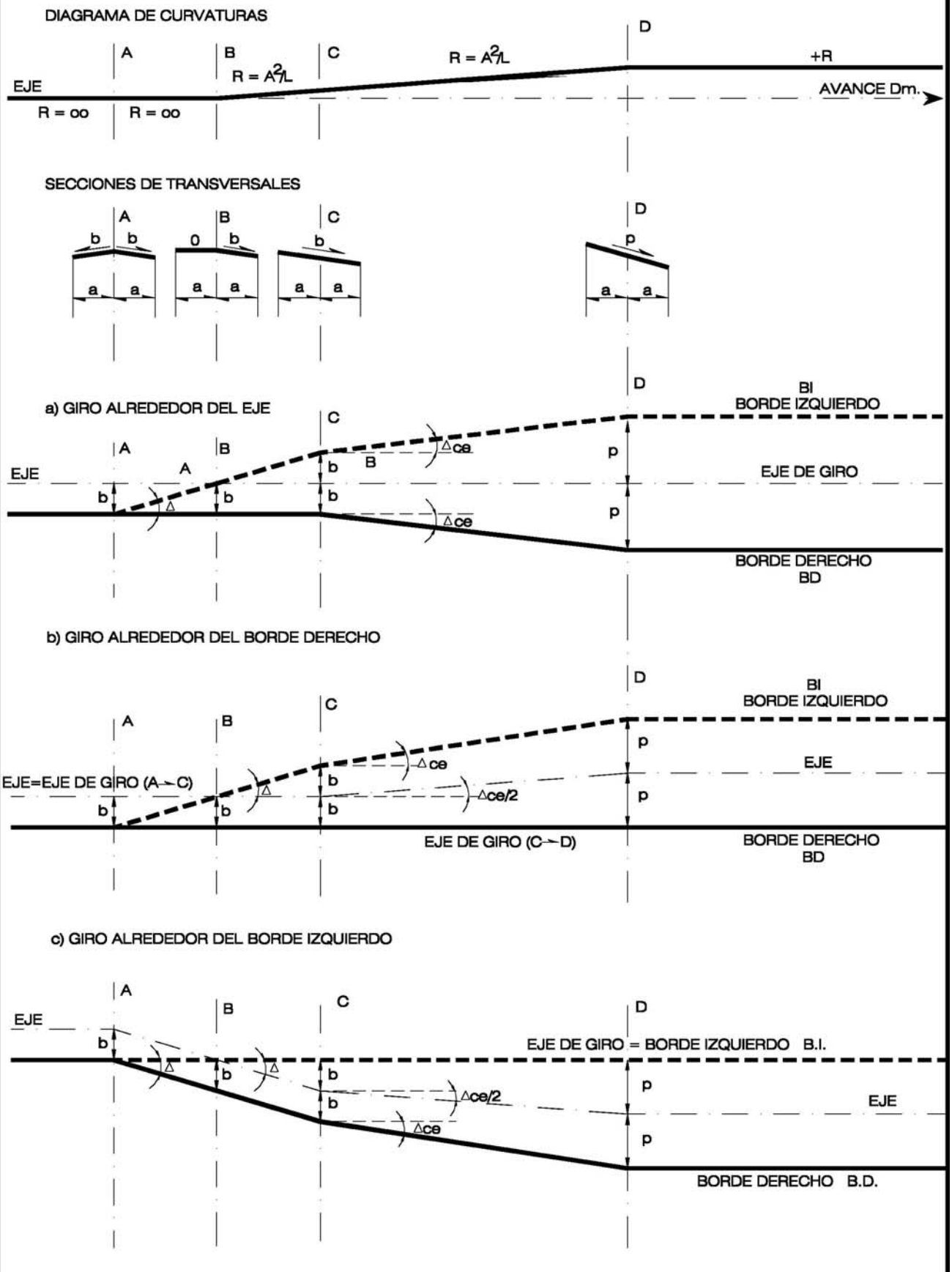
3.203.502 Composición del Alineamiento Según Categoría. Toda carretera o camino con la sola excepción de los Caminos de Desarrollo deberán:

- Ser proyectadas con enlaces clotoidales de transición entre los elementos de distintas naturaleza, magnitud o sentido de curvatura, dentro de los rangos establecidos precedentemente.
- Las secuencias de curvas distantes menos de 400 m considerados entre el término y el inicio de las clotoides respectivas, deberán cumplir las relaciones para el radio de entrada y salida que se establecieron en 3.203.304.
- La incorporación de rectas largas, Lr > 400 m, requerirá un tratamiento de las curvas existentes en los extremos de la recta en función de la V85% predicha para cada Vp en 3.201.301.

3.203.503 Alineaciones Compuestas. Las combinaciones de recta, circulo y clotoide dan origen a diversas configuraciones que se ilustran en las Láminas 3.203.503.A, B y C.

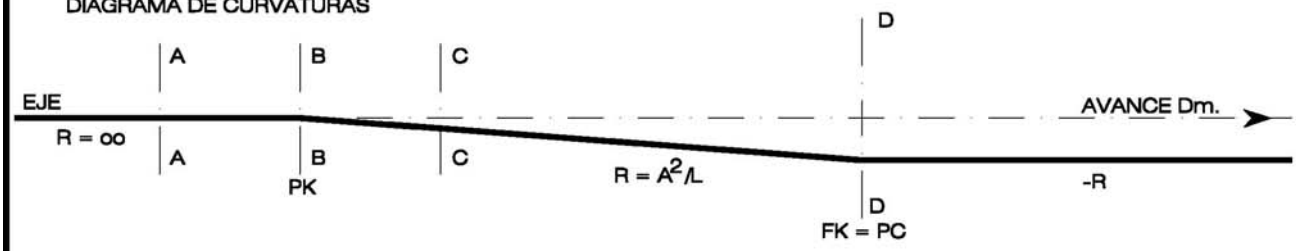
3.203.503(1) Configuraciones Recomendables. La Lámina 3.203.503.A incluye aquellas configuraciones que no merecen objeciones y que por el contrario ayudan a resolver con seguridad y elegancia situaciones de común ocurrencia en un trazado.

DESARROLLO DEL PERALTE EN ARCOS DE ENLACE CALZADAS BIDIRECCIONALES



Δ mín. = 0.35% para toda Vp.

DIAGRAMA DE CURVATURAS



SECCIONES DE TRANSVERSALES

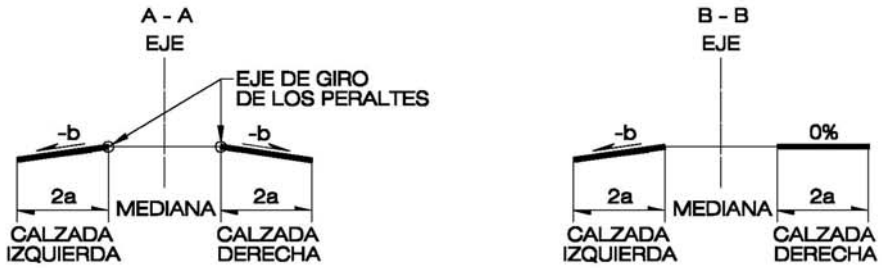
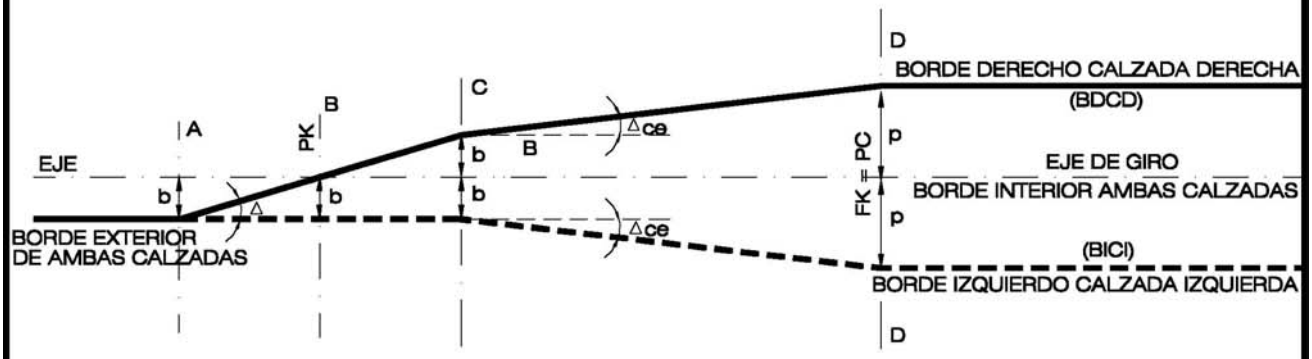
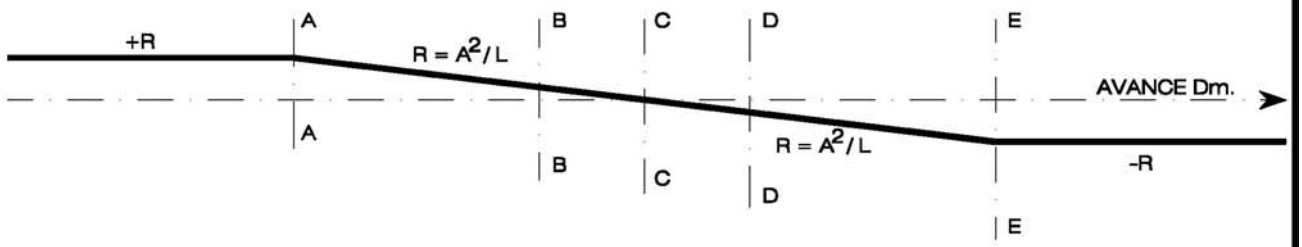


DIAGRAMA DE PERALTES



Δ mín. = 0.35% para toda Vp.

DIAGRAMA DE CURVATURAS



SECCIONES DE TRANSVERSALES

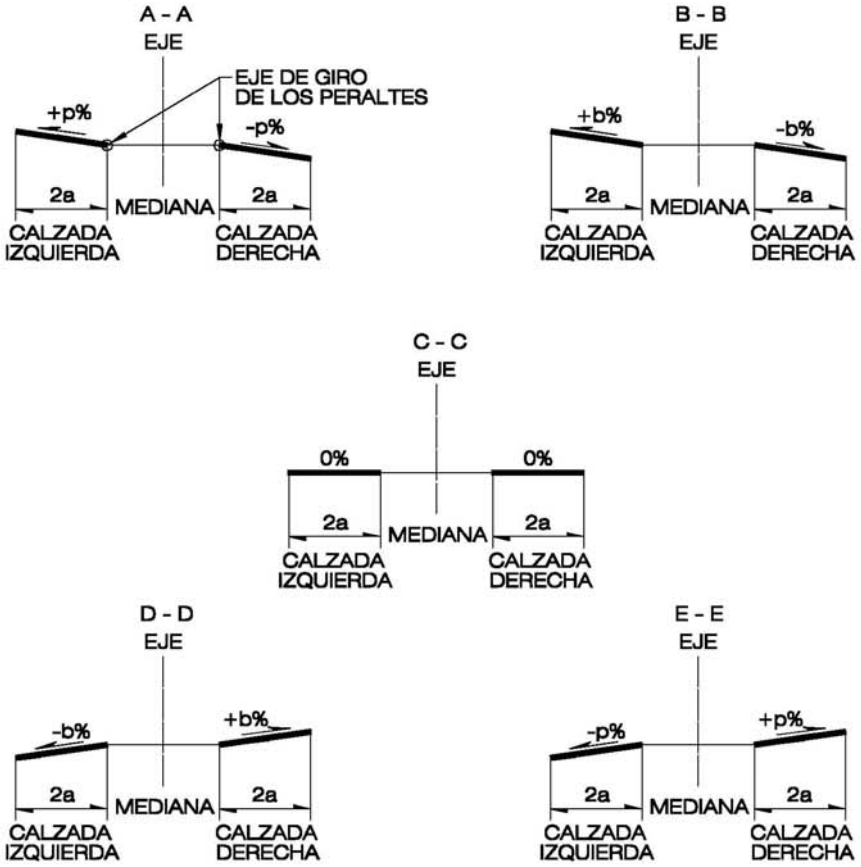
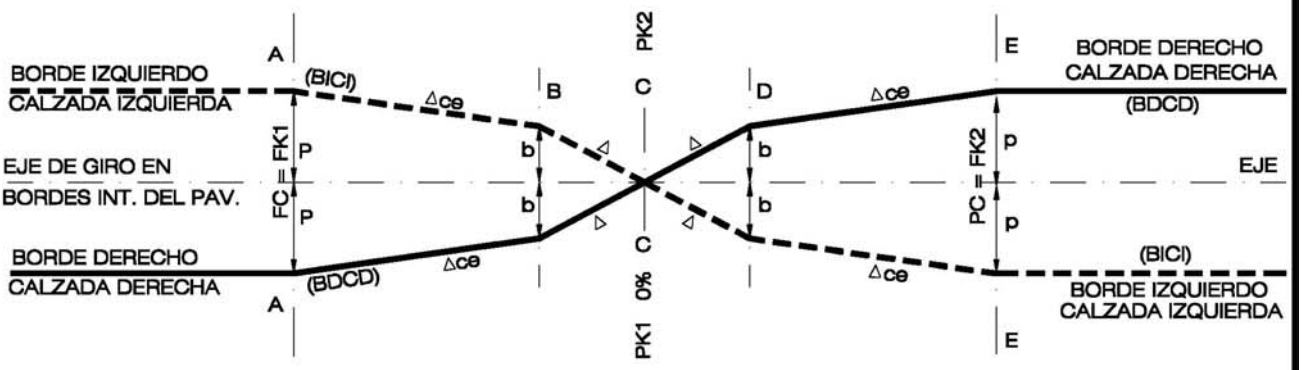


DIAGRAMA DE PERALTES



Δ mín. = 0.35% para toda Vp.

3.203.503(1) a) Curva Circular con Clotoide de Enlace. Corresponde al caso analizado en el Tópico 3.203.4. Los parámetros A1 y A2 son normalmente iguales o bien los más parecidos posible y en ningún caso su razón superará el rango señalado en la Lámina. Cuanto más larga sea la recta asociada, a la que corresponderá un R >> Rm y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro de la clotoide, pero acotado por las condiciones $A \leq R$ y L máx = 1,5 L normal.

Por el contrario, para curvas al interior de una configuración que acepte radios en el orden del mínimo ($Rm \leq R \leq 1{,}2\ Rm$), menor deberá ser la clotoide según lo expuesto en 3.203.403(1)d.1.

La influencia de la deflexión total ω fue analizada en 3.203.303(4) en relación con el desarrollo de la curva circular. Además se recalca que para $\omega < \tau_1 + \tau_2$, no existe solución para el conjunto clotoide curva circular

3.203.503(1) b) Curva de Inflexión o Curvas en S. La solución óptima de esta configuración corresponde a aquella en que no existe recta intermedia entre el término de la clotoide de salida de la primera curva y el inicio de la clotoide de entrada a la segunda, disposición que deberá cumplirse siempre en los Trazados Nuevos. En casos de rectificación de los trazados existentes la longitud de dicha recta no deberá superar la longitud dada por:

$$Lr \leq 0{,}08\ (A1 + A2)$$

Tramos rectos de mayor longitud que permiten independizarse de la condición anterior están dados por la expresión $L \geq 1{,}4\ Vp$ (m). En este caso la configuración ya no corresponde a una curva en S propiamente tal.

En todo caso, para longitudes Lr < 200 m en Carreteras y Lr < 150 m en Caminos, la transición del peralte deberá extenderse hasta el punto medio del tramo recto, punto en que se alcanzará el valor p=0%.

Según lo expuesto en 3.203.304, toda vez que Lr < 400 m las curvas R1 y R2 deberán cumplir con las relaciones que figuran en las Láminas 3.203.304.A para Carreteras y 3.203.304.B para Caminos. Consecuentemente los valores mínimos de A1 y A2 se obtendrán de la Lámina 3.203.403(1).A en función de R1 y R2 según se trate de Carreteras o Caminos, y de la magnitud de los radios involucrados.

3.203.503(1) c) 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 parámetro y radio consignadas en la Lámina. La transición de peralte se dará en la clotoide de enlace. Los radios R1 y R2 deberán estar comprendidos dentro del rango señalado en las Láminas 3.203.304.A y B.

3.203.503(1) d) Ovoide Doble. Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberá recurrirse a un circulo auxiliar “R3”, dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada. Las relaciones a observar entre radios y parámetros se indican en la Lámina.

3.203.503(2) Configuraciones Límite. Constituyen casos particulares de las soluciones generales antes expuestas y se presentan en la Lámina 3.203.503.B.

3.203.503(2) a) Curva Circular sin Curva de Enlace. Su aplicación está limitada a los Caminos de Desarrollo y en el resto de las Categoría se podrá emplear si:

R > 1500 m en Caminos con $Vp \leq 80$ km/h R > 3000 m en Carreteras con $Vp \geq 80$ km/h
$\omega < 7^g$ – Situación en que no existe solución para el conjunto Recta – Clotoide – C. Circular.

En el último caso la curva deberá tener un radio que asegure los desarrollos señalados en la Tabla 3.203.303(4).B.

3.203.503(2) b) Clotoide de Vértice Sin Arco Circular. Esta configuración se presenta cuando $\omega = \tau 1 + \tau 2$, es decir para ω entre 6,2 y $7{,}1^g$, si A mín se determina mediante las expresiones R/3,2 o R/3. En general deberá ser evitada pues puede inducir maniobras algo erráticas en el entorno del punto de tangencia de ambas clotoides.

En trazados restrictivos para velocidades de proyecto de hasta 80 km/h (carreteras y caminos), su empleo podrá ser autorizado excepcionalmente por la Dirección de Vialidad, como una clotoide de vértice propiamente tal (Desarrollo circular = 0) o con desarrollos circulares menores que los indicados en 3.203.303(4)d, tras haber estudiado y valorizado las posibles alternativas tendientes a evitarla.

Si en definitiva se decide emplearla, además de las condiciones señaladas en la Figura f), el peralte asociado al radio R ≥ 1,2 R mínimo correspondiente a la Vp, se deberá mantener constante en una longitud igual a Vp/3,6(m), distribuido en partes iguales en cada clotoide.

3.203.503(2) c) Curvas Circulares Contiguas: Esta configuración podrá emplearse en casos calificados en Caminos de Desarrollo y excepcionalmente en caminos con Vp ≤ 70 km/h, tras haber analizado y valorizado las alternativas tendientes a evitarla. El peralte máximo correspondiente al Radio R deberá mantenerse constante en al menos Vp/3,6 (m) hacia el interior de la curva de radio mayor si a esta correspondiere un peralte p1 < p.

3.203.503(3) Configuraciones no Recomendables. Las curvas compuestas que se incluyen en la Lámina 3.203.503.C, deben evitarse 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 resultar erráticas. Además sus configuraciones tienen alternativas recomendables que aunque con un costo tal vez algo superior, normalmente podrán ser impuestas.

3.203.504 Curvas de Retorno

En trazados de alta montaña suelen requerirse Curvas de Retorno (CR), 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 (Ver 2.801.401(7)).

Las CR constituyen puntos singulares del trazado, en los que los radios que deben emplearse son mucho menores que los correspondientes a la Vp del camino. Los elementos para diseñarlas, clotoides y curvas de tres centros, tampoco cumplen con las condiciones que se exigen en trazados normales, pues ellas están destinadas a generar los ensanches requeridos en la CR y no como elementos de transición para la dinámica del desplazamiento. Todo ello resulta aceptable porque la velocidad de circulación en este tipo de curvas, fluctúa entre 15 y 20 km/h. En el entorno en que estas curvas se hacen indispensables, los usuarios están dispuestos a aceptarlas, no obstante ello deberán señalizarse adecuadamente, mediante una numeración correlativa referida al total de la CR existentes en el tramo, por ejemplo (1/8..... 2/8..... 8/8).

En la Lámina 3.203.504.A se presenta la resolución del problema mediante Curvas de Retorno Tipo, cuyo eje está definido por clotoides simétricas y una curva circular central. Los bordes de la calzada que deben generar los ensanches de la pista interior y exterior, están definidos mediante curvas de tres centros, de configuración también simétrica.

Se distingue el caso de Carreteras + Caminos Colectores y el de Caminos Locales y de Desarrollo.

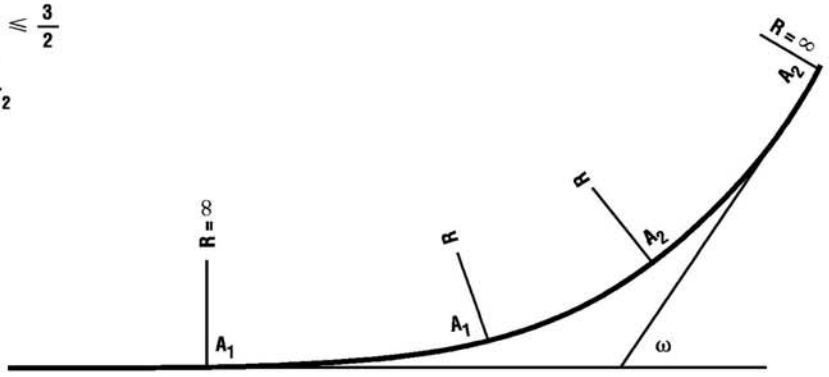
En el primer caso las curvas están diseñadas para posibilitar el cruce dentro de la curva de 2 Buses de Turismo de hasta 14,0 m de largo total con un Lo máximo de 10,6 m. El Semirremolque Corriente de 18,6 m de largo y el Semirremolque para transporte de Automóviles de 22,4 m de largo, deberán describir la curva como vehículo aislado, empleando todo o gran parte del ancho de la calzada.

En el segundo caso, para Caminos Locales, de Desarrollo y eventualmente caminos mineros, el diseño considera el cruzamiento de 2 Vehículos Livianos, de dimensiones como las del vehículo “P” de la Lámina 3.005.5.A (Camioneta, Van y similares). Operando aisladamente, podrá describir la curva un Bus Rural con largo total de 12 m o un Camión Simple, ambos con un máximo Lo de 9,5 m. Si en el flujo de este tipo de caminos existen Buses de Turismo o Semitrailer, 20 m antes y después del PCi’ y del FCi” (Ver Lámina 3.203.504.A) el ancho de calzada debe transitar 6,0 a 7,0 m (0,5 m linealmente hacia cada lado), para luego emplear alguna de las configuraciones correspondientes a Carreteras o Colectores.

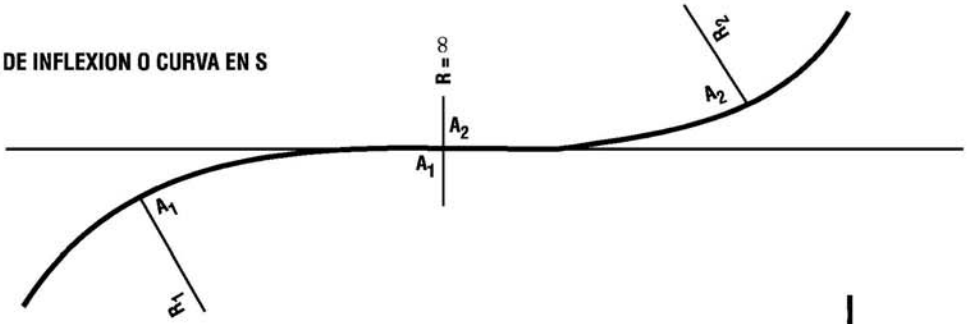
a) CURVA CIRCULAR CON CURVA DE ENLACE

$$\frac{2}{3} \leqslant \frac{A_1}{A_2} \leqslant \frac{3}{2}$$

$$\omega > \tau_1 + \tau_2$$



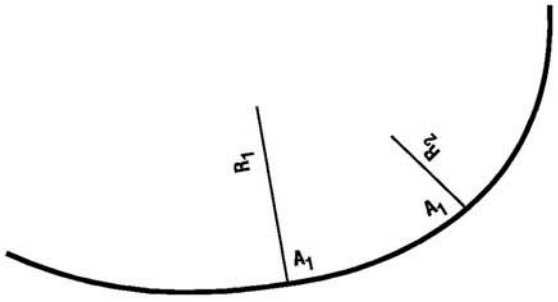
b) CURVA DE INFLEXION O CURVA EN S



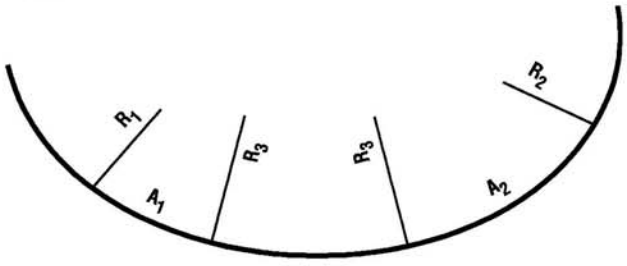
c) OVOIDE

$$R_1 > R_2$$

$$\frac{R_1}{3} \leqslant A_1 \leqslant R_2$$



d) OVOIDE DOBLE

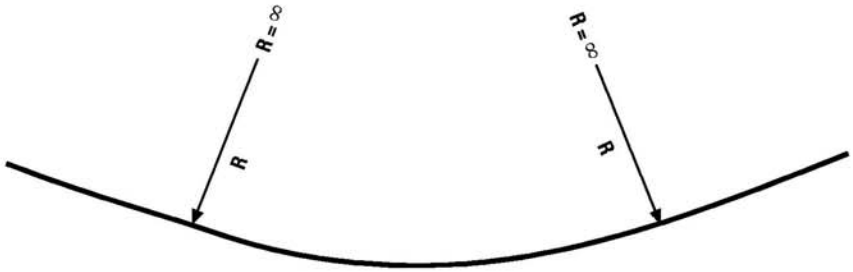


$$\frac{R_3}{3} \leqslant A_1 \leqslant R_1$$

$$\frac{R_3}{3} \leqslant A_2 \leqslant R_2$$

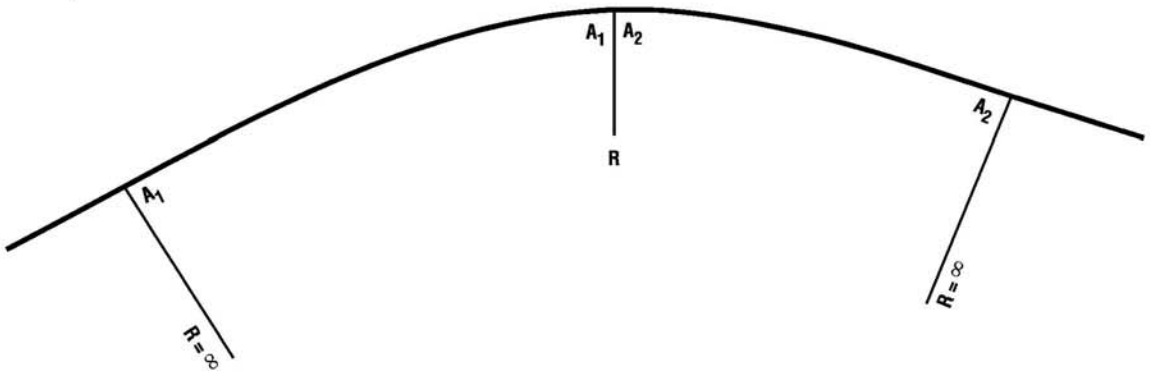
$$\frac{2}{3} \leqslant \frac{A_1}{A_2} \leqslant \frac{3}{2}$$

e) CURVA CIRCULAR AMPLIA SIN CURVAS DE ENLACE

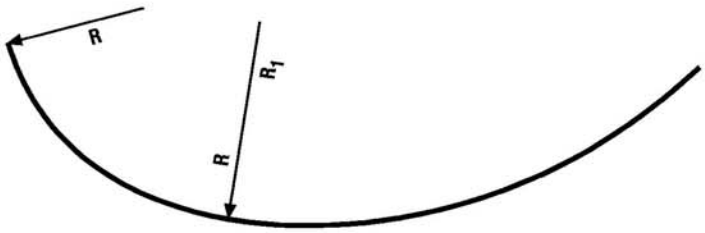


f) CLOTOIDES DE VERTICE SIN ARCO CIRCULAR

En casos inevitables
A1 ≅ A2
R ⩾ 1,2 R mínimo



g) CURVAS CIRCULARES CONTIGUAS
(Sólo en Intersecciones Canalizadas)

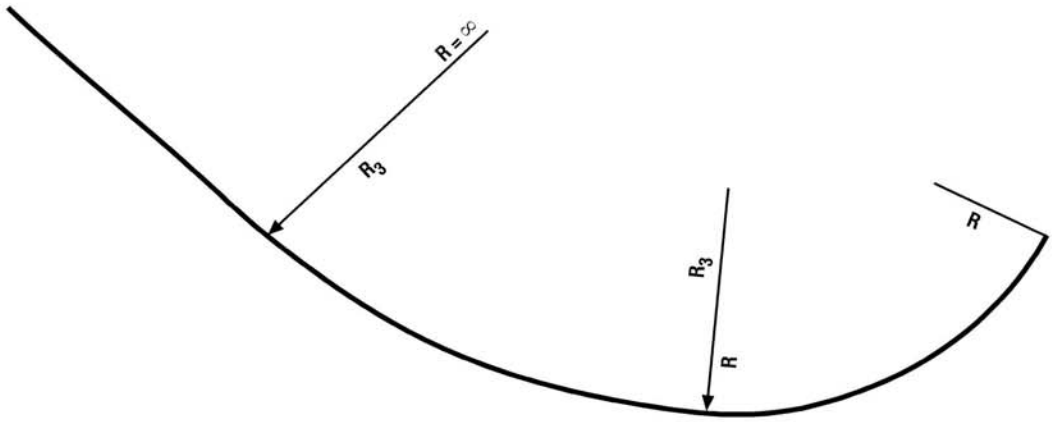


$R_1 > 1{,}33\ R\ \min f(V_p)$

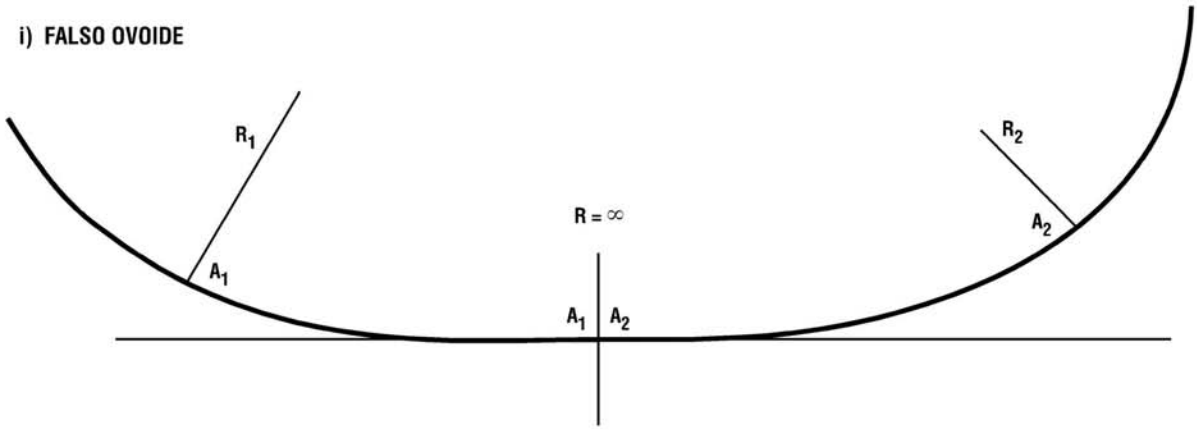
$R_1/R < 2$

$R \geqslant R\ \min f(V_p)$

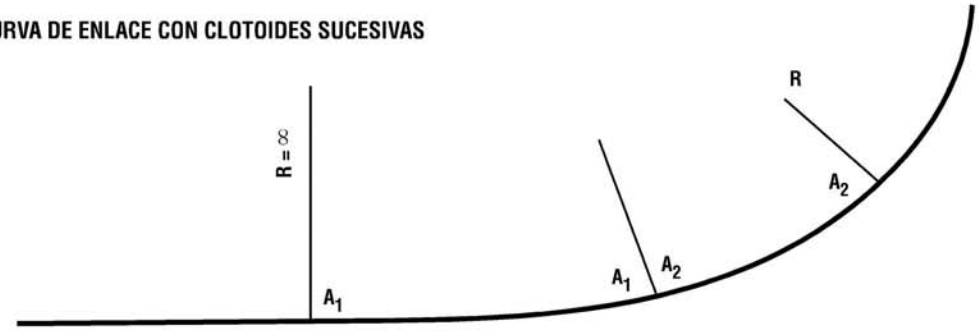
h) REEMPLAZO DE LA CLOTOIDE DE ENLACE POR UN CIRCULO



i) FALSO OVOIDE



j) CURVA DE ENLACE CON CLOTOIDES SUCESIVAS



La Figura a) de la Lámina 3.203.504.A ilustra esquemáticamente la geometría de los diversos elementos al interior de la CR. La Figura b) ilustra las relaciones que permiten ligar la CR con el resto del trazado. Algunos elementos del esquema están exagerados (τ por ejemplo) con el objeto de permitir una mejor visualización del problema.

Actualmente algunos programas computacionales de diseño tienen incorporadas las rutinas necesarias para resolver este tipo de problemas a lo largo del eje del trazado, sin embargo, siempre será necesario tener claro los conceptos que aquí se exponen, así como los parámetros principales para definir los bordes de la calzada, según sea el valor de Radio Interior "Ri". Un resumen de los parámetros seleccionados se presenta en la parte inferior de la Lámina 3.203.504.A.

La Tabla 3.203.504.A entrega un Listado de los datos requeridos para el replanteo de curvas.

La Lámina 3.203.504.A ilustra el caso de una CR con $\omega > 200^g$. Curvas con ω menor aunque en el orden de 200^g ($160 \sim 199^g$) pueden operar también como CR, si las limitaciones impuestas por el terreno lo justifican y el usuario está prevenido de su existencia. Ellas requieren los mismos R; ri y re, así como de los ensanches de la calzada asociados a los radios correspondientes; sin embargo, su resolución geométrica y de replanteo se tratará como en las curvas normales, es decir para $\omega < 200^g$, en que el vértice se localiza al exterior de la curva.

Con el objeto de limitar el incremento de potencia requerido para describir curvas tan cerradas como las correspondientes a las CR, se procurará emplear pendientes longitudinales y peraltes moderados, siendo los máximos aceptables los que se indican a continuación.

- La pendiente longitudinal dentro de la CR deberá limitarse a valores comprendidos entre 5 y 6%, aceptándose como máxima extraordinario un 7% en caminos Locales y de Desarrollo.

- El peralte máximo se reducirá de 8 a 5% en Carreteras y Colectores para una velocidad de operación máxima en la CR de 20 km/h y de 7 a 5% en Caminos Locales y Desarrollo para una velocidad de operación de 15 Km/h.

Aún cuando el conjunto de configuraciones de CR que se presentan en el cuadro de la Lámina 3.203.504.A, cubre una cantidad razonable de alternativas, se entregan a continuación las expresiones requeridas para calcular los valores de R en el eje, de Re y de Re' en función de valores de Ri distintos de los considerados aquí. El valor de Re' sirve para calcular cuando invade el extremo del parachoquess delantero derecho, la berma exterior de la plataforma, lo que esta dado por (Re' - Re).

Las limitaciones generales que deben respetarse son:

Ri mínimo Carreteras y Colectores = 8,0 m
Ri mínimo Caminos Locales y Desarrollo = 6,0 m
(Re' - Re) máximo en todos los casos = 0,60 m

$R = ((Ri + h_2 + b)^2 + Lo^2)^{1/2} + h_1$

$Re = ((R + h_1 + b)^2 + Le^2)^{1/2} + h_2\ ext$

$Re' = ((R + h_1 + b)^2 + Lo^2)^{1/2}$

Siendo:

R(m) = Radio Circular del Eje del Trazado
Ri(m) = Radio Interior de la Curva Circular Central (Dato inicial de Cálculo)
Re(m) = Radio Exterior de la Curva Circular Central
Re'(m) = Radio Exterior descrito por el extremo derecho del parachoquess delantero
Lo(m) = Distancia entre el parachoquess delantero y el último eje trasero (simple o tandem) de un Vehículo Rígido
Le(m) = Distancia entre el eje delantero del vehículo y el último eje trasero (simple o tandem) de un Vehículo Rígido
h_1 = Semihuelga entre los vehículos que se cruzan=0,3 m
h_2 = Huelga entre última rueda trasera y borde interior del pavimento ensanchado = 0,3 m
h_2 ext = Huelga entre carrocería frente al eje delantero y el borde exterior del pavimento = 0,5 m
b = Ancho total del vehículo considerado

CURVAS DE RETORNO TIPO PARA CARRETERAS Y CAMINOS

CONFIGURACIONES:

BORDE INTERIOR CALZADA - CURVA TRES CENTROS ri - Ri - ri
EJE DE CALZADA - CLOTOIDE - R - CLOTOIDE
BORDE EXTERIOR CALZADA - CURVA TRES CENTROS re - Re - re

FIGURA a)

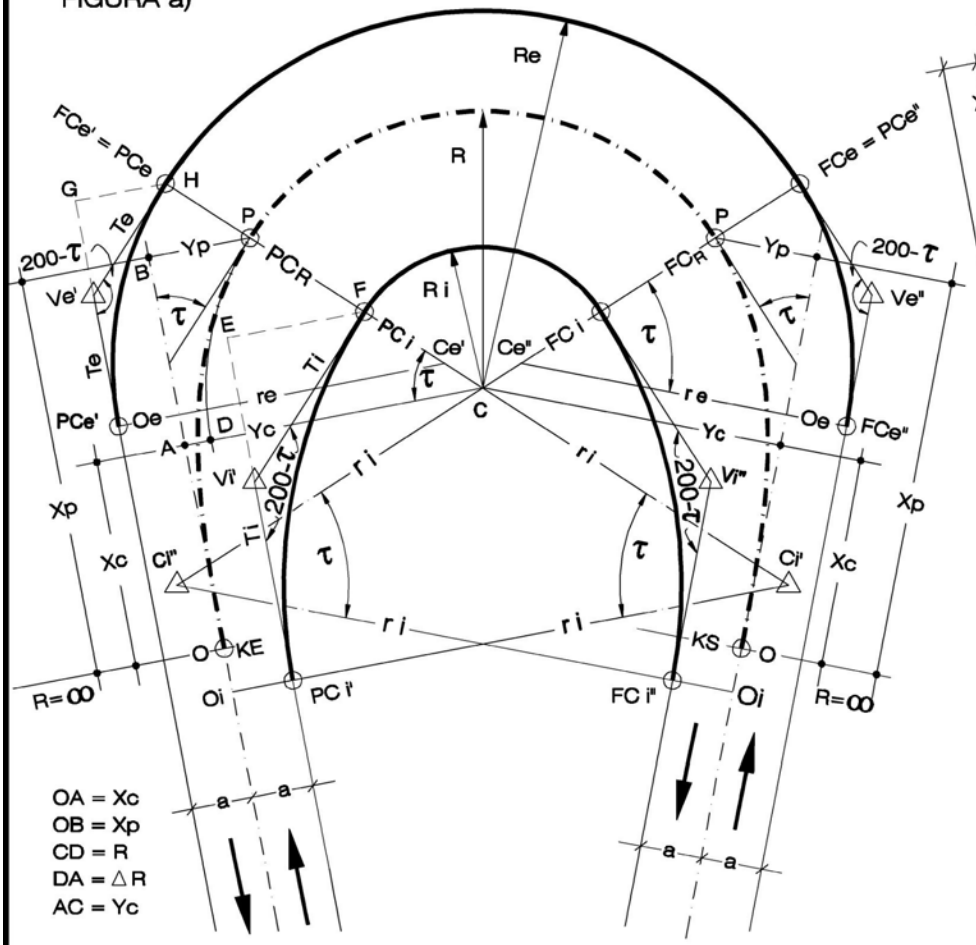
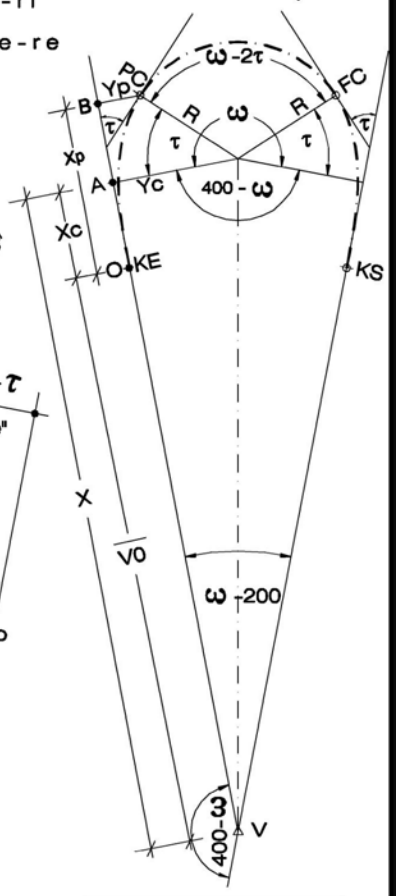


FIGURA b)



OA = Xc
OB = Xp
CD = R
DA = △R
AC = Yc

$$X = Yc / tg\left(\frac{\omega - 200}{2}\right)$$

$$\overline{V0} = X - Xc$$

Si:
ω >200 C. Retorno
ω <200 C. Normal
ω -2 τ = 0 ; Dc = 0
ω -2 τ >0 ; $Dc = \frac{R\,(\omega - 2\tau)}{63{,}662}$
ω -2τ <0 ; No hay Solución

EF = Yc - a - Ri cos τ ; Ti = EF / sen τ ; ri = Ti / tg (τ /2)
GH = Yc + a - Re cos τ ; Te = GH / sen τ ; re = Te / tg (τ /2)
OOi = Xp - (R - Ri) sen τ - Ti (1+ cos τ)
OOe = Xp + (Re - R) sen τ - Te (1+ cos τ)

VER TABLA 3.203.504 A para valores de Xc, Yc, Xp, Yp, △ R, Ti, Te, OOi, OOe...etc.

NOTAS:

- LAS CURVAS SON SIMETRICAS RESPECTO DE LA BISECTRIZ DE ω
- LOS ARCOS: PCi' - PCi ; KE - PCR ; PCe' - PCe ; etc., NO SE MODIFICAN CON LOS CAMBIOS DE ω
- SALVO LA DISTANCIA $\overline{V0}$ TODOS LOS DEMAS ELEMENTOS DE LA CLOTOIDE SE CALCULAN MEDIANTE LAS EXPRESIONES QUE FIGURAN EN LA LAMINA 3.203.404 A

PARAMETROS GEOMETRICOS DE CURVAS DE RETORNO SEGÚN RADIO Ri

TIPO DE VIA	RADIO CURVAS CENTRAL			CLOTOIDE DEL EJE			CURVAS DE BORDE		ANCHO MAX. PISTAS		ANCHO	SOBRE
MANIOBRA POSIBLE	Ri	R	Re	A	L	τ	ri	re	INT.	EXT.	MAX CALZ.	ANCHO
CARRET. Y COLECTORES	8	15,50	20,65	16,2	16,932	34,771	40,730	14,545	7,50	5,15	12,65	5,65
Calz. En Recta 7 m	10	17,00	22,00	17,5	18,015	33,731	41,264	16,800	7,00	5,00	12,00	5,00
Diseño Para:	15	21,10	25,85	20,0	18,957	28,599	48,308	20,357	6,10	4,75	10,85	3,85
2 Buses Lt = 13,2 m ó 14.0m.	20	25,55	30,10	22,6	19,991	24,905	55,709	24,781	5,55	4,55	10,10	3,10
1 SR Lt = 18,6 m												
1 SR Lt = 22,4 m Ocupando toda la calzada para Ri = 8.0m												
LOCALES, Y DESARROLLO	6	9,75	13,10	9,90	10,052	32,818	15,064	13,702	3,75	3,35	7,10	1,10
Calz. En Recta 6 m	7	10,65	14,00	10,5	10,352	30,941	16,204	14,570	3,65	3,35	7,00	1,00
Diseño para:	8	11,55	14,85	11,3	11,055	30,468	16,785	16,068	3,55	3,30	6,85	0,85
2 Veh. Livianos	10	13,45	16,70	12,7	11,992	28,380	19,125	18,667	3,45	3,25	6,70	0,70
1 Bus Rural Lt = 12 m	12	15,35	18,35	14,0	12,768	26,478	21,264	23,511	3,35	3,00	6,35	0,35
Si existen Semitrailer en el flujo ensanchar calzada a 7.0m antes de la CR y usar Solución para Carreteras y Colectores												

Los Vehículos Tipo considerados son:

Bus de Turismo	Lt = 14,0	Lo= 10,6 m;	Le=8,2 m;	b=2,6 m
Vehículo Liviano	Lt= 5,8 m	Lo= 4,3 m;	Le=3,4 m;	b=2,1 m

Los demás elementos de la CR se calculan eligiendo en primer término el valor del parámetro A de la clotoide del eje del trazado (algo mayor que el valor de R para los Ri mínimos y algo menor que R para Ri sobre los mínimos) con lo que se determinan los valores de: L, τ, ΔR, Xp, Yp, Xc, Yc. Conocidos estos valores se aplican las expresiones de cálculo para: Ti, ri, OOi, Dci y Te, re, OOe, Dce que figuran en la Lámina 3.203.504.A.

Considerando que el parachoques delantero puede invadir la berma exterior hasta en 0,6 m, el espacio libre de obstáculos a contar del borde exterior del pavimento (Barreras, postes de señales, muros etc.) deberá ser de al menos 1,0 m.

TABLA 3.203.504.A

DATOS PARA REPLANTEO DE LAS CURVAS DE RETORNO
(Distancias en metros - Angulos en grados centesimales)

ELEMENTOS	CARRETERAS + COLECTORES				CAMINOS LOCALES Y DE DESARROLLO				
	ANCHO CALZADA 7,0 m				ANCHO CALZADA 6,0 m				
EJE DEL TRAZADO									
R	15,50	17,00	21,10	25,55	9,75	10,65	11,55	13,45	15,35
A	16,2	17,5	20,0	22,6	9,9	10,5	11,3	12,7	14,0
L	16,932	18,015	18,957	19,991	10,052	10,352	11,055	11,992	12,768
τ^g	34,771	33,731	28,599	24,905	32,818	30,941	30,.468	28,380	26,478
ΔR	0,762	0,787	0,705	0,648	0,428	0,416	0,437	0,442	0,440
XC = OA	8,382	8,924	9,415	9,945	4,982	5,136	5,486	5,956	6,348
YC = AC	16,262	17,787	21,085	26,198	10,178	11,066	11,987	13,892	15,790
Xp = OB	16,433	17,516	18,578	19,687	9,788	10,110	10,805	11,756	12,550
Yp = Bp	3,018	3,118	2,798	2,578	1,695	1,649	1,735	1,757	1,749
TRAZADO CURVAS INTERIORES									
Ri	8,0	10,0	15,0	20,0	6,0	7,0	8,0	10,0	12,0
ri	40,730	41,264	43,308	55,709	15,064	16,204	16,785	19,125	21,264
OOi	- 8,619	- 6,877	- 5,050	- 3,671	0,513	0,836	1,440	2,022	2,605
Ti	11,408	11,195	11,037	11,038	3,971	4,017	4,095	4,335	4,487
Dci	22,246	21,864	21,702	21,794	7,765	7,875	8,033	8,526	8,844
CCi' = ri - Ri	32,730	31,264	33,308	35,709	9,064	9,204	8,785	9,125	9,264
TRAZADO CURVAS EXTERIORES									
Re	20 ,650	22,000	25,850	30,100	13,100	14,000	14,850	16,700	18,350
re	14,545	16,800	20,357	24,781	13,702	14,570	16,068	18,667	23,511
OOe	11,553	11,552	11,800	11,973	4,685	4,869	4,925	5,109	4,263
Te	4,074	4,558	4,651	4,910	3,612	3,612	3,920	4,231	4,961
Dce	7,944	8,902	9,145	9,694	7,063	7,081	7,690	8,321	9,779
CCe' = re - Re	- 6,105	- 5,200	- 5,439	-5,319	0,602	0,570	1,218	1,967	5,161

La Distancia Acumulada “Dm” del punto “0” correspondiente al inicio de la clotoide de entrada (Ke) es la referencia inicial de las Dm a lo largo del eje del trazado en la curva de Retorno. El punto inicial de las curvas interiores de radio “ri” y exteriores de radio “re”, está dado por las distancias OOi y OOe medidas según la alineación de entrada y luego proyectadas a los bordes de la calzada sin ensanchar. Los valores negativos de OOi indican que en esos casos la curva “ri” se inicia frente a un “Dm” menor que el correspondiente al Ke de la clotoide. Para la curva “ri” de salida se da la situación contraria.

SECCION 3.204 TRAZADO EN ALZADO

3.204.1 ASPECTOS GENERALES

Las cotas del eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie del pavimento o capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical. La representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de Perfil Longitudinal del Proyecto.

La rasante determina las características en alzado de la carretera y está constituida por sectores que presentan pendientes de diversa magnitud y/o sentido, enlazadas por curvas verticales que normalmente serán parábolas de segundo grado.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance de la distancia acumulada (Dm), siendo positivas aquéllas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales de acuerdo 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. En todo punto de la carretera debe existir por lo menos la Visibilidad de Parada que corresponda a la V* del tramo, según lo establecido en 3.202.2.

El trazado en alzado está controlado principalmente por la:

a) Categoría del Camino
b) Topografía del Area
c) Trazado en Horizontal y Velocidad V* correspondiente
d) Distancias de Visibilidad
e) Drenaje
f) Valores Estéticos y Ambientales
g) Costos de Construcción

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 pilares de nivelación del Instituto Geográfico Militar. Las instrucciones para esta labor se detallan en el Volumen N° 2 “Procedimientos de Estudio”, Capítulo 2.300 “Ingeniería Básica – Aspectos Geodésicos y Topográficos”.

3.204.2 UBICACION DE LA RASANTE RESPECTO DEL PERFIL TRANSVERSAL

La superficie vertical que contiene la rasante coincidirá con el eje en planta de la carretera o camino.

Cuando el proyecto consulta calzada única, en la mayoría de los casos, el eje en planta será eje de simetría de la calzada. En carreteras unidireccionales con medianas de hasta 13 m, el eje en planta normalmente se localizan en el centro de la mediana y la rasante de dicho eje se proyectará al borde interior de los pavimentos de cada calzada.

En carreteras unidireccionales con calzadas independientes pueden ser necesarias dos rasantes, cada una de ellas asociada al respectivo eje en planta, o al borde izquierdo de los pavimentos, según el sentido de circulación en cada una de ellas.

3.204.3 INCLINACION DE LAS RASANTES

3.204.301 Pendientes Máximas

La Tabla 3.204.301.A establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

TABLA 3.204.301.A
PENDIENTES MAXIMAS ADMISIBLES %

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	- [(1)]	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

(1) 110 km/h no está considerada dentro del rango de Vp asociadas a las categorías.

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 compensarán los mayores costos de construcción.

El proyectista deberá verificar que en los sectores en curva la línea de máxima pendiente no supere lo establecido en 3.203.303(5)

En carreteras con calzadas independientes, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 1% los máximos establecidos en la Tabla 3.204.301.A.

En camino de alta montaña, cuando se superan los 2.500 m sobre el nivel del mar, la pendiente máxima deberá limitarse según la siguiente Tabla.

TABLA 3.204.301.B
CAMINO DE ALTA MONTAÑA
PENDIENTES MAXIMAS % SEGUN ALTURA S.N.M.

ALTURA S.N.M.	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)					
	30	40	50	60	70	80[(1)]
2.500 - 3.000 m	9	8	8	7	7	7/5[(1)]
3.100 - 3.500 m	8	7	7	6,5	6,5	6/5
Sobre 3.500 m	7	7	7	6	6	5/4,5

(1) Valor máx Caminos/Valor máx Carreteras

3.204.302 Pendientes Mínimas

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0,5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales. Se distinguirán los siguientes casos particulares:

a) Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal de 2% y no existen soleras o cunetas, se podrá excepcionalmente aceptar sectores con pendientes longitudinales de hasta 0,2%. Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente se podrán aceptar pendientes longitudinales iguales a cero.

b) Si al borde del pavimento existen soleras la pendiente longitudinal mínima deseable será de 0,5% y mínima absoluta 0,35%.
c) En zonas de transición de peralte en que la pendiente transversal se anula, la pendiente longitudinal mínima deberá ser de 0,5% y en lo posible mayor.

Si los casos analizados precedentemente se dan en cortes, el diseño de las pendientes de las cunetas deberá permitir una rápida evacuación de las aguas, pudiendo ser necesario revestirlas para facilitar el escurrimiento.

3.204.303 Longitud en Pendiente y Velocidad de Operación

Pendientes de hasta 6%, 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, sobre un 3% causan reducciones significativas de la 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.

Las figuras de la Lámina 3.204.303(A) ilustran el efecto de las pendientes uniformes de subida, de longitudes crecientes, sobre la velocidad de operación de los camiones que circulan en caminos pavimentados.

La figura a) muestra la caída de velocidad para un camión tipo semitrailer o con acoplado, cargado, cuya relación peso/potencia sea del orden de 90 kgf/cv ≈ 122 kgf/kw*. Se considera que la rasante de aproximación a la pendiente es prácticamente horizontal y la velocidad al comienzo de la pendiente de 88 km/h. La zona horizontal de las curvas del gráfico indican la velocidad de régimen del camión, la que no puede ser superada en tanto no disminuya la pendiente.

La figura b) ilustra el concepto de Longitud Crítica en Pendiente, es decir, la combinación de magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso en la velocidad de operación del camión de “X” Km/h.

Este gráfico permite establecer la longitud máxima que puede tener una pendiente de magnitud dada, si se desea evitar que la velocidad de operación de los camiones disminuya en más de “X” Km/h.

El gráfico está elaborado para el mismo tipo de camiones considerado en la figura a). Estos representan adecuadamente el parque de camiones con remolque o semirremolque de hasta unos 8 años de antigüedad que operan en el país, a la fecha de edición de este capítulo, si ellos van cargados sin superar los pesos especificados por el fabricante.

El gráfico considera la velocidad de entrada a la pendiente, de 88 km/h mencionada precedentemente, pero es posible considerar otras velocidades de entrada según se indica en los ejemplos.

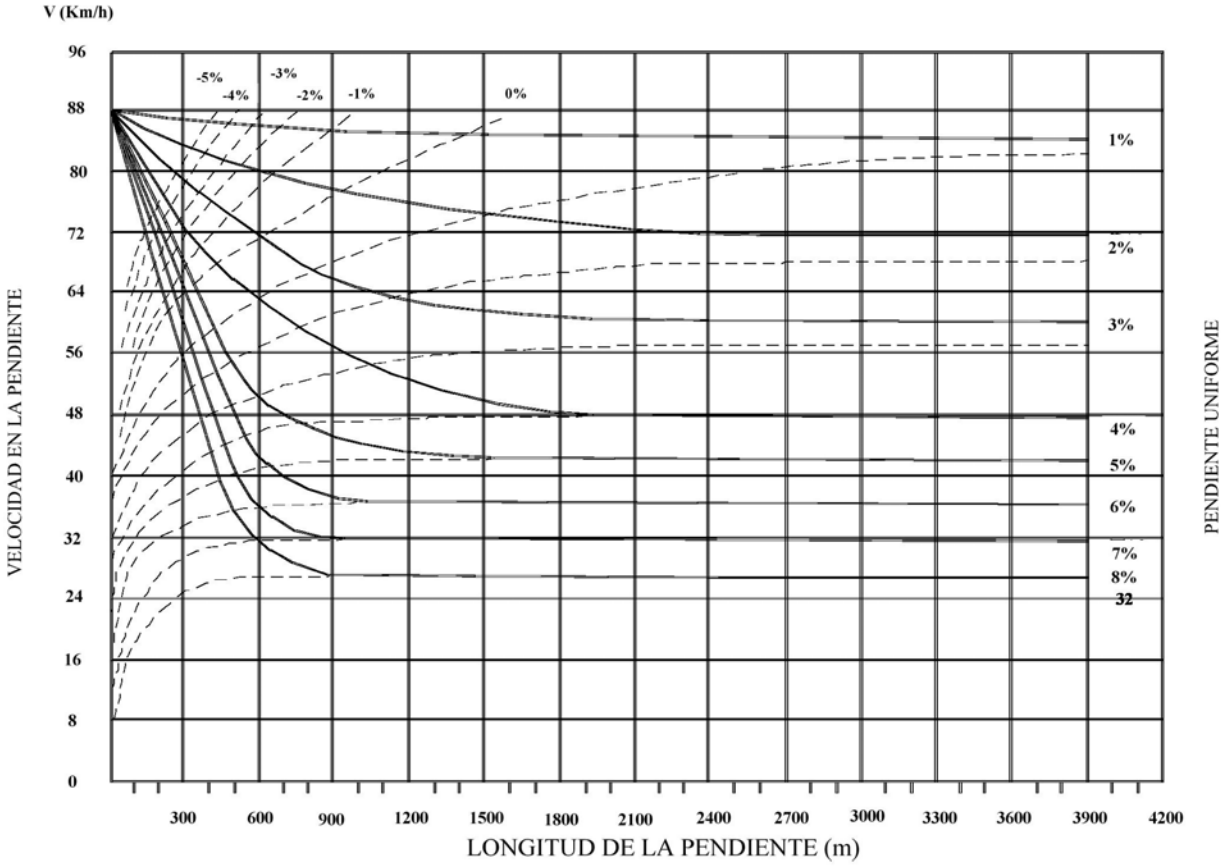
Los siguientes ejemplos ilustran el uso del gráfico de Longitud Crítica en Pendiente:

i) Rasante de Aproximación casi Horizontal – Pendiente Bajo Análisis +4%
Reducción de Velocidad Aceptable 24 kph
Longitud Crítica determinada ~ 570 m

ii) Rasante de Aproximación +3% en 260 m
Pendiente Bajo Análisis +5%
Reducción de Velocidad Aceptable: 24 km/h
Cálculo Longitud Crítica:

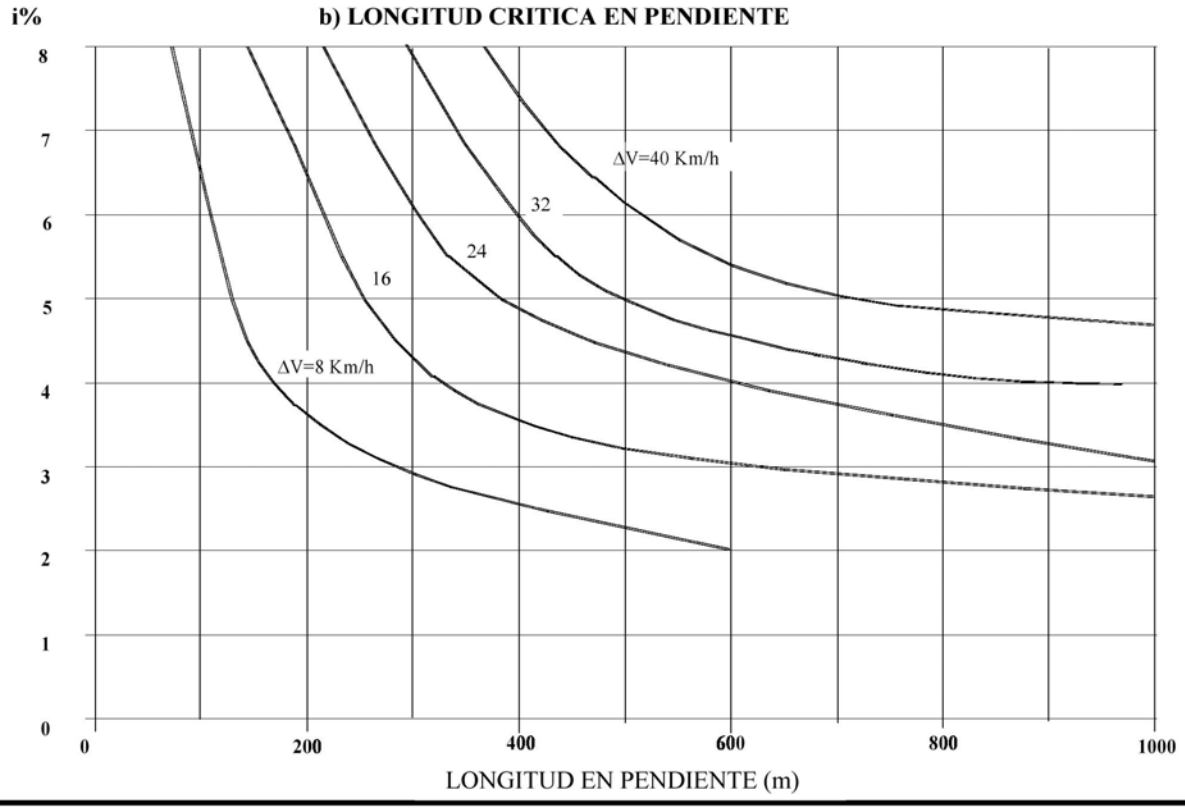
* Fuente: Highway Capacity Manual - Special Report N° 209 1995

a) VELOCIDAD DE OPERACION VERSUS LONGITUD EN PENDIENTE (1)



(1) Highway Capacity Manual - Special Report Nº 209, 1997
Camión Tipo - Relación Peso/Potencia 90 kgf / cv ≈ 122 kgf / kW

b) LONGITUD CRITICA EN PENDIENTE



El 3% en 260 m de largo causa un descenso de aproximadamente 8 km/h. Por lo tanto en la pendiente de 5% se pueden perder aún 24 – 8 = 16 km/h hasta alcanzar la reducción máxima especificada.

Entrando con 5%, en ordenadas hasta la curva de 16 km/h, se lee en abscisas 260 m.

Por el contrario si la pendiente bajo estudio está precedida por una bajada con una planta adecuada, el conductor del camión normalmente acelera en previsión de la pendiente que se aproxima. En esos casos la reducción de velocidad a considerar para el cálculo se puede elevar en 10 a 15 km/h, según la magnitud y largo de la pendiente de bajada. Mediante este artificio se obtiene la longitud crítica corregida que producirá un descenso de velocidad del orden que se está empleando en el proyecto.

Los conceptos anteriores constituyen elementos de juicio que la Dirección de Vialidad y el Proyectista deberán ponderar para lograr un proyecto equilibrado. AASHTO recomienda en casos normales no superar los 15 km/h de caída de velocidad para camiones en pendiente. Para las condiciones imperantes en el país parecería deseable elevar dicho valor a 24 km/h en túneles y 40 km/h en campo abierto, es decir para una velocidad de entrada de 88 km/h aceptar caídas de velocidad hasta $\approx$ 64 km/h y 48 km/h, respectivamente. Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores, en especial en caminos bidireccionales donde no existe visibilidad para adelantar, o con alto volumen de vehículos pesados, se impone realizar un análisis técnico económico a fin de establecer la factibilidad de proyectar pistas auxiliares. La Tabla 3.204.303.A ilustra la longitud crítica en pendiente para una velocidad de entrada del orden de 88 km/h y un ΔV del orden de 24 y 40 km/h.

TABLA 3.204.303.A
LONGITUD CRITICA EN PENDIENTES PARA ΔV = 24 km/h y ΔV= 40 km/h

i %	Longitud Crítica (m)	
2	ΔV < 24 km/h para todo L	ΔV < 40 km/h para todo L
3	1100	
4	590	1800
5	380	700
6	310	510
7	260	420
8	210	360

En Caminos Bidireccionales las Pistas Auxiliares se diseñarán para los Vehículos Lentos (camiones y buses), produciendo el ensanche de la calzada por el lado derecho según el avance de la Dm.

En Carreteras Unidireccionales las Pistas Auxiliares se diseñarán para los Vehículos Rápidos, produciendo el ensanche hacia la Mediana.

La forma de generar estas pistas, sus cuñas de ingreso y salida, longitud recomendable, etc., se especifican en el Capítulo 3.300, Numeral 3.302.203.

3.204.4 ENLACES DE RASANTES

3.204.401 Curvas Verticales de Enlace

El ángulo de deflexión entre dos rasantes que se cortan, queda definido por la expresión:

θ radianes = $(i_1 - i_2)$

Es decir θ se calcula como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresadas en m/m. Las pendientes deberán considerarse con su signo, según la definición:

\+ Pendiente de Subida según el avance de Dm
\- Pendiente de Bajada según avance de Dm

Toda vez que la deflexión θ es igual o mayor que 0,5% = 0,005 m/m, se deberá proyectar una curva vertical para enlazar las rasantes. Bajo esta magnitud se podrá prescindir de la curva de enlace ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario.

La curva a utilizar en el enlace de rasantes será una parábola de segundo grado, que se caracteriza por presentar una variación constante de la tangente a lo largo del desarrollo, además de permitir una serie de simplificaciones en sus relaciones geométricas, que la hacen muy práctica para el cálculo y replanteo.

La Lámina 3.204.401.A ilustra el caso de curvas verticales convexas y cóncavas, e incluye las expresiones que permiten calcular sus diversos elementos.

La deflexión θ se repite como ángulo del centro para una curva circular de radio R, que sea tangente a las rasantes a enlazar, en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. La parábola y la curva circular mencionadas son en la práctica muy semejantes, tanto así que el cálculo teórico de la curva de enlace requerida por concepto de visibilidad se hace en base a la curva circular, en tanto que el proyecto y replanteo se ejecuta en base a la parábola.

Bajo las circunstancias descritas el desarrollo de la curva vertical de enlace queda dado por:

$Lv = R \cdot \theta = R \cdot (i_1 - i_2)$; i_1 e i_2 expresados en m/m

Adoptando la nomenclatura correspondiente a la parábola de segundo grado, el radio R pasa a llamarse “K” que corresponde al parámetro de esta curva.

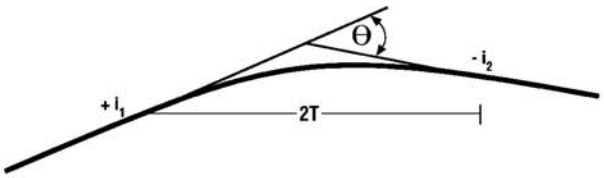
Finalmente, dentro del rango de aproximaciones aceptadas, el desarrollo de la curva de enlace se identifica con :

$Lv = 2\,T$

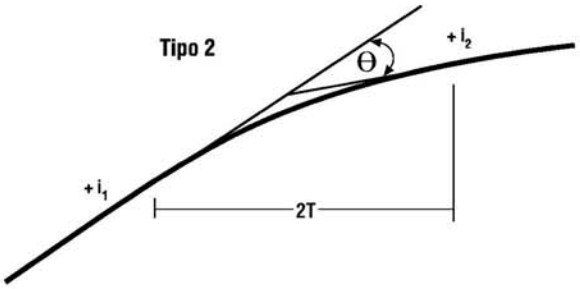
siendo 2T la proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

CURVAS VERTICALES CONVEXAS

Tipo 1

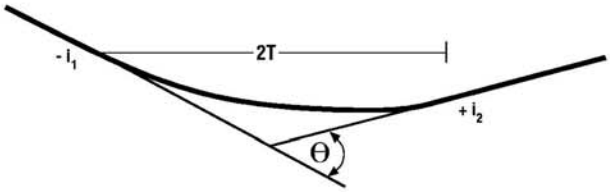


Tipo 2

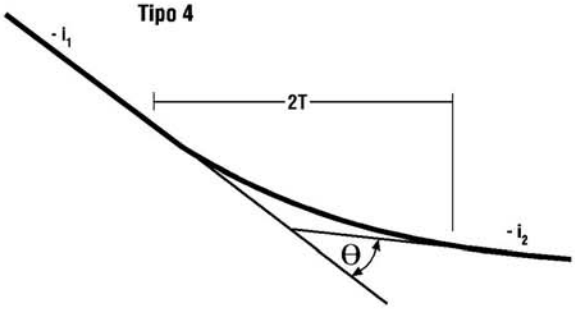


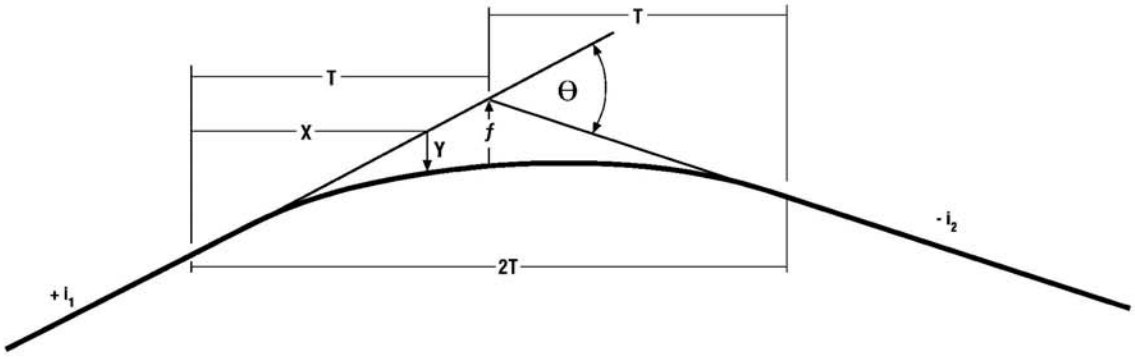
CURVAS VERTICALES CONCAVAS

Tipo 3



Tipo 4





$$\theta = | i_1 - i_2 |$$

$$2T = K \cdot \theta$$

$$f = \frac{T^2}{2K} = \frac{T \cdot \theta}{4}$$

$$Y = \frac{X^2}{2K} = \frac{f}{T^2} \cdot x^2$$

i_1 e i_2
Con su signo y
Expresado en por uno

En definitiva, para todos los efectos de cálculo y replanteo, la longitud de la curva vertical de enlace está dada según medidas reducidas a la horizontal y vale:

$$2T = K \cdot \theta = K \cdot |i_1 - i_2|$$

3.204.402 Criterios de Diseño para Curvas Verticales

a) Las curvas verticales deben asegurar en todo punto del camino la Visibilidad de Parada, ya sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales.

b) En calzadas bidireccionales, si la condiciones lo permiten, el proyectista podrá diseñar curvas de enlace por criterio de visibilidad de adelantamiento, con lo que se asegura sobradamente la visibilidad de parada.

c) El cálculo de curvas verticales presenta dos situaciones posibles, a saber:
Dv > 2T
Dv < 2T
La presente norma considera como situación general el caso Dv < 2T ya que: representa el caso más corriente, implica diseños más seguros y la longitud de curva de enlace resultante de Dv > 2T, normalmente debe ser aumentada por criterio de comodidad y estética.

d) En curvas verticales convexas o cóncavas del tipo 1 y 3 (Lámina 3.204.401.A), la Visibilidad de Parada a considerar en el cálculo del parámetro corresponde a la distancia de parada de un vehículo circulando a velocidad V* en rasante horizontal. Ello en razón de que el recorrido real durante la eventual maniobra de detención se ejecuta parte en subida y parte en bajada, con lo que existe compensación del efecto de las pendientes.
En curvas verticales del tipo 2 y 4 el tránsito de bajada requiere una mayor distancia de visibilidad de parada, que resulta significativa para pendientes sobre –6% para velocidades $\leq$ que 60 km/h y –4%, para velocidades $\geq$ 70 km/h. En estos casos el parámetro de la curva vertical puede calcularse adoptando la distancia de visibilidad corregida (Tabla 3.202.2.A), o bien eligiendo el parámetro correspondiente a V* +5 km/h, que da un margen de seguridad adecuado.

3.204.403 Parámetros Mínimos por Visibilidad de Parada

3.204.403(1) Curvas Verticales Convexas. Se considera la distancia de parada sobre un obstáculo fijo situado sobre la pista de tránsito y la altura de los ojos del conductor sobre la rasante de esta pista. El parámetro queda dado por:

$$Kv = Dp^2 / 2 \cdot \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2$$

Kv = Parámetro Curva Vertical Convexa (m)
Dp = Distancia de Parada f(V*) m
h_1 = Altura Ojos del Conductor 1,10 m
h_2 = Altura Obstáculo Fijo 0,20 m

Luego: $Kv = Dp^2/4{,}48$

3.204.403(2) Curvas Verticales Cóncavas. Se considera la distancia de parada nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo.

El parámetro queda dado por:

$$Kc = Dp^2/2\left(h + Dp \ \operatorname{sen}\beta\right)$$

Kc = Parámetro Curva Vertical Cóncava (m)
Dp = Distancia de Parada f (Vp) (m) (Se considera que de noche los usuarios no superan Vp)

h = Altura Focos del Vehículo = 0,6 m
β = Angulo de Abertura del Haz Luminoso respecto de su Eje = 1°

Luego: $Kc = Dp^2/(1,2 + 0,035\ Dp)$

En la Tabla 3.204.403.A se resumen los valores de Kv calculados según la expresión precedente considerando Dp para V* = Vp y los valores adoptados para Kv si V* = Vp + 5 ó Vp + 10, los que están minorados dentro de límites de seguridad razonables. Los valores de Kc se calculan sólo en función de Vp, según lo expuesto en 3.201.301(3). Para velocidades de 50 km/h y menores, los valores de la Tabla se han incrementado respecto de los valores teóricos dados por las expresiones de cálculo, ello con el objeto de no sobrepasar las aceleraciones radiales en vertical, máximas recomendables, que experimenten los usuarios. Ver definición de V* en 3.201.302.

TABLA 3.204.403.A
PARAMETROS MINIMOS EN CURVAS VERTICALES
POR CRITERIO DE VISIBILIDAD DE PARADA

Velocidad de Proyecto	**CURVAS CONVEXAS Kv**			**CURVAS CONCAVAS Kc**
Vp (km/h)	V* =Vp km/h	V* =Vp + 5 km/h	V* =Vp + 10 km/h	Vp km/h
30	300	300	320	400
40	400	500	600	500
50	700	950	1100	1000
60	1200	1450	1800	1400
70	1800	2350	2850	1900
80	3000	3550	4400	2600
90	4700	5100	6000	3400
100	6850	7400	8200	4200
110	9850	10600	11000	5200
120	14000	15100	16000	6300

3.204.403(3) Casos Especiales Curvas Verticales Cóncavas. Se considera las siguientes situaciones:

3.204.403(3) a) Zonas con Iluminación Artificial. En zonas de enlaces o trazados suburbanos en que se cuenta con iluminación artificial adecuada, la condición de visibilidad de parada nocturna, para curvas verticales cóncavas, podrá ser reemplazada por la condición de comodidad (aceleración radial máxima aceptable).

Kci = Parámetro Mínimo curva Cóncava con Iluminación Artificial
V = Velocidad de Proyecto (km/h)
Ar = Aceleración radial aceptada = 0,3 m/s²
Luego $Kci = V^2/3,89$

TABLA 3.204.403.B
PARAMETRO MINIMOS PARA CURVAS CONCAVAS
EN ZONAS CON ILUMINACION ARTIFICAL

Vp (Km/h)	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**110**	**120**
Kci	250	400	650	950	1300	1700	2100	2600	3200	3700

3.204.403(3) b) Curvas Verticales Cóncavas Bajo Estructuras. Esta situación corresponde al caso en que la carretera se cruza en paso inferior con otra vía y los conductores de camiones o buses situados del orden de 2,5 m sobre la rasante, pueden tener obstruida su línea de visión por la estructura misma

La expresión de cálculo para el parámetro correspondiente al caso más desfavorable, $2T > D_v$, está dada por:

$$K_{ce} = \frac{Dv^2}{8c - 4(h_3 + h_4)}$$

Kce= Parámetro Mínimo para curva vertical cóncava bajo estructuras
Dv = Distancia de Visibilidad
c = Luz libre entre el punto más bajo de la estructura y la rasante, considerando que la curva vertical tiene su vértice bajo ese punto.
h_3 = Altura ojos del conductor de Camión = 2,5 m
h_4 = Altura luces traseras de un vehículo o parte más baja perceptible de un vehículo que viene en sentido contrario = 0,45 m.

Para valores de c mayores de 3,0 m la visibilidad de parada queda asegurada por los parámetros Kc y kci antes definidos, sin que sea necesario hacer la verificación para Kce. En el caso de caminos bidireccionales, si se desea verificar visibilidad de adelantamiento o de seguridad ante un vehículo que viene adelantado en sentido contrario, puede utilizarse la expresión anterior adoptando para Dv el valor de Da correspondiente a la velocidad de diseño, determinando así el parámetro mínimo requerido en ese caso. Para tal diseño siempre resulta conveniente verificar gráficamente mediante el perfil longitudinal la distancia de visibilidad real disponible para la situación bajo análisis.

3.204.405 Longitud Mínima de Curvas Verticales

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2T\ (m) \geq |Vp\ (km/h)|$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en Km/h.

En los casos en que la combinación parámetro mínimo ángulo de deflexión θ no cumple con esta condición de desarrollo mínimo, se determinará el parámetro mínimo admisible a partir de:

$$K = 2T\ \text{Mínimo} / \theta = Vp/\theta$$

3.204.405 Parámetros Mínimos por Visibilidad de Adelantamiento. En este caso, a considerar en caminos bidireccionales, tienen relevancia las curvas verticales convexas, ya que en las cóncavas las luces del vehículo en sentido contrario son suficientes para indicar su posición y no existe obstáculo a la visual durante el día a causa de la curva. El caso de curvas cóncavas bajo estructuras se abordará según lo descrito en 3.204.403(3b).

$$K_a = D_a^2/2\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_5}\right)^2$$

El parámetro mínimo para curvas convexas por condiciones de adelantamiento está dado por:

Ka = Parámetro Mínimo para Visibilidad Adelantamiento (m)
Da = Distancia de Adelantamiento f(v) (m)
h_1 = Altura Ojos Conductor 1,10 (m)
h_5 = Altura Vehículo en Sentido Contrario 1,2 (m)

Luego: $K_a = D_a^2/9{,}2$

TABLA 3.204.405.A
PARAMETRO MINIMO CURVAS VERTICALES CONVEXAS
PARA ASEGURAR VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

V (Kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
K_a (m)	3500	630	980	14900	21000	27200	33900	39100	45900

Los valores de Ka que figuran en la Tabla precedente están calculados para Da < 2T, que será el caso real toda vez que se tenga V $\geq$ 60 km/h y $\theta \geq 0.025$. De hecho, para las Visibilidades de Adelantamiento adoptadas en esta versión del Manual, los parámetros Ka resultan prohibitivos para V > 60 km/h. Eventualmente, para velocidades muy bajas y θ moderados se cumplirá que Da > 2 T y calculando con la expresión correspondiente, se logra reducir el parámetro requerido para asegurar Da.

3.204.406 Situaciones en que se Puede Aceptar Valores de 2T < Vp. Tanto para Ka como para Kv, correspondería en rigor calcular el parámetro mediante la fórmula asociada al caso Dv > 2T (ver 3.204.402.c), cuando:

$\frac{4,6}{D_a} \leq \theta \leq \frac{9,2}{D_a}$ Para Adelantamiento y $\frac{2,24}{Dp} \leq \theta \leq \frac{4,48}{Dp}$ Para Distancia de Parada

y las expresiones para Ka y Kv, si Da > 2T ó Dp > 2T, son;

$$Ka = \frac{2Da}{\theta} - \frac{9,2}{\theta^2} \qquad \text{y} \qquad Kv = \frac{2Dp}{\theta} - \frac{4,48}{\theta^2}$$

Para θ menor que el primer término de la desigualdad, el valor de Ka y Kv se hace negativo, lo que implica que la visual pasa por sobre el vértice definido por las dos alineaciones o sea no se requiere curva vertical por concepto de visibilidad.

En virtud de lo anterior, para el caso de Curvas Verticales por visibilidad de Parada, si θ es menor que 2,24/Dp, se aceptará que 2T mínimo puede reducirse hasta 0,6 Vp, lo cual crea una transición entre el caso con $\theta \leq 0,005$, que no lleva Curva Vertical y el caso con $\theta \leq 2,24/Dp$, en que se podrá emplear una curva vertical con parámetro $0,6\ Vp/\theta \leq Kv \leq Vp/\theta$. Ello evita tener que usar parámetros mucho más grandes que los de norma, para el caso Dv < 2T. En todo caso los 2T resultantes son adecuados para lograr un acuerdo suave entre las rasantes, dado el moderado valor de θ.

3.204.407 Verificación de Visibilidad en Curvas Verticales. La visibilidad disponible en los casos de curvas horizontales y verticales superpuestas, así como la delimitación de las zonas en que no se dispone de visibilidad de adelantamiento, se pueden calcular o verificar mediante los métodos gráficos expuestos en 3.202.4.

3.204.5 DRENAJE EN CURVAS VERTICALES

En curvas verticales convexas del tipo 1 y cóncavas del tipo 3 (Lámina 3.204.401.A), parámetros superiores a 6.000 m producen en la cúspide o en el fondo de la curva una zona, del orden de 30 m de largo, en que la pendiente longitudinal es inferior a los mínimos especificados para garantizar el escurrimiento longitudinal de las aguas superficiales.

Si no existen soleras, un adecuado bombeo de la calzada permite evacuar las aguas hacia los costados, disponiendo de ellas mediante cunetas o sumideros. En caso de existir soleras deberá recurrirse obligatoriamente a sumideros o bien a frecuentes interrupciones de la solera a fin de evitar el estancamiento de agua sobre la calzada, que se hace particularmente crítico en las curvas cóncavas. Si el sector se desarrolla en corte, el diseño de las cunetas deberá consultar obligatoriamente pendiente, y puede resultar conveniente revestirlas.

3.204.6 COMPOSICION DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

3.204.601 Aspectos Generales. El proyectista deberá tener presente los siguientes criterios generales al estudiar el alzado de la carretera, sin olvidar que ellos por sí solos no aseguran un trazado óptimo en tanto no exista una adecuada compatibilización con la planta, tal como se destaca en 3.205.

a) Resulta desde todo punto de vista deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presente variaciones graduales de los alineamientos, 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.

   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.

b) Rasantes onduladas con una sucesión de puntos altos y bajos en que muchas veces estos últimos quedan ocultos al conductor, resultan especialmente indeseables. Ellas se dan la mayoría de las veces cuando en un terreno ondulado se pretende imponer una planta recta o de muy poca curvatura, manteniendo la rasante próxima al terreno. El adecuado diseño en planta con leves aumentos de la altura de cortes y terraplenes puede mejorar sustancialmente esta situación.
   Puntos bajos en que se pierde la visibilidad sobre parte del trazado, seguidos por tramos que son visibles, crean desconcierto en el usuario y son causa de aumento de los accidentes asociados a maniobras de adelantamiento.

c) Rasantes onduladas que presenten largos tramos de pendiente fuerte en bajada, seguidas de una subida, incentivarán a los conductores de camiones a aumentar su velocidad, en previsión de la subida. Estos aumentos de velocidad van asociados a un incremento de la fuerza viva generada por la masa del vehículo, creando situaciones de peligro para el conjunto de vehículos.

d) Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales del mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas toda vez que sea posible. Si las curvas son convexas se generan largo 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 calzada separadas, en las que en dichos casos se procurará emplear parámetros kc mayores que los de norma.

e) En pendientes prolongadas suele resultar conveniente diseñar una pendiente fuerte al inicio y suavizar la pendiente hacia el final de la subida, en vez de mantener una pendiente única cuya magnitud sea levemente inferior a los máximos admisibles. En caminos de bajo standard puede resultar adecuado introducir tramos cortos de menor pendiente, aun a costa de tener que utilizar pendiente máximas en el resto de los sectores.

f) En zonas de intersecciones se deberán estudiar todas las alternativas a fin de lograr la mínima pendiente posible, siendo un Límite aceptado ± 3%.

g) En pendientes que superan la longitud crítica establecida como deseable para la categoría de carretera en proyecto, se deberá analizar la factibilidad de incluir pistas auxiliares para el tránsito lento o para el tránsito rápido. Una pista auxiliar puede implicar sólo un moderado aumento de costos de movimiento de tierras en carreteras de alto estándar. Hay que considerar que ellas agregan un ancho de 3,5 m pero

a la vez la berma exterior se puede reducir de 2,5 a 1,5 m lo que implica un aumento de Sección Transversal de sólo 2,5 metros. Si se trata de una pista para tránsito rápido, construida empleando una mediana existente, no hay aumento del movimiento de tierra.

h) En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, pistas de emergencia que permitan maniobras de frenado en caso de falla de frenos. (Lechos de Frenado – 3.302.602).

3.204.602 Rasantes Asociadas a Estructuras

3.204.602(1) Gálibo Vertical. El vehículo tipo consultado en esta norma tiene una altura máxima de 4,2 m (Ver 3.005.3).

La altura libre, medida verticalmente entre cualquier punto de la plataforma y la parte inferior de una estructura que la cruce superiormente, deberá ser de 5,0 m, debiendo aumentarse a 5,5 m en las Pasarelas.

3.204.602(2) Curvas Verticales Cóncavas Bajo Estructuras. Resulta conveniente ubicar el punto más bajo de la rasante desplazado respecto de la intersección de los ejes del camino y de la estructura, de manera que los elementos de drenaje de la calzada se alejen de las fundaciones de estribos y cepas. (Sumideros, Tuberías, etc.).

3.204.602(3) Rasante en Puentes. Las curvas verticales en puentes deberán considerar lo prescrito en 3.1003.105 y 3.204.5.

La pendiente mínima permisible será del orden 0,15 a 0,20%. En puentes largos se deberá procurar al menos un 0.25%.

3.204.602(4) Rasante sobre Líneas de FF.CC.. Cuando deba consultarse una estructura sobre una línea de ferrocarril todos los aspectos relativos a gálibo lateral y vertical deberán ser informados por la Empresa de Ferrocarriles.

SECCION 3.205 DIRECTRICES PARA EL DISEÑO ESPACIAL DE UNA CARRETERA

3.205.1 ASPECTOS GENERALES

Una carretera es una obra tridimensional que se gesta, sin embargo, proyectando separadamente sus planos horizontal, longitudinal y transversales.

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 su efecto combinado, aplicarles ciertas normas de compatibilización y coordinarlos, de acuerdo a criterios funcionales y estéticos que se resumirán 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 lo más acabado posible en el espacio tridimensional. O sea, 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.

Este objetivo optimizador requiere la revisión de una serie de conceptos ya mencionados y su unificación con otros que se refieren específicamente a la compatibilización de la plata y el alzado de una carretera.

3.205.2 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 para constituir una visión tridimensional de la misma.

En la Lámina 3.205.2.A se muestran las combinaciones posibles de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva.

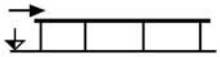
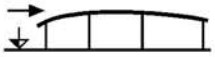
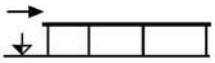
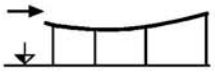
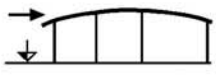
La ejecución de tales esquemas para la totalidad de un trazado no es siempre factible ni indispensable. En la mayoría de los casos basta con respetar las normas y recomendaciones aquí consignadas para evitar efectos contraproducentes para la seguridad y la estética de la vía.

Sin embargo, 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 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.

3.205.3 DISEÑO ESPACIAL

3.205.301 Aspectos Generales. 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 accidente aumentan.

PLANTA	ALZADO	PERSPECTIVA
RECTA	 RECTA	
RECTA	CURVA	
RECTA	 CURVA	
CURVA	 RECTA	
CURVA	 CURVA	
CURVA	 CURVA	

Las condiciones ideales para el conductor son aquéllas 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.

3.205.302 La Imagen de la Plataforma para el Conductor

3.205.302(1) Imagen en Perspectiva y Guía Optica. 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.

Vistas “a vuelo de pájaro”, como la que se muestra en la fig. a) de la Lámina 3.205.302(1).A, aunque puedan ser ilustrativas de ciertos aspectos paisajísticos, 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 fig. b) de la misma Lámina, sí 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 la Lámina 3.205.302(1).A, fig. 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.

3.205.302(2) Elementos de la Plataforma

3.205.302(2) a) La Recta. Rectas 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 dicho en 3.203.202. Sin embargo, las rectas pueden acomodarse eventualmente a topografías específicas y servir a la simplificación de ciertos trazados en zonas complicadas para el conductor (enlaces, intersecciones).

Cuando, a pesar de todo, las rectas 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 a de la Lámina 3.205.302(2).A).

Se deben evitar los acuerdos verticales convexos de parámetros o desarrollos pequeños entre alineaciones rectas largas, ya que la sensación que ellas producen es contraproducente para la estética de la carretera.

3.205.302(2) b) La Curva. 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 (7.500 – 10.000 m).

A las curvas amplias también deben limitarse sus desarrollos, alternándose distintos elementos en planta con el fin de evitar la monotonía.

Rectas de desarrollo breve entre dos curvas del mismo sentido producen un efecto estético indeseable y ofrecen una perspectiva equívoca al conductor. (Véase Lámina 3.205.302(2).A, Figura b).

Asimismo, una curva de pequeño desarrollo entre dos alineaciones rectas largas (garrote) produce una mala imagen visual (Fig. c). En la figura d) de la misma Lámina se muestra el problema resuelto con una curva amplia.

3.205.302(2) c) Secuencia de Elementos en Planta. En un trazado donde la topografía obliga la utilización de curvas de radio reducido (Véase Fig. e de la Lámina 3.205.302(2).A) es normal y admisible encontrar radios mínimos. En cambio, allí donde las alineaciones en planta sean amplias, y por lo tanto inductores de velocidades de operación que pueden exceder a las de proyecto, el intercalamiento de un radio mínimo es peligroso (Véase Fig. f de la Lámina 3.205.302(2).A). Respetando el rango de curvaturas sucesivas según lo expuesto en 3.203.304 se evitarán estas situaciones.

3.205.302(3) Elementos del Alzado

3.205.302(3) a) La Recta. En elevación, una recta corresponde a un tramo con inclinación constante. Si ella va asociada a una recta en planta, son válidas las recomendaciones hechas en el Numeral 3.205.302(2).A).

Rectas cortas, entre dos curvas cóncavas (véase figura a en Lámina 3.205.302(3).A), o entre dos curvas convexas (Figura c), dan sensación de ambigüedad y no deben ser utilizadas. Deben ser reemplazadas por acuerdo verticales únicos y amplios, según lo indicado en las figuras b) y d) de la misma Lámina. Estos principios deben ser respetados especialmente en el caso de existir estructuras.

3.205.302(3) b) Acuerdo Verticales Cóncavos. 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 Figs. e y f de Lámina 3.205.302(3).A).

3.205.302(3) c) Acuerdos Verticales Convexos. 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 fig. g de la Lámina 3.205.302(3).A). Deben usarse parámetros verticales lo más grandes posibles.

3.205.302(3) 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 fig. h. De 3.205.302(3).A).

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 aquéllos confieren (fig. i). Deben evitarse la sucesión rápida de curvas convexas y cóncavas en paisajes con visibilidad.

3.205.302(4) Superposición de Planta y Elevación

3.205.302(4) a) Relación entre los elementos de Diseño En planta y Alzado. Además de lo ya dicho en Numerales anteriores, debe tenerse presente que los radios de las curvas en planta y los de las curvas en alzado cóncavas que se superpongan deben estar relacionadas 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.

3.205.302(4) b) Relación entre los Puntos de Inflexión en Planta y Alzado. En general, los puntos de inflexión en planta y alzado deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo (véase fig. a de Lámina 3.205.302(4).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 los acuerdos) 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 que frustra la maniobra con una recta que sí la permite.

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 los acuerdos convexos deberá verse con antelación un tramo de curva en planta correspondiente a unos 3,5g de giro, o sea, la clotoide entera si A = R/3.(Véase figura b de Lámina 3.205.302(4).A).

3.205.302(4) 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 redunda en aumento de accidentes.

De igual modo, rasantes con ondulaciones cortas, en correspondencia con rectas o curvas en planta, que pueden ser observadas desde una zona alta del trazado, producen un efecto estético deplorable (Ver figuras c) de la Lámina 3.205.302(4).A.

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 que no están obligados por la topografía es francamente desaconsejable.

La sucesión de curvas verticales en tramos rectos o curvos, que permitan la visión del trazado como un tobogán, son antiestética y deben evitarse (véase figuras c y d de Lámina 3.205.302(4).A).

3.205.302(4) 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 sicológico adverso que tal situación produce. Este efecto sicológico es de incertidumbre y ha sido comprobado exhaustivamente en la práctica.

En la Lámina 3.205.302(4).B se muestran varias situaciones de pérdida de trazado. En la figura a) se tiene una pérdida de trazado en recta; 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 equivocar francamente su apreciación del desarrollo del trazado y del tránsito contrario.

Este problema sicológico 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 3.205.302(4).A.

TABLA 3.205.302(4).A
DISTANCIAS AL PUNTO DE ATENCION

Vp (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 estas distancias de visibilidad, se debe procurar por todos los medios que la carretera no reaparezca a los ojos del conductor a distancias inferiores a las de la Tabla 3.205.302(4).A.

La comprobación de esto se hace gráficamente sobre los planos de planta y alzado.

Muchas veces los problemas de reaparición se pueden solucionar mediante plantaciones estratégicamente ubicadas, a uno u otro lado del camino o en la mediana si la hay. Estas soluciones son aceptables y baratas.

3.205.302(5) Intersecciones y Estructuras. Las Intersecciones deben estar situadas en zonas de amplia visibilidad. Curvas verticales cóncavas son especialmente indicadas para esto (véase figura a de Lámina 3.205.302(5).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 deben hacerse de modo que puedan confundir al conductor (Figura b de la Lámina 3.205.302(5).A). Debe preferirse una salida que se produzca en un ángulo pronunciado a las salidas tangenciales; véase figura c de la misma Lámina, 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 a de la Lámina 3.205.302(5).B es tan indeseable como – desgraciadamente - frecuente.

En general, las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva, cuando ellas dificultan la visión del camino (Figura b de la Lámina 3.205.302(5).B). Es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca, como se aprecia en la figura c de la Lámina en cuestión y en lo posible con una buena visibilidad previa (figura d).

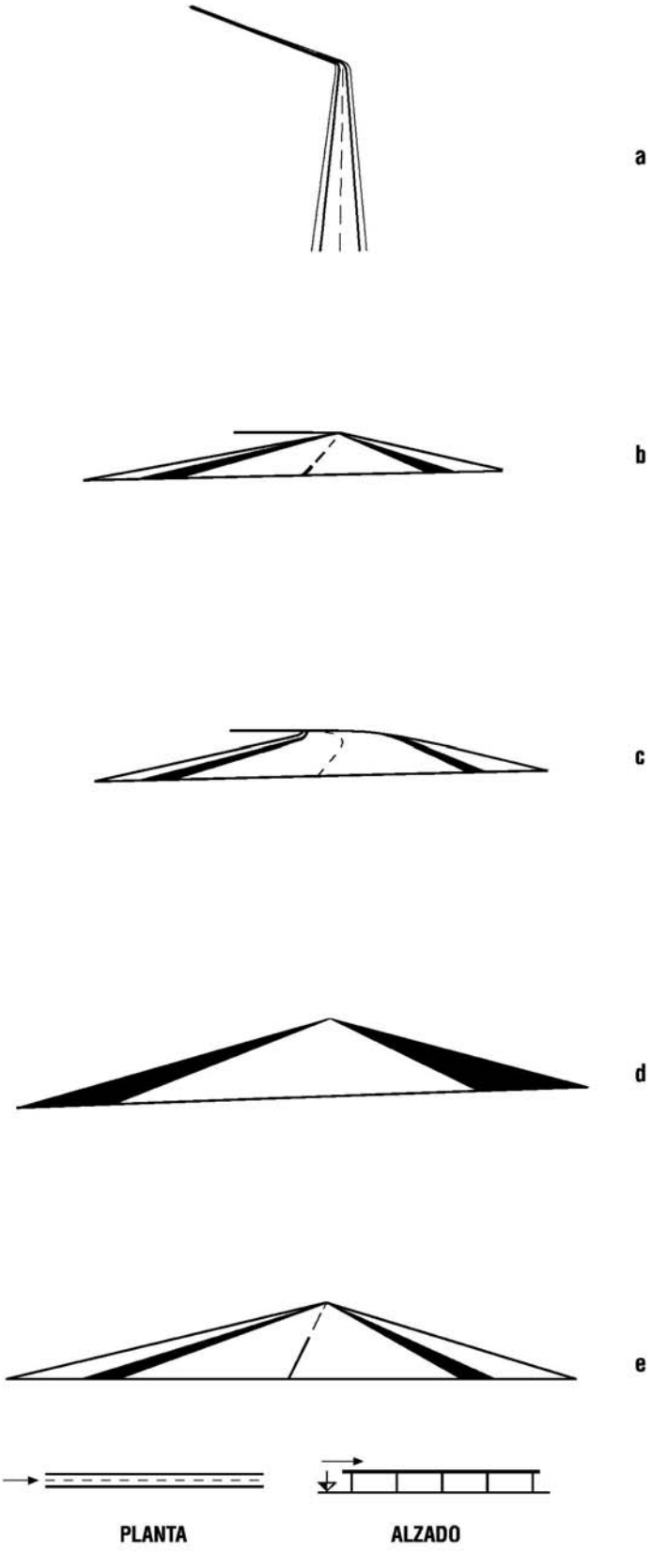
3.205.303 Efecto del Entorno de la Carretera en el Diseño Espacial. La forma y escala del espacio ambiental por el que discurre una carretera tiene influencia definida sobre los conductores.

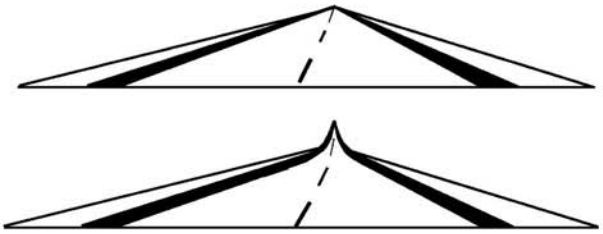
Durante el día, todos los elementos laterales que ayuden al guiado óptico, tales como plantaciones, muros, barreras, postes-guía, etc, son favorables si ellos están a una distancia suficiente de la plataforma.

El guiado óptico en condiciones de conducción nocturna se materializa a través de la demarcación del eje y de las Líneas Laterales. Cuando sea necesario se puede reforzar dicha visualización mediante hitos de aristas en rectas y curvas, y si es necesario, mediante delineadores verticales allí donde se requiera reforzar la visualización del desarrollo de las curvas en planta.

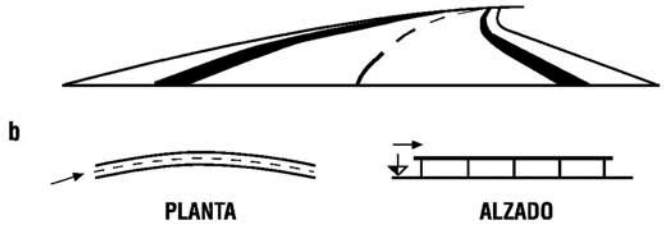
En uno y otro caso, los elementos que el proyectista disponga deben ser estudiados desde el punto de vista de su efecto en perspectiva. Buen ejemplo de la necesidad de tales cuidados se muestra en la Lámina 3.205.303.A, donde se observa el efecto de la inclinación de un muro de contención sobre la perspectiva del entorno del camino (muros con alturas superiores a un metro requieren inclinaciones suficientes en el lado interior de la curva).

IMAGEN EN PERSPECTIVA Y GUIA OPTICA

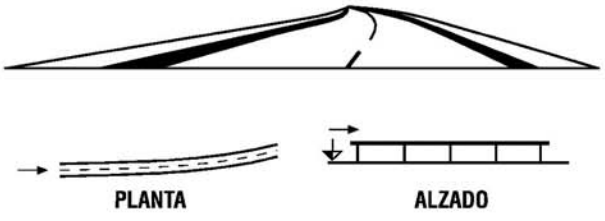




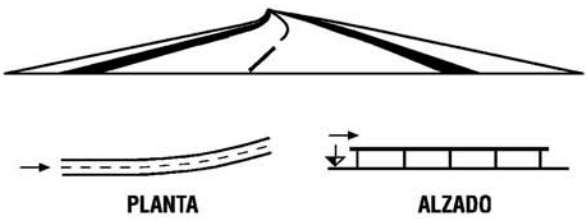
a



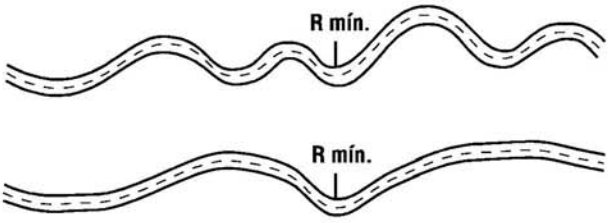
b



c



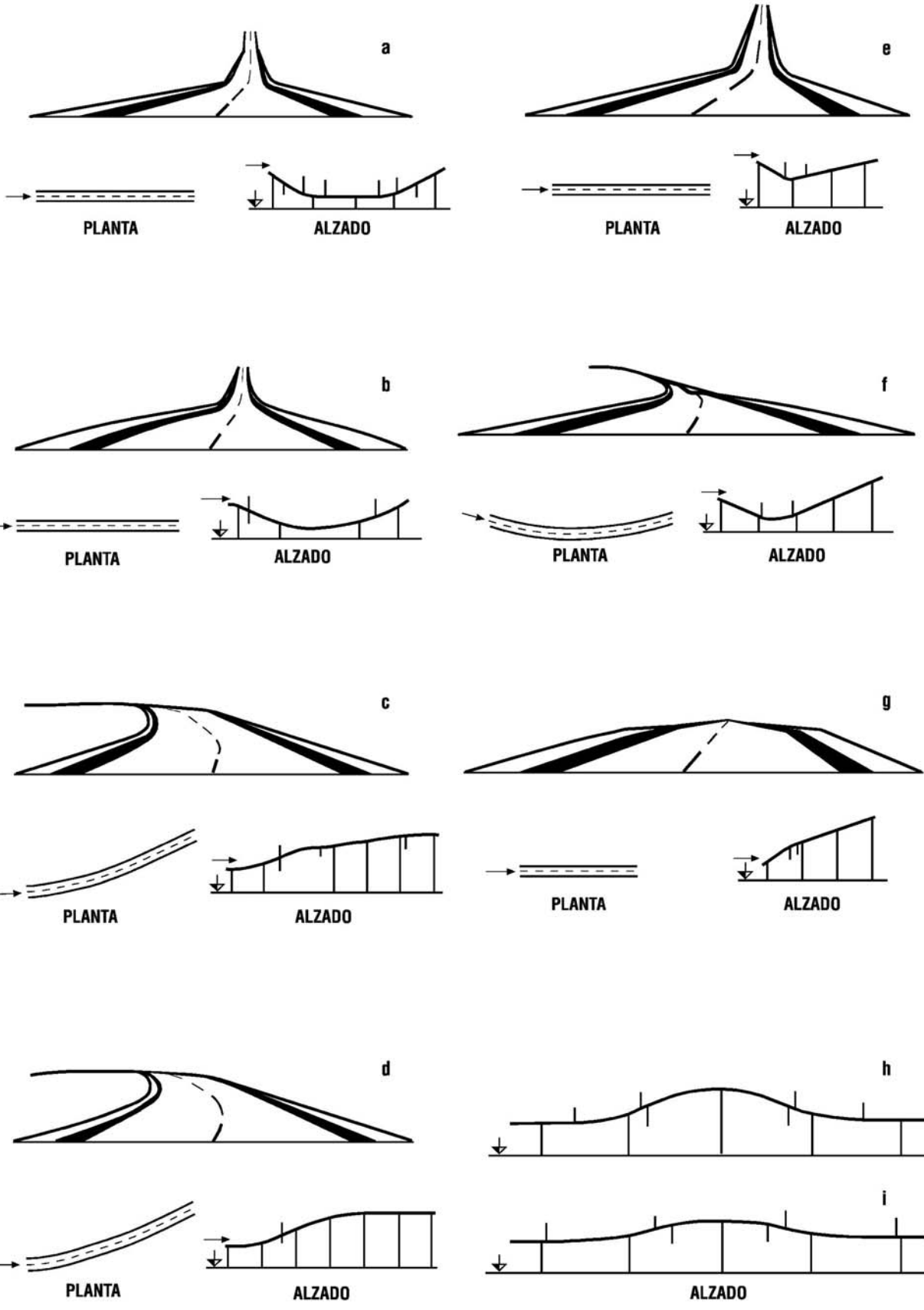
d

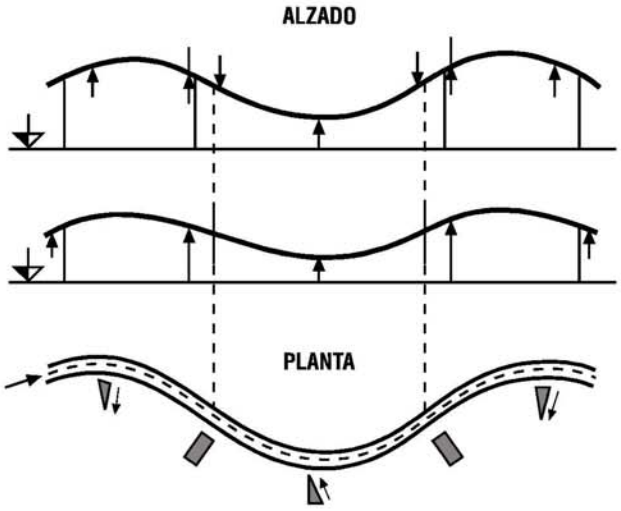


e

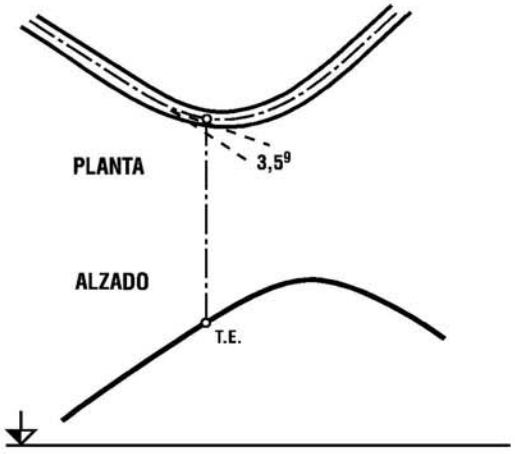
f

ELEMENTOS DEL ALZADO EN EL DISEÑO ESPACIAL

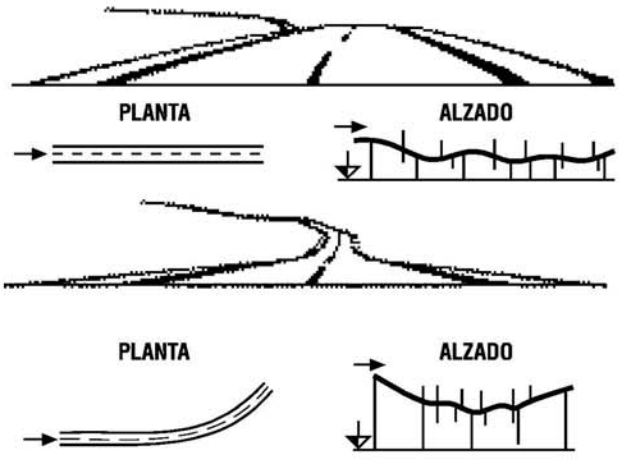



ALZADO
PLANTA

a

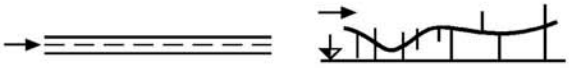

PLANTA
3,5g
ALZADO
T.E.

b


PLANTA
ALZADO
PLANTA
ALZADO

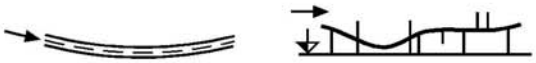
c

a

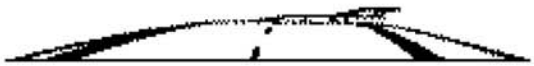


PLANTA ALZADO

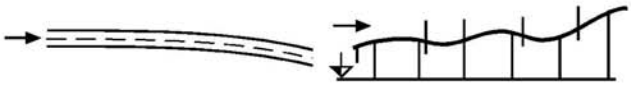
b



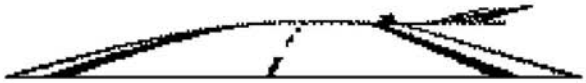
PLANTA ALZADO



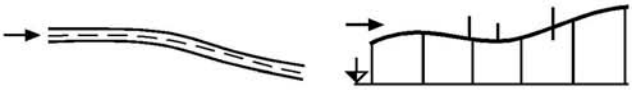
c



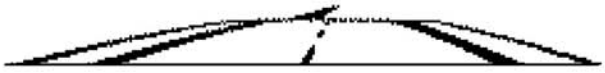
PLANTA ALZADO



d



PLANTA ALZADO



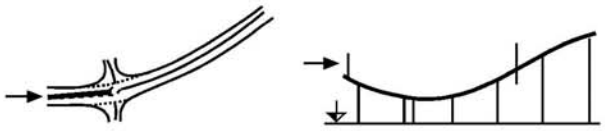
e

PLANTA ALZADO

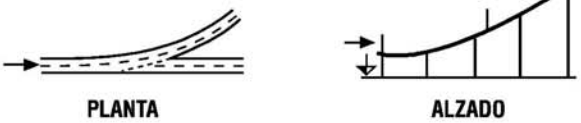
f

PLANTA ALZADO

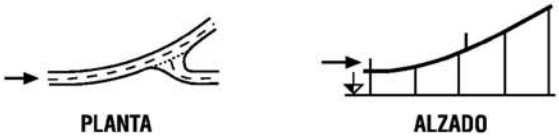
a

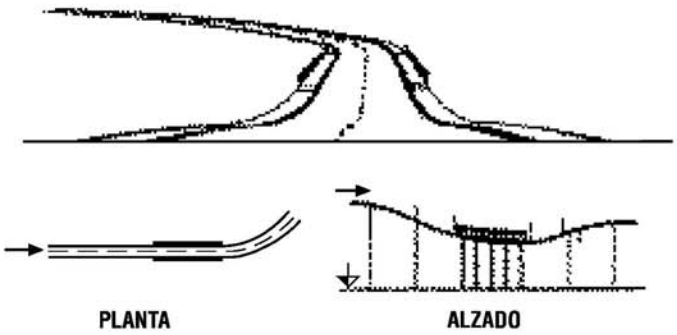


b

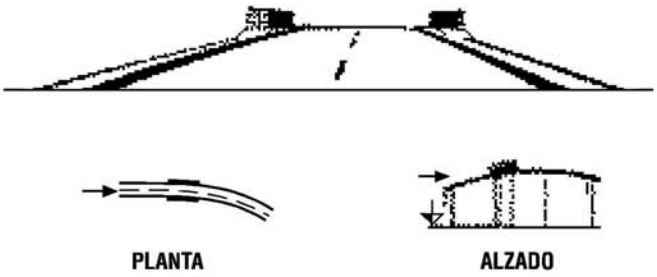


c

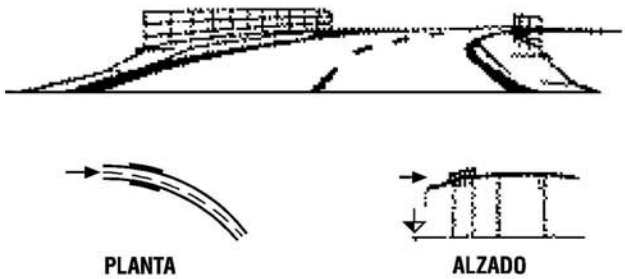




a



b



c

d

MURO CON PARAMENTO VERTICAL

a

MURO CON PARAMENTO ⊥ A LA PLATAFORMA

b

MURO CON PARAMENTO INCLINADO AL 1(H) : 8 (V)

c

PLANTA **ALZADO**

SECCION 3.206 CARACTERISTICAS MINIMAS ACEPTABLES PARA LA RECTIFICACION DE CAMINOS EXISTENTES

3.206.1 ANTECEDENTES GENERALES

La rectificación de caminos existentes se suele hacer cuando se requiere ampliar la sección de una ruta por razones de capacidad o cuando se decide un cambio de estándar, la más de las veces consistente en la pavimentación del camino.

En el primer caso se trata de caminos pavimentados que requieren de un mayor número de pistas para servir adecuadamente la demanda de tránsito presente y futura. En general se tratará de caminos bidireccionales que deben ser habilitados como unidireccionales. De acuerdo con lo establecido en la presente Instrucción de Diseño, todos los caminos o carreteras unidireccionales deberán contar con una Mediana que separe físicamente ambas calzadas, siendo su ancho mínimo el que se señala en la Tabla 3.302.502.A (Ver también resumen en Tablas 3.201.5.A ó 3.301.1.A), anchos dados en función de la categoría y Velocidad de Proyecto de la ruta.

Al pasar de un camino bidireccional a una carretera unidireccional, los tramos sin visibilidad de adelantamiento dejan de tener relevancia. Por ello, es posible que la velocidad 85% tienda a subir y será necesario verificar que los elementos de planta y perfil cumplan con las condiciones mínimas asociadas a la nueva situación.

Lo anterior implica una revisión de las características del trazado en general y de los puntos críticos en particular, los que podrán requerir mejoramientos, en planta y perfil, que aseguren visibilidad de parada a todo lo largo de la ruta; de igual forma el resto de los elementos deberán cumplir con las normas mínimas asociadas a una velocidad de proyecto homogénea, para los distintos tramos en que pueda llegar a ser necesario subdividir la ruta.

Cuando se aborda un cambio de estándar que implica la pavimentación de un camino existente, (Caminos Locales o Colectores), se tiene la tendencia a considerar que es imprescindible elevar las características de su trazado para permitir velocidades de operación mayores que en la situación sin pavimento. Ello no es siempre correcto, pudiendo presentarse dos situaciones:

a) El Camino original fue proyectado y construido bajo cierta categoría, con una velocidad de diseño dada pero para un tránsito inicial, que aún no justificaba económicamente su pavimentación. Cuando se alcanzan los niveles de tránsito que hacen rentable la inversión en pavimento, no quiere decir que la nueva situación justifique un cambio de categoría o una nueva velocidad de proyecto, que en la mayoría de los casos implicará rectificaciones del trazado asociadas a inversiones adicionales.

   No obstante lo anterior, al pasar de grava a pavimento los usuarios tenderán a elevar sus velocidades de desplazamientos, en especial en tramos de trazado amplio, razón por la cual se deberán estudiar detenidamente las situaciones que puedan darse al final de rectas largas (Lr > 400 m), donde se procurará cumplir con la normativa expuesta en el Capítulo 3.200 tanto para la planta como el alzado. En sectores especialmente difíciles de adecuar se podrán aceptar las relajaciones normativas que se exponen más adelante, a la par que el proyecto deberá consultar una adecuada señalización preventiva y reglamentaria.

b) Cuando el camino a pavimentar no responde a un diseño homogéneo, sino más bien a sucesivos mejoramientos con sectores compuestos por elementos que permiten velocidades de operación cambiantes de sector a sector, se tiene un caso complejo que deberá ser estudiado cuidadosamente. En efecto, rectificaciones abundantes que pretendan aprovechar partes del camino, pueden resultar más caras y con una solución final inferior a la que supone un trazado con variantes que se independice de los puntos conflictivos. En estos casos se impone un estudio técnico-económico que determine la velocidad de diseño que corresponde a la categoría del camino que se requiere, una vez rectificado y pavimentado.

3.206.2 MEJORAMIENTOS INDISPENSABLES EN PLANTA Y ALZADO

Si bien no siempre será posible en razón de los costos involucrados o del espacio disponible, rectificar el trazado para llevarlo en su totalidad a los niveles normativos de un trazado nuevo, se deberán incorporar de todos modos aquellos diseños que no tienen un costo adicional, o este es marginal, tales como:

a) Modificar los peraltes de las curvas empleando los valores correspondientes en función del radio de curvatura (Lámina 3.203.303(1).A).

b) Incorporar clotoides de enlace en todas las situaciones que especifica la norma.

c) Señalizar y demarcar los sectores que no cuentan con distancias adecuadas para adelantar, de acuerdo con los valores del presente instructivo.
Estas rectificaciones confieren una seguridad adicional pero no incrementan la sensación de amplitud del trazado.

3.206.3 MEJORAMIENTOS DESEABLES EN PLANTA Y ALZADO

Aún cuando se podrán considerar las relajaciones, o criterios de diseño mínimos admisibles que se señalan en 3.206.4, se deberá procurar:

a) Que el diseño de los elementos de planta y alzado asegure visibilidad de parada consecuente con la V* determinada para el tramo bajo análisis, restringida en casos extremos a lo que se indica en 3.206.4.

c) Que al final de rectas con una longitud mayor que 600 m, el radio de la curva horizontal permita una Velocidad Específica al menos igual a la V85% que se indica en 3.206.4.

d) Que mediante rectificaciones razonables las curvas sucesivas separadas menos de 400 m cumplan con la relación de radios de curvatura que se especifica en las Láminas 3.203.304.A y B, aún cuando se superen los límites allí definidos, hasta en un 20%, en tanto el radio mínimo no resulte menor que el mínimo correspondiente a la velocidad de proyecto del tramo.

3.206.4 CRITERIOS DE DISEÑO MINIMOS ADMISIBLES PARA RECTIFICACION DE TRAZADOS EXISTENTES

Si el mejoramiento se mantiene en el entorno del trazado original, se podrán relajar los criterios de diseño, según se indica a continuación, previa autorización de la Dirección de Vialidad, la que se pronunciará teniendo a la vista un informe preparado por el Proyectista.

Si el mejoramiento se diseño en variante, por lo general no debería justificarse la relajación de los criterios, resultando tal vez, más consecuente en casos extremos, examinar la conveniencia técnica y económica de reducir la velocidad de proyecto, incorporando un tramo de transición y la señalización preventiva y reglamentaria correspondiente.

Los criterios cuya relajación podrá ser considerada son:

a) La predicción de la V85%, tanto en tramos rectos de más de 400 m, como en una secuencia de curvas horizontales, establecida en 3.201.301 para diseñar las curvas al término de dichas rectas y para verificar las distancias de visibilidad de parada, podrán disminuirse, hasta en:

En rectas	Si	$400 \leq$ Lr < 600 m	;	V*	de Vp + 5	a Vp
	Si	Lr $\geq$ 600 m	;	V*	de Vp + 10	a Vp + 5

En curvas: En la misma proporción que para las rectas.

b) En Caminos con Vp $\leq$ 80 km/h, se podrá aumentar el peralte de las curvas de radio mínimo de 7% a 8%, procediendo a recalcular el radio mínimo admisible sin modificar el coeficiente de roce transversal que le corresponde a la Velocidad de Proyecto.

c) Se aceptará el empleo de Configuraciones Límite según se describen en 3.203.503(2) cuando den solución a situaciones extremas del trazado.

d) Se aceptará mantener deflexiones menores de 2^g en proyectos de repavimentación que consulten el aprovechamiento de la estructura existente.

3.206.5 CONSIDERACIONES COMPLEMENTARIAS

Finalmente, cabe destacar que en caminos de tipo local, y eventualmente en algunos Colectores, una velocidad de diseño de 60 a 70 Kph, aún cuando se consulte pavimento, es perfectamente aceptable si los volúmenes a servir son bajos y las distancias a recorrer moderadas, máxime si el relieve de la zona presenta dificultades de alguna consideración.

En este tipo de caminos, una capa de rodadura pavimentada pretende asegurar tránsito permanente, menores costos de operación de los vehículos y confort al usuario, pero dado el bajo volumen, las ventajas asociadas a un tránsito rápido (ahorro de tiempo) no tienen relevancia frente a los costos en que se debe incurrir para lograrlas.

Una adecuada y completa señalización tanto vertical como horizontal, explicitando en forma reiterada la Velocidad de Proyecto del tramo, permitirá controlar en mejor forma los objetivos previstos según la Categoría del Camino.

3.206.6 NORMAS E INSTRUCTIVOS DE DISEÑO GEOMETRICO ANALIZADOS

País o Institución	Título y Fecha de Publicación
AASHTO (EE.UU.)	A Policy on Geometric Design (1994) y (2001)
ALEMANIA	Richtlinien für die Anlage von Straben RAS Teil: Linienführung RAS-L Bundesministerium für Verkehr (1995)
AUSTRALIA	Road Desig Guidelines - Part 2 - Horizontal and Vertical Geometric Design - Estado de Victoria (1997/98)
BRASIL	Instrucoes de Servicio para Anteprojecto Geométrico DNER
CANADA	Highway Geometric Design Guide, Estado de Alberta (1995/96)
CHILE	Volumen N° 3 - Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad (1981)
ESPAÑA	Instrucción de Carreteras-Norma 3.1-IC-Trazado Ministerio de Fomento-Dirección General de Carreteras (2000
ERSF	Interfase Guía Técnica de Seguridad para el Diseño de Carreteras Interurbanas - Federación Europea de Seguridad Vial (1996)
FRANCIA	Instruction sur les Conditions Techniques d'Amenagement des Routes de Liaison Direction de Routes (1985) Amenagement des Routes Principales Direction de Routes (1994)
GRAN BRETAÑA	Design Manual for Roads and Bridges Section: 1,2 y 3 (1993/95)
MEXICO	Normas de Servicios Técnicos-Parte 2.01.01 - Carreteras - Secretaria de Comunicaciones (1984)
SUIZA	Union des Professionels Suisses de la Route. Norm Suisse (1979/1992)

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 3.300
LA SECCION TRANSVERSAL

DIRECCION DE VIALIDAD
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CHILE

JUNIO 2002

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

I N D I C E

CAPITULO 3.300 LA SECCION TRANSVERSAL

SECCION 3.301 ASPECTOS GENERALES

3.301.1 DEFINICION DE SECCION TRANSVERSAL
3.301.2 ALCANCES Y OBJETIVOS DEL PRESENTE CAPITULO

SECCION 3.302 LA PLATAFORMA

3.302.1 DEFINICION DE LA PLATAFORMA
3.302.2 LA(S) CALZADA(S)
3.302.201 Aspectos Generales
3.302.202 Anchos de Calzada y Plataforma
3.302.203 Modificaciones al Ancho de Calzada
(1) Pistas Auxiliares Inducidas por el Tránsito Lento
(2) Aumento y Disminución del Número de Pistas Normales
(3) Sobreanchos de Calzadas en Curvas.
(4) Representación de Cambios de Ancho en el Proyecto.

3.302.204 Bombeos
(1) Bombeo en Calzadas Bidireccionales
(2) Bombeo en Calzadas Unidireccionales

3.302.3 LAS BERMAS
3.302.301 Aspectos Generales
3.302.302 Anchos de Bermas
3.302.303 Pendiente Transversal de las Bermas

3.302.4 SOBREANCHOS DE LA PLATAFORMA (SAP)
3.302.401 Anchos del SAP
3.302.402 Pendiente Transversal del SAP

3.302.5 LA MEDIANA
3.302.501 Aspectos Generales
3.302.502 Ancho de las Medianas según Categorías de la Ruta
3.302.503 Modificación del Ancho de la Mediana

3.302.6 PISTAS AUXILIARES COMPLEMENTARIAS
3.302.601 Paraderos de Buses
(1) Tipos
(2) Localización
(3) Paraderos de Buses en la Berma.
(4) Paradero de Buses Fuera de la Berma.
(5) Paraderos de Buses en Intersecciones Canalizadas.
(6) Longitud del Paradero de Buses Propiamente Tal.
(7) Casetas para Paraderos de Buses

3.302.602 Lechos de Frenado.
(1) Aspectos Generales.
(2) Localización de los Lechos de Frenado
(3) Diseño de los Lechos de Frenado
(4) Lechos de Frenado con Pendiente Variable
(5) Señalización de los Lechos de Frenado
3.302.603 Ciclovías

SECCION 3.303 LA SECCION TRANSVERSAL DE LA INFRAESTRUCTURA

3.303.1 ASPECTOS GENERALES
3.303.2 LA SECCION TRANSVERSAL DE LA PLATAFORMA DE SUBRASANTE
3.303.3 ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA SECCION EN TERRAPLEN
3.303.301 Taludes de Terraplén desde el Punto de Vista de su Estabilidad
3.303.302 Taludes de Terraplén desde el Punto de Vista de la Seguridad Vial
(1) Consideraciones Respecto del Empleo de la Lámina 3.303.302(1).A
(2) Ejemplo de Aplicación
(3) Consideraciones Adicionales
(4) Tipo y Localización de las Barreras de Contención

3.303.4 ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA SECCION EN CORTE
3.303.401 La Cuneta Lateral en Corte
(1) Aspectos Generales.
(2) Talud Interior de Cunetas.
(3) Profundidad de la Cuneta
(4) El Fondo de la Cuneta.
(5) Secciones Tipo de cunetas
3.303.402 Taludes de Corte

3.303.5 ALABEO DE TALUDES
3.303.6 ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO DE TIERRAS

SECCION 3.304 OBRAS DE PROTECCION DE TALUDES

3.304.1 ASPECTOS GENERALES
3.304.2 LAS SOLERAS
3.304.3 LOS FOSOS
3.304.4 LOS CONTRAFOSOS

SECCION 3.305 REPOSICIONES DE SERVICIOS

3.305.1 ASPECTOS GENERALES
3.305.2 CAMINOS DE SERVICIO
3.305.3 OTRAS REPOSICIONES DE SERVICIOS

SECCION 3.306 SECCIONES TIPO

3.306.1 SECCIONES TIPO NORMALES
3.306.2 SECCIONES ESPECIALES; GALIBOS
3.306.201 Aspectos Generales
3.306.202 Pasos Bajo Nivel
3.306.203 Pasos Sobre Nivel

SECCION 3.307 LA FAJA AFECTADA O DERECHO DE VIA

3.307.1 ASPECTOS GENERALES
3.307.2 LIMITES TEORICOS Y REALES DE EXPROPIACION

3.307.3 FAJAS DE EXPROPIACION ESTIMADAS
3.307.4 REGULACIONES AL DERECHO DE USO DE LA PROPIEDAD ADYACENTE

SECCION 3.308 INSTRUCCIONES Y CRITERIOS PARA OBRAS VARIAS

3.308.1 CERCOS
3.308.101 Aspectos Generales
a) Cercos de Control de Acceso
b) Cercos de Propiedad
c) Cercos en las Medianas
3.308.102 Tipos de Cercos Fiscales
(1) Tipo 5AP-N y 5AP-D
(2) Tipo 7AP-N y 7AP-D
(3) Tipo 7 AM-N y 7 AM-D
(4) Tipo S.M.
(5) Tipo T.
(6) Tipo P.
3.308.103 Características de Uso de los Diversos Tipos de Cercos
3.308.104 Autopistas y Autorrutas
3.308.105 Primarios y Colectores
3.308.106 Locales y Desarrollo
3.308.107 Ubicación de los Cercos
3.308.108 Portones
(1) En Autopistas y Autorrutas
(2) Otros Caminos
3.308.109 Medianas
3.308.110 Delimitación de la Propiedad

3.308.2 BARRERAS DE SEGURIDAD
3.308.201 Objeto
3.308.202 Diseño y Colocación
3.308.203 Barreras de Seguridad en la Plataforma
3.308.204 Barreras de Seguridad en Aproximaciones a Puentes
(1) Criterio de Colocación
(2) Largo
(3) Peatones
3.308.205 Barreras de Seguridad en Obstrucciones en Autopistas y Caminos Primarios

3.308.3 SEÑALIZADORES Y DELINEADORES
3.308.301 Aspectos Generales
(1) Alcantarillas
(2) Drenes
3.308.302 Delineadores

3.308.4 PARALELISMOS EN CAMINOS PUBLICOS
3.308.401 Aspectos Generales
(1) Disposiciones Legales Pertinentes
(2) Requisitos Exigibles
(3) Servicios Facultados Legalmente para Solicitar Autorizaciones
3.308.402 Presentación de Solicitudes de Paralelismos

3.308.5 ATRAVIESOS EN CAMINOS PUBLICOS
3.308.501 Aspectos Generales
(1) Disposiciones Legales y Normas Pertinentes
(2) Requisitos Exigibles
(3) Servicios Facultados Legalmente para Solicitar Autorización
3.308.502 Presentación de Solicitudes de Atraviesos

SECCION 3.309 TRATAMIENTO DE ZONAS MARGINALES

3.309.1 ASPECTOS GENERALES
3.309.101 Objeto
3.309.102 Principios Generales

3.309.2 TRAZADO
3.309.201 Selección de Ruta
3.309.202 Expropiaciones
3.309.203 Alineamiento Horizontal
3.309.204 Alineamiento Vertical
3.309.205 La Sección Transversal
(1) Bermas.
(2) Drenaje Superficial
(3) Perfiladura de los Taludes

3.309.3 CONSTRUCCION
3.309.301 Especificaciones
3.309.302 Yacimientos y Depósitos
3.309.303 Roce de Descepe

3.309.4 ESTRUCTURAS
3.309.401 Puentes
3.309.402 Muros de Alcantarillas

3.309.5 PLANTACIONES
3.309.501 Diseño de Plantaciones para Caminos
3.309.502 Paisajismo
(1) Aspectos Generales
(2) Areas Urbanas
(3) Enlaces a Intersecciones

3.309.503 Plantaciones Funcionales
(1) Control de la Erosión
(2) Control de la Nieve y la Arena
(3) Plantaciones para Guiar el Tránsito
(4) Plantaciones como Barreras

3.309.504 Criterios Generales para Plantaciones
(1) Plantaciones de Arboles en Hileras Exteriores a la Calzada
a) Disposición Respecto al Eje
b) Disposición Respecto a la Sección Transversal

(2) Plantaciones de Arboles en Grupo
(3) Plantaciones de Arbustos y Matas Paralelas al Eje del Camino
a) Disposición en Sentido Longitudinal
b) Disposición Respecto a la Sección Transversal
c) Plantas en la Mediana

4) Normas Generales para Plantíos
a) Seguridad del Tránsito
b) Conservación del Gálibo
c) Señales de Tránsito
d) Soleamiento
e) Conservación Mecanizada

CAPITULO 3.300 LA SECCION TRANSVERSAL

SECCION 3.301 ASPECTOS GENERALES

3.301.1 DEFINICION DE SECCION TRANSVERSAL

La Sección Transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de éstas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera.

Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

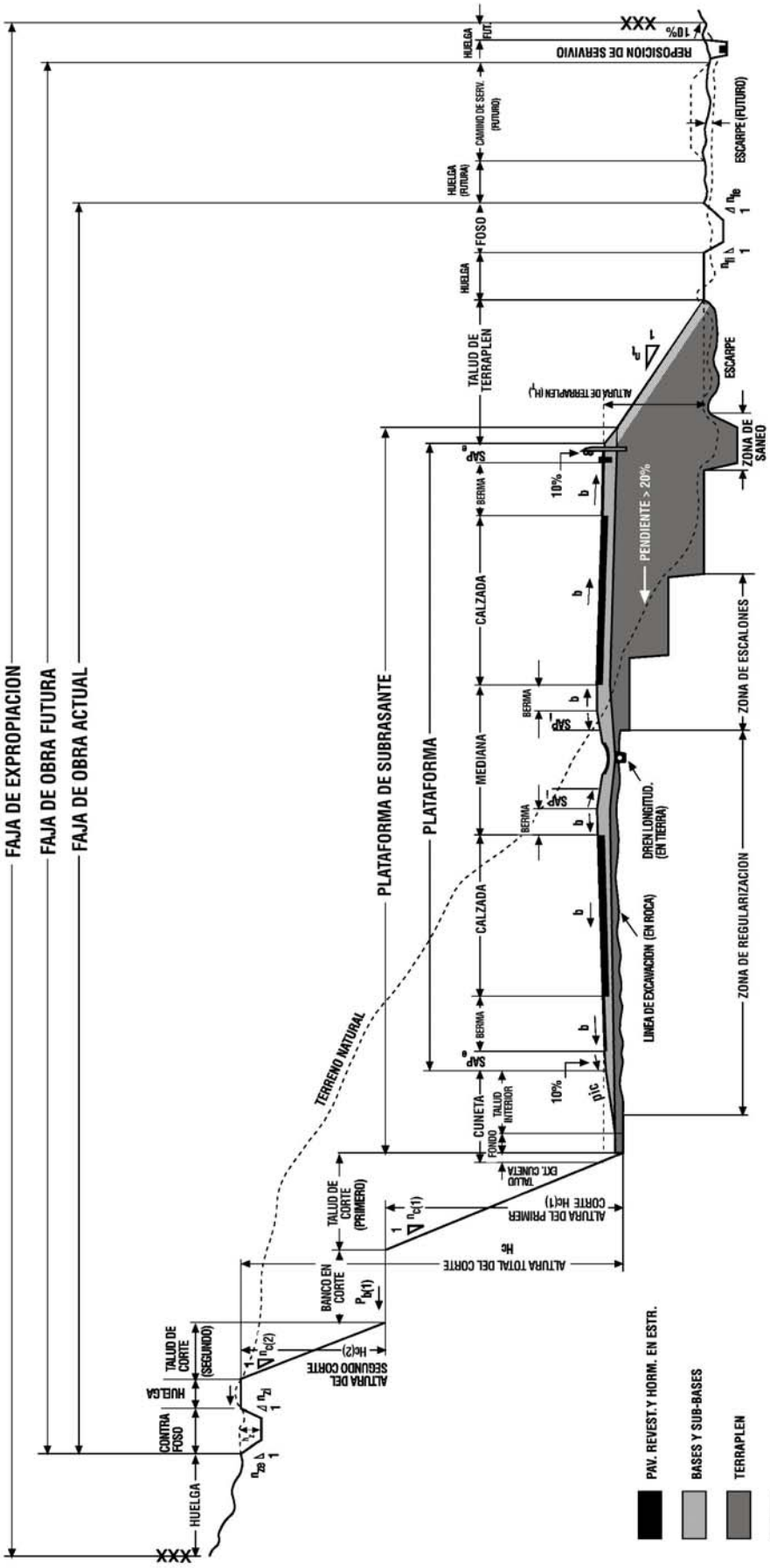
En la Lámina 3.301.1.A se presenta un perfil transversal mixto (corte y terraplén) correspondiente al caso de una vía con calzadas separadas en recta. En la Lámina 3.301.1.B se hace igual cosa para una ruta bidireccional de dos pistas, en curva. En ellas aparecen los elementos fundamentales que normalmente se dan en una carretera o camino; plataforma, cunetas, taludes, etc. La nomenclatura utilizada debe ser respetada por el proyectista. En la Tabla 3.301.1.A se presenta el resumen de los Anchos de Plataforma a Nivel de Rasante.

3.301.2 ALCANCES Y OBJETIVOS DEL PRESENTE CAPITULO

Se describen los distintos elementos de la sección transversal. Si es procedente, se normalizan sus dimensiones e inclinaciones en función de las variables de las cuales ellas dependen.

El diseño estructural de pavimentos, de los taludes y sus eventuales bancos, de cunetas, fosos y contrafosos, de obras de contención de tierras y de otras obras especiales, aunque determinantes de la sección transversal de una carretera, son objeto de otros capítulos y/o volúmenes, por lo que aquí sólo serán expuestos aquellos aspectos de su geometría que atañen en general a la coherencia del presente capítulo.

PERFIL TRANSVERSAL DESCRIPTIVO
CALZADAS SEPARADAS EN RECTA



PENDIENTE TRANSVERSAL DEL SAP EXTERIOR EN CURVAS Y SAP INTERIOR: VER TABLA 3.302.402 A

DETALLE DE CUNETAS - VER TOPICO 3.303.4

PERFIL TRANSVERSAL DESCRIPTIVO
CALZADA UNICA EN CURVA

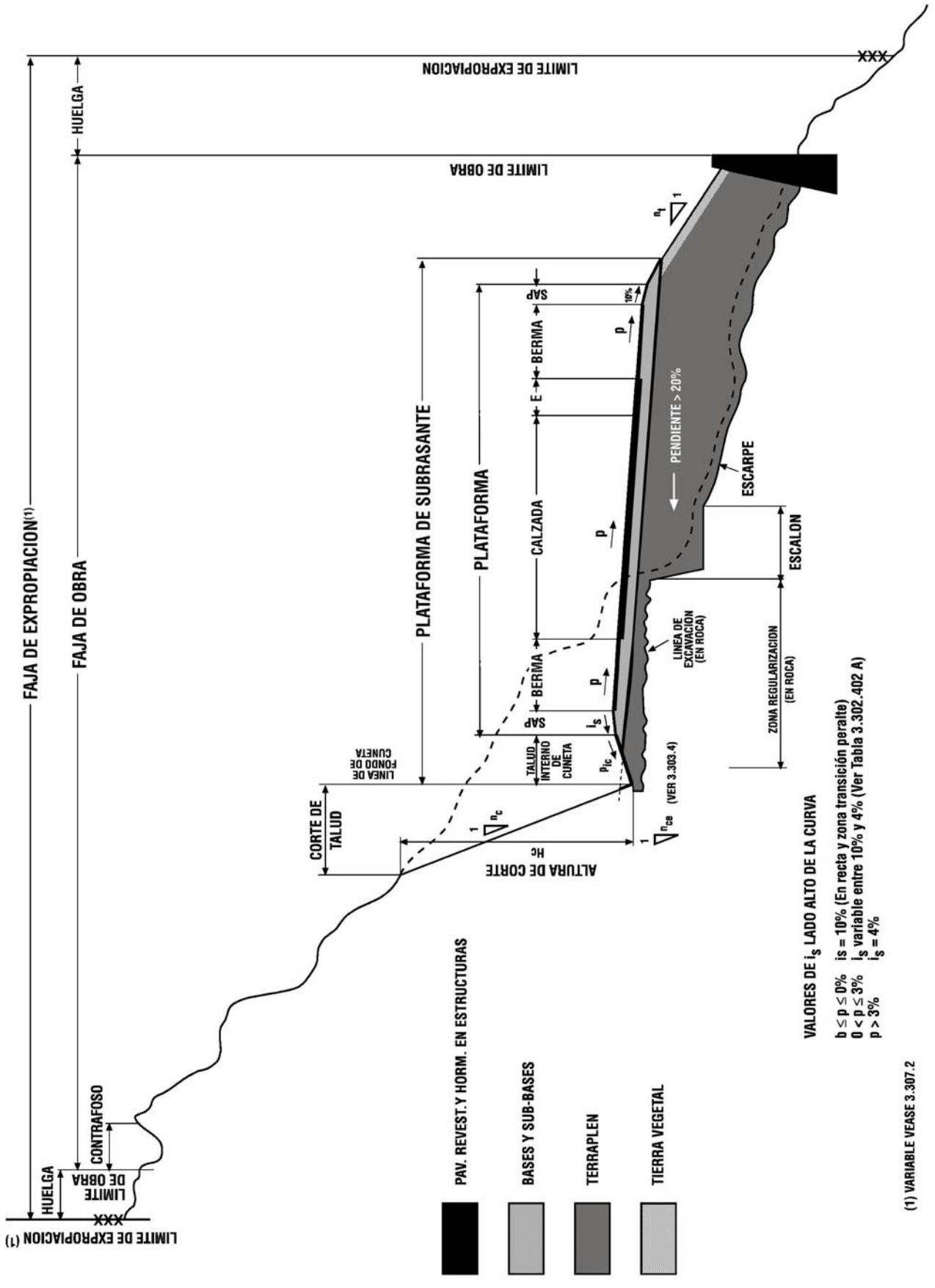


TABLA 3.301.1.A

CUADRO RESUMEN DE ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN Y DE SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA			VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO MEDIANA - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE[5] ATP = na + 2(be + Se) + M final		
					"bi" INTERIOR (m)	"be" EXTERIOR (m)	"Si" INTERIOR (m)	"Se" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA		120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	35	28	-
			100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
			80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-
	PRIMARIO Y AUTORRUTA		100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
			90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33	26	-
			80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8[4]	10,0	3,0	3,0[4]	29	22	-
	COLECTOR		80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0, 8	0,5 - 0,8[4]	10,0	3,0	3,0[4]	29	22	-
			70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8[4]	9,0	2,0	2,0[4]	27	20	-
			60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8[4]	9,0	2,0	2,0[4]	26	19	-
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO		100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	14,0
	COLECTOR		80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	12,0
			80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	11,0
			70	3,5	-	1,0 - 1,5[2]	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	10 - 11,0
	LOCAL		60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0[2]	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		DESARROLLO	50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0[2]	-	0,5	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
			40	3,0	-	0,0 - 0,5[2]	-	0,5	-	-	-	-	-	7,0 - 8,0
			30	2,0- 3,0	-	0,0 - 0,5[2]	-	0,5	-	-	-	-	-	5,0 - 6,0

(1) Pistas de menos de 3,5 m deberán ser autorizadas expresamente por la Dirección de Vialidad.

(2) El ancho de las Bermas de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.

(3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén; caso sin Barrera de Seguridad SAPe = 0,5 m; con Barrera SAPe = 0,8 m.

(4) Para Ancho Final de Mediana de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0,6 a 0,8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0,56 m ó 0,82 m) o New Jersey (0,61 m).

(5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0,5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior Si cuneta es revestida Se = 0,0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0,5 m. En Unidireccionales "bi" y "si" están comprendidos en el ancho de la Mediana.

SECCION 3.302 LA PLATAFORMA

3.302.1 DEFINICION DE LA PLATAFORMA

Se llama “plataforma” a la superficie visible de una vía formada por su(s), calzada(s), sus bermas, los sobreanchos de plataforma (SAP) y su mediana, en caso de existir esta última como parte de la sección transversal tipo.

El ancho de la plataforma será entonces la suma de los anchos de sus elementos constitutivos, cuyas características se definen en esta sección.

Casos especiales de plataforma son aquéllas de las carreteras unidireccionales con calzadas independientes y las correspondientes a caminos sin pavimentar. En el primer caso, la vía tendrá dos plataformas independientes. En el segundo, calzadas, bermas y sobreanchos configuran un todo único no diferenciable a simple vista.

La altimetría de la plataforma está dada por el perfil longitudinal de la rasante y por la inclinación transversal de sus elementos.

La plataforma puede contener algunos elementos auxiliares, tales como barreras de seguridad, soleras, iluminación o señalización.

En las Láminas 3.301.1.A y B se ilustró la plataforma. En la Tabla 3.301.1.A se presenta un resumen en el que se indican anchos totales de la Plataforma en Terraplén, según los elementos que la constituyen. Todo ello en función de la Categoría según la Clasificación Funcional y la Velocidad de Proyecto correspondiente. En Caminos Locales y de Desarrollo los anchos de pistas y bermas se seleccionarán considerando los volúmenes de demanda esperados y la dificultad topográfica del emplazamiento. El uso de los anchos mínimos deberá contar con la autorización expresa de la Dirección de Vialidad.

3.302.2 LA(S) CALZADA(S)

3.302.201 Aspectos Generales. Una calzada es una banda material y geométricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

La calzada está formada por dos o más pistas. Una pista será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos pistas, cada una de ellas podrá ser utilizada ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento en que éstos adelanten a otros más lentos.

Toda nueva carretera de 4 o más pistas, con calzadas unidireccionales en plataforma única, deberá contar con un espacio libre entre los bordes interiores de los pavimentos de cada calzada, denominado “Mediana”, la que normalmente tendrá un ancho constante según lo definido en el perfil tipo de la carretera.

Las carreteras con calzadas unidireccionales diseñadas en plataforma independientes, normalmente tendrán distancias variables entre sus ejes, de dimensiones tales, que el espacio intermedio ya no constituye una mediana con perfil tipo predefinido, pudiendo llegar a ser una superficie irregular de terreno natural.

Existen ciertos tipos de pistas especiales, con funciones específicas, que aumenta sólo localmente el ancho de una calzada. Estas son las pistas lentas y pistas rápidas 3.302.203(1), las pistas de trenzado 3.402.305(2) y las pistas de cambio de velocidad 3.404.307. Todas ellas son estrictamente unidireccionales.

Las calzadas pueden ser pavimentada o no. Si son pavimentadas, quedarán comprendidas entre las bermas. La demarcación de ejes y bordes que ayuda a definir las pistas y el ancho total de la calzada, se ejecutará en conformidad con las disposiciones vigentes de la Dirección de Vialidad, teniendo presente el Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 3 “Demarcaciones” del MINTRATEL.

Si no existe pavimento, calzada y bermas se confunden y prestan el mismo servicio; sin embargo, desde el punto de vista de la definición transversal, ellas quedarán limitadas por los sobreanchos de la plataforma, cuyas especificaciones técnicas serán distintas a las del resto de la plataforma.

3.302.202 Anchos de Calzada y Plataforma. En la Tabla 3.301.1.A se resumen los Anchos de Plataforma en Terraplén y de los elementos que la constituyen, dados en función de la Categoría de la vía y de la Velocidad de Proyecto que le corresponde.

Salvo en los casos de Caminos Locales y de Desarrollo con velocidades de proyecto menores o iguales que 60 km/h, en los que la Dirección de Vialidad podrá autorizar ancho de pistas de menos de 3,5 m, para todas las demás categorías y velocidades de proyecto el ancho mínimo de pistas será de 3,5 m.

Las Bermas, Sobreancho de Plataforma (SAP) y Medianas, que se definen más adelante, poseerán anchos definidos en función de la Categoría y Velocidad de Proyecto.

La selección de la Sección Transversal Tipo de una carretera o camino dentro de las definidas en la Tabla 3.301.1.A, dependerá de la función asignada al proyecto, del tipo de terreno en que ésta se emplaza y del estudio de tránsito que permite anticipar la evolución del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) y del Volumen Horario de Diseño (VHD) a lo largo del tiempo, y en particular al horizonte de diseño. Las características geométricas del trazado propuesto permitirán calcular la Capacidad de la vía y los Volúmenes y Niveles de Servicio, que contrastados con las predicciones del volumen de demanda a lo largo del tiempo, permitirán verificar si se cumple la función asignada al proyecto.

3.302.203 Modificaciones al Ancho de Calzada

3.302.203(1) Pistas Auxiliares Inducidas por el Tránsito Lento. Pendiente prolongadas y tramos largos cuyo trazado en planta no permite el adelantamiento producen disminuciones en la capacidad de una carretera. Ambos factores suelen combinarse para agravar tal situación.

Estas reducciones de capacidad dependen principalmente del porcentaje de camiones que circulan, de la distancia a lo largo de la cual la situación se mantiene y del valor de la pendiente en el primero de los casos citados. Ellas pueden ser solucionadas mediante la creación de Pistas Auxiliares para vehículos lentos o “Pistas Lentas”, en Caminos Bidireccionales, o “Pistas Rápidas” para Vehículos Livianos en Carreteras Unidireccionales.

Criterios relativos a la disponibilidad deseable de zonas de adelantamiento se dan en 3.202.302. En 3.204.303 se expuso el problema de las reducciones de la velocidad de operación por efecto de las pendientes, así como los valores críticos respecto de la longitud de las mismas, en función del valor de sus inclinaciones para distintas disminuciones de velocidad que experimentan los vehículos pesados.

Estos factores son elementos básicos para estimar la calidad del flujo en el tramo en cuestión, pero ellos, por sí solos, no determinan la necesidad de pistas auxiliares. Estas deben ser justificadas por un estudio de factibilidad técnico-económico, particular para cada situación.

Efectivamente, una pendiente prolongada, puede producir un descenso de velocidad importante, pero si las condiciones de operación de la vía no se ven perjudicadas más allá de lo tolerable, de acuerdo con las características y tipo de terreno en que ella se emplaza, o por que los volúmenes de tránsito son muy bajos, la pista auxiliar puede no justificase económicamente.

El ancho de una pista auxiliar que cumpla esta función dependerá de la velocidad de proyecto de la vía, según lo tabulado en 3.302.203(1).A.

TABLA 3.302.203(1).A
ANCHOS DE PISTAS AUXILIARES

	Vp (km/h)	**30 – 70**	**80 – 120**
Para Tránsito Lento	Ancho (m)	3,00	3,50
Para Tránsito Rápido	Ancho (m)	-	3,50

Las pistas para el Tránsito Lento en Caminos Bidireccionales se darán ensanchando la calzada por el lado derecho. Las pistas para el Tránsito Rápido en Carreteras Unidireccionales se darán ensanchando la calzada hacia el costado de la Mediana. La Dirección de Vialidad podrá autorizar en casos particulares, que en una carretera unidireccional se habiliten pistas por la derecha, es decir para el Tránsito Lento.

Las pistas auxiliares para Tránsito Lento en Calzadas Bidireccionales deberán, en lo posible, tener una longitud tal que permitan salir del sector en pendiente que produce un descenso de velocidad de los vehículos pesados, superior a los límites establecidos en la Tabla 3.204.303.A. Si por condiciones de costo ello no resulta factible, la existencia de dicha pista en tramos, con longitudes de al menos 500 m, brindará la posibilidad de adelantamiento a los vehículos que estaban siendo retenidos por los vehículos pesados.

Al término de las pistas de Tránsito Lento se deberá consultar una cuña de 100 m de largo mediante la cual se reincorporarán los vehículos pesados a la calzada propiamente tal, diseñada en conformidad con la Tabla 3.302.203(2).A. Por razones de seguridad se evitará hacer coincidir una zona de reincorporación de los vehículos pesados con una zona de prohibición de adelantamiento.

Las pistas auxiliares para Tránsito Rápido en Carreteras Unidireccionales, requerirán de una mediana de al menos 6,0 m de ancho, a fin de dar cabida a la pista auxiliar más una berma interior de 0,95 m para cada calzada y 0,6 m para instalar una Barrera Caminera Doble de Hormigón Tipo F, (Lámina 4.302.101 del Volumen N° 4). Si la Mediana es de menos de 6,0 m, se deberá proceder a ensancharla según se especifica en 3.302.503.

Al término de las pistas auxiliares de Tránsito Rápido se deberá consultar el espacio especificado en la Tabla 3.302.203(1).B, destinado a la cuña de reincorporación a la calzada más una longitud adicional de seguridad, a contar del extremo terminal de la cuña, la que al igual que ésta, se construirá sobre una faja pavimentada de 3,5 m de ancho. Hacia el exterior del borde de la cuña y en la zona de seguridad se dispondrá un cebreado con pintura reflectante. La Transición de Ancho de la cuña, demarcada con pintura reflectante, se ejecutará según la ley de variación señalada en 3.302.203(2).A.

TABLA 3.302.203(1).B
CUÑAS DE REINCORPORACION Y ZONA DE SEGURIDAD
EN PISTAS PARA TRANSITO RAPIDO-AMBAS DE 3,5 m DE ANCHO TOTAL

Vp (km/h)	**Long. Cuña (m)**	**Zona de Seguridad (m)**	**Long. Total (m)**
80	120	80	200
100	145	105	250
120	170	130	300

Las Pistas Lentas deberán contar con señalización Vertical al inicio y término por el lado derecho de la calzada, de acuerdo al Manual de Señalización de Tránsito del MINTRATEL y/o a las disposiciones correspondientes de la Dirección de Vialidad.

Las Pistas Rápidas se señalizarán por el costado de la Mediana mediante señalización vertical al inicio y término, reforzándose al inicio de la cuña de reincorporación mediante señalización horizontal.

El incremento de ancho de calzada que tales vías significará, debe producirse a lo largo de 60 metros si Vp $\leq$ 70 km/h y de 80 m si Vp $\geq$ 80 km/h, en ambos casos empleando la Tabla 3.302.203(2).A, válida para aumentar el número de pistas normales de circulación.

3.302.203(2) Aumento y Disminución del Número de Pistas Normales. Cuando una carretera presenta volúmenes muy irregulares según las características de la zona que atiende, puede ser necesario cambiar su sección transversal para ajustar el servicio a esa realidad.

Los aumentos del número de pistas, y por consiguiente del ancho de la o las calzadas, se efectuarán en 60 m si Vp $\leq$ 70 km/h y en 80 m si Vp $\geq$ 80 km/h, de acuerdo a la ley que se tabula en 3.302.203(2).A.

Las disminuciones del número de pistas y por consiguiente del ancho de la(s) calzada(s) se efectuarán en 150 m si Vp $\leq$ 70 km y en 200 m si Vp $\geq$ 80 km/h, empleando para ello la Tabla 3.302.203(2).A.

Estas pistas cumplen otra función que la de las pistas lentas, por lo que sus anchos deben ser idénticos a las del resto de la calzada, a diferencia del caso abordado en el Numeral anterior.

TABLA 3.302.203(2).A
TRANSICION DE ANCHO AL MODIFICAR EL NUMERO DE PISTAS*

l_n/L_T	e_n/E_T	l_n/L_T	e_n/E_T
0,05	0,0029	0,55	0,5923
0,10	0,0127	0,60	0,6810
0,15	0,0321	0,65	0,7630
0,20	0,0629	0,70	0,8344
0,25	0,1073	0,75	0,8927
0,30	0,1656	0,80	0,9371
0,35	0,2370	0,85	0,9679
0,40	0,3190	0,90	0,9873
0,45	0,4077	0,95	0,9971
0,50	0,5000	1,00	1,0000
....	...	....	...

* Válido en Recta y/o Curva Circular.

Donde:

l_n = abscisa de un punto intermedio entre el origen y el final de la transición de ancho, medida a partir del primero.

L_T = longitud total de la transición

e_n = sobreancho en el punto intermedio, distante ln mts del origen.

E_T = Ancho de la pista adicional (3,00; ó 3,50 mts).

La Tabla da factores e_n/E_T, para razones l_n/L_T que representan incrementos de ln de 3 y 4 metros, según si L_T es 60 u 80m respectivamente. Multiplicando estos factores por E_T se obtiene el sobreancho en los puntos deseados.

Si la variación del ancho ocurre en un tramo cuyo eje está definido por una clotoide, éste se consigue en las mismas distancias, pero en forma lineal.

Si la variación del ancho ocurre parcialmente en una alineación recta o circular y el resto en otra definida clotoidalmente, el aumento o disminución total se reparte en una y otra, proporcionalmente a las longitudes de cada una, aplicándose a cada tramo las leyes de variación que correspondan.

Ejemplo: Sea una pista adicional de 3,5 m de ancho que empieza a aparecer en un tramo de clotoide, 23 m antes de iniciarse una recta o una curva circular. Supóngase L_T= 60 m. En este caso, 23/60 del sobreancho total (23/60 x 3,5 = 1,34 m) se darán en los 23 metros de clotoide y el resto (3,5 – 1,34 = 2,16 m) se darán en los primeros metros de la alineación recta o circular (60 – 23 = 37 m) Los 1,34 primeros metros se obtendrán linealmente y para los 2,16 m restantes se usará la Tabla 3.302.203(2).A, eligiendo incrementos que no supongan un número de puntos excesivos (por ejemplo: l_n/L_T=0,2; 0,4; 0,6 y 0,8).

Si se tratase de una reducción del ancho, los valores que van resultando se restan al ancho inicial.

Si el cambio se iniciara en una recta o círculo y concluyera en un punto definido clotoidalmente, el proceso sería prácticamente idéntico, iniciándose la transición según la Tabla y concluyéndose linealmente.

3.302.203(3) Sobreanchos de Calzadas en Curvas. La calzada puede requerir un sobreancho en algún punto de la carretera, debido a la existencia de curvas circulares en planta con radios reducidos.

Los valores de estos sobreanchos, las distancias necesarias para materializarlos y las formas de hacerlo se presentaron en 3.203.306 y 3.203.406 para los casos de alineación recta con curva circular y curva de enlace/curva circular, respectivamente.

3.302.203(4)Representación de Cambios de Ancho en el Proyecto. Las singularidades que implica la aparición de un ensanche o pista auxiliar deberán quedar claramente destacadas en los perfiles transversales, así como en la planta del proyecto, a fin de que se considere su influencia sobre las cubicaciones y aspectos constructivos.

3.302.204 Bombeos. En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contraperalte según los límites fijados en 3.203.303(3), 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 la Intensidad de la Lluvia de 1 Hora de Duración con Período de Retorno de 10 Años (I^1_{10}) mm/h, propia del área en que se emplaza el trazado.

La Tabla 3.302.204.A 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 3.302.204.A
BOMBEOS DE LA CALZADA

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	$(I^1_{10}) \leq 15$ mm/h (1)	$(I^1_{10}) > 15$ mm/h (1)
Pav. de Hormigón o Asfalto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	3,0 (2)	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3,0 – 3,5 (2)	3,5 – 4,0

(1) Ver Tabla 3.702.402.A o determinar mediante estudio hidrológico
(2) En climas definidamente desérticos (Costa y Pampa de las Regiones I y II), se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2,5%,

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 Lámina 3.302.204.B.

3.302.204(1*) Bombeo en Calzadas Bidireccionales.* Se puede dar de dos maneras. La primera es aquélla que contempla el punto alto en el centro de la calzada, y una sección transversal con vertiente a dos aguas, con la pendiente de la Tabla 3.302.204.A. Véase Fig. 1 de la Lámina citada.

Esta sección es la más conveniente desde el punto de vista del drenaje, pues minimiza las cantidades de agua que llegan a cada uno de los bordes de la calzada.

Sin embargo, la tendencia actual en el diseño de equipos de pavimentación hace cada vez más frecuente el uso de bombeos a una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Además, si el proyecto consulta en el mediano plazo la construcción de la segunda calzada, transformándose así en una calzada unidireccional, se deberá preferir la solución 2, tal como se ilustra en la figura 3.

Por otra parte, esta manera de resolver las pendientes transversales mínimas puede ser particularmente útil en el caso de tramos rectos de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido, en el que resulta engorroso ejecutar el doble cambio desde el peralte hasta el bombeo a dos aguas y viceversa. (Véase Fig. 2 de Lámina 3.302.204.A).

3.302.204(2*) Bombeo en Calzadas Unidireccionales.* La figura 4 de la Lámina 3.302.204.A ilustra la situación normal de los bombeos cuando el eje de giro del peralte se localiza en los bordes interiores de los pavimentos.

La figura 5 corresponde al caso de plataforma independiente en que el eje de giro de los peraltes podrá localizarse en el centro de la calzada o bien en los bordes interiores de los pavimentos como se ilustra en la figura 4, alternativa que deberá preferirse para calzadas independientes de corta longitud, lo que facilita el empalme al retornar a la calzada con mediana.

3.302.3 LAS BERMAS

3.302.301 Aspectos Generales. Las bermas son las franjas que flanquean el pavimento de la (s) calzadas(s). Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

En Pavimentos de Hormigón que consulten ensanches hacia la berma como parte del Diseño Estructural (Ver 3.602.209), la berma podrá contar con un sector en hormigón y el saldo para completar su ancho, se dará con una capa asfáltica de 0,05 m de espesor mínimo, apoyada sobre una base granular de CBR 80%, cuyo espesor será el existente entre la subbase y la cara inferior de la capa. Si el pavimento de hormigón no consulta un sobreancho estructural, la berma se construirá según se indica para los Pavimentos Asfálticos.

En Pavimentos Asfálticos multicapas, la berma constituirá una prolongación de la capa de rodadura del pavimento, la que deberá tener un espesor mínimo de 0,05 m el que se mantendrá en la berma.

En los Tratamientos Superficiales la berma se revestirá prolongando el tratamiento de la calzada hacia la berma.

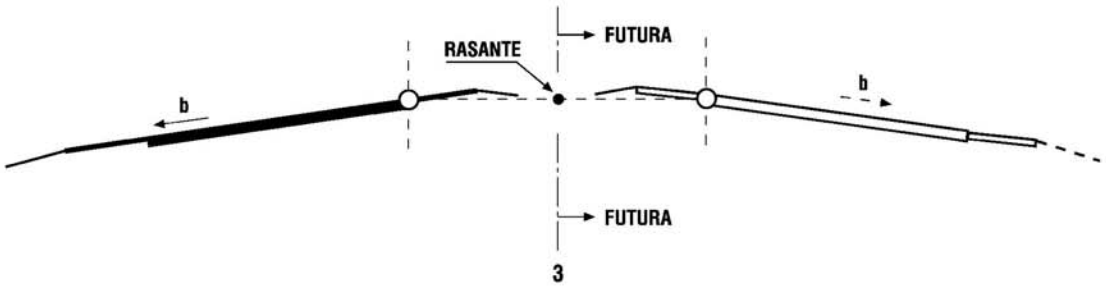
Si la carretera tiene una sola calzada, las bermas deben tener anchos iguales. En caso de tratarse de una carretera unidireccional con calzadas separadas, existirán bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior.

Las bermas cumplen cuatro funciones básicas: proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permiten detenciones ocasionales; aseguran una luz libre lateral que actúa sicológicamente sobre los conductores, aumentando de este modo la capacidad de la vía, y ofrecen espacio adicional para maniobras de emergencia, aumentado la seguridad.

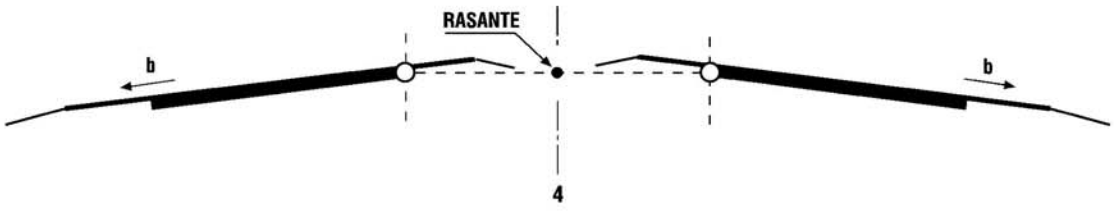
Para que estas funciones se cumplan en la práctica, las bermas deben ser de un ancho constante, estar libres de obstáculos y deben estar compactadas homogéneamente en toda su sección. Para lograr dichos objetivos se consultan los sobreanchos de la plataforma “SAP”, que confinan la estructura de las bermas y en los que se instalarán las barreras de seguridad y la señalización vertical.

CALZADAS BIDIRECCIONALES

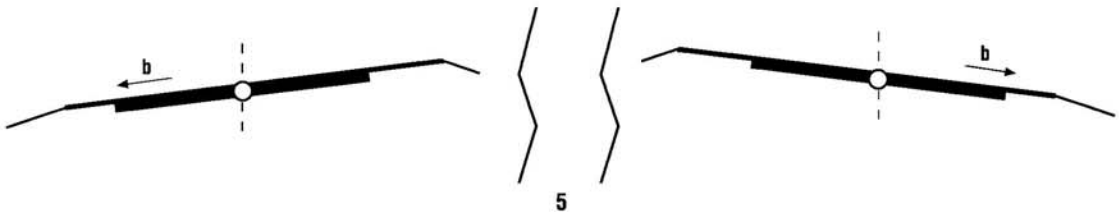
CALZADA BIDIRECCIONAL PREVISTA PARA UNIDIRECCIONALIDAD



CALZADAS UNIDIRECCIONALES



CALZADAS INDEPENDIENTES EN PLANTA Y ALZADO



○ EJE DE GIRO DEL PERALTE

3.302.302 Anchos de Bermas. El ancho normal en Caminos Locales con Vp=40 km/h es de 0,5 m, el que en conjunto con el SAP proveen una plataforma de 8,0 m. En Caminos de Desarrollo que normalmente no poseerán pavimento superior, se podrá prescindir de las bermas, existiendo sólo el SAP como complemento para asegurar la estabilidad y adecuada compactación de la calzada.

A medida que la velocidad y los volúmenes de diseño crecen, también deberán hacerlo las bermas exteriores, hasta contemplar un ancho máximo de 2,5 m, que permite la detención en caso de emergencia de los vehículos sin afectar el tránsito de paso.

Cuando existan pistas auxiliares para tránsito lento, o de cambio de velocidad, la berma derecha puede reducirse a 1,5 m si el TMDA > 750 y a 1,0 m para TMDA < 750. En ambos casos se mantendrá inalterado el SAP especificado para la Categoría y Vp de la ruta.

Los anchos normales de las Bermas se dan en la Tabla 3.301.1.A, asociados a la Categoría de la ruta y Vp correspondiente, pudiendo usarse el valor inferior del rango para tránsitos muy moderados en terreno de topografía restrictiva, decisión que deberá adoptarse previa autorización de la Dirección de Vialidad.

3.302.303 Pendiente Transversal de las Bermas. En Caminos y Carreteras con calzada pavimentada, ya sea con Hormigón, Asfalto o Tratamiento Superficial, las bermas tendrán la misma pendiente transversal que la calzada, ya sea que ésta se desarrolle en recta o en curva. Para tramos en recta la pendiente transversal o bombeo corresponde a la indicada en la Tabla 3.302.204.A.

En Caminos sin pavimento, de las Categorías Locales y de Desarrollo, a los que se asocian bermas de un ancho máximo de 1,5 m y menores, en la práctica, no se distingue la zona correspondiente a la calzada de las bermas, consecuentemente, en ellas se mantendrá la pendiente transversal de la calzada, con los mínimos indicados en la Tabla 3.302.204.A para tramos en recta.

3.302.4 SOBREANCHOS DE LA PLATAFORMA (SAP)

3.302.401 Anchos del SAP. La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,5 m que permita confinar las capas de subbase y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado. Consecuentemente, en los 0,5 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida por el resto de la plataforma por falta de confinamiento y riesgo por perdida de estabilidad del equipo de compactación autopropulsado. Toda vez que el SAP tenga un ancho mayor que 0,5 m, el ancho adicional adyacente a la berma deberá compactarse según las mismas exigencias especificadas para las bermas.

En plataformas en corte, si la cuneta es revestida, se podrá prescindir del SAP como parte de la sección transversal, no obstante ello, al extender las capas de subbase y base se colocará inicialmente un sobreancho de 0,5 m para poder compactar adecuadamente el borde exterior de las bermas, material que se retira posteriormente para conformar la cuneta. Si la cuneta no lleva revestimiento la sección transversal debe considerar un SAP de 0,5 m, para separar las capas estructurales de las aguas que escurren por la cuneta.

Si la plataforma en terraplén consulta la instalación de barreras de seguridad, salvo que se trate de Caminos Locales o de Desarrollo con Vp $\leq$ 50 km/h, el ancho mínimo del SAP será de 0,8 m, con el objeto de anclar el poste a 0,2 m del extremo exterior del SAP y no invadir la berma con la barrera.

En Carreteras con VP $\geq$90 km/h el SAP será mayor que el mínimo para aumentar el espacio disponible para la señalización vertical, ya que el tamaño de las señales aumenta con la velocidad de proyecto. (Ver anchos del SAP en Tabla 3.301.1.A).

3.302.402 Pendiente Transversal del SAP. La Tabla 3.302.402.A establece la pendiente transversal del SAP(is%), según las distintas situaciones posibles, tanto para calzadas bidireccionales como para las unidireccionales, y en estas últimas, distinguiendo entre SAP exterior e interior .

TABLA 3.302.402.A
PENDIENTE TRANSVERSAL DEL SAP (is)

SITUACION	PENDIENTE TRANSVERSAL DEL SAP
EN RECTA	is SIEMPRE = - 10%
ZONA TRANSICION PERALTE	para $b \leq p \leq 0,0$; is = -10%
EXTREMO ALTO DE LA PLATAFORMA	Para $0,0 < p \leq 3\%$; is = - (10 – 2p)% para p > 3% ; is = - 4%
EXTREMO BAJO DE LA PLATAFORMA	para todo p ; is = - 10%
El is del SAP interior de las calzadas unidireccionales será de – 8%, salvo para p > - 4% en que is = - 4%.	

3.302.5 LA MEDIANA

3.302.501 Aspectos Generales. La mediana entendida como el espacio libre existente entre los bordes interiores de los pavimentos de dos calzadas unidireccionales, se deberá consultar siempre en los Proyectos en Trazados Nuevos y en aquellos de Cambio de Estándar, aún cuando el ancho de ella puede variar según la Categoría, Velocidad de Proyecto y ampliación futura del número de pistas por calzada, según se especifica en la Tabla 3.302.502.A.

La mediana debe consultarse en primer lugar por razones de seguridad, al permitir, ya sea por su ancho o por los dispositivos que en ella se instalen, controlar la invasión premeditada o accidental de las pistas de la calzada de tránsito en sentido contrario. Si cuenta con el ancho suficiente, al menos 9 m, y el clima de la zona lo permite, la plantación de especies arbustivas ayuda a controlar el encandilamiento. Finalmente en caminos sin control de acceso en que se permitan las intersecciones y giros a la izquierda, brindará los espacios indispensables para crear pistas centrales para giros a la izquierda, debiendo en esas zonas tener un ancho mínimo absoluto de 4,5 m. (Giro a la izquierda sin giro en U). En este último caso, cualquiera sea el ancho de la mediana, no se deben plantar arbustos que pueden obstaculizar la visibilidad en la zona del cruce. El diseño de una mediana entre calzadas no asegura la imposibilidad de maniobras de invasión de la opuesta, ni de accidentes por esa razón.

Lo anterior justifica en algunos casos emplear, dentro de las medianas, una serie de elementos que contribuyen, parcial o definitivamente, a superar los problemas mencionados.

En trazados urbanos o suburbanos, las islas elevadas, ejecutadas mediante soleras, cuyas características figuran en el Volumen N° 4, Planos de Obras Tipo, evitan hasta cierto punto las invasiones indeseadas, permitiendo regular los giros y los cruces vehiculares. También constituyen un refugio para los peatones. Se deberán estudiar detalladamente los problemas de drenaje que se producen en las zonas peraltadas. En estos casos se debe tener en cuenta que la isla no debe tener una inclinación transversal que supere un máximo absoluto de 8% (preferiblemente 6%), ya que ello hará disminuir su eficacia como refugio y producirá un efecto desagradable a la vista. También se debe considerar una separación mínima de 0,60 m desde la solera hasta el borde interior de la calzada.

En trazados rurales las barreras de seguridad solucionan en un alto porcentaje el problema de las colisiones frontales. La solución técnica a considerar depende en buena medida de los anchos de Mediana que se especifican en la Tabla 3.302.502.A, y deberá estudiarse tempranamente en el desarrollo del diseño, participando los especialistas en diseño geométrico, drenaje y saneamiento y seguridad vial. En los Estudios Definitivos el proyecto de Seguridad Vial debe especificar en detalle el tipo de barreras a emplear, su localización, distancia de los postes de sustentación de las barreras metálicas, etc.

Básicamente se pueden distinguir las siguientes situaciones generales según sea el ancho de la Mediana:

- En Medianas con un ancho mayor o igual que 9 m se podrá prescindir de barrera de seguridad en las alineaciones rectas y curvas amplias. La necesidad de barreras en zona de curvas deberá evaluarse considerando los criterios de "Zona Despejada". La pendiente transversal entre los bordes interiores del SAP y el centro de la mediana deberá ser del orden de 1:5 ó 1:6 (V:H), de modo que se trate de un talud "recuperable" para aquellos usuarios que accidentalmente ingresen a la mediana, pero al mismo tiempo, creen un desnivel que desincentive las maniobras de cruce entre una y otra calzada. El ideal en estos casos es complementar el efecto barrera con arbustos, si el clima permite su arraigo sin riego artificial, los que de todos modos requerirán mantención en cuanto a poda, limpieza, etc.. Estas medianas amplias requerirán de saneamiento, el que se puede materializar mediante sumideros (Ver Volumen N° 4) en el punto bajo central (sobre alcantarillas existentes o conectados a colectores de aguas lluvia).

- En Medianas con anchos de 4, 5 y 6 m, será el estudio de la geometría del camino (posibles obstrucciones a la Visibilidad de Parada en las curvas, por efecto de Barreras muy próximas a la calzada; rasante de los bordes interiores de los pavimentos, etc) y del saneamiento de la mediana para evitar la entrega de aguas lluvia a la calzada, los que determinen el tipo de Barrera a emplear y su localización en la sección transversal de la mediana.

- En Medianas con anchos de 2 m, es decir aquellas que se asocian a Velocidad de Proyecto de 60 y 70 km/h, así como aquellas de 3 m con Vp de hasta 80 km/h, la Barrera estará constituida por un dispositivo del tipo rígido cuyo ancho total deberá permitir que las Bermas interiores de la ruta tengan un ancho libre mínimo de 0,60 m y 1,0 m respectivamente. En estos casos el saneamiento del agua caída en las bermas interiores se hará por la calzada misma en las rectas, debiendo resolverse las situaciones que se darán en las curvas en aquella calzada que entrega las aguas hacia la Barrera, la que deberá captarse mediante sumideros con su respectiva reja protectora, quedando prohibido entregar las aguas de la calzada alta a la baja. En las medianas angostas con Barrera Rígida de Hormigón, que requieren una zona de apoyo horizontal, prácticamente al mismo nivel que el de los extremos de las bermas interiores, se aceptará que la berma de la calzada baja tenga una pendiente transversal mínima de 2% hacia el exterior y que la de la calzada alta sea horizontal, pues allí el agua de todos modos escurrirá hacia la barrera.

La verificación de la Visibilidad de Parada en las pistas adyacentes a la Mediana, en Carreteras Unidireccionales con Control Total de Acceso para vehículos, peatones y animales, se hará considerando lo expuesto en 3.202.402.

3.302.502 Ancho de las Medianas según Categorías de la Ruta. El ancho mínimo deseable de las medianas en Carreteras con Vp $\geq$ 100 km/h será de 6,0 m. En consecuencia si una carretera se construye inicialmente de 4 pistas pero con previsión para poder construir a futuro una pista adicional por calzada, la mediana deberá proyectarse inicialmente de 13,0 m de ancho.

Para Carreteras y Caminos con Vp menores que 100 km/h se especifican medianas de ancho decreciente, en especial cuando la Vp se asocia a trazados montañosos (80 km/h) en Autopistas, Autorrutas y Primarios y para 60 y 70 km/h en Colectores. La Tabla 3.302.502.A, resume los anchos de Mediana considerados.

TABLA 3.302.502.A
ANCHOS DE MEDIANA(m)

Categoría	Vp (Km/h)	Inicial 4 Pistas Ampliable a 6	Final 6 Pistas	Final = Inicial 4 pistas
Autopista	120	13,0	6,0	6,0
	100	13,0	6,0	6,0
	80	11,0	4,0	4,0
Autorruta Y Primarios	100	13,0	6,0	6,0
	90	12,0	5,0	5,0
	80	10,0	3,0	3,0
Colectores	80	10,0	3,0	3,0
	70	9,0	2,0	2,0
	60	9,0	2,0	2,0

3.302.503 Modificación del Ancho de la Mediana. Para crear una Mediana en un Camino Bidireccional o en un Camino Unidireccional que en el tramo precedente no la tenía, o para ensanchar una mediana de menos de 6,0 m en la zona en que se diseñará una Pista para Tránsito Rápido (3.302.203(1)), o bien, para ensanchar una Mediana de menos de 4,5 m y diseñar una pista central de giro a la izquierda en una intersección, se deberán respetar los siguientes criterios, considerando que en todos estos casos se modifica la alineación de la(s) calzada(s):

a) Se emplearán curvas circulares simétricas (curva y contracurva), de radios que acepten contraperalte según se especifica en la Tabla 3.203.303(3).A.
b) La longitud de la transición (desarrollo de la curva más la contracurva) estará determinada por la magnitud del ensanche o disminución requerida en la mediana "Em" y por el Radio empleado para la curva según lo especificado en a).

A partir de esos datos se determina el ángulo del centro de las curvas circulares "Ω" que es también la deflexión de la tangente que pasa por el punto de inflexión de ambas curvas, respecto de la alineación de la carretera; mediante la expresión:

$$\Omega = 2 \text{ arc sen } \sqrt{\frac{Em}{4R}}$$

con lo cual el desarrollo total a lo largo de las curvas y la longitud de su proyección recta quedan dadas por:

Dt = 2 R Ω/ 63,662 y Lt = 2T (1 + cos Ω) ; con

$$T = R\text{tg}\left(\frac{\Omega}{2}\right)$$

Por ejemplo, para ensanchar una Mediana de 4 a 6 m (Em = 2,0 m), en una carretera con b = 2%; para distintos Vp, se tiene:

Vp Km/h	Rmín (m)	Ω (g)	Dt (m)	T (m)	Lt mínimo (m)	Lt deseable ~ 1,2 Lt mínimo
80	1100	2,7147	93,81	23,457	93,78	110
100	1900	2,0655	123,29	30,825	123,27	150
120	3500	1,5218	167,33	41,835	167,31	200

Nótese que Dt es muy parecido a Lt mínimo por tratarse de deflexiones pequeñas y radios amplios.

En cada caso se deberá calcular el Lt mínimo resultante para el Rmín en contraperalte, según sea el Em requerido.

Toda vez que no existan limitaciones insalvables, se aumentará el Rmínimo de modo de lograr un Lt deseable del orden de 1,20 Lt mínimo.

Para valores de Em de hasta 3 m, por lo general el ensanche se dará desplazando una de las calzadas. Para ensanches mayores conviene desplazar ambas calzadas en Em/2 para evitar transiciones excesivamente largas. En cualquier caso siempre se deberán ponderar las condiciones topográficas del emplazamiento y la percepción óptica que de él tendrán los usuarios, en especial si los tramos anterior y/o posterior están elevados respecto de la rasante de la zona de transición, por lo cual se tendrá una vista panorámica del sector.

En general los ensanches de mediana para crear Pistas Rápidas se darán en la calzada contraria a la que requiere de dicha pista, con ello se evita que el usuario de la pista rápida deba desplazarse a la derecha por la creación del ensanche en la mediana para luego desplazarse a la izquierda para ingresar a la pista así creada.

Finalmente, cabe destacar que si bien en este caso los cálculos se hacen en base a dos curvas circulares contrapuestas, el replanteo y/o la demarcación de los bordes también podrá hacerse por ordenadas, empleando la Tabla 3.302.203(2).A, ya que por tratarse de curvas amplias las ordenadas correspondientes a ambas curvas difieren sólo algunos centímetros, presentando el curvoide una curvatura algo mayor que la de la curva circular en el entorno de L/4 y una curvatura mucho menor (mayor radio) en la zona de inflexión de las curvas contrapuestas (L/2) que en definitiva es la zona crítica.

3.302.6 PISTAS AUXILIARES COMPLEMENTARIAS

3.302.601 Paraderos de Buses

3.302.601(1) Tipos. De acuerdo con el tipo de Camino o Carretera, la intensidad del tránsito y la frecuencia de uso del paradero, éste podrá proyectarse en la berma o deberá situarse fuera de ella. Normalmente, toda vez que la velocidad de proyecto de la carretera supere los 70 km/h, el paradero deberá construirse fuera de la berma.

3.302.601(2) Localización. Los paraderos deben localizarse en zonas que aseguren una visibilidad de parada igual o mayor a 1,5 veces la correspondiente a la velocidad de proyecto de la carretera. Esto deberá cumplirse tanto para el acceso como para la salida del paradero.

En zonas de intersección el paradero no deberá obstaculizar el triángulo de visibilidad requerido desde cualquiera de las vías que concurren a la intersección. Si ello no es posible de lograr, la vía secundaria deberá regularse con un signo PARE.

Debe evitarse su localización en curvas porque producen un efecto óptico perjudicial para el resto de los usuarios del camino, especialmente cuando quedan en el lado exterior de la curva, y si están en el lado interior de la curva obstruyen la visibilidad.

No se aceptarán paraderos enfrentados cuando se trate de vías bidireccionales. La distancia mínima a que pueden quedar es de 100 m, entre los puntos terminales, y siempre el del lado izquierdo antes que el del lado derecho, considerando la dirección del avance del tránsito. (Ver Lámina 3.302.601(3).A, figura a).

Los paraderos no deben ubicarse en tramos con pendientes mayores que 4%, salvo casos especiales que requerirán la aprobación de la Dirección de Vialidad.

3.302.601(3) Paraderos de Buses en la Berma. En Caminos Locales y de Desarrollo el paradero podrá diseñarse sobre la berma, para lo cual se adoptará la disposición y dimensiones que se indican en la Lámina 3.302.601(3).A.

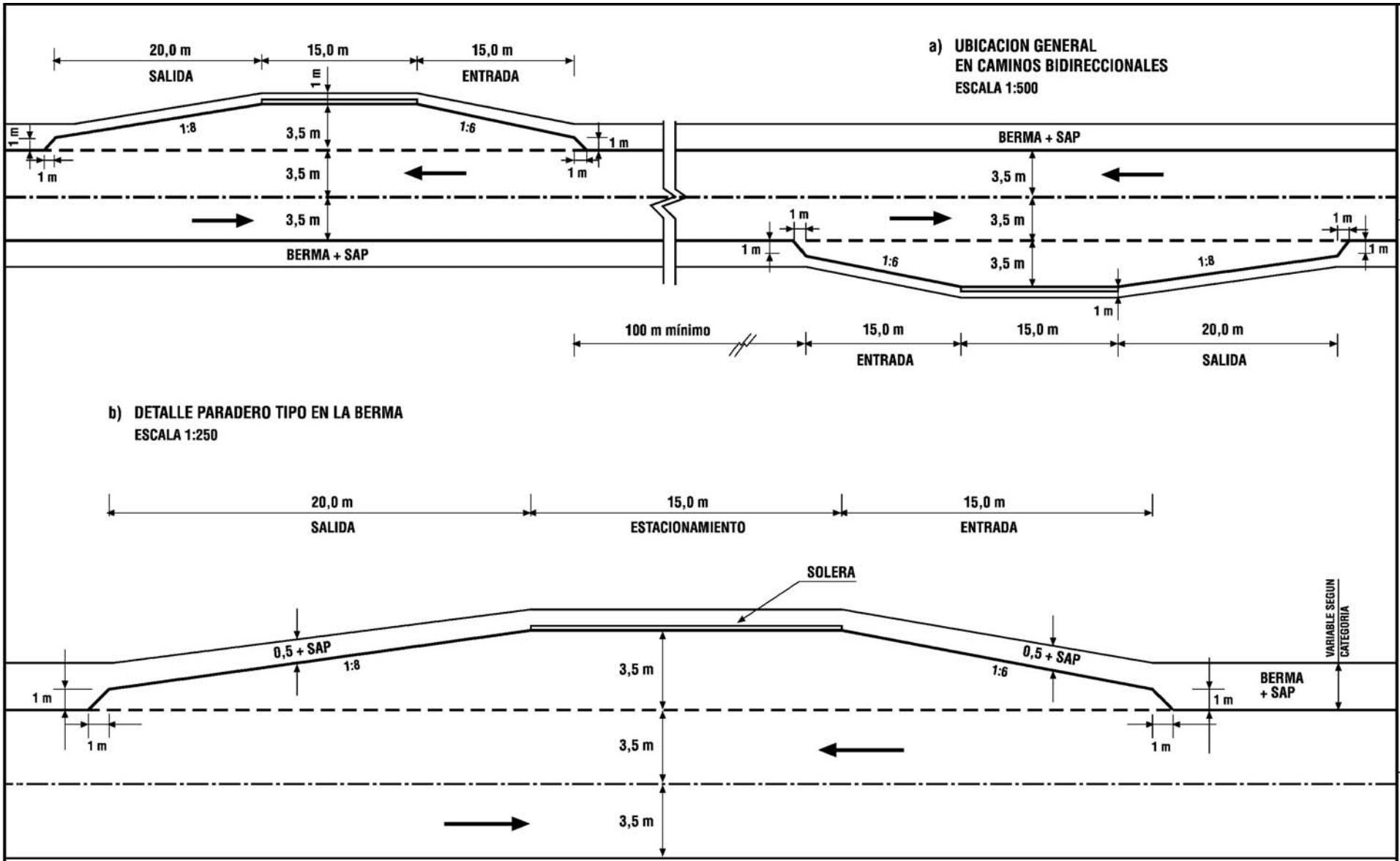
3.302.601(4) Paradero de Buses Fuera de la Berma. En Caminos Colectores y Carreteras Primarias Bidireccionales los paraderos se deberán diseñar respetando la disposición y dimensiones que se indican en la Lámina 3.302.601(4).A. Si el Camino Colector o la Carretera Primaria poseen calzadas unidireccionales, el Paradero deberá diseñarse en conformidad con lo que se indica en la Lámina 3.302.601(4).B.

3.302.601(5) Paraderos de Buses en Intersecciones Canalizadas. Cuando el paradero se requiera en una intersección canalizada, el punto de parada deberá localizarse después del cruce, según el sentido de avance del tránsito, iniciando la pista de entrada 10 m más adelante del punto de tangencia de la curva de salida del ramal. Ver figura a) de la Lámina 3.302.601(4).B. Si se trata de un camino con calzada única bidireccional, se empleará el dispositivo de la Figura a) pero modificando la cuña de salida según se define en la Lámina 3.302.601(4).A.

3.302.601(6) Longitud del Paradero de Buses Propiamente Tal. Considerando que la longitud máxima legal de los Buses es de 13,2 y 14,0 m, se consultan paraderos con un largo útil de 15 m. Si la frecuencia de parada de Buses pudiese llegar a ser de dos en forma simultánea, el largo del sector de estacionamiento se llevará a 27 m o 29 m según el Tipo de Bus.

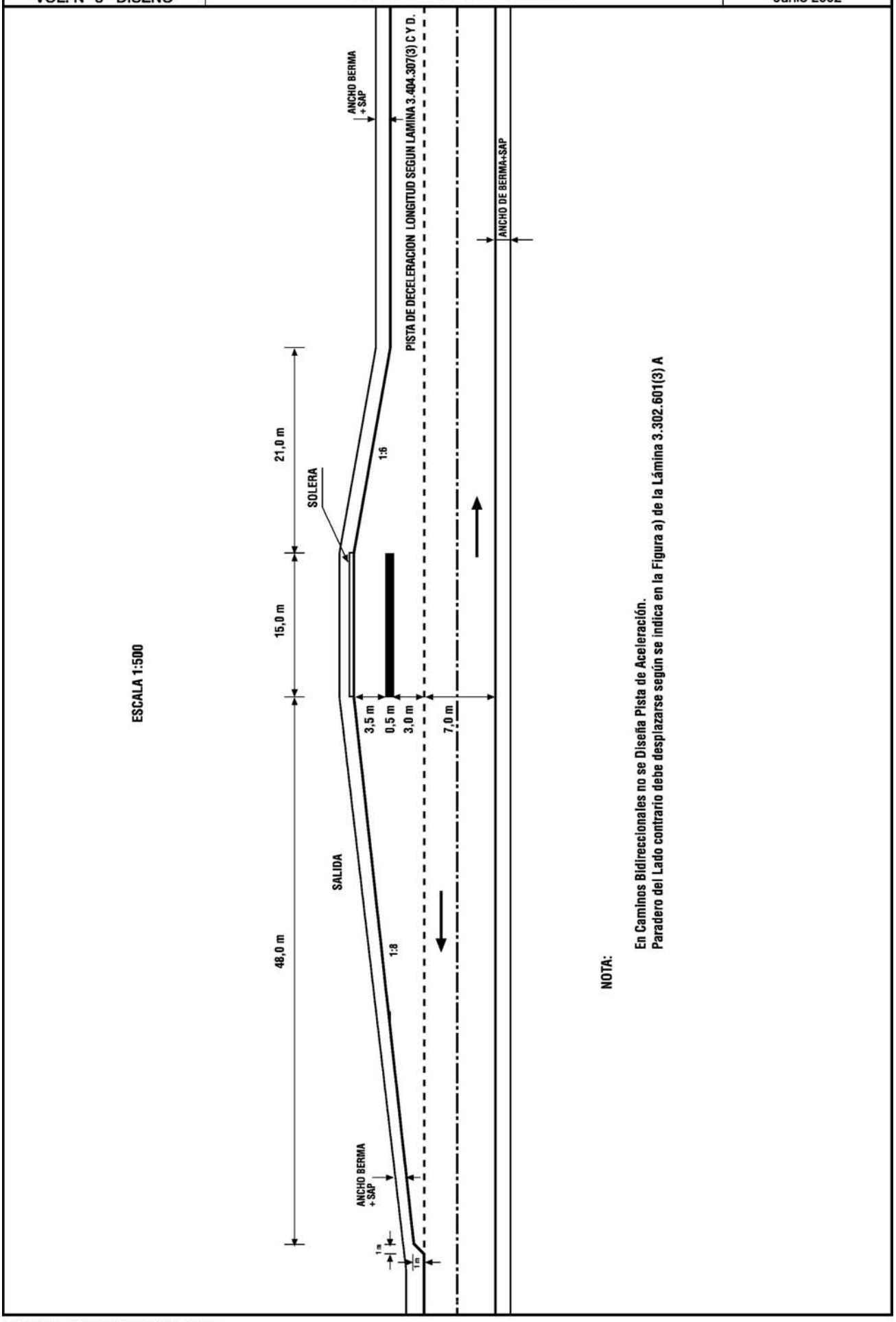
PARADERO DE BUSES SOBRE LA BERMA CAMINOS DE DESARROLLO Y LOCALES

3.302.601(3) A
Junio 2002



MOP - DGOP - DIRECCION DE VIALIDAD - CHILE

PARADERO DE BUSES FUERA DE LA BERMA CAMINOS BIDIRECCIONALES COLECTORES Y PRIMARIOS



ESCALA 1:500

NOTA:

En Caminos Bidireccionales no se Diseña Pista de Aceleración.
Paradero del Lado contrario debe desplazarse según se indica en la Figura a) de la Lámina 3.302.601(3) A

PARADERO DE BUSES FUERA DE LA BERMA EN CALZADAS UNIDIRECCIONALES

3.302.601(7) Casetas para Paraderos de Buses. Las casetas de los Paraderos de Buses deberán especificarse de acuerdo con lo establecido en las Láminas 4.703.101 ó 4.703.102 del Volumen N° 4, Planos de Obras Tipo.

3.302.602 Lechos de Frenado.

3.302.602(1) Aspectos Generales. En trazados que presenten longitudes considerables en pendiente de bajada, que igualen o superen el 5%, puede ser necesario diseñar Pistas de Emergencia, denominadas "Lechos de Frenado", que tienen por objeto forzar la detención de un vehículo al que le ha fallado el sistema de frenos.

Por lo general la falla del sistema de frenos se produce en los Vehículos Pesados cuando el conductor en vez de controlar la velocidad en las bajadas, empleando la capacidad de retención del motor hace un uso prolongado de los frenos, lo que produce un recalentamiento de los elementos de frenaje, y el sistema deja de operar. Esta situación se asocia normalmente a pendientes sostenidas de 3 a 4 km de largo, pero puede producirse antes si el conductor emplea mayoritariamente los frenos, en vez de controlar la velocidad en mayor medida con la capacidad de retención del motor. También puede darse en vehículos sobrecargados respecto de la potencia del motor.

Los camiones modernos poseen además un dispositivo denominado "Freno Motor", que permite aumentar el efecto de retención del motor sin tener que enganchar en marchas demasiado bajas que sobrecargan la caja de cambios.

En consecuencia, los conductores experimentados pueden enfrentar bajadas pronunciadas empleando al mínimo el sistema de frenos.

A modo indicativo se citan a continuación Coeficientes de Retención Cr, por oposición al rodado (deformación de los neumáticos y roces internos) y por efecto del enganche del motor o "freno motor" más oposición al rodado, todos los que se expresan como el efecto de una pendiente de subida en m/m.

TABLA 3.302.602(1).A
COEFICIENTES DE RETENCION Cr (m/m)

POR OPOSICION AL RODADO	
Caminos Pavimentados (Sin Efecto del Motor)	0,010
Grava Compacta (Sin Efecto del Motor)	0,015
ENGANCHE MOTOR + OPOSICION AL RODADO	
Enganche en Marchas Altas (Pavimento)	0,020
Enganche en Marchas Intermedias (Pavimento)	0,040
Enganche en Marchas Muy Bajas (Pavimento)	0,060 a 0,080

Marchas Altas debe entenderse aquí como aquellas para circular a velocidades altas en condiciones normales.

3.302.602(2) Localización de los Lechos de Frenado. Las diversas variables que intervienen no permiten establecer un modelo para anticipar la localización precisa de los lechos de frenado, en consecuencia, para definir su oportunidad de uso y localización, se deberá tener en cuenta:

a) La recurrencia de accidentes por falla de frenos en un tramo dado de carreteras o caminos.

b) La longitud, pendiente y características de la planta de tramos con historial de accidentes de este tipo, información que puede ser usada en otros caminos de características similares, que presenten un flujo de vehículos pesados del mismo orden, o bien extrapolando para flujos mayores o menores a fin de estimar la recurrencia probable.

c) A modo de guía orientativa se indican a continuación las relaciones que permiten calcular el aumento de velocidad de un vehículo que queda sin frenos, el que circulaba con un Coeficiente de Retención bajo (0,02) y medio (0,04).

- Velocidad alcanzada en un tiempo tx(s) para un vehículo que quedó sin frenos circulando a la Velocidad de Proyecto Vp (expresada en m/s)

$$V(m/s) = Vp + g\ tx\ (i - Cr)$$

en que:

g = 9,81 m/s^2
tx = tiempo transcurrido (s) para alcanzar la velocidad V(m/s)
i = pendiente (mm)
Cr = Coeficiente de Retención

Si se establece que la Velocidad de entrada al Lecho de Frenado no debe superar en más de 20 km/h (5,555 m/s), la Velocidad de Proyecto, se puede despejar tx.

$tx = (V - Vp)/g\ (i\text{-}Cr)$
$tx\ (s) = 5{,}555/9{,}81\ (i\text{-}Cr) = 0{,}566/(i\text{-}Cr)$

La pendiente i (m/m), aún cuando sea de bajada, se considera en este caso con signo positivo, pues corresponde a la proporción con que "g" induce el aumento de velocidad.

Mediante esta expresión se elabora la Tabla 3.302.602(2).A. Nótese que como V-Vp es constante tx depende sólo de (i-Cr)

TABLA 3.302.602(2).A
TIEMPO TRANSCURRIDO PARA UN INCREMENTO DE 20 km/h
SEGUN LOS VALORES DE i(m/m) y Cr CONSIDERADOS

	tx (s)				
i (m/m)	**0,05**	**0,06**	**0,07**	**0,08**	**0,09**
Cr = 0,02	18,87	14,15	11,32	9,43	8,09
Cr = 0,04	56,60	28,30	18,87	14,15	11,32

- Con estos valores de tx (s) se puede calcular la distancia recorrida por el vehículo, mediante la expresión:

$$D(m) = Vp \cdot tx + \tfrac{1}{2}\ g\ tx^2\ (i\text{-}Cr)$$

de la que se obtiene la Tabla siguiente:

TABLA 3.302.602(2).B
DISTANCIA RECORRIDA EN EL TIEMPO tx
PARA EL CUAL SE ALCANZA LA VELOCIDAD Vp + 20 km/h.
D(m)

Vp+20 km/h	**120**		**100**		**80**		**60**	
Vp (km/h) **Vp (m/s)**	**100** **27,778**		**80** **22,222**		**60** **16,667**		**40** **11,111**	
Cr	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
i = 0,05	576	1729	471	1414	367	1101	262	785
i = 0,06	432	864	353	707	275	550	196	393
i = 0,07	346	576	283	471	220	367	157	262
i = 0,08	288	432	236	353	183	275	131	196
i = 0,09	247	346	202	283	157	220	112	157

Como puede observarse, al ser tx dependiente de (i-Cr) e independiente de Vp, Dm disminuye para valores decrecientes de Vp, fundamentalmente por efecto del primer término de la expresión (Vp · tx).

Valores de Cr del orden de 0,02 a 0,03 podrían asociarse a trazados en planta en recta o con curvas amplias, aún cuando en pendientes prolongadas en los cuales algunos conductores podrían (aunque no deberían) circular empleando marchas altas y sin aplicar Freno Motor, en caso de disponer de dicho dispositivo.

Valores de Cr del orden de 0,04 a 0,05, podrían asociarse a trazados en planta sinuosos, en los cuales, los conductores circularán empleando una capacidad de retención mayor, pero de todos modos insuficiente como para evitar el recalentamiento de los frenos en pendientes fuertes y prolongadas.

Por último, se reitera que los valores indicados en las Tablas precedentes no justifican el diseño de Lechos de Frenado a las distancias que allí se indican, pues previamente deben existir longitudes importantes en pendiente mayor que 5%, para que se produzca el recalentamiento de los frenos, y tal como se dijo, ellas se dan sólo para ilustrar los tiempos y distancias requeridos para que se produzca un incremento de 20 km/h por sobre la Vp, a partir del instante en que los frenos dejan de cumplir su función.

Si se llega a definir una zona a partir de la cual existe un historial de accidentes, estos valores pueden ayudar a afinar la localización y distanciamiento entre Lechos de Frenado, verificando además la influencia de las curvas horizontales con radios comprendidos entre R (Vp) y R (Vp+20 km/h) que obligarían a establecer Lechos de Frenado a distancias menores que las calculadas.

3.302.602(3) Diseños de los Lechos de Frenado. La Lámina 3.302.602(3).A ilustra el diseño en planta, alzado y sección transversal de un lecho de frenado paralelo y adyacente a la Carretera o Camino. Si el terreno natural lo permite el Lecho de Frenado puede proyectarse mediante una pista divergente de la calzada según se ilustra en la Lámina 4.705.002 del Volumen N° 4, o saliendo por una tangente, antes de una curva horizontal restrictiva. La rasante del Lecho puede ser sensiblemente parecida a la de la calzada, o bien, con una rasante en contrapendiente, que diverja respecto de la rasante de la carretera, caso en que preferentemente deberá proyectarse en corte para evitar que el vehículo pueda llegar a caer en la carretera.

La Longitud Teórica (L_o) del lecho de frenado se calculará empleando la expresión citada en 3.202.2 para calcular la distancia de frenado df (segundo término de la expresión para Dp), en que V es la velocidad de entrada al lecho, R el coeficiente de roce total en el lecho, que incluye al coeficiente de retención, e "i" es la pendiente de la rasante del lecho que se considera positiva si colabora al frenado y negativa en caso contrario.

Luego $L_o = V^2/254\ (R \pm i)$

El coeficiente total de roce R es un valor medio, menor al inicio del lecho, que tiene poca profundidad, para evitar un impacto brusco que pueda inducir un "rebote" o pérdida de control por parte del conductor, el que luego se profundiza hasta lograr que las ruedas se entierren hasta los ejes del vehículo y la parte inferior del motor. En la Tabla 3.303.602(3).A se tabulan los valores correspondientes a L_o en función de "V", "i", para una Arena Gruesa Limpia con R=0,22, y en la Tabla 3.302.602(3).B para una Grava de Cantos Rodados con R = 0,30.

Sería altamente conveniente desarrollar algunas experiencias en el país que podrían llevar a modificar estos coeficientes. Entretanto se recomienda usar un coeficiente de seguridad de 1,25, con lo que la longitud de diseño efectiva del lecho queda dada por:

$L_e\ (m) = 1{,}25\ L_o$

TABLA 3.302.602(3).A

LONGITUD TEORICA DEL LECHO DE FRENADO L_O (m)
MATERIAL DEL LECHO: ARENA GRUESA LIMPIA TAMAÑO MAXIMO 10 mm
COEFICIENTE DE ROCE EN EL LECHO R = 0,22

VELOCIDAD DE ENTRADA AL LECHO = Vp + 20 km/h						
i	**120**	**100**	**90**	**80**	**70**	**60**
0,12	167	116	94	74	57	42
0,10	177	123	100	79	60	44
0,08	189	131	106	84	64	47
0,06	202	141	114	90	69	51
0,04	218	151	123	97	74	55
0,02	236	164	133	105	80	59
-0,02	283	197	159	126	96	71
-0,04	315	219	177	140	107	79
-0,05	333	232	188	148	113	83
-0,06	354	246	199	157	121	89
-0,07	378	262	213	168	129	94
-0,08	405	281	228	180	138	101
-0,09	436	303	245	194	148	109
-0,10	472	328	266	210	161	118

TABLA 3.302.602(3).B

LONGITUD TEORICA DEL LECHO DE FRENADO L_O (m)
MATERIAL DEL LECHO: GRAVA DE CANTOS RODADOS TAMAÑO MAXIMO 25 mm
COEFICIENTE DE ROCE EN EL LECHO R = 0,30

VELOCIDAD DE ENTRADA AL LECHO = Vp + 20 km/h						
i	**120**	**100**	**90**	**80**	**70**	**60**
0,12	135	94	76	60	46	34
0,10	142	98	80	63	48	35
0,08	149	104	84	66	51	37
0,06	157	109	89	70	54	39
0,04	167	116	94	74	57	42
0,02	177	123	100	79	60	44
-0,02	202	141	114	90	69	51
-0,04	218	151	123	97	74	55
-0,05	227	157	128	101	77	57
-0,06	236	164	133	105	80	59
-0,07	246	171	139	110	84	62
-0,08	258	179	145	115	88	64
-0,09	270	187	152	120	92	67
-0,10	283	197	159	126	96	71

Granulometría de los Materiales Considerados

Arena Gruesa Tmáx 10 mm		Grava Canto Rodado – Tmáx 25 mm	
Tamiz (mm)	**% en Peso que Pasa**	**Tamiz (mm)**	**% en Peso que Pasa**
10	100	25	100
5	80 – 90	20	80 – 90
2	0 – 5	12,5	0 – 5
0,08	0 – 2	0,08	0 – 3

3.302.602(4) Lechos de Frenado con Pendiente Variable. Según la configuración del terreno los lechos podrán presentar tramos con pendiente de distinta magnitud y/o sentido. En dichos casos se calculará la Velocidad Final "Vf", al término del primer tramo, para el cual se conoce la longitud disponible con una pendiente dada "L_1"

Luego:

$$Vf_1^2 = V_0^2 - 254\, L_1 \quad (R - i_1)$$

en que: Vo (km/h) es la velocidad de entrada al lecho; según lo definido: Vo = Vp + 20 km/h para el primer tramo.

Para el próximo tramo Vo = Vf_1, lo que permite calcular un L_2 mediante los datos correspondientes a ese tramo:

$$L_2 = Vf_1^2 / 254 \quad (R \pm i_2)$$

Si L_2 es menor o igual que la distancia disponible en terreno con pendiente ± i_2, queda definida la longitud teórica total del lecho, $L_1 + L_2$

Si L_2 supera la longitud disponible con pendiente i_2, se deberá aplicar la expresión para Vf_2 y así sucesivamente.

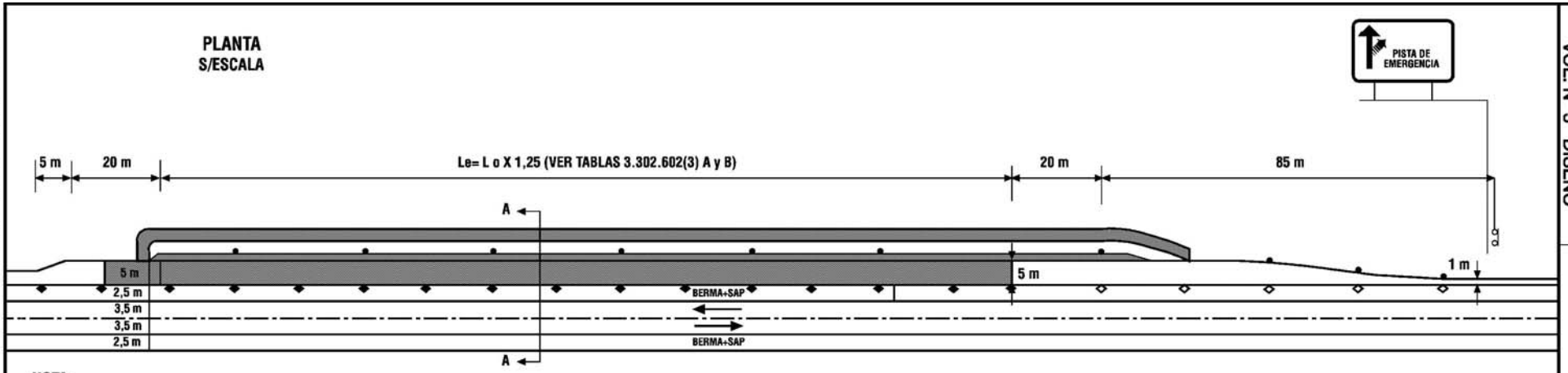
3.302.602(5) Señalización de los Lechos de Frenado. El lecho de Frenado estará señalizado en el inicio de la cuña de desviación y 300 m antes de dicho punto y si la longitud de la pendiente es mayor que 700 m, también se colocará señalización 400 m antes de la anterior. La señalización debe concordar con lo establecido con el Manual de Señalización de MINTRATEL y con las especificaciones vigentes de la Dirección de Vialidad.

En la zona del lecho propiamente tal se instalarán tachas rojas localizadas según el borde exterior de la berma adyacente al Lecho, las que se continuarán con tachas blancas a todo lo largo de la cuña de desviación hacia el lecho. Por el costado exterior de la cuña de desviación, tramo intermedio de 20 m y desarrollo del lecho, se instalarán Delineadores provistos de material reflectante que ayuden a percibir en la noche el límite exterior del tramo de ingreso al lecho y la orientación en que éste se desarrolla.

En el Volumen N° 4 "Planos de Obras Tipo", Lámina 4.705.002 se ilustra el caso de un Lecho de Frenado en Pista Divergente a la Calzada y otras disposiciones posibles según la topografía del sector. Por haber sido publicado el Volumen N° 4, mientras este volumen estaba en preparación, la cita a algunas de las Tablas que aquí se presentan cambiaron de numeración, al igual que la especificación de las granulometrías de los materiales, debiendo en todo caso emplearse los valores que aquí se presentan.

LECHOS DE FRENADO EN PENDIENTE FUERTE

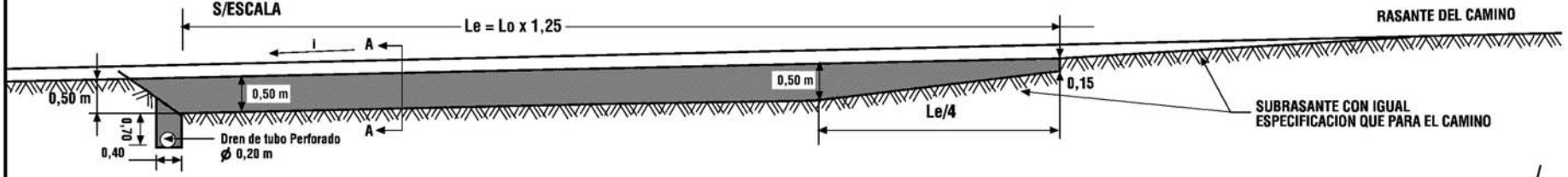
PLANTA
S/ESCALA



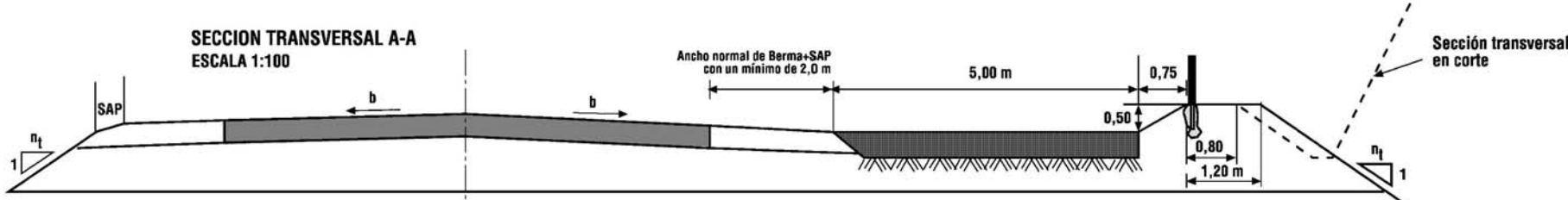
NOTA:

- La Señal Informativa deberá ubicarse también a 300 y 700 m antes de la salida a modo de preaviso
- ◇ Tachas Blancas cada 16 m
- ◆ Tachas Rojas cada 12 m
- Delineadores frente a tachas blancas y una por cada dos tachas rojas

SECCION LONGITUDINAL
S/ESCALA



SECCION TRANSVERSAL A-A
ESCALA 1:100



MATERIALES ALTERNATIVOS DEL LECHO DE FRENADO:	ARENA GRUESA LIMPIA		GRAVA CANTO RODADO	
	Tamiz (mm)	% en peso que pasa	Tamiz (mm)	% en peso que pasa
La arena gruesa deberá escarificarse en toda su profundidad al menos una vez al año	10	100	25	100
	5	80-90	20	80-90
	2	0-5	12,5	0-5
	0,08	0-2	0,08	0-3

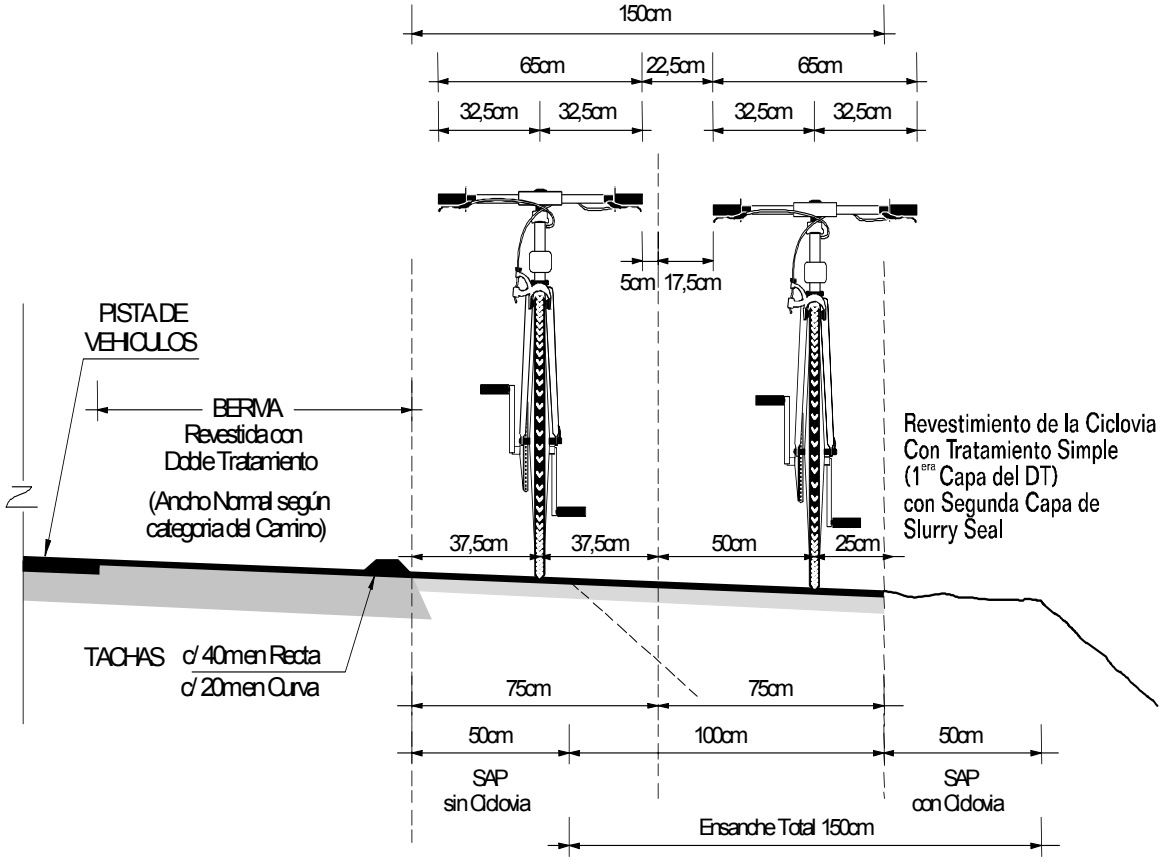
3.302.603 Ciclovías. Son pistas auxiliares destinadas a las personas que se desplazan en bicicleta, cuya seguridad peligra cuando lo hacen empleando la calzada o las bermas de ancho normal.

Se podrán consultar ciclovías en Caminos Colectores y Locales con Vp ≤ 70 km/h, en aquellos tramos que presenten un flujo superior a 2 ciclistas por minuto, en ambos sentidos, en períodos continuados de 15 minutos de duración, determinado dentro la hora posterior al término de las faenas agrícolas, agroindustriales o industriales características del sector.

La ciclovía se construirá en uno de los costados de la ruta ampliando la plataforma a partir del término del SAP que le corresponde al camino sin considerar ciclovía.

La figura 3.302.603.A que se presenta a continuación, ilustra la disposición del ensanche de la plataforma, y el ancho útil destinado a la ciclovía.

FIGURA 3.302.603.A
CICLOVIA BIDIRECCIONAL
SITUACION DE CRUCE DE DOS CICLISTAS



Si el SAP es de 80 cms las dimensiones se modifican consecuentemente, dando el mayor ancho a la pista interior

.

SECCION 3.303 LA SECCION TRANSVERSAL DE LA INFRAESTRUCTURA

3.303.1 ASPECTOS GENERALES

Se incluirán en esta sección aquellos elementos de perfil transversal que delimitan las obras de tierra en su cuerpo principal: terraplenes y cortes, determinando la geometría de éstos y posteriormente sus volúmenes.

Estos elementos son: la plataforma de subrasante, los taludes de terraplén, las cunetas y los taludes de corte, las obras de contención de tierras y las obras que se realizan en el suelo de cimentación de la carretera o camino.

La competencia de esta sección se reduce a aquellos aspectos generales de dichos elementos que deben ser tomados en cuenta para la definición transversal de la vía en cuestión. Por ello, el proyectista debe acudir a los Capítulos 3.600 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA OBRA BASICA Y DE LA PLATAFORMA, 3.700 DISEÑO DEL DRENAJE, SANEAMIENTO, MECANICA E HIDRAULICA FLUVIAL y al Volumen N° 4 PLANOS DE OBRAS TIPO o a bibliografías específicas para obtener criterios y valores relativos a sus dimensionamientos prácticos.

Se hace notar que las inclinaciones de los taludes, de corte o de terraplén, medidas como razón entre sus proyecciones horizontales y verticales, dependerán casi únicamente de la naturaleza de los materiales de la zona, pudiéndose presentar grandes variaciones según sean las calidades de éstos, fundamentalmente en el caso de los cortes.

Ello hace imprescindible el concurso de especialistas para programar y ejecutar los estudios que permitan afinar la variables en juego: toda atención prestada a estos asuntos se verá generosamente compensada desde los puntos de vista de la economía y la seguridad de la obra.

3.303.2 LA SECCION TRANSVERSAL DE LA PLATAFORMA DE SUBRASANTE

La plataforma de subrasantes es una superficie constituida por uno o más planos sensiblemente horizontales, que delimita el movimiento de tierras de la infraestructura y sobre la cual se apoya la capa de rodadura o las diversas capas que constituyen un pavimento superior. Además incluye el espacio destinado a los elementos auxiliares como, bermas, medianas, cunetas de drenaje, etc.

Si el perfil es de terraplén, la plataforma de subrasante queda configurada por los materiales de la última capa del terraplén y su ancho será el de la plataforma (calzadas, bermas, SAP y mediana si la hay), más el espacio requerido para el derrame de las tierras correspondientes a los materiales de subbase y base. (Véase figura a de la Lámina 3.303.2.A).

Si el perfil es en corte, la plataforma de subrasante queda constituida por la plataforma a nivel de rasante más el espacio requerido por las cunetas, que se generan a partir de los bordes externos del SAP y continúan con el talud iniciado en el extremo del mismo. (Véase figura b de la Lámina 3.302.2.A).

El ancho de la plataforma de subrasante será entonces la suma del ancho de la plataforma, más la proyección horizontal del talud interior y del fondo de las cunetas.

Si el perfil es mixto (figura c), la plataforma de subrasante estará configurada por una parte que se define según lo dicho para el caso de terraplén, y por otra que responderá a las características propias del corte. Puede ser conveniente regularizar la zona de apoyo correspondiente a este último, mediante rebaje adicional y posterior relleno con la última capa del terraplén.

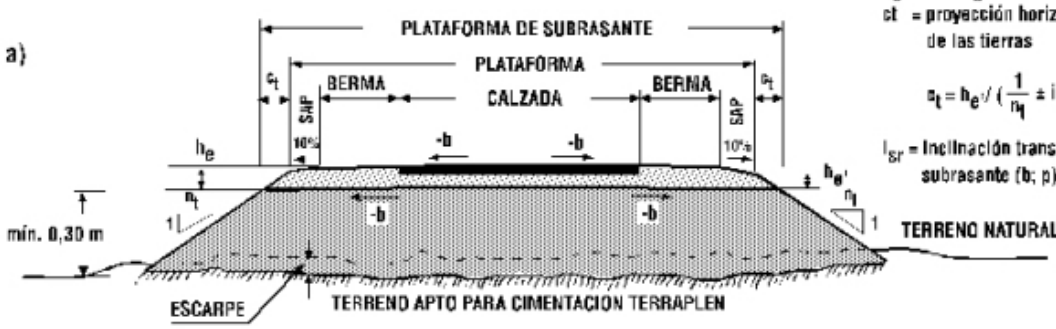
h_e = Espesor (Pav. + Base + Sub Base) (m)

h_e' = he - |i_s| · Ancho SAP (m)
ct = proyección horizontal de la caída de las tierras

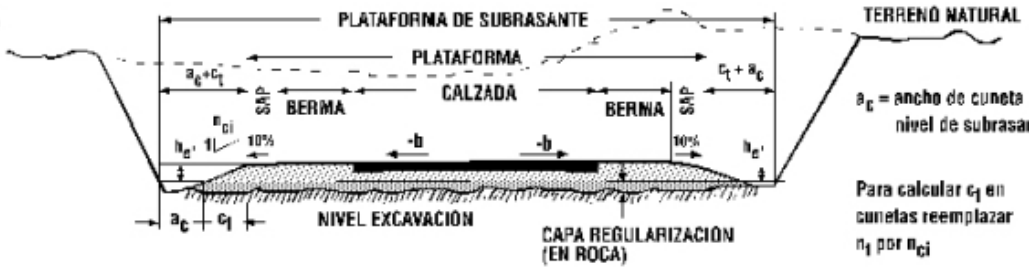
$$a_t = h_e' / \left(\frac{1}{n_t} \pm i_{sr}\right)$$

i_{sr} = Inclinación transversal de la subrasante (b; p) con su signo

a)



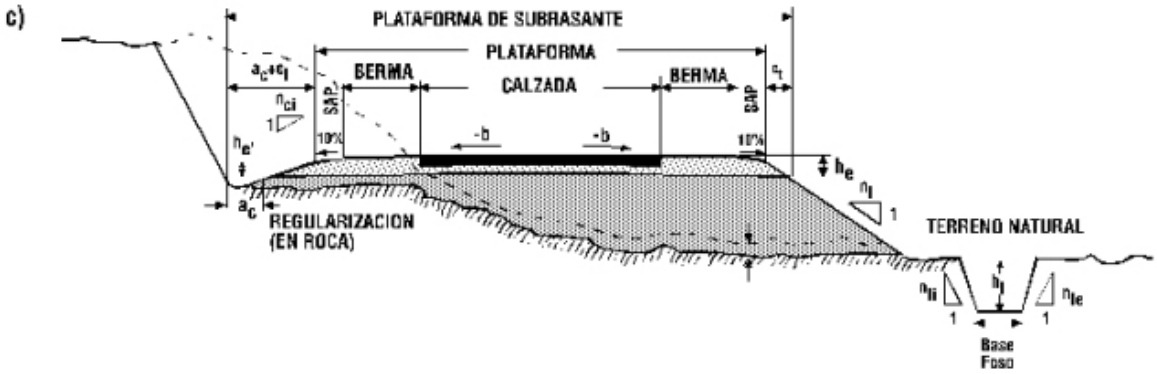
b)



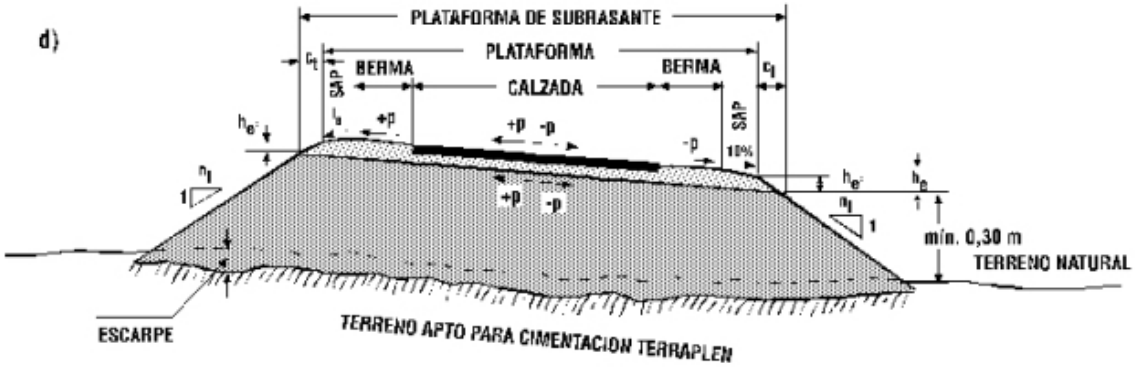
a_c = ancho de cuneta a nivel de subrasante

Para calcular c_t en cunetas reemplazar n_t por n_{ci}

c)



d)



Valores de i_s lado alto curva
- $b \le p \le 0\%$ $i_s = 10\%$
- $0 < p \le 3\%$ i_s = variable entre 10% y 4%
- $p > 3\%$ $i_s = 4\%$

Valores de i_s en recta
i_s = 10% para todo b

Valores de is lado bajo curva
i_s = 10% para todo p

(Todos los valores de i_s son negativos por tratarse de una pendiente bajo la horizontal)

- PAVIMENTO
- BASES Y SUB-BASES
- TERRAPLEN Y/O MATERIAL DE REGULARIZACION
- TERRENOS SANOS (ROCA O TIERRA)

La plataforma de subrasante puede contribuir al control de las aguas infiltradas cuando sus materiales y su compactación permitan la generación de una superficie relativamente impermeable con pendientes hacia el exterior, lo cual ayuda a preservar el cuerpo del terraplén, o el suelo de fundación, de las aguas infiltradas a través del pavimento y de las capas de base y subbase.

Lo anterior, sumado a la conveniencia estructural de mantener constante el espesor de las capas de base y subbase, obliga a mantener una pendiente transversal en la plataforma de subrasante que sea igual a la de la plataforma a nivel de rasante (pendiente común de pistas y bermas), la que se prolonga hasta los extremos de la subrasante, sin considerar los quiebres que presenta el SAP a nivel de rasante.

3.303.3 ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA SECCION EN TERRAPLEN

3.303.301 Taludes de Terraplén desde el Punto de Vista de su Estabilidad. Cuando una carretera o camino se emplaza en terraplén, los materiales de éste provendrán de las excavaciones hechas en otros puntos del trazado o de yacimientos. En cualquier caso, las características de dichos materiales serán relativamente previsibles y por lo general se podrá anticipar la inclinación máxima admisible de los taludes en función de la altura de los terraplenes.

Recomendaciones para el diseño de taludes de terraplén, desde el punto de vista estructural, se dan en 3.602.4, en función del tipo de material que lo constituye y de los suelos sobre los que se fundan.

Cuando los materiales lo permitan, los taludes de terraplén con alturas inferiores a 15 metros tendrán una inclinación máxima de 1:1,5 (H:V).

Los taludes de terraplenes de alturas mayores que 15 m deben ser objeto de un estudio especializado, del cual surgirá su adecuada inclinación.

Si un terraplén debe cimentarse sobre suelos que presenten inclinaciones superiores al 20% o que estén constituidos por materiales inadecuados, se deberán considerar obras especiales para minimizar los peligros de deslizamiento o de asentamientos diferenciales excesivos (Ver 3.602.4).

En el primer caso, de laderas con pendientes pronunciadas, éstas deberán escalonarse, en el sentido normal o paralelo al eje de la vía, según si ellas son aproximadamente perpendiculares o paralelas a dicho eje. Ejemplo de lo primero es el cruce de un barranco y de lo segundo un trazado en media ladera. Huella y contrahuella de los escalones será variable, pero la primera debe tener al menos un ancho que permita la operación de la maquinaria en uso, y la segunda debe ser, en lo posible, múltiplo del espesor de una capa compactable, todo lo cual se especifica en el Volumen N° 5 del Manual de Carreteras.

En el caso de suelos de fundación con alto contenido de materia orgánica o muy compresibles, éstos deberán ser retirados o tratados según sea el problema que los afecte.

3.303.302 Taludes de Terraplén desde el Punto de Vista de la Seguridad Vial. Taludes de terraplén con inclinaciones comprendidas entre 1:3 y 1:4 (V:H), se consideran “transitables”, es decir un vehículo que se salga de la plataforma puede en la mayoría de los casos descender por el talud sin volcarse, y si en dicho trayecto y al pie del terraplén no existen obstáculos, y el terreno presenta una inclinación menor o del orden de un 5%, en definitiva el vehículo podrá ser detenido minimizando la severidad del accidente.

Taludes de terraplén con inclinaciones menores que 1:4 (V:H) se consideran “recuperables”, es decir el conductor tiene la posibilidad de redirigir el vehículo hacia la plataforma del camino. Lo anterior será tanto más cierto cuanto más tendido sea el talud; por ejemplo 1:6 (V:H), sin embargo, el tendido de los taludes de los terraplenes tiene un costo importante por el mayor movimiento de tierras requerido y por el mayor ancho de la faja de expropiación.

La ocurrencia de accidentes que impliquen la salida de un vehículo fuera de la plataforma de la ruta, aumenta entre otros factores en función del tránsito de la carretera o camino y de si el sector bajo análisis se desarrolla en planta en recta o con curvas amplias, o si lo hace en curvas restrictivas cuyo radio esté comprendido entre el radio mínimo aceptable para la Velocidad de Proyecto de la ruta (Vp) y un radio correspondiente a Vp+10 km/h.

Por otra parte, la severidad de los accidentes ocurridos en terraplenes con taludes no transitables (1:1,5 V:H), que no cuenten con Barrera de Contención, aumenta con la altura H del terraplén.

En consecuencia, el diseño de los taludes de terraplén por concepto de seguridad, en función de los factores mencionados, considerará dos alternativas: Taludes 1:1,5 y Taludes 1:3 (V:H); los que deberán emplearse con o sin Barreras de Contención, según sea el TMDA de la ruta y la altura H (m) del terraplén, empleando para ello la Lámina 3.303.302(1).A, elaborada adaptando los conceptos planteados en el documento “Roadside Design Guide – AASHTO Enero 1996”.

3.303.302(1) Consideraciones Respecto del Empleo de la Lámina 3.303.302(1).A.

a) Toda vez que existan obstáculos laterales en el costado de la plataforma, en el talud, o al pie de éste, o que al pie del talud existan aguas profundas, el empleo de Barreras de Contención será necesario independientemente de lo establecido en la Lámina 3.303.302(1).A.

b) La altura del terraplén H(m), se mide entre el borde exterior del SAP y el pie del terraplén, en tanto la pendiente del terreno natural sea menor o igual a 5%. Para pendientes mayores, H se considera hasta el pie de la ladera, fondo de quebrada, curso de agua, etc., según sea la configuración del terreno.

c) El Tránsito Medio Diario Anual a considerar será el correspondiente al proyectado al año de puesta en servicio de la obra, ya sea que se trate de un Proyecto en Trazado Nuevo o de la Recuperación o Cambio de Estándar de una ruta existente. Bajo 1.000 Veh/día y sobre 7.500 Veh/día rige el mismo H máx señalado para dichos límites.

   Si se trata de una calzada bidireccional se considerará el TMDA de la ruta. En calzadas unidireccionales, al analizar cada una de las calzadas, se considerará para efectos del empleo de la Lámina 3.303.302(1).A, un 50% del TMDA total de la ruta..

d) El gráfico se emplea leyendo directamente los valores de H en función del talud considerado, si se trata de trazado en recta o con curvas cuyo radio sea mayor que aquel correspondiente a Vp+10 km/h. Para radios comprendidos entre el Radio Mínimo asociado a Vp y R (Vp+10), los valores de H leídos en el gráfico se reducen al 50%.

3.303.302(2) Ejemplo de Aplicación

a) TMDA $\leq$ 800 Veh/día
   Trazado en Recta o Curva con R > R (Vp+10**);** Talud 1:1,5 (V:H)
   H máx que no requiere Barrera de Contención = 4,0 m
   Trazado en Curvas con R $\leq$ R (Vp+10); Talud 1:1,5 (V:H)
   Hmáx que no requiere Barrera de Contención = 2,0 m

En ambos casos si el valor de H supera los límites mencionados, se debe instalar Barrera de Contención o tender el Talud a 1:3 (V:H). La decisión de instalar Barrera o tender el talud, se deberá tomar comparando el costo de tender el talud, más el costo de expropiación adicional, versus el costo de instalar la Barrera incrementado en un 30% por concepto de reposición y mantención.

b) TMDA = 5.000 Veh/día (Interpolando entre 2.500 y 7.500 Veh/día)
Trazado en Recta o Curvas con R > R (Vp + 10); Talud 1:1,5 (V:H)
Hmáx que no requiere Barrera de Contención = 2,0 m.
Trazado en Curvas con R ≤ R (Vp+10); Talud 1:1,5
Hmáx que no requiere Barrera de Contención = 1,0 m
De igual modo si H ≥ Hmáx se deberá optar por instalar la Barrera o tender el Talud a 1:3.

3.303.302(3) Consideraciones Adicionales

Nótese que para Taludes 1:3 (V:H) o más tendidos, no se requiere Barrera de Contención, cualquiera sea la altura del terraplén, sin embargo, para alturas de terraplén en el orden de 3,0 a 4,0 m el tendido del talud resulta en general de mayor costo o en el orden del valor de la Barrera.

En aquellos casos en que existe exceso de material de corte adecuado para construir terraplenes, o que el material esté disponible muy próximo al camino (Pampas del Norte Grande), se deberá propender a tender los taludes al 1:3 ó 1:4, aun cuando la altura del terraplén sea menor que el Hmáx determinado en el gráfico.

Los terraplenes con Taludes 1:3 (V:H) o más tendidos, deberán compactarse en todo su ancho al mismo nivel de compactación exigido para el Talud 1:1,5 (V:H), exceptuando de ello sólo los 0,5 m exteriores del SAP.

3.303.302(4) Tipo y Localización de las Barreras de Contención. En los Estudios Definitivos se deberá especificar en detalle el Tipo de Barrera a emplear, su localización y detalles de la instalación, como por ejemplo, distancia entre los postes de sustentación de las Barreras Metálicas. Todo ello se ejecutará en conformidad con las disposiciones vigentes de la Dirección de Vialidad.

3.303.4 ELEMENTOS DE LA INFRAESTRUCTURA PARA SECCION EN CORTE

3.303.401 La Cuneta Lateral en Corte

3.303.401(1) Aspectos Generales. Cuando la vía discurre en corte, las aguas que sobre ella caen, o las que llegan a ella superficial o subterráneamente, no pueden ser eliminadas sino mediante su conducción hacia zonas donde ello es posible.

Esta conducción debe hacerse con la mayor rapidez, para evitar que las aguas fluyan sobre la plataforma o que se infiltren dañando la estructura.

Para ello se recurre a las cunetas, a los drenes subterráneos y a los colectores de aguas lluvia.

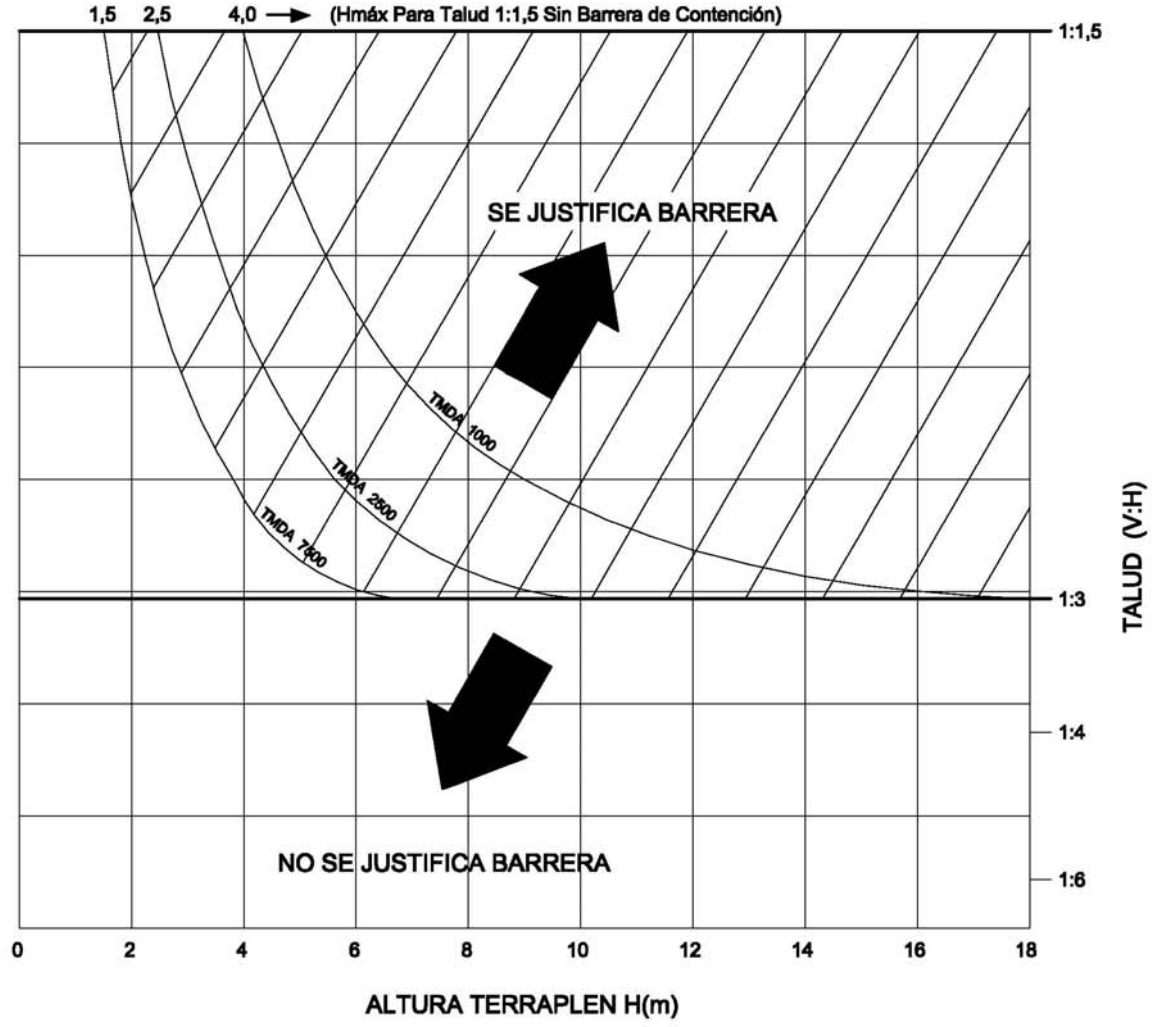
Las primeras, situadas entre la plataforma y el talud del corte, recolectan las aguas superficiales. Si su profundidad es suficiente, también pueden dar cuenta en algunos casos, de las aguas subterráneas que amenacen las capas de base y subbase.

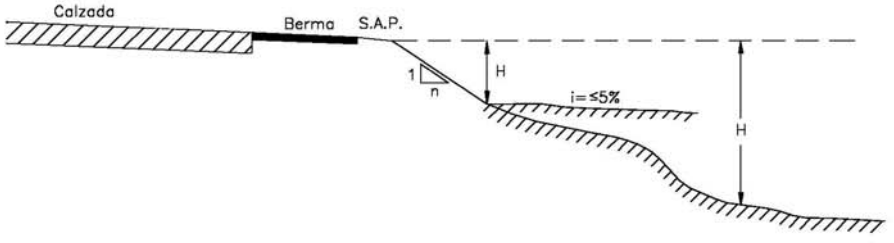
Los drenes sólo recogen aguas freáticas o infiltradas a través de la plataforma y de los taludes. Los colectores de aguas de lluvia se pueden considerar cuando la capacidad de la cuneta es insuficiente para evitar la inundación de una o más pistas durante las precipitaciones de diseño.

Unos y otros dispositivos pueden ser usados combinadamente para cumplir con estas funciones, de tal manera que las excavaciones resulten razonables. (Véase figuras a y b en Lámina 3.303.401.A).

Del mismo modo, 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.

TALUDES DE TERRAPLEN EN FUNCION DEL TRANSITO Y DE SU ALTURA Y CRITERIOS DE INSTALACION DE BARRERAS DE CONTENCION





NOTA:

VER CONSIDERACIONES RESPECTO DEL EMPLEO DE ESTE GRAFICO EN 3.303.302(1),(2)y(3)

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 del SAP. sobre dicho talud. Para los cálculos hidráulicos pertinentes al caso de inundaciones, este límite puede alcanzar el nivel del extremo de la calzada, si éste es superior. (Véase Tabla 3.704.102.A).

En los Numerales que siguen se abordarán los taludes interiores, las profundidades y los fondos de las cunetas. También se reseñarán algunas secciones frecuentes de cunetas.

3.303.401(2) Talud Interior de Cunetas. El talud o pared interior de la cuneta se inicia en el punto extremo de la plataforma o borde exterior del SAP si la cuneta no tiene revestimiento, y en el borde exterior de la berma si la cuneta lleva revestimiento, y se desarrolla, bajando con una cierta inclinación, hasta interceptar la plataforma de subrasante.

La inclinación mencionada dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad de proyecto de la carretera o camino. Sus valores se tabulan en 3.303.401(2).A.

TABLA 3.303.401(2).A
INCLINACIONES MAXIMAS DEL TALUD INTERIOR DE LA CUNETA

Vp Km/h	pic m/m	V:H 1 : nci
≤ 70	0,50	1 : 2
80 – 90	0,40	1 : 2,5
100	0,33	1 : 3
120	0,25	1 : 4

3.303.401(3) Profundidad de la Cuneta. La profundidad o altura interior de la cuneta (h_c) se mide, verticalmente, desde el extremo de la plataforma hasta el punto más bajo de su fondo.

Esta dimensión depende de factores funcionales y geométricos. Si la cuneta es revestida, ella no podrá recoger aguas profundas, por lo que su profundidad quedará determinada, en conjunto con los demás elementos de su sección, por los volúmenes de las aguas superficiales a conducir.

En este caso, las aguas freáticas y/o las infiltradas a través de la plataforma deben ser recogidas mediante drenes enterrados si los materiales de la infraestructura y del suelo lo hicieran necesario. (Figs. a y b de Lámina 3.303.401.A).

Cuando la pendiente longitudinal lo permite, y si los caudales no son tan importantes como para exigir revestimientos, se puede profundizar la cuneta hasta un valor de hc que permita la salida de las aguas profundas hacia ella, preservando así los materiales de base, subbase y fundación de la carretera. En este caso, si he es el espesor de sus capas estructurales (base, subbase y pavimento), ($h_c – h_e$) deberá tener valores mínimos, que dependen de la Intensidad de la lluvia de diseño, para el Período de Retorno seleccionado, de la zona y de la permeabilidad de los materiales de la infraestructura. Si estos últimos materiales son drenantes, los valores ($h_c – h_e$) tenderán a ser los mínimos.

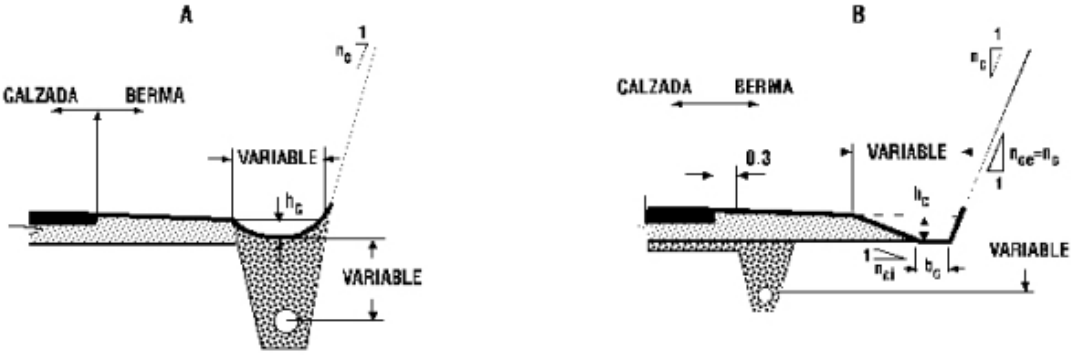
Si la cuneta del lado bajo de la curva está revestida y la subrasante posee baja permeabilidad, se deberá construir bajo ella un subdren tipo zanja o bien una colchoneta de geotextil rellena con material permeable (con o sin tubo drenante según el caudal que se deba evacuar, dren que deberá proyectarse con las pendientes y descargas adecuadas para evacuar el agua recolectada.

Cuando la plataforma de subrasante es relativamente impermeable y ella tiene una inclinación única, la profundidad de la cuneta del lado alto de la curva debe ser dimensionada con especial cuidado, puesto que el agua puede infiltrarse desde esta última y escurrir por dicha plataforma, causando graves trastornos (Véase figura d, Lámina 3.303.401.A). En estos casos se deberá disponer un subdren en el lado bajo de la curva, si la cuneta es revestida.

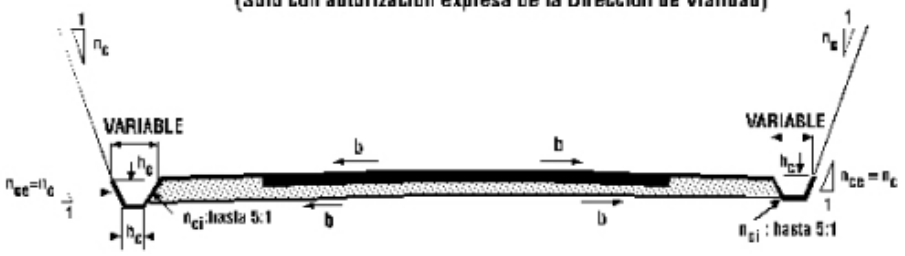
Esta posible función doble de las cunetas lleva a excavaciones mayores, pero en ciertos casos, la solución que ella representa es simple y definitiva.

DIVERSAS SECCIONES DE CUNETAS

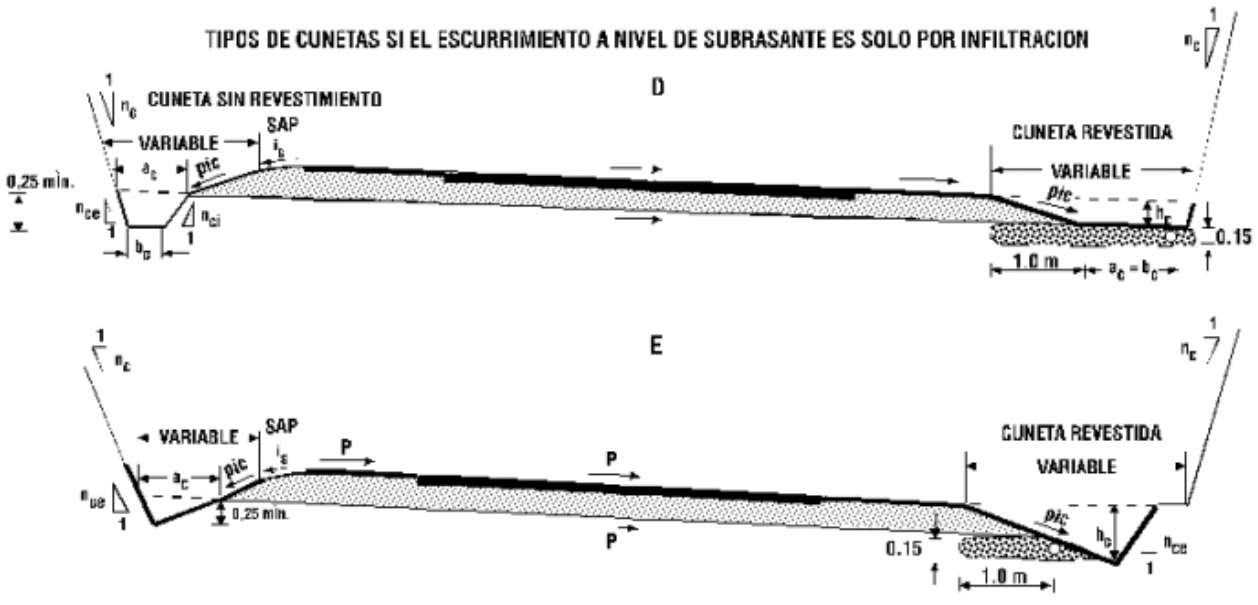
TIPOS DE CUNETAS Y DRENES SI EXISTE ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO (NAPA)



C - SECCION MINIMA ESPECIAL (MONTAÑA)
(Sólo con autorización expresa de la Dirección de Vialidad)



TIPOS DE CUNETAS SI EL ESCURRIMIENTO A NIVEL DE SUBRASANTE ES SOLO POR INFILTRACION



SECCIONES D Y E : ANCHO VARIABLE EN FUNCION DEL CAUDAL DE DISEÑO. EN PARTE ALTA DE LA CURVA SI LA CUNETA NO TIENE REVESTIMIENTO SE DEBE PROYECTAR FONDO DE LA CUNETA BAJO LA SUBRASANTE. EN PARTE BAJA DE LA CURVA SI LA CUNETA ES REVESTIDA DISEÑAR DREN DE COLCHONETA DE GEOTEXTIL CON TUBO PERFORADO Ø100 mm, SALVO QUE LA SUBRASANTE SEA PERMEABLE.

PAVIMENTOS Y REVESTIMIENTOS

BASES Y SUB-BASES

BASES Y SUB-BASES

a_C = ancho de la cuneta a nivel de subrasante
b_C = base de cunetas trapeciales
h_C = profundidad útil de las cunetas
pic (Ver 3.303.401(2)

3.303.401(4) El Fondo de la Cuneta. El fondo de la cuneta, transversalmente, tendrá la misma pendiente de la subrasante si se trata de cunetas trapezoidales, pudiendo también adoptar una forma triangular si se requiere excavar bajo la subrasante.

El ancho del fondo será función de la capacidad que quiera conferirse a la cuneta. Eventualmente, puede disponerse adyacente a la cuneta una banqueta 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. Esta disposición resulta en oportunidades obligatoria para asegurar visibilidad de parada que de otro modo queda limitada por el talud del corte.

Si la cuneta es circular o triangular, el fondo lo constituye el punto más bajo de su sección y su ancho es nulo.

Longitudinalmente, el fondo de la cuneta deberá ser continuo, sin puntos bajos. Sus cotas y pendientes se deducen del perfil longitudinal del eje de la carretera, teniendo en cuenta, por lo general, una dimensión h_c constante. Cuando esto se hace así, dicho perfil será paralelo al del fondo de la cuneta, salvo en los tramos de transición de peraltes. En estos tramos su profundidad puede necesitar retoques para cumplir la condición de continuidad. También puede ser preciso aumentar su pendiente, con respecto a la del eje de la vía, en zonas donde una rasante prácticamente horizontal pueda crear problemas hidráulicos.

Las pendientes del fondo de la cuneta pueden producir velocidades erosivas de los materiales de la misma, caso en el cual las circunstancias de diseño cambian según lo dicho en el Numeral anterior. Los valores máximos de la velocidad, según el tipo de material que configure la cuneta, se tabulan en 3.703.301.A y 3.704.202.A, para cunetas sin revestir y revestidas, respectivamente.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0,25% para cunetas sin revestir y 0,12% para las revestidas, debiéndose procurar inclinaciones mínimas mayores (0,5% y 0,25%) siempre que ello sea posible.

3.303.401(5) Secciones Tipo de Cunetas. Es impracticable describir todas las secciones posibles de cuneta, porque las dimensiones de sus elementos puede ser cualesquiera, del mismo modo que las posiciones de cada uno de ellos con respecto a los demás. Por otra parte, como ya se ha dicho, estas dimensiones están condicionadas por aspectos técnicos y de diseño que no es posible clasificar de una manera racional.

Sin embargo, existen secciones, cuya eficiencia está sancionada por la práctica, que corresponden a las ilustradas genéricamente en la Lámina 3.303.401.A.

Las figuras a, b y c corresponden normalmente a cunetas revestidas. En la primera, de sección circular, se ha aprovechado de mostrar un dren bajo ella. En la segunda, de sección trapezoidal, se muestra el mismo dren colocado en otra posición. La tercera corresponde a un caso extraordinario de sección reducida para velocidades de diseño no superiores a 50 km/h.

En la figura d se muestran cunetas trapezoidales, de profundidad hc.

En la figura e se muestran cunetas triangulares. La de la izquierda tiene una sección normal y la de la derecha contempla una plataforma, de un ancho “b”, para nieve o escombros del talud.

3.303.402 Taludes de Corte. La inclinación de los taludes del corte variarán a lo largo de la obra según sea la calidad y estratificación de los suelos encontrados (Ver Sección 3.602). En zonas de grandes nevazones y de formación de hielos conviene considerar inclinaciones menores al lado norte.

Dichas inclinaciones podrán ser únicas en un tramo del trazado, o bien presentar variaciones en un mismo perfil. Esto último en el caso de comprobarse las ventajas técnicas y/o económicas, o de otro tipo, de tal geometría.

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, tendiéndolo, al existir terrenos de inferiores características estructurales.

El segundo caso se presenta cuando se elige diseñar un talud de corte con bancos intermedios, 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 bancos. 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 aconsejen las conveniencias estéticas e hidráulicas en cada caso. Los bancos pueden ser diseñados como permanentes, o transitorios si se prevé que ellos serán cubiertos con materiales desprendidos o derramados desde los siguientes. En ambos, los bancos deben tener un ancho mínimo que es función de las características geológicas del terreno y, en zonas de nevazones frecuentes, de la intensidad de éstas.

Sus inclinaciones transversales deben ser del orden del 4%, vertiendo hacia la pared del corte si son permanentes y no superiores al 5(H): 1 (V), vertiendo hacia la plataforma, si son transitorios.

3.303.5 ALABEO DE TALUDES

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

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, que puede ser de 4:1; 3:1; 2,5:1 y 2:1. En el corte, la transición consiste en pasar desde su valor normal al 4:1, 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 alabear 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 (brocal) se deberá redondear tendiendo el talud, para mejorar la apariencia de sus bordes y para mejorar la estabilidad de los suelos superficiales normalmente menos consolidados que a mayor profundidad. (Ver detalle N° 1 en Lámina 4.001.001 del Volumen N° 4).

3.303.6 ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO DE TIERRAS

Cuando el espacio disponible para la ejecución de las obras de tierra no es suficiente para conferir a los taludes la inclinación deseable u obligada, puede ser necesaria la construcción de obras especiales que permitan contener los materiales que sin ellas serían inestables.

También pueden diseñarse estos elementos en casos en los que se desee proteger terraplenes de la acción de inundaciones o avenidas.

Para unos y otros casos se puede recurrir a una gran variedad de estructuras, de uso habitual en ingeniería.

El proyectista deberá tener en cuenta, para estos casos, toda la gama posible de dispositivos, que reúne a los muros gravitacionales, en su gran variedad de formas y materiales constitutivos, los gaviones, las tablestacas, los muros de tierra mecánicamente estabilizada y a otros ingenios que, no siendo estructuras propiamente tales, actúan como contenedores de tierras.

Entre estas últimas cabe mencionar los anclajes, los cosidos y las inyecciones de taludes de corte.

La elección del tipo de solución adoptada dependerá de una serie de factores, tanto económicos como estructurales y geométricos. A la vez, dicha elección condicionará el perfil transversal en la zona de aplicación, de una manera que el proyectista deberá mantener presente durante el proyecto.

El dimensionamiento general y cálculos correspondientes se exponen en 3.602.3, desde el punto de vista geotécnico. Las soluciones estructurales tipificables se presentan en el Volumen N° 4 “Planos de Obras Tipo”. El Capítulo 3.1000 “Puentes y Estructuras Afines”, entrega los criterios y normativa de diseño desde el punto de vista estructural.

SECCION 3.304 OBRAS DE PROTECCION DE TALUDES

3.304.1 ASPECTOS GENERALES

Los taludes, tanto de terraplén como de corte, están expuestos a los agentes erosivos naturales. De éstos, el más activo y frecuente es el agua. Ella cae directamente sobre sus superficies, o lo hace sobre las adyacentes que vierten hacia ellos. Si no se evita, el agua escurrirá por los taludes, con velocidades cada vez mayores según la altura, dañándolos y elevando los costos de mantenimiento de la obra.

Entre los elementos destinados a controlar y encauzar el flujo de las aguas para evitar daños en los taludes, y que deben proyectarse de acuerdo a los imperativos hidráulicos y de la mecánica de suelos que proceda, cabe mencionar: soleras, fosos y contrafosos. Las plantaciones en el talud confieren protección adicional o complementaria contra la erosión y en ciertos casos resultan indispensables.

Estos dispositivos serán abordados descriptivamente en la presente sección, limitándose la exposición a aquellos aspectos relativos a la sección transversal de la vía. Su dimensionamiento deberá ser resuelto de acuerdo a las circunstancias puntuales del proyecto, acudiendo al Capítulo 3.700 Drenaje y Saneamiento y a la Sección 3.602 Diseño de la Infraestructura.

3.304.2 LAS SOLERAS

Las soleras son elementos que presentan una dimensión vertical y que pueden ser colocados en algún punto de la sección transversal de la plataforma, con propósitos varios.

El embellecimiento, la demarcación de la vía y la canalización de los vehículos mediante soleras, que en zonas urbanas o suburbanas son finalidades atendibles, pierden gran parte de su vigencia en zonas rurales, en las cuales el propósito de éstas queda prácticamente reducido a evitar la caída de agua por los taludes de terraplenes altos, conduciéndolas hasta bajantes cuyos dimensionamientos, tipos y separaciones son objeto de estudios propios de cada caso.

Para estos fines se puede utilizar cualquiera de los tipos que aparecen en el Volumen N° 4 Planos de Obras Tipo, siempre que existan bermas revestidas. (Ver Láminas 4.106.401 y 402).

Las soleras deben ser dispuestas en el SAP, firmemente adheridas a la berma y cuidadosamente sellada la junta con esta última. Las soleras con cuneta o con zarpa pueden ser colocadas de tal modo que las partes de ellas que sean transitables o montables queden dentro del espacio reservado para la berma.

3.304.3 LOS FOSOS

Se denominan “fosos” a los canales laterales que discurren sensiblemente paralelos al pie de los terraplenes y que los preservan de las aguas que escurren superficialmente hacia ellos, ya sea desde la carretera o desde el terreno adyacente.

Un foso puede estar dispuesto inmediatamente próximo al pie del terraplén si ello es necesario por exigencias de espacio y si no se temen socavamientos del mismo pero normalmente se dejará un espacio libre de 1,0 m entre el pie del terraplén y el talud adyacente del foso. En terraplenes bajos, una sección circular amplia para el foso puede añadir a la seguridad de los vehículos accidentalmente salidos de la plataforma.

Si se define una altura hc mínima (Véase 3.303.401(3), para mantener los materiales estructurales del camino libre de la acción de las aguas infiltradas y freáticas, ello implicará que cuando la rasante discurre próxima al terreno, puede aparecer un corte de poca altura, intermitentemente, aun cuando los bordes de la plataforma o de la plataforma de subrasante se encuentren sobre el terreno natural. Estos casos han sido discutidos en 3.303.401(2) y 3.303.5.

Por el lado exterior del foso se debe dejar un espacio libre de al menos dos metros, cuando la vía sea autopista o carretera primaria, para permitir la operación de los equipos de limpieza o como espacio de seguridad ante la posible instalación de servicios.

Las secciones de los fosos serán preferentemente semicirculares, o bien, trapezoidales, dependiendo de posibles condicionamientos geométricos para la sección transversal de la vía.

Los fosos deben ser profundizados hasta una cota que quede al menos 0,50 metros por debajo del extremo más próximo de la plataforma de subrasante, y más aún si se prevén inundaciones prolongadas.

Los fosos, por lo general, vierten a cauces preexistentes. Es necesario tener en cuenta que los caudales desaguados pueden significar una importante alteración, aguas abajo del terraplén, si ellos han de discurrir por cauces que antes funcionaban con un régimen muy distinto. En tales casos, el proyectista debe considerar las obras de disipación y/o encauzamientos que sean necesarias.

3.304.4 LOS CONTRAFOSOS

Los contrafosos son canales que se disponen por sobre la cota de coronamiento del corte, con el fin de evitar la llegada de agua, a veces en cantidades importantes y casi siempre con arrastres, a los taludes de corte de una carretera, proveniente de superficies adyacentes que vierten hacia ella.

La sección transversal del contrafoso o el número de ellos se ajustará a los volúmenes de agua esperados y a la disponibilidad y tamaño de los equipos de excavación.

Los contrafosos pueden influir sustancialmente en los límites de obra. Esto porque la topografía generalmente obliga a alejarlos del coronamiento del corte o porque este alejamiento es necesario para evitar posibles derrumbes por infiltración.

Dependiendo de sus pendientes, los contrafosos y sus bajadas pueden requerir revestimientos, e incluso disipadores de energía. Los efectos de las descargas sobre la propiedad y el dimensionamiento de las obras deben ser objeto de estudios específicos para cada caso.

SECCION 3.305 REPOSICIONES DE SERVICIOS

3.305.1 ASPECTOS GENERALES

La construcción de una carretera o camino, cuando se ejecuta en zonas habitadas, puede afectar una serie de servicios o derechos, cuyas funciones y formas pueden ser interrumpidas o alteradas durante el período de las obras, para luego ser restituidas con plenas funciones, con o sin modificaciones de ubicación o magnitud. Eventualmente, un servicio o un derecho puede ser anulado a raíz de la construcción.

En este caso las compensaciones a que haya lugar deberán ser cotejados con el costo de modificar el proyecto.

Las interferencias pueden ser de varios tipos, siendo las más frecuentes las que interesan a la propiedad, al paso de peatones o vehículos, al riego, a los abastecimientos de electricidad, agua, alcantarillado, gas, teléfonos, fibra óptica y a otros tipos de líneas y tuberías.

Las obras de reposición de los servicios afectados pueden alterar la sección transversal normal de una carretera de manera significativa, especialmente cuando ellas se refieren a caminos laterales; por ejemplo, en carreteras con acceso controlado.

En la presente sección se describirán, en general, aquellos aspectos que el proyectista debe tener en cuenta para definir las secciones transversales de la carretera o camino, en aquellas zonas en las que aparecen obras de este tipo, recordándose que para muchas de estas obras existen normas específicas de las entidades que las construyen, usan y atienden.

3.305.2 CAMINOS DE SERVICIO

Los caminos de servicio son vías auxiliares que discurren sensiblemente paralelas a las vías con control de acceso, y que sirven a este control y a la propiedad adyacente a la vez.

Ellos restituyen el acceso a la propiedad, limitado por la carretera a lo largo de su trazado, y atienden a los desplazamientos locales. Interconexiones ocasionales de los caminos de servicio con la vía principal, frecuentemente en combinación con vías secundarias que la cruzan, permiten el desarrollo de sus zonas marginales sin afectar la condición de tener accesos controlados.

Los caminos de servicio pueden existir a uno o a ambos lados de la carretera o autopista, pudiendo ser de uno o dos sentidos, de acuerdo a los requerimientos de la zona afectada.

Sus secciones en recta deben considerar una plataforma mínima de seis metros cuando se prevean volúmenes superiores a los 50 veh/día, pudiendo reducirse a cuatro metros en caso contrario. La plataforma máxima, así como la existencia y tipo de pavimento en ella, estarán determinados por las características específicas del proyecto.

Los caminos de servicio deben estar situados a una distancia mínima del pie de los taludes de 5,00 metros, medidos entre el pie del talud y el borde interior de la plataforma del camino de servicio.

Si la sección consulta fosos o contrafosos, lo más probable es que ellos queden por fuera del camino, con lo cual sirven de protección a ambas vías. Sin embargo, si por alguna razón ellos fuesen proyectados entre la vía principal y el camino, este último deberá distar a lo menos 2,00 metros del borde de dicho foso o contrafoso y siempre a 5 ó más metros del referido pie, de acuerdo a la exigencia que resulte mayor.

Si la sección contempla otras reposiciones, se debe preferir que ellas discurran por fuera del borde exterior del camino de servicio. Si ha de existir valla, ésta deberá ser situada en su borde interior, asegurando el control de acceso.

Siempre que haya camino de servicio cuyo trazado sea adyacente a la vía, el límite de obra y el límite teórico de expropiación coincidirán y estarán constituidas por el borde exterior del camino en cuestión o de la obra que existe más afuera de él (foso, acequia, tubería, etc.) salvo eventuales regularizaciones del límite de expropiación o previsiones para obras futuras (Véase Sección 3.307).

3.305.3 OTRAS REPOSICIONES DE SERVICIOS

Acequias, tuberías, líneas subterráneas, alcantarillado, etc., son obras que afectan al límite de obra y por lo tanto a la sección transversal de la carretera y a sus límites de expropiación.

Aquéllas que discurran enterradas deben hacerlo a distancia suficientes de las obras de tierra de la vía principal como para que su mantenimiento no afecte a –ni sea afectado por- el funcionamiento de ésta.

Se puede considerar como mínima, en casos favorables, una distancia de 2,00 metros entre cualquiera de estas obras y los pies de taludes de la carretera. Sin embargo, este mínimo debe ser revisado según sea la naturaleza de la reposición y las especificaciones que le correspondan según otras disposiciones vigentes.

Esta distancia de 2,00 metros puede anularse si existe camino de servicio y la reposición se hace por el exterior del mismo.

SECCION 3.306 SECCIONES TIPO

3.306.1 SECCIONES TIPO NORMALES

La Tabla 3.301.1.A resume los anchos de las Secciones Tipo Normales de Carreteras y Caminos, según su Categoría y Velocidad de Proyecto, distinguiendo anchos de pistas, mediana si corresponde, bermas y SAP. Los elementos auxiliares de la sección transversal, tales como cunetas, fosos, contrafosos, etc. se definieron en las Secciones 3.303 y 3.304, debiendo aplicarse a la categoría de la ruta y tipo de suelos en que esta se emplaza.

3.306.2 SECCIONES ESPECIALES; GALIBOS

3.306.201 Aspectos Generales. Las Carreteras y Caminos, a su paso sobre estructuras, bajo ellas o por el interior de túneles, pueden ver afectadas sus secciones transversales. Estas alteraciones no deben afectar a las dimensiones de las calzadas. Se permiten reducciones del ancho de las bermas sólo en algunos casos y cuando se tengan puentes y túneles de longitudes superiores a ciertos valores.

3.306.202 Secciones Transversales Tipo en Puentes. Las diversas situaciones se tratan en detalle en el numeral 3.1003.101 del Capítulo 3.1000 “Puentes y Estructuras Afines”, que incluye la Lámina 3.1003.101.A “Secciones Transversales Tipo de Puentes y Pasos Superiores” y la Tabla 3.1003.101.A “Anchos Mínimos de Tableros en Puentes y Pasos Superiores”.

3.306.203 Secciones Tipo en Pasos Desnivelados. Las definiciones y características propias de estas estructuras se abordan en el Numeral 3.1003.102, distinguiendo:

- Pasos Bajo Nivel (3.1003.102(1))
- Pasos Sobre Nivel (3.1003.102(2))

SECCION 3.307 LA FAJA AFECTADA O DERECHO DE VIA

3.307.1 ASPECTOS GENERALES

El proyecto de una carretera afecta los derechos de propiedad de una faja de terreno y, en los Caminos Nacionales designados como tales por Decreto, los derechos de uso de las franjas adyacentes a cada lado de la primera. La regulación de uso de dichas franjas y sus dimensiones transversales, dependientes de la categoría de la vía, son reguladas con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la obra a lo largo de su vida útil, especialmente si el proyecto considera fases futuras.

La faja de expropiación queda determinada en cada punto de la carretera por sus secciones transversales, en las cuales quedan establecidos los límites de obra y de expropiación teórica.

Los límites de obra se tendrán una vez definido completamente el proyecto; esto es, su cuerpo principal o estructura básica, los elementos externos a dicho cuerpo (presentes o futuros) y las eventuales huelgas que corresponda o convenga dejar entre ellos.

Los límites de expropiación teórica pueden coincidir con los límites de obra o ser externos a ellos si se considera alguna huelga normalizada entre ambos.

Los límites prácticos de expropiación pueden ser los teóricos, si no se producen circunstancias especiales que los hagan crecer o disminuir de una manera que no permita normalización. Los Planos y Documentos, requeridos para materializar el proceso legal de expropiación se desarrollarán según se especifica en la Sección 2.809 del Volumen N° 2.

3.307.2 LIMITES TEORICOS Y REALES DE EXPROPIACION

El ancho teórico de expropiación, y por lo tanto el de la faja afectada, cambiará significativamente de un punto a otro del trazado, ya que éste depende de la diferencia entre las cotas de rasante y de terreno, que puede variar considerablemente; de la inclinación de los taludes de los cortes, que queda determinada por las cambiantes características de los suelos, y de la eventual existencia de elementos externos al cuerpo principal de la obra, tales como caminos de servicio, fosos, contrafosos, etcétera.

Todas estas variables asumen valores determinados una vez completado el proyecto, del mismo modo que las dimensiones transversales de los elementos tipificables de la sección transversal, los cuales se mantienen generalmente constantes a lo largo de la vía.

En ese momento se pueden precisar los límites de la obra, que acotan la franja que los elementos citados ocuparán materialmente al ser ejecutados, y los límites de obra futura si el proyecto contempla más de una etapa y la construcción de las posteriores requiere espacios adicionales.

Es recomendable considerar, para los efectos de la expropiación de terrenos, los límites de obra futura, sobre todo cuando éstos están clara y seguramente definidos. Ello es aún más importante cuando se pueden temer dificultades para el cumplimiento de las prescripciones legales al uso de los terrenos susceptibles de expropiaciones futuras.

En todo caso, la franja a expropiar será la comprendida entre los límites de obra, presentes o futuros, más una franja adicional a cada lado de la primera, cuyo ancho dependerá de la categoría de la carretera y del tipo de obra, sea ésta básica o auxiliar, de tierra o no, que aparezca como límite exterior de la sección transversal en el punto considerado.

Esta franja adicional otorga un espacio que puede servir para varios usos, siendo los más importantes aquéllos que se derivan de las necesidades constructivas y de las del mantenimiento de la obra terminada. También pueden servir como espacio de emergencia para eventualidades, durante la construcción, que no puedan ser resueltas mediante la ocupación inmediata de los terrenos colindantes no expropiados.

Los anchos teóricos mínimos de esta franja adicional, en zonas rurales, se dan en la Tabla 3.307.2.A, en función de la categoría de la vía y del tipo de obra que determina el límite de obra, actual o futura.

TABLA 3.307.2.A
HUELGAS MINIMAS DESEABLES ENTRE LIMITES DE OBRA Y DE EXPROPIACION (m)

<table>
<tr><th rowspan="2">Categoría</th><th colspan="2">Límites de Obra Determinados por:</th></tr>
<tr><th>Camino de Servicio u otra Reposición</th><th>Servicios Públicos y Otra Obra (1)</th></tr>
<tr><td>Autopistas y Autorrutas</td><td rowspan="3">6,00</td><td>6,00 (2)</td></tr>
<tr><td>Carreteras Primarias y</td><td rowspan="2">3,00 (2)</td></tr>
<tr><td>Carreteras Colectoras</td></tr>
<tr><td>Caminos Locales y
Caminos de Desarrollo</td><td>-
-</td><td>0,00</td></tr>
</table>

(1) Excepto obras de contención de tierras
(2) Si existe camino lateral y esta obra discurre por el exterior de él (caso de las reposiciones de servicios) estos anchos puede ser nulos.

Por otra parte, conviene que los elementos externos al cuerpo principal de la obra se sitúen a cierta distancia de éste. En caso de ser estos elementos más de uno, deberán también considerarse otras huelgas entre ellos, con el fin de evitar interacciones indeseables y en previsión de acciones de mantenimiento que puedan requerir espacio para la operación de personas y equipos.

Resulta prácticamente imposible normalizar estas huelgas. Sin embargo, se pueden hacer algunas recomendaciones generales para el caso sencillo de existir sólo un elemento entre el cuerpo principal y el límite de expropiación. Estas recomendaciones se tabulan en 3.307.2.B.

TABLA 3.307.2.B
DISTANCIAS MINIMAS ENTRE PIE DE TALUDES O DE OBRAS DE CONTENCION Y UN ELEMENTO EXTERIOR (m)

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

Estas normas son de tipo general. En muchos casos ellas no podrán aplicarse cabalmente. En efecto, pueden existir algunos elementos del proyecto, como caminos de servicio o contrafosos, que deban ser alejados del cuerpo principal de la carretera, quedando a una distancia que haga inconveniente considerarlas como límites de expropiación. En tales casos, dichos límites serán los que resultan de la situación legal que se genere y de las negociaciones específicas que se desarrollen para evitar expropiaciones excesivas.

También puede ser necesario reducir los valores de las Tablas 3.307.2.A y B donde existan obstáculos –generalmente edificaciones- cuyas expropiaciones signifiquen un alza desproporcionada de los presupuestos correspondientes.

Por último, suele convenir que el límite de expropiación sea una línea con largos tramos rectos, con el fin de facilitar la delimitación y el cercado. En tales casos, el trazado de tales líneas (envolventes) puede hacer aparecer huelgas externas que no son normalizables.

Cuando se han hecho todas estas consideraciones y se han realizado todas las modificaciones que resulten de ellas, se tiene los límites reales de expropiación, que son los que en definitiva determinan dichos presupuestos.

3.307.3 FAJAS DE EXPROPIACION ESTIMADAS

El diseño de una carretera puede verse fuertemente condicionado por las consecuencias económicas y legales de las alteraciones que él determina, debiéndose muchas veces estimar a priori una posible superficie de expropiación, con el fin de evaluar aproximadamente su factibilidad.

Esto se puede hacer considerando una situación de ocurrencia normal, de tal modo que la sección transversal de la vía quede más o menos definida. Así, se pueden dar valores tentativos de dichos anchos de expropiación para los casos más frecuentes, que ilustrarán al proyectista en una primera aproximación al problema.

Una forma de hacer esto es considerar la plataforma (ancho - “a”) discurriendo en un terraplén de dos metros de altura, con sus taludes inclinados en 1,5:1; con sendos fosos de tres metros de ancho a cada lado de la infraestructura y distantes dos metros del pie del terraplén.

Con esto se ha agregado al ancho “a” un ancho “b” que se calcula:

b = 2 x (1,5 x 2,00) + 2 x 2,00 + 2 x 3,00 = 16,00 m.

Luego se distinguen los casos que se esquematizan a continuación, a los cuales se han aplicado los valores de la Tabla 3.307.2.A y huelgas de 2,00 metros entre fosos y eventuales caminos de servicio, que son de seis metros de sección.

Anchos de Plataforma y anchos adicionales por Terraplén, Fosos y Huelgas	**+**	**Anchos Adicionales según tipo de Vía (m)**				
		Accesos sin Controlar		**Accesos Controlados**		
		Primarias y Colectoras	**Locales y Desarrollo**	**Caso 1**	**Caso 2**	**Caso 3**
a + 16,0 m	+	2 x 3,0 = 6	0,00	2 x 2,0 + + 2 x 6,0 = = 16,0	(2,0 + 6,0) + + 6,0 = 14,0	2 x 6,0 = 12,0

Caso 1= Camino de Servicio a ambos lados
Caso 2 = Camino de Servicio a un lado
Caso 3 = Camino de Servicio inexistente

Ejemplo: si se tiene una carretera tipo P(4)-100, con mediana de 6 m de ancho, de accesos controlados y a la cual se pretenda dotar de caminos de servicio a ambos lados, la faja de expropiación estimada tendrá un ancho de:

(a) + (b) + (c)
30,00 + 16,00 + 16 = 62,00 metros

Estos cálculos se pueden afinar de acuerdo con las necesidades y según la disponibilidad de datos que el proyectista pueda manejar previamente.

En la Tabla 3.307.3.A se dan rangos, por categoría de vía, para el ancho de expropiación tipo, aplicando el criterio anterior, los que dependerán en buena medida de la altura de cortes y terraplenes por tramo.

TABLA 3.307.3.A
ANCHOS DE EXPROPIACION TIPO

Categoría	Anchos de Expropiación Tipo (m)
Autopista	80 – 100
Autorrutas y Primarias	40 – 80
Colectoras	30 – 60
Locales	20 – 40
Desarrollo	15 – 30

3.307.4 REGULACIONES AL DERECHO DE USO DE LA PROPIEDAD ADYACENTE

Por último, además de la franja de expropiación, hay que considerar las franjas adicionales, a cada lado de ella, que son objeto de prescripciones legales limitando sus usos. Esta limitación, cuya implementación es materia de Decreto Supremo, se hace en previsión de futuras ampliaciones de la vía y con el objeto de controlar las obras posteriores que puedan aparecer en los márgenes de ésta, encareciendo o imposibilitando dicha ampliación o simplemente entorpeciendo el funcionamiento de la carretera. Por ejemplo: obstaculización de la visibilidad en curvas.

El ancho de estas fajas, que se tabulan en 3.307.4.A según la categoría de las vías, se suma a la faja de expropiación (Tabla 3.307.3.A) para constituir el llamado “Derecho de Vía”.

TABLA 3.307.4.A
DERECHO DE VIA

Clasificación	Faja Limitación de Usos (m)
Autopista *	35 *
Autorruta – Primaria *	35 *
Colectora	20 (Propuesto)
Local	15 (Propuesto)
Desarrollo	10 (Propuesto)

* Si las rutas son Caminos Nacionales, cuentan desde ya con la limitación de uso. En el resto de los casos no existe legislación para implementar las fajas propuestas.

SECCION 3.308 INSTRUCCIONES Y CRITERIOS PARA OBRAS VARIAS

3.308.1 CERCOS

3.308.101 Aspectos Generales. El objeto de los cercos se puede clasificar principalmente bajo tres aspectos:

- Cercos de Control de Acceso
- Cercos de Propiedad
- Cercos en las Medianas

A continuación se describen brevemente cada uno de estos tipos de cercos.

a) Cercos de Control de Acceso*.* Son cercos de propiedad del estado erigidos dentro del derecho de vía del camino para actuar como barreras físicas para impedir el acceso de las personas, animales y vehículos y en general para hacer observar los derechos reservados para el funcionamiento adecuado de Autopistas, Autorrutas y Primarios. Como función secundaria, este tipo de cercos pueden servir como cercos de propiedad.

b) Cercos de Propiedad*.* Son estructuras erigidas a lo largo de las líneas que delimitan la faja de expropiación, o derecho de vía, respecto de la propiedad adyacente. Pueden ser construidos por el propietario o por el Fisco durante la construcción del camino pero su mantenimiento corresponde siempre al primero.

c) Cercos en las Medianas. Son elementos de propiedad del estado, los cuales están constituidos por un cerco de malla longitudinal para prevenir cruces indiscriminados a través de la mediana de vehículos o peatones. En general este tipo de barreras físicas no son deseables a menos que existan aquellas que se describen en a) y de existir aquellas normalmente no tienen sentido estas, salvo como control antideslumbramiento.

Los cercos de propiedad también pueden ser de propiedad fiscal y en ese caso deberán cumplir, en general, con las especificaciones impartidas en este Manual, de acuerdo a las especificaciones de construcción y a los planos del Volumen N° 4 de Obras Tipo.

3.308.102 Tipos de Cercos Fiscales. Los siguientes serán los tipos de cerco que serán usados en las obras viales:

3.308.102(1) Tipo 5AP-N y 5AP-D. Cinco alambres de púas dispuestos en postes de madera. Adecuados para caminos Colectores, Locales y de Desarrollo. (Ver Volumen N° 4 – 4.301.001).

3.308.102(2) Tipo 7AP-N y 7AP-D. Siete alambres de púa dispuestos en postes de madera. Adecuados para caminos Colectores y Carreteras Primarias con control parcial de acceso. (Ver Volumen N° 4, Lámina 4.301.002).

3.308.102(3) Tipo 7 AM-N y 7 AM-D. Cerco de alambres de púas con malla en la parte inferior. Adecuados en las Autopistas, Autorrutas y Primarios con Control Total de accesos, en zonas con baja y media densidad poblacional (Ver Volumen N° 4, Lámina 4.301.003).

3.308.102(4) Tipo S.M. Cerco de secciones de mallas metálicas, enlazadas. Las secciones de la estructura son corrientemente, prefabricadas. Obligatorios en Autopistas y Autorrutas en zonas de alta densidad poblacional, en especial en zonas suburbanas y enlaces (Ver Volumen N° 4, Lámina 4.301.004).

3.308.102(5) Tipo T. Cerco de troncos rollizos. (Existentes en zona Sur y Austral)

3.308.102(6) Tipo P. Pirca hecha de albañilería de piedras en seco. (Existente en diversos caminos Locales)

3.308.103 Características de Uso de los Diversos Tipos de Cercos. No se instalarán cercos en los lugares en que existan muros o cercos a lo largo del derecho a vía y provean una barrera satisfactoria o cuando la violación de acceso es una posibilidad remota (Por ejemplo en zonas desérticas del norte del país). Cuando sea necesaria su instalación, ésta se hará de acuerdo a la categoría del camino según las siguientes pautas.

3.308.104 Autopistas y Autorrutas. Deben usarse los tipos SM y 7 AM de acuerdo con el grado de control de acceso que tenga la carretera y el peligro de violación que exista.

3.308.105 Primarios y Colectores. Se usarán los tipos 7 AM y eventualmente 5 A.P. en Colectores.

3.308.106 Locales y Desarrollo. En estos caminos el proyectista podrá usar el tipo 5 A.P. y eventualmente el Tipo T de troncos, para aprovechar la madera que se pueda obtener en el roce y despeje de la faja o el tipo P cuando en el terreno abunden piedras sueltas, previa su justificación económica, y con el objeto de reparar o completar pircas de piedra existentes.

3.308.107 Ubicación de los Cercos. En las Autopistas, Autorrutas y Caminos Primarios, si existen caminos de servicio, los cercos de Control de Acceso se ubicarán dentro del derecho de vía, de acuerdo a la Lámina 3.308.107.A. En los otros caminos y demás situaciones, a lo largo de la línea demarcatoria de la faja de expropiación.

Los cercos de malla cuando se miran en forma oblicua, obstruyen la visibilidad , por lo tanto habrá que tener en cuenta este hecho cuando se proyecten cercos en intersecciones y curvas del camino.

3.308.108 Portones

3.308.108(1) En Autopistas y Autorrutas. Se podrán construir portones únicamente para los siguientes fines:

a) Para facilitar el mantenimiento de la vía
b) Para acceso de equipo de emergencia
c) Para acceso de instalaciones de utilidad pública cuando haya que incurrir en recorridos demasiado largos para el mantenimiento de dichas instalaciones.

Cuando se provean portones en el diseño, éstos deben ser plenamente justificados con el informe respectivo. En la Lámina 4.301.201 del Volumen N° 4 Planos de Obras Tipo se ilustran los tipos de portones dobles y simples.

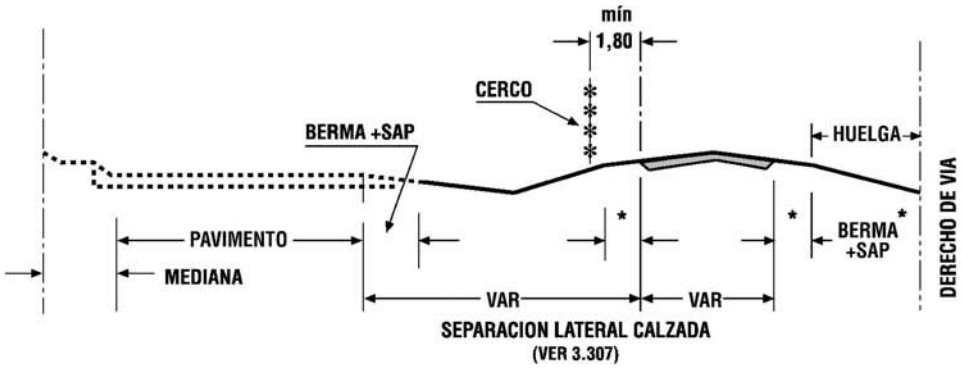
3.308.108(2) Otros Caminos. En éstos los portones se limitarán a uno por propiedad, en lo posible, siguiendo las recomendaciones sobre accesos del Capítulo 3.100.

3.308.109 Medianas. En las medianas pueden consultarse los cercos de malla tipo SM por constituir ésta una efectiva barrera contra el deslumbramiento, no resultan adecuados por sí solos para controlar el movimiento de peatones y animales pues ellos no impiden el ingreso de estos a la calzada.

3.308.110 Delimitación de la Propiedad. El Fisco construirá o pagará los cercos de delimitación de propiedad solamente como parte del costo del derecho de vía y estará limitado a:

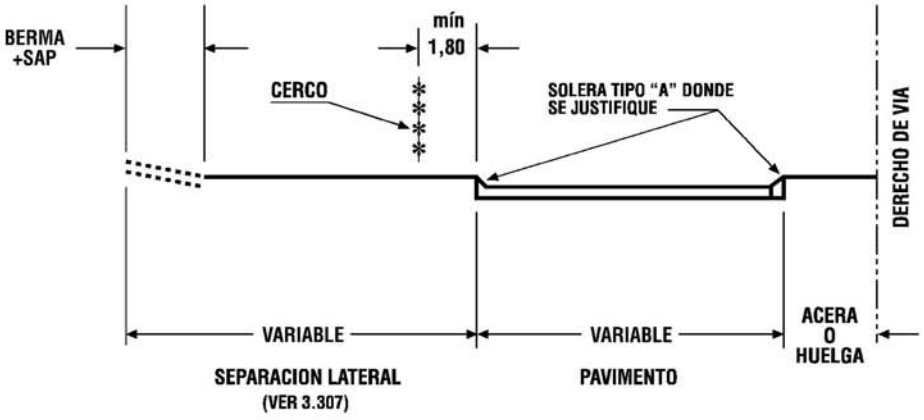
a) La reconstrucción o reemplazo de cercos existentes
b) La construcción de cercos a través de propiedad que ha estado previamente cercada en forma adecuada a las necesidades del predio. En caso contrario se aplicará solamente el criterio de acceso al camino de acuerdo a lo expuesto en 3.308.103.

AUTOPISTAS



DIMENSIONES CALZADA, BERMAS Y SAP SEGUN ESTANDAR DEL PROYECTO

CAMINOS PRIMARIOS



DIMENSIONES CALZADA, BERMAS Y SAP SEGUN ESTANDAR DEL PROYECTO

3.308.2 BARRERAS DE SEGURIDAD

3.308.201 Objetivo. Las Barreras de Seguridad son elementos especialmente diseñados, que se ubican convenientemente en las carreteras, con los siguientes objetivos:

a) Prevenir accidentes delineando mejor el camino.
b) Reducir la severidad de los accidentes, conteniendo y redireccionando los vehículos que chocan a una dirección más segura
c) Reducir los accidentes por cruce de la mediana.

3.308.202 Diseño y Colocación. Las barreras se instalan en el SAP, en las medianas, o en las aproximaciones de los puentes y zonas en que existen obstáculos laterales. En caminos de calzadas separadas pueden ser colocadas al centro, a la derecha o izquierda de la mediana de acuerdo a su justificación técnica, o bien a ambos lados de la mediana.

Las normas, criterios e instructivos disponibles a la fecha de edición de este volumen, referentes a calidad, tipo y forma de instalación de las Barreras de Seguridad, son:

- Norma Nch 2032/2-1999 “Sistemas de Contención Vial – Parte 2: “Barreras Metálicas de Seguridad”.
- Disposiciones de la Dirección de Vialidad sobre Sistemas de Contención
- MC Volumen N° 4 – Capítulo 4.300 “Elementos de Control y Seguridad”
- MC Volumen N° 3 – Capítulo 3.300 – Tópico 3.302.5 “La Mediana” y Lámina 3.303.302(1).A

Se considerarán incorporadas al Volumen todas las actualizaciones y modificaciones que se sancionen posteriormente.

El Estudio Definitivo de los proyectos viales debe detallar el Tipo de Barrera a emplear, su localización y particularidades de instalación; todo ello en conformidad con lo expuesto en los documentos citados precedentemente.

No obstante lo anterior, se citan a continuación algunos criterios básicos fundamentales.

La sección inicial de la barrera deberá ser curvada hacia fuera y el extremo doblado para evitar que presenten un extremo anguloso hacia el tránsito que se aproxima.

En las barreras colocadas en curvas de radios inferiores a 500 m y en los sectores de menos de 60 m de largo, se deberán instalar dispositivos reflectores poste por medio.

En las curvas de radio mayor que 500 m o en las barreras de largo mayor de 60 m se colocarán dichos dispositivos en un poste de cada cuatro.

En los casos en que se dispongan delineadores reflectorizados en la parte exterior de las barreras, los dispositivos reflectantes pueden ser omitidos. Cuando la berma del camino esté provista de una solera montable la barrera se colocará de modo que su superficie interna quede 0,05 m sobresaliendo del pie de la solera, independientemente del ancho de la berma. Esto tiene por objeto evitar que la solera actúe como trampolín impulsando el vehículo fuera de la pista, pasando por sobre la barrera. Cuando la solera no es montable, la cara interior de la barrera debe estar a plomo con la faz interior de la solera. Si por alguna razón se desea colocar la barrera detrás de la solera, el alto de la barrera debe aumentarse en el alto de la solera.

3.308.203 Barreras de Seguridad en la Plataforma. La necesidad de barreras en la plataforma está generalmente, determinada por los siguientes factores:

a) Altura y Talud del terraplén
b) Trazado
c) Ancho de la plataforma
d) Estadística de accidentes
e) Velocidad y volumen del tránsito
f) Visibilidad, y
g) Condiciones climáticas

En el Numeral 3.303.302 se establecen los criterios generales respecto del empleo de Barreras de Contención en función del TMDA de la ruta, altura y talud de los terraplenes, radio de las curvas.

Los sectores que pueden presentar condiciones adversas de neblina, hielo o nieve o sectores de camino con tránsito de alta velocidad o elevado volumen, justifican la consideración de barreras de seguridad.

Se debe estudiar la necesidad de barreras especialmente en los siguientes casos:

a) Súbitas restricciones del ancho del camino
b) Curvas aisladas insertas en un tramo de trazado amplio (Trazados Existentes)
c) Cepas y estribos de pasos superiores; muros de boca de obras de arte; árboles y otras obstrucciones permanentes.

3.308.204 Barreras de Seguridad en Aproximaciones a Puentes. Se deberán colocar barreras en los extremos de todos los puentes.

3.308.204(1) Criterio de Colocación. En carreteras multipistas con una mediana que se prolonga a lo largo de la estructura, la barrera debe colocarse solamente a la derecha del tránsito que se aproxima. En caminos multipistas con estructuras separadas para cada dirección de tránsito, las barreras debe colocarse a derecha e izquierda del tránsito que se aproxima.

En caminos de dos pistas, la barrera se colocará a la derecha, solamente, en los puentes que tengan un ancho superior al ancho del pavimento más 1,50 m. En los puentes de ancho inferior se colocarán barreras a ambos costados de la entrada.

3.308.204(2) Largo. La longitud de la barrera de acceso a los puentes depende de la diferencia de ancho entre las soleras del puente y las líneas exteriores de las bermas. Conocida esta diferencia, el largo se puede obtener de los planos del Volumen N° 4 Planos de Obras Tipo.

3.308.204(3) Peatones. Si se espera que un número importante de peatones use las veredas del puente, éstas se deben proteger con barreras adecuadas.

3.308.205 Barreras de Seguridad en Obstrucciones en Autopistas y Caminos Primarios. Con el objeto de reducir la posibilidad de accidentes en los caminos mencionados, deberán colocarse barreras en las obstrucciones que estén a menos de 3,5 m de la orilla del pavimento, tales como, postes de señalización, machones y estribos de pasos superiores y extremos de muros de sostenimiento de tierra.

3.308.3 SEÑALIZADORES Y DELINEADORES

3.308.301 Aspectos Generales. Los señalizadores serán elementos que permitirán identificar y ubicar las obras de arte y drenaje.

3.308.301(1) Alcantarillas. En el eje de estas estructuras se colocarán dos señalizadores, uno en cada extremo siempre que sean fácilmente visibles desde la calzada, en caso contrario deben colocarse adyacente a las bermas.

Cuando coincida la ubicación de un señalizador de drenaje, con la de los delineadores, aquél debe hacerse parte de la instalación. En este caso la separación de los delineadores se debe ajustar para dar cabida al señalizador de drenaje y si aquéllos se encuentran reflectorizados debe hacerse lo mismo con este señalizador.

3.308.301(2) Drenes. En general un dren requiere un señalizador, colocado en el eje del ducto y opuesto a la salida. Se deben colocar señalizadores adicionales cuando los registros o cámaras no sean fácilmente ubicables.

Los señalizadores de drenaje se construirán de acuerdo a los planos tipo y deberán contener claramente marcadas las palabras “Alcantarilla” o “Dren”, según sea el caso, además del kilometraje de la ubicación.

3.308.302 Delineadores. La política para la colocación y ubicación de delineadores está contenida en el documento "Proyecto de Sistemas de Contención Vial - Dirección de Vialidad (Junio 2001) y su construcción se hará de acuerdo a los planos tipo del Volumen N° 4 Planos de Obras Tipo.

3.308.4 PARALELISMOS EN CAMINOS PUBLICOS

3.308.401 Aspectos Generales. Se entiende por "paralelismo" toda instalación u obra cuya conformación, disposición o emplazamiento, requiera ocupar los terrenos de la faja vial de un camino público, siguiendo el sentido longitudinal de ella, dentro de sus líneas de cierres o entre las líneas oficiales establecidas por los planes reguladores en el caso de las calles o avenidas declaradas caminos públicos.

3.308.401(1) Disposiciones Legales Pertinentes. La ocupación de la faja de los caminos públicos con obras de paralelismos, deberá atenerse a lo dispuesto en el artículo 41 del DFL MOP N° 850, de 1997, publicado en el Diario Oficial de 25 de Febrero de 1998, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 15.840, Orgánica del Ministerio de Obras Públicas y del DFL MOP N° 206, de 1960, Ley de Caminos.

También son aplicables a este tipo de obras el artículo 36 del DFL MOP N° 850, de 1997 ya citado, y los artículos Nos. 102 y 165 de la Ley N° 18290 (Ley de Tránsito).

3.308.401(2) Requisitos Exigibles. Solamente se autorizará el uso de las fajas de los caminos públicos, para los efectos de ejecutar instalaciones de paralelismos, si dichas instalaciones cumplen con lo señalado en el inciso cuarto del artículo 41 del DFL MOP N° 850, de 1997, esto es:

a) Que la instalación o tendido no se oponga al uso de los caminos públicos, sus fajas adyacentes, pasos a nivel y obras de arte, o al uso de túneles o puentes;
b) No afecten la estabilidad de las obras, la seguridad del tránsito o el desarrollo futuro de las vías;
c) No obstruyan o alteren el paso de las aguas;
d) No produzcan contaminación ni alteración significativa, en cuanto a magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona; y
e) Que su otorgamiento sea posible, teniendo en cuenta las instalaciones anexas ya autorizadas.

3.308.401(3) Servicios Facultados Legalmente para Solicitar Autorizaciones. Existen disposiciones legales que facultan a ciertos Servicios para utilizar bienes nacionales de uso público, como es el caso de las fajas de terreno de los caminos públicos, con sus instalaciones. Sin embargo, este derecho debe ejercerse sin afectar el uso o finalidad principal de los caminos y cumpliendo las normas técnicas y reglamentarias correspondientes y en la forma y condiciones que la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas lo autorice.

Entre estos servicios, se encuentran:

- Los Servicios Sanitarios: Ley General de Servicios Sanitarios, DFL MOP N° 382 de 1988, modificada por LEY N° 19.549 de 1998.
- Los de Distribución de Gas: Ley de Servicios de Gas, DFL N° 323 de 1931 del Ministerio de Economía y Ley 18.856 de 1989.
- Los servicios Eléctricos: DFL N° 1 de 1982 del Ministerio de Minería y Ley N° 18.341 de 1984.
- Los de Telecomunicaciones: Ley General de Telecomunicaciones, Ley N° 18.168.

En todos estos casos, y en cumplimiento a lo dispuesto en la Ley de Caminos, las compañías interesadas en usar la faja de los caminos públicos deberán presentar ante la Dirección de Vialidad la respectiva solicitud de autorización, quien fijará la forma y condiciones de la misma.

3.308.402 Presentación de Solicitudes de Paralelismos. Las solicitudes de autorización de paralelismos **deberán cumplir con todos los requisitos establecidos en las disposiciones vigentes al efecto,** documentos que podrán ser solicitados a la Dirección de Vialidad.

Las solicitudes deberán ser presentadas por las personas naturales o jurídicas, propietarias del paralelismo o por los concesionarios de tales instalaciones, y no por Contratistas de construcción, proyectistas, consumidores o beneficiarios de la misma.

3.308.5 ATRAVIESOS EN CAMINOS PUBLICOS

3.308.501 Aspectos Generales. Se entiende por "atravieso" toda instalación u obra constituida por conductos varios o líneas aéreas cuya conformación, disposición o emplazamiento requiera cruzar transversalmente los terrenos de la faja vial de un camino público, definida por sus líneas de cierre, o entre las líneas oficiales establecidas por los planos reguladores en el caso de las calles o avenidas declaradas caminos públicos.

A modo ilustrativo y sin que la enumeración sea limitativa, se mencionan a continuación varios ejemplos considerando los tipos de gases, líquidos y sólidos que por ellos se transportan:

Conductos:

- Agua Potable
- Aguas Servidas y/o Colectores de Aguas Lluvias
- Desechos Industriales
- Petróleo y Derivados
- Gases y Vapores
- Minerales
- Productos Industriales

En cuanto a líneas aéreas conducidas mediante postaciones, destinadas al transporte de energía o impulsos eléctricos, cabe mencionar:

- Líneas Eléctricas de Baja, Media o Alta Tensión.
- Líneas de Telecomunicaciones
- Líneas Telegráficas.

Eventualmente las líneas de energía, telecomunicaciones y similares podrán requerir de atraviesos para cruzar la faja fiscal mediante conductos.

3.308.501(1) Disposiciones Legales y Normas Pertinentes. El diseño, cálculo, construcción y mantenimiento de los atraviesos en caminos públicos, deberá ceñirse a lo establecido en los siguientes documentos vigentes a la fecha de edición de este Volumen N° 3 del Manual de Carreteras y por las modificaciones posteriores o nuevos documentos dictados al efecto por las autoridades competentes.

- DFL MOP N° 850 de 1997, publicado en el Diario Oficial de 25.02.98, que fija el texto actualizado de la Ley N° 15.840 y del DFL N° 206 de 1960, Ley de Caminos y sus Modificaciones posteriores.
- Volúmenes del Manual de Carreteras, Dirección de Vialidad, en particular lo relativo a la Operación 7.301.5"Cruce de Servicios" que figura en el Volumen N° 7 "Mantenimiento Vial".
- Métodos y Especificaciones LNV, Laboratorio Nacional de Vialidad, las que serán próximamente reemplazadas por el contenido del Volumen N° 8 del Manual de Carreteras "Especificaciones y Métodos de Muestreo, Ensaye y Control".
- Standard Specitications for Highway Bridges, AASHTO. (1996), y sus modificaciones posteriores.
- Normas del Decreto N° 63 de 1986 y sus modificaciones posteriores, del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, sobre Señalización y Medidas de Seguridad cuando se efectúan Trabajos en la vía Pública, las que serán próximamente complementadas por el contenido de Volumen N° 6 del Manual de Carreteras "Seguridad Vial".
- Normas NSEG 5 E.n.71 y NSEG 6 E.n.71, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- Ley de Tránsito N° 18.290 de 1984 y sus modificaciones posteriores.

3.308.501(2) Requisitos Exigibles. Son válidas las exigencias enumeradas en 3.308.401(2) reemplazando el concepto de “paralelismo” por el de “”atravieso”.

3.308.501(3) Servicios Facultados Legalmente para Solicitar Autorización. Son los mismos que se enumeran en 3.308.401(3).

3.308.502 Presentación de Solicitudes de Atraviesos. Las solicitudes de autorización de atraviesos deberán cumplir con todos los requisitos establecidos en las disposiciones vigentes al efecto, documentos que podrán ser solicitados a la Dirección de Vialidad.

Las solicitudes deberán ser presentadas por las personas naturales o jurídicas, propietarias del atravieso o por los concesionarios de tales instalaciones, y no por Contratistas de construcción, proyectistas, consumidores o beneficiarios de los mismos.

SECCION 3.309 TRATAMIENTO DE ZONAS MARGINALES

3.309.1 ASPECTOS GENERALES

3.309.101 Objeto. El tratamiento de las zonas marginales de la carretera, que en el caso de los caminos unidireccionales incluye la mediana, cumple propósitos funcionales y estéticos. Entre los primeros se destacan el control de la erosión, la arena y la nieve el control de los deslumbramientos, la amortiguación de los ruidos en zonas urbanas y el realzar los cambios de dirección del camino para orientar al conductor. El segundo propósito ha adquirido cada vez más importancia en las carreteras modernas, porque se ha comprobado que un trazado integrado al paisaje y con un conveniente desarrollo de los valores escénicos, al hacer el viaje más placentero, disminuye el cansancio de los conductores, contribuyendo a la seguridad del camino. Por otra parte tiene importancia económica al aumentar el valor de los terrenos circundantes y contribuir el equilibrio ecológico, lo que por lo general, hace rentables las inversiones que se efectúan con dichos fines.

3.309.102 Principios Generales. Los objetivos perseguidos en el tratamiento de las zonas marginales se logran a través de un cuidadoso planeamiento que incluye las etapas de trazado, construcción, diseño de estructuras, plantíos y establecimientos de zonas de esparcimiento y descanso. Nos referiremos a cada una en particular.

3.309.2 TRAZADO

3.309.201 Selección de Ruta. En esta etapa es de gran ayuda la topografía aérea, la cual permite una clara apreciación de rutas alternativas en relación con las formas topográficas y el uso de la tierra. El proyectista trazará su ruta tratando de hacer el menor daño a la propiedad y aprovechará los predios que queden aislados, por carreteras de acceso restringido, para crear zonas de descanso o desarrollar valores escénicos. Igualmente aprovechará los terrenos de poco valor agrícola para ensanchar la mediana y plantar o preservar bosquecillos que intercepten el deslumbramiento causado por el tránsito en la calzada opuesta.

3.309.202 Expropiaciones. En las zonas de riego, al efectuar las expropiaciones, se deberá reservar para el Fisco los derechos de agua inherentes para aprovecharlas en los plantíos y cultivos propios del tratamiento de las zonas laterales y de la mediana.

3.309.203 Alineamiento Horizontal. La tendencia actual es evitar las rectas largas; pero al mismo tiempo trazar curvas sin un propósito definido no es recomendable. El alineamiento debe estar compuesto de suaves curvas que se adapten al terreno, como las que resultan de aplicar una regla flexible sobre la representación topográfica de la ruta. La curva que se presta mejor para este objeto es la clotoide o espiral de transición. Sin embargo, se usarán alineamientos rectos en las zonas planas en donde no existan justificaciones culturales o naturales que hagan recomendable una desviación del trazado. No obstante ello, al final de dichas rectas la primera curva deberá permitir una Velocidad Específica concordante con la V85% correspondiente.

En caminos de menor importancia se tratará de conseguir una buena adaptación al terreno, que perturbe lo menos posible las formas naturales.

El alineamiento curvilíneo provee al usuario con un paisaje cambiante que lo releva de la monotonía y al mismo tiempo le evita, en los paisajes nocturnos, el deslumbramiento provocado por los faros, en forma prolongada.

El proyectista evitará las curvas en el mismo sentido unidas por una recta demasiado corta, llamadas también de lomo quebrado, porque presentan un aspecto antiestético y crea problemas de transición del peralte. Por otra parte no deberá vacilar en cambiar la ubicación de su trazado si con ello puede desarrollar una bonita vista o conservar características naturales como ser una ribera, playa o un bonito conjunto de árboles.

3.309.204 Alineamiento Vertical. Esta etapa del diseño no tiene importancia como el trazado en horizontal para los efectos estéticos de la carretera. La relación entre las pendientes y las curvas verticales están controladas, fundamentalmente, por las distancias de visibilidad mínimas requeridas por la velocidad de diseño. Sin embargo, es beneficioso para la apariencia del camino, adoptar radios de curvas verticales mayores que los estrictamente necesarios, especialmente en las curvas cóncavas, el largo de las cuales debe sobrepasar el determinado por el alcance de los faros en la noche. En todo caso la coordinación de la planta y el alzado deberá lograrse respetando las directrices contenidas en 3.205.

Las pendientes deben disminuirse en las intersecciones o en cualquier lugar donde se quiera inducir al conductor a levantar la vista del pavimento para mirar alrededor, como en el caso de una vista interesante, por ejemplo.

El proyectista recurrirá al arquitecto paisajista para los efectos de considerar la comodidad óptica de su proyecto, que tiene relación con la Perspectiva Lineal del camino, El Campo de Visión Descansada y otros conceptos que se están desarrollando actualmente para hacer de las carreteras un elemento agradable, además de útil. En el caso que no se cuente con el concurso del especialista mencionado, podemos decir como norma general que una relación armónica entre los alineamientos verticales y horizontales (Ver 3.205) convenientemente integrados a la topografía dará como resultado, en la generalidad de las situaciones, un aspecto estéticamente aceptable.

3.309.205 La Sección Transversal

3.309.205(1) Bermas. En los caminos en que las bermas tengan tránsito ocasional o en los que las usen como cunetas, se recomienda pavimentarlas con un recubrimiento contrastante en color y textura. En las regiones húmedas, las bermas cubiertas con césped sobre el estabilizado de grava que se especifica con fines estructurales, dan excelente resultado, tanto desde el punto de vista de las cargas ocasionales que debe resistir como desde el ángulo estético, y de seguridad, por el buen contraste que ofrece con el pavimento.

3.309.205(2) Drenaje Superficial. El diseño para el drenaje superficial ha cambiado fundamentalmente en los últimos años. En vez de los fosos laterales en V o trapezoidales, tan peligrosos para los vehículos que se salen de la calzada y difíciles de mantener, se diseñan anchos canales de poco fondo. Este tipo de foso lateral aparece a la vista del usuario como una depresión natural, la cual se recubre con césped. La mantención con segadoras mecánicas se hace fácil en atención a las suaves pendientes de los bordes del canal que se diseñan con taludes de 4:1 o menores.

Con el objeto de interceptar las aguas que bajan de las zonas adyacentes, se construyen canales interceptores o contrafosos, como se les denomina, sobre los cortes. Los colectores para evacuar las aguas acumuladas por los contrafosos, cerro abajo, se pueden construir como canales revestidos con césped en los taludes menores de 4:1 y revestidos con albañilería de piedras en los mayores. A estas últimas se le puede dar una apariencia de torrente natural en las zonas de belleza rústica sin un mayor costo adicional. Cuando la inclinación y altura del corte obliguen al empleo de tuberías, éstas deben ir empotradas en el talud y ocultas a la vista, por razones de seguridad en el diseño que en este caso coinciden con los requerimientos de la estética.

3.309.205(3) Perfiladura de los Taludes. Del diseño de la sección transversal, es la perfiladura de los taludes la parte que tiene más significación en el control de la erosión y en el aspecto de la carretera.

El ancho de las calzadas, bermas y fosos laterales está determinado por normas; pero el talud de cortes y terraplenes debe ser estudiado para satisfacer las condiciones del lugar. Por otra parte, el derecho de vía no debe limitar las características del perfil transversal, sino que éstas deben fijar el ancho de la faja requerido. Teniendo el espacio necesario, el diseñador preferirá los taludes tendidos sobre lo requerido por el ángulo de reposo de las tierras. Un talud suave reduce la probabilidad de erosión, permite

el fácil asentamiento de vegetación, favorece el mantenimiento mecanizado del césped y en general produce una apariencia más natural y por lo tanto más agradable del camino. Este mayor tendido de los taludes, puede ser obtenido económicamente a través de una buena disposición de costos con las barreras camineras, que se pueden suprimir cuando se tienen taludes de terraplén inferiores a 4:1 y la altura no supera los 4,0 m.

Los taludes tanto de cortes como de terraplenes se alabearán de acuerdo a lo establecido en el Tópico 3.305.5 y los bordes se redondearán para impartir de este modo una apariencia más natural al movimiento de tierras y al mismo tiempo reducir las posibilidades de erosión.

3.309.3 CONSTRUCCION

3.309.301 Especificaciones. La apariencia final de las zonas laterales del camino dependerá principalmente de la forma en que sean tratadas durante la construcción las características naturales o culturales, existentes en el sitio, que sean dignas de ser preservadas. Para asegurar que este tratamiento no dependa del eventual interés que pueda tener la inspección o el constructor en la materia, el proyectista deberá apreciar en el terreno los trabajos a ejecutar y el modo en que se deben realizar para un debido tratamiento de las zonas marginales desde los puntos de vista funcional y estético, y consignarlos detalladamente en las especificaciones del proyecto.

3.309.302 Yacimientos y Depósitos. Las excavaciones necesarias para rellenos de tierra y los depósitos de los excedentes afectan el paisaje del camino por muchos años y muchas veces se convierten en fuente de accidentes para hombre y animales. En general, no se permitirán empréstitos o depósitos a la vista desde el camino, salvo que cumplan con los requerimientos que siguen:

(1) Que se establezca una cortina de árboles que impida la vista desde el camino.
(2) Que se conformen las excavaciones de empréstitos cuando no existen facilidades de drenaje, para asemejar laguna natural, o los montículos de depósitos, lomas de suaves pendientes convenientemente plantadas.
(3) Cualquiera que sea la ubicación del empréstito se debe especificar taludes naturales de los bordes y hacer la excavación abierta y con la pendiente suficiente para que tenga un drenaje natural.
(4) En cualquiera de las situaciones el requerimiento básico es que las formas topográficas resultantes tengan una apariencia natural.
(5) En el caso que el empréstito consista solamente en un escarpe para obtener tierra vegetal, la depresión resultante deberá ser cultivada y sembrada nuevamente.

3.309.303 Roce de Descepe. Esta es la primera fase de la construcción del camino y es aquí donde el constructor deberá contar con claras especificaciones que le indiquen entre otras, que el proyectista estime conveniente, las siguientes instrucciones:

- El roce de la vegetación natural deberá ser el mínimo que baste para asegurar las condiciones de visibilidad y el gálibo del camino.
- Se indicará claramente las singularidades del terreno que deben salvarse, como afloramientos de rocas, líneas de playas, árboles, etc. y la forma en que se deberán proteger, incluso el mantenimiento, reparación y riego de los árboles.
- En el descepe se incluirá el raleo selectivo de zonas marginales boscosas. Este es un método de estética forestal que al eliminar la maleza, árboles de mala apariencia y renovales que existen haciéndose mutua competencia, obtiene un notable mejoramiento del aspecto del bosque, superando fácilmente en belleza cualquier plantío artificial y con un menor costo y plazo que estos últimos.
- En esta etapa se deberán salvar los materiales provenientes del escarpe de la tierra vegetal, para ser depositada posteriormente en los taludes del camino y en los plantíos de la mediana. Esta operación se considerará convenientemente en el gráfico de compensación de tierras. También es recomendable salvar los árboles pequeños y arbustos que puedan ser trasplantados.

3.309.4 ESTRUCTURAS

3.309.401 Puentes. Desde el punto de vista de la estética el interés está centrado en la línea, forma, proporción y textura de los materiales, usado en los puentes. La decisión al respecto debe corresponden al arquitecto paisajista. Como norma general podemos estatuir que la practica moderna ha abandonado la ornamentación extraña y la simulación de estructuras o texturas que no corresponden a la del diseño, o del material realmente empleado. En las estructuras de enlace y cruce de los caminos de acceso restringidos, que son las que más se aprecian desde la carretera, se están adoptando formas simples, constituidas por tableros abiertos apoyados en vigas y columnas, con poco énfasis en los estribos, bajo la idea general que sean lo menos obstrusivos posibles.

3.309.402 Muros de Alcantarillas. Los muros de alcantarillas deberán tratarse desde el punto de vista estético, solamente si quedan al alcance de la vista de los usuarios.

3.309.5 PLANTACIONES

3.309.501 Diseño de Plantaciones para Caminos. El diseño de plantaciones se divide en dos gruesas categorías: la paisajista y la funcional. La primera con fines primordialmente estéticos; la segunda para contribuir a la mejor operación, seguridad y mantenimiento del camino.

3.309.502 Paisajismo

3.309.502(1) Aspectos Generales. Consiste esta técnica en diseñar el camino como una parte integral del paisaje y desarrollar las márgenes para el mejor aprovechamiento y gozo del usuario. Este objetivo se logra a través de tres características principales: formas topográficas armoniosas, césped contínuo y bien mantenido, y árboles y arbustos atractivos.

3.309.502(2) Areas Urbanas. El paisajismo se aplica casi exclusivamente en áreas urbanas con el objeto de preservar y mejorar el valor de la propiedad afectada por el proyecto, siendo secundario el papel funcional. Desde el punto de vista estético los árboles del mejoramiento se unen a los que generalmente existen en las zonas urbanas para disminuir la prominencia de los edificios en el panorama.

3.309.502(3) Enlaces a Intersecciones. El efecto de los árboles y arbustos es más destacado en los enlaces e intersecciones que en ninguna otra parte del camino. Ellos contribuyen a subordinar los macizos elementos de las estructuras y a convertir las extensas áreas requeridas por el diseño de los enlaces en parque que beneficien la comunidad. Igualmente los taludes de las rampas deberán ser cubiertos con césped o con enredaderas aunque para ello sea necesario proveerlos de sistemas de regadío.

3.309.503 Plantaciones Funcionales

3.309.503(1) Control de la Erosión. Las plantaciones han probado ser muy eficientes en esta función. Para taludes con fuerte inclinación se recomiendan las enredaderas y para pendientes menores al césped. En zonas rurales es preferible escoger las variedades de plantas, arbustos o árboles propios del lugar.

3.309.503(2) Control de la Nieve y la Arena. Es conocido el fenómeno del depósito de nieve y arena sobre los caminos, cuando el viento que los arrastra disminuye de velocidad después de pasar sobre un obstáculo. Los depósitos de arena son más corrientes en nuestro país que los primeros y de efectos mucho más permanentes. En atención a lo complejo del problema cada caso deberá ser estudiado en particular. En este capítulo nos referiremos únicamente a los métodos que tienen que ver con plantaciones.

Las barreras de árboles y arbustos tienen aplicación tanto para el control de la nieve como de la arena. Estas se pueden colocar a sotavento o a barlovento dependiendo de la conformación del terreno y de la distancia de la calzada al obstáculo. Como instrucción general podemos decir que hay que acelerar el viento sobre la calzada para impedir el depósito de los elementos de suspensión, lo que se logra haciendo más aerodinámica las formas de movimiento de tierras, además de la formación de barreras en la ubicación conveniente. Esto significa disminuir los taludes de terraplenes y cortes a sotavento y colocar las barreras al otro lado del camino, o si se pone al mismo lado de donde soplan los vientos prevalecientes, recordar que los depósitos se forman después de la barrera por lo que ésta deberá estar alejada de la calzada quince a veinte veces su alto, para que las acumulaciones de arena o nieve no la invadan.

3.309.503(3) Plantaciones para Guiar el Tránsito. Se utilizarán hileras de árboles en el lado exterior de las curvas pronunciadas para advertir al conductor el cambio de dirección. Se usarán también en las curvas verticales para advertir, a través de la disminución de altura de los árboles al costado del camino que se aproxima una bajada y apreciar su probable pendiente. Esta técnica tiene menos significación en los caminos de alta velocidad, donde se requiere curvas de gran radio y alta visibilidad y donde los árboles tienen que estar alejados a una distancia segura de la calzada. En estos casos las plantaciones se usarán para enfatizar los lugares de conflicto, colocándolos en el ángulo de vías divergentes, o para contrastar los obstáculos y barreras camineras.

3.309.503(4) Plantaciones como Barreras. Tienen como objeto ocultar panoramas desagradables, amortiguar ruidos y evitar el deslumbramiento de los faros en los caminos con medianas estrechas. Las dos primeras técnicas son recomendables, especialmente en las ciudades. La tercera tiene sus inconvenientes, porque para este objeto hay que usar arbustos que son difíciles de mantener y que se llenan de papeles y otras basuras. Por otra parte una faja contínua de arbustos conspira en contra de la estética paisajista.

3.309.504 Criterios Generales Para Plantaciones. A partir de los principios generales que hemos señalado se establecen las normas que siguen para las plantaciones que se efectúen en los proyectos de carreteras, las cuales cumplen con las funciones descritas en 3.309.5.

3.309.504(1) Plantaciones de Arboles en Hileras Exteriores a la Calzada

3.309.504(1) a) Disposición Respecto al Eje Longitudinal. La distancia entre árboles se establecerá con la Tabla 3.309.504(1).A.

TABLA 3.309.504(1).A
DISTANCIA ENTRE ARBOLES EN HILERAS DISPUESTOS EN LOS COSTADOS DE CARRETERAS Y CAMINOS

Arboles de troncos de diámetro mayores de 0,5 m.	20 m
Arboles de troncos de diámetro menores de 0,5 m.	16 m

La longitud mínima de la hilera será de 500 m salvo las interrupciones a que obliguen los párrafos siguientes:

i) Las hileras deberán interrumpirse a la distancia de parada de las intersecciones de caminos.
ii) Para permitir la vista de un determinado paisaje, deberán interrumpirse por una distancia mínima equivalente a 30 seg. de viaje a la velocidad de diseño.
iii) No se plantarán árboles cuando las carreteras atraviesen plantaciones de frutales o bosques.

3.309.504(1) b) Disposición Respecto a la Sección Transversal. Las hileras se colocarán a distancias que cumplan con los criterios de "Zona Despejada". En todo caso, en caminos con velocidad de proyecto inferior a 60 km por hora y un T.M.D.A. inferior a 200 veh/día los árboles no podrán estar a menos de 3 m del borde de la plataforma. En los caminos con velocidad e intensidad de tránsito mayores, esta distancia aumentará como mínimo a 5 m del borde de la plataforma.

3.309.504(2) Plantaciones de Arboles en Grupo. Tienen por objeto quebrar la monotonía de las hileras, y aprovechar fajas de antiguos trazados o expropiaciones de parcelas que queden aisladas por el camino, para crear zonas de esparcimiento o con fines estéticos. La distancia mínima al camino es la fijada en el Numeral 3.309.504(1). El tipo de árboles y su distanciamiento entre sí depende de la finalidad del proyecto (estacionamiento, mirador, acondicionamiento de un monumento, etc.)

3.309.504(3) Plantaciones de Arbustos y Matas Paralelas al Eje del Camino

3.309.504(3) a) Disposición en Sentido Longitudinal. Las plantas pueden disponerse en forma continua formando un seto. Si se colocan aisladas hay que evitar el colocarlas en forma alineada a distancias fijas, porque se produce un silbido molesto con el desplazamiento del aire por los vehículos. En general no se recomiendan los setos continuos en las medianas, por la basura que acumulan y porque pueden ocasionar accidentes al emerger súbitamente, un animal suelto o un peatón.

3.309.504(3) b) Disposición Respecto a la Sección Transversal. Las plantaciones dejarán completamente libre las bermas y se tomarán las precauciones necesarias para que las raíces no afecten los drenes de las subbase y la evacuación de las aguas superficiales.

3.309.504(3) c) Plantas en la Mediana. En la mediana se plantarán solamente arbustos o hierbas, en ningún caso árboles cuyos troncos sobrepasen un diámetro de 0,1 m en su madurez, salvo en los ensanchamientos de la mediana en zonas rurales con fines estéticos, en cuyo caso la distancia de los árboles de mayor diámetro deberán cumplir las disposiciones del Numeral 3.309.503(1).

La altura de las plantaciones dependerá del ancho de la mediana. Sin embargo, cuando el problema de deslumbramiento sea el objeto principal, su altura deberá ser como mínimo de 1,5 m decreciendo su altura paulatinamente hasta excluir la arborización en una distancia equivalente a 1,5 Dp en los extremos de la mediana que anteceden las aberturas para cruces y giros a la izquierda. Desde el punto de vista estético y psicológico se recomienda que las plantaciones no ocultan completamente la calzada opuesta ni creen la sensación de pared. En todo caso se deberá verificar el despeje lateral requerido para evitar obstrucciones a la visibilidad en curvas al momento de especificar la posición de los arbustos, los que por este concepto en general no son recomendables en Mediana de menos de 9,0 m de ancho.

3.309.504(4) Normas Generales para Plantíos

3.309.504(4) a) Seguridad de Tránsito. En ningún caso se debe subordinar la seguridad del tránsito (distancias de visibilidad, eventuales choques con objetos fijos, etc.) a consideraciones de orden estético o funcional.

3.309.504(4) b) Conservación del Gálibo. La posición y alcance de las ramas de los árboles permitirán en todo caso la permanencia del gálibo de diseño del camino.

3.309.504(4) c) Señales de Tránsito. Las plantaciones no deben ocultar la señalización de tránsito.

3.309.504(4) d) Soleamiento. En zonas húmedas o de frecuentes heladas se evitará colocar las plantaciones de modo que formen superficies sombreadas permanentemente, que impidan el rápido secado o deshielo del pavimento.

3.309.504(4) e) Conservación Mecanizada. Para poder mantener en forma económica las superficies cubiertas con pasto, es necesario hacer las siembras y plantíos de modo que permitan el acceso de equipo mecanizado.

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 3.400
INTERSECCIONES

DIRECCION DE VIALIDAD
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CHILE

JUNIO 2002

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

INDICE

CAPITULO 3.400 INTERSECCIONES

SECCION 3.401 ASPECTOS GENERALES

3.401.1 DEFINICIONES Y REFERENCIAS BASICAS
3.401.2 CAMPOS DE INFLUENCIA Y APLICACION
3.401.3 ESTRUCTURA DEL PROBLEMA Y DEL CAPITULO 3.400

SECCION 3.402 FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA INTERSECCION

3.402.1 ASPECTOS GENERALES

3.402.2 FACTORES HUMANOS

3.402.3 CONSIDERACIONES DE TRANSITO
3.402.301 Aspectos Generales
3.402.302 Elección del Vehículo Tipo
(1) Vehículo Liviano (L).
(2) Camiones y Buses (C)
(3) Vehículo Articulado (VA1)
(4) Vehículo Articulado (VA2)

3.402.303 Demanda y Modelación
3.402.304 Elección del Tipo de Control
(1) Aspectos Generales
(2) Criterios de Selección
(3) Análisis del Tránsito
(4) Modelación de Intersecciones

3.402.305 Intersecciones sin Semáforos
(1) Aspectos Generales
(2) Tramos de Trenzado o Entrecruzamiento

3.402.4 ELEMENTOS FISICOS
3.402.401 Topografía, Entorno y Paisaje
3.402.402 Las Vías a Intersectar.

3.402.5 ANTECEDENTES ECONOMICOS

SECCION 3.403 ELECCION DE LA SOLUCION TIPO

3.403.1 ASPECTOS GENERALES
3.403.2 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE INTERSECCIONES
3.403.3 TIPOS Y EJEMPLOS DE INTERSECCIONES FRANCAS

3.403.301 Intersección no Canalizada, Simple
3.403.302 Ensanches en la Sección de los Accesos al Cruce
3.403.303 Intersecciones Canalizadas
(1) Aspectos Generales
(2) Canalización de Empalmes, Islas Divisorias y Vías de Giro
(3) Canalización de Intersecciones

3.403.304 Intersecciones en Estrella
3.403.305 Intersecciones Rotatorias

SECCION 3.404 DISEÑO GEOMETRICO DE UNA INTERSECCION

3.404.1 ASPECTOS BASICOS DEL TRAZADO
3.404.101 Preferencia de los Movimientos más Importantes
3.404.102 Reducción de las Areas de Conflicto
3.404.103 Perpendicularidad de las Trayectorias Cuando se Cortan
3.404.104 Separación de los Puntos de Conflicto
3.404.105 Separación de los Movimientos
3.404.106 Control de la Velocidad
3.404.107 Control de los Puntos de Giro
3.404.108 Creación de Zonas Protegidas
3.404.109 Visibilidad
3.404.110 Previsión
3.404.111 Sencillez y Claridad

3.404.2 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD
3.404.201 Aspectos Generales
3.404.202 Visibilidad y Distancia de Parada en Intersecciones
3.404.203 Triángulos de Visibilidad
3.404.204 Triángulo Mínimo de Visibilidad
3.404.205 Señalización de Intersecciones
(1) Primer Caso: Intersección Regulada por Signo "CEDA EL PASO" que Exige Distancias de Parada antes del Cruce
(2) Segundo Caso: Intersección en que los Vehículos de una Carretera que Acceden al Cruce deben Detenerse por Señalización

3.404.206 Efecto del Esviaje del Cruce en el Triángulo de Visibilidad
3.404.207 Influencia de las Gradientes en la Visibilidad del Cruce
3.404.208 Cruces a Nivel con Vías Férreas
(1) Alineamiento Horizontal
(2) Alineamiento Vertical
(3) Sección Transversal
(4) Ilustración gráfica de los Cruces a Nivel con Vías Férreas

3.404.4 TRAZADO EN PLANTA DE LAS VIAS DE LA INTERSECCION
3.404.301 Aspectos Generales
3.404.302 Trazados Mínimos Absolutos de Bordes en Giros sin Canalizaciones
3.404.303 Trazados Mínimos Absolutos de Curvas en Intersecciones Canalizadas (Ramales)
3.404.304 Ramales de Intersecciones para 25 ≤ Vp ≤ 65 Km/h.
3.404.305 Curvas de Enlace y Curvas Compuestas en Intersecciones.
(1) Aspectos Generales
(2) Uso de Clotoides
(3) Curvas Compuestas
(4) Combinación de más de dos Curvas
(5) Ejemplo de Aplicación.

3.404.306 Anchos de Calzada en Ramales de Giro
(1) Aspectos Generales
(2) Anchos de Pavimentos en Ramales de Giro
(3) Bermas o Espacios Adyacentes al Pavimento del Ramal de Giro

3.404.307 Pistas de Cambio de Velocidad
(1) Aspectos Generales
(2) Pistas de Aceleración
(3) Pistas de Deceleración
(4) Pistas Centrales de Deceleración

3.404.308 Cruces a través de la Mediana
(1) Aspectos Generales
(2) Abertura Mínima de la Mediana en Zona de Cruce
(3) Trazados Alternativos para Rematar la Mediana Interrumpida
(4) Trazados Mínimos para Giros a la Izquierda
(5) Trazados por Sobre los Mínimos para Giros a la Izquierda
(6) Medianas Ensanchadas para Cruces por Etapas
(7) Giros en U en tomo a la Mediana
(8) Ancho de la Mediana y Tipo de Maniobra Asociada al Giro en U.
(9) Aplicación de los Trazados para Medianas Abiertas a las Islas Divisorias en Intersecciones

3.404.4 TRAZADO EN PLANTA DE ISLAS Y PISTAS CANALIZADAS
3.404.401 Aspectos Generales
3.404.402 Tipos de Islas.
(1) Aspectos Generales
(2) Islas Divisorias
(3) Islas de Canalización o de Encauzamiento
(4) Islas - Refugio

3.404.403 Tamaño y Trazado de Islas
3.404.404 Delineación de las Islas
3.404.405 Diseños para Terminales de los Ramales de Giro.
(1) Aspectos Generales
(2) Terminales de Salida
(3) Termínales de Entrada

3.404.5 DEFINICION EN ELEVACION
3.404.501 Aspectos Generales
3.404.502 Caso de una Plataforma Unica
(1) Aspectos Generales
(2) Prolongación de Superficies Existentes
(3) Recrecimientos

3.404.503 Caso de Eje Independiente
(1) Aspectos Generales
(2) Zonas de Empalmes
(3) Perfil Longitudinal Independiente

3.404.6 DEFINICION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES
3.404.601 Aspectos Generales
3.404.602 Relación entre Radios y Peraltes en Función de la Velocidad de Proyecto
3.404.603 Transición de Peralte
3.404.604 Condiciones de la Arista Común a la Carretera de Paso y al Ramal de Giro

3.404.7 INTERSECCIONES ROTATORIAS O ROTONDAS
3.404.701 Aspectos Generales
3.404.702 Ventajas y Desventajas

3.404.703 Elementos de Diseño de Rotondas.
(1) Trazado en Planta
(2) Trazado de los Accesos
(3) Calzada Circular o Anillo de la Rotonda
(4) Carriles Segregados para Giros a la Derecha
(5) Pendiente Longitudinal
(6) Pendiente Transversal

3.404.704 Aspecto Estético del Trazado
3.404.705 Señalización, Demarcación de Pavimento e Iluminación
3.404.706 Capacidad en Rotondas

CAPITULO 3.400 INTERSECCIONES

SECCION 3.401 ASPECTOS GENERALES

3.401.1 DEFINICIONES Y REFERENCIAS BASICAS.

El término intersección se usa aquí para denominar, en forma general, a los dispositivos viales en los que dos o más carreteras se encuentran en un mismo nivel, produciéndose cruces y cambios de trayectorias de los vehículos que por ellas circulan.

Cuando se alude a cada una de las partes de las vías convergentes, en el entorno de sus cruces, se habla de “rama de la intersección”. Se considera que una rama es tal a partir del punto en que el perfil tipo de la carretera acusa la primera variación, en planta o elevación, destinada a permitir o favorecer alguna de dichas maniobras de cruce o de cambio de dirección.

Si un conflicto de cruce se resuelve mediante desnivelación de vías, el dispositivo es llamado “enlace”. En el Capítulo 3.500 del presente Volumen N° 3 se instruye acerca de aquellas materias complementarias a las del presente Capítulo 3.400, que son propias de esa forma de solución.

La Figura 3.401.1.A muestra las principales superficies que configuran una intersección.

FIGURA 3.401.1.A
PRINCIPALES SUPERFICIES QUE CONFIGURAN UNA INTERSECCION

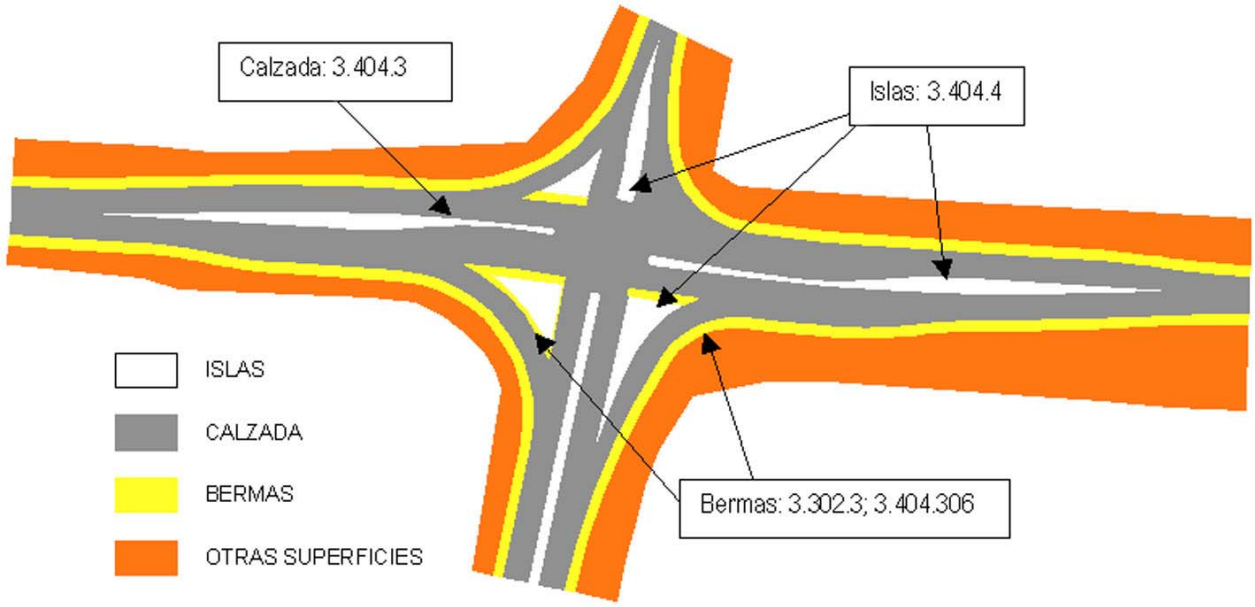
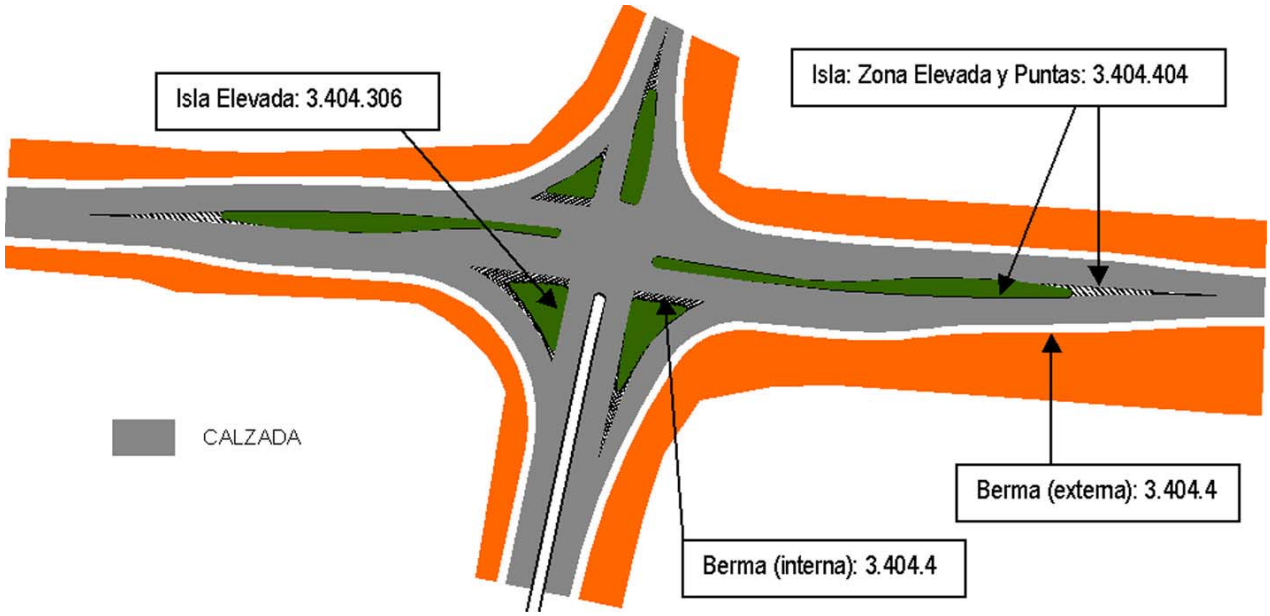


FIGURA 3.401.1.B
CALZADA, BERMAS Y SUPERFICIES DE CAPA DEMARCADA



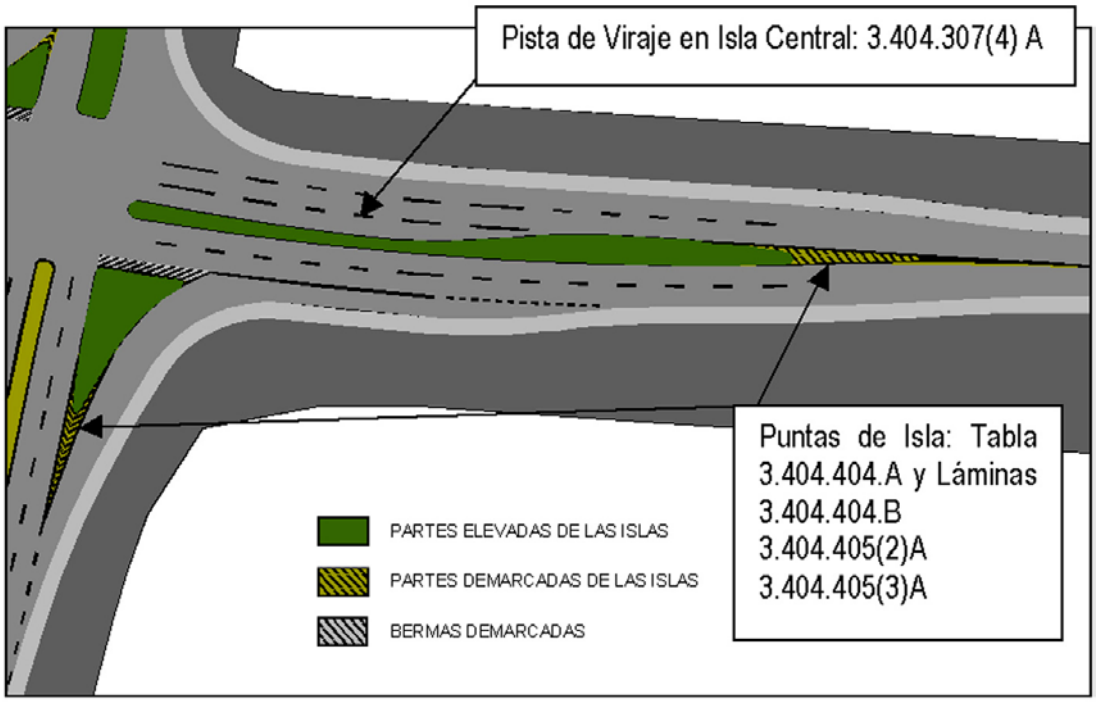
Calzada: Es la superficie pavimentada utilizada normalmente por los vehículos para efectuar todos los movimientos permitidos en el área de la intersección. Excluye por lo tanto las bermas y las superficies de carpeta demarcadas (Figura 3.401.1.B). Esta definición se aplica al caso de las intersecciones y no impide el uso del mismo término para aludir a partes de esta superficie única (calzada norte, calzada de ramal).

Bermas: Superficies tratadas, adyacentes a la calzada, libres de obstáculos, que pueden ser invadidas por los vehículos en maniobras ocasionales. En las intersecciones se distingue bermas externas, que dan continuidad a las de las ramas, y las internas, que suelen bordear las islas. Estas últimas requieren demarcación, y todas aportan a la seguridad y evitan la reducción de capacidad asociada a la presencia de obstáculos laterales en las vías.

Islas: Son las superficies que quedan inmersas en la calzada, resultantes de la especialización y delimitación de partes de esta última para atender los distintos movimientos que se producen en una intersección.

Los límites de una isla se materializan con demarcación intensiva y con soleras montables que definen una zona elevada dentro de su superficie total. Las islas dan refugio ocasional a peatones y a vehículos que ejecutan maniobras de espera y giro, y favorecen la lectura de la vialidad a todos los vehículos. Debe tratarse como un dispositivo de seguridad. En zona de intersecciones, los bandejones y medianas operan y son consideradas, para efectos de diseño, como islas.

FIGURA 3.401.1.C
DETALLE DE ISLAS



Otras superficies que completan la faja pública: su diseño no es específico de la intersección (ver Figuras 3.301.1.A y 3.301.1.B).

Sobreanchos de Plataforma (SAP): Recrecimiento de terraplenes y bases, que forma bandas exteriores a las bermas.

Talud de terraplén: Explanadas inclinadas entre los límites de la plataforma (borde exterior del SAP) y el terreno, natural o sin su capa vegetal.

*Taludes de plataforma en corte***:** Explanadas inclinadas entre los límites de la plataforma y el borde de la cuneta existente al pie del corte.

Talud de corte: Explanadas inclinadas entre los bordes superiores de las excavaciones y el borde de la cuneta existente al pie del corte. Puede incluir “bancos en corte”.

Cunetas y fosos, contrafosos: Planos compuestos para funciones de desagüe superficial, situados al pie de los cortes y terraplenes, y en la coronación del corte, respectivamente.

Huelgas: Las franjas de ancho variable que separan fosos y contrafosos de pies de terraplenes o cabeceras de corte, respectivamente, y las que completan la franja pública hasta su límite oficial.

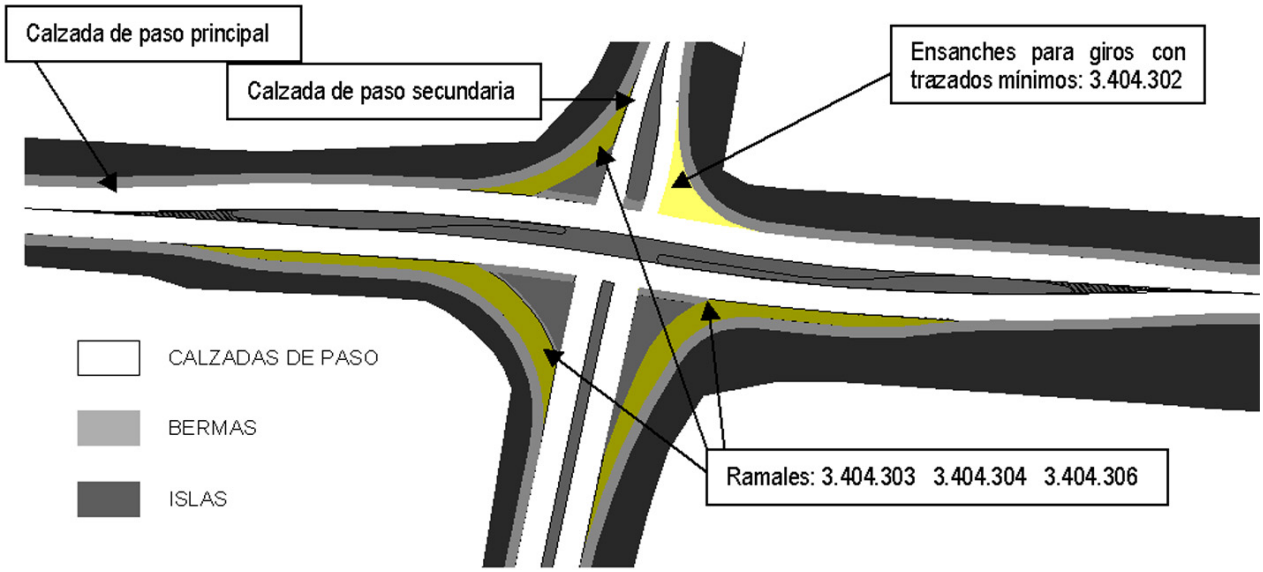
Otras: En zonas donde la actividad peatonal sea significativa, puede existir veredas, reemplazando o no a las bermas. La presencia de peatones genera modificaciones en las superficies de calzadas, islas y veredas, como ensanches para detenciones en paraderos, rebajes de solera asociados con rampas de cortesía, y rebajes a través de islas elevadas para cruces peatonales al mismo nivel de la calzada.

Unidades principales reconocibles en las calzadas de las intersecciones:

Calzadas de paso: las superficies que dan continuidad, a través del área de la intersección, a las pistas tipo de las vías confluentes, y que excluyen a aquellas otras que se generan en la intersección y a las que

en ella se discontinúan. Conviene distinguir la calzada de paso principal de las calzadas de paso secundarias. (Figura 3.401.1 D).

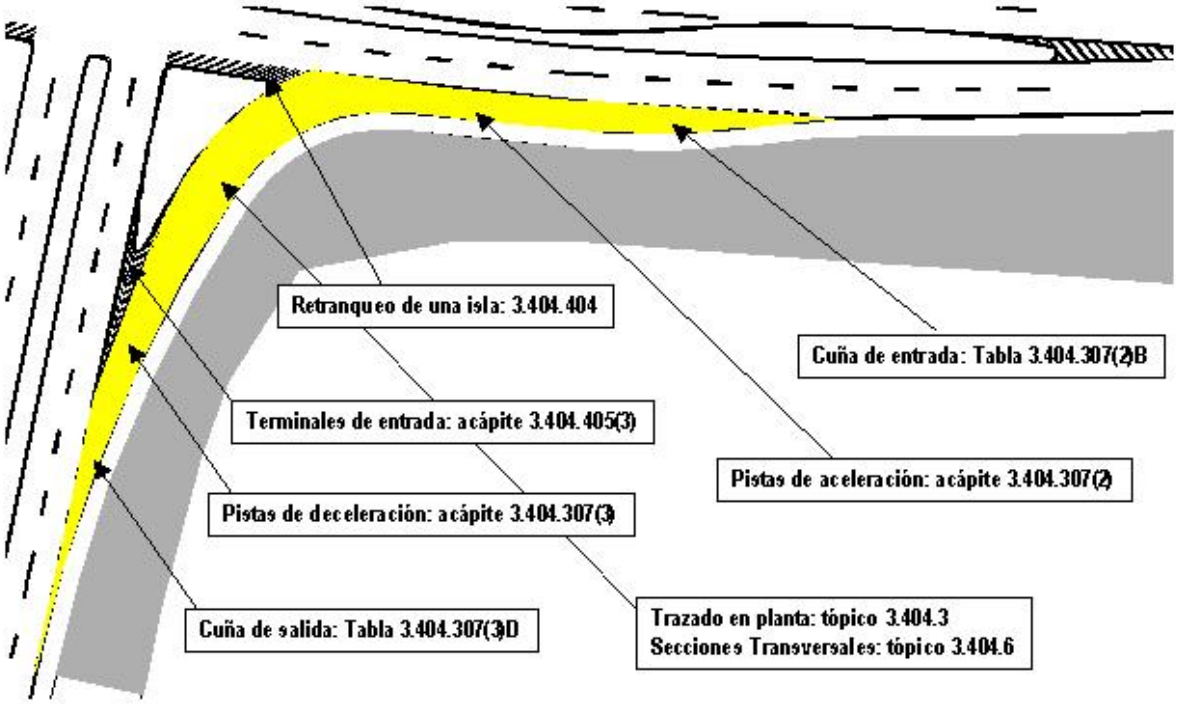
FIGURA 3.401.1.D



Ensanches para giros: ampliación común a dos calzadas de paso, provista para facilitar virajes desde una hacia otra. Son superficies de forma aproximadamente triangular, con dos lados coincidentes con los bordes exteriores de dichas calzadas de paso y un lado curvo que se diseña atendiendo a la trayectoria de los vehículos que giran (Figura 3.401.1 D).

Ramales: ampliaciones de la calzada de paso que en las intersecciones son diseñadas para acoger y facilitar las maniobras de cambio de dirección (Figuras 3.401.1 D y E).

FIGURA 3.401.1.E



Pistas de giro centrales: carriles alojados en islas centrales, que son generadas para tal efecto en las intersecciones o bien medianas que en éstas cumplen la función de islas (Lámina 3.401.1.C y 3.404.307(4).A.

Bermas exteriores: las que dan continuidad funcional, a través del área de la intersección, a las bermas de las vías confluentes (Lámina 3.401.1.B).

Bermas interiores: los tramos discontinuos de berma que, inmersos en la calzada, son proyección exacta o adaptada de las bermas exteriores, o aparecen como berma izquierda de los ramales de la intersección.

3.401.2 CAMPOS DE INFLUENCIA Y APLICACION

Hay que tener en cuenta que una intersección forma parte de un sistema vial, por lo que su diseño depende de las características de dicho sistema, a la vez que afecta el funcionamiento del mismo. Las Intersecciones también pueden condicionar la clasificación de las vías comprometidas, que pueden ser:

Autopistas
Autorrutas
Carreteras Primarias
Caminos Colectores
Caminos Locales
Caminos de Desarrollo

En las tres primeras interesa la continuidad de tránsito en forma primordial. Para lograr este objetivo se debe recurrir al control de accesos, en forma total en el caso de autopistas y con restricciones en el caso de las autorrutas y los caminos primarios.

De aquí se desprende que en las Autopistas no deberán proyectarse intersecciones sino enlaces, y que aquellas deberán ser planificadas cuidadosamente en las vías con control parcial de accesos.

En las otras clases interesa como consideración primaria el acceso y servicio de la tierra adyacente, postergando a un segundo término la continuidad del flujo.

De aquí se puede deducir que se debe determinar claramente el interés que se desea servir principalmente y con esa base definir los elementos constitutivos, entre ellos las Intersecciones.

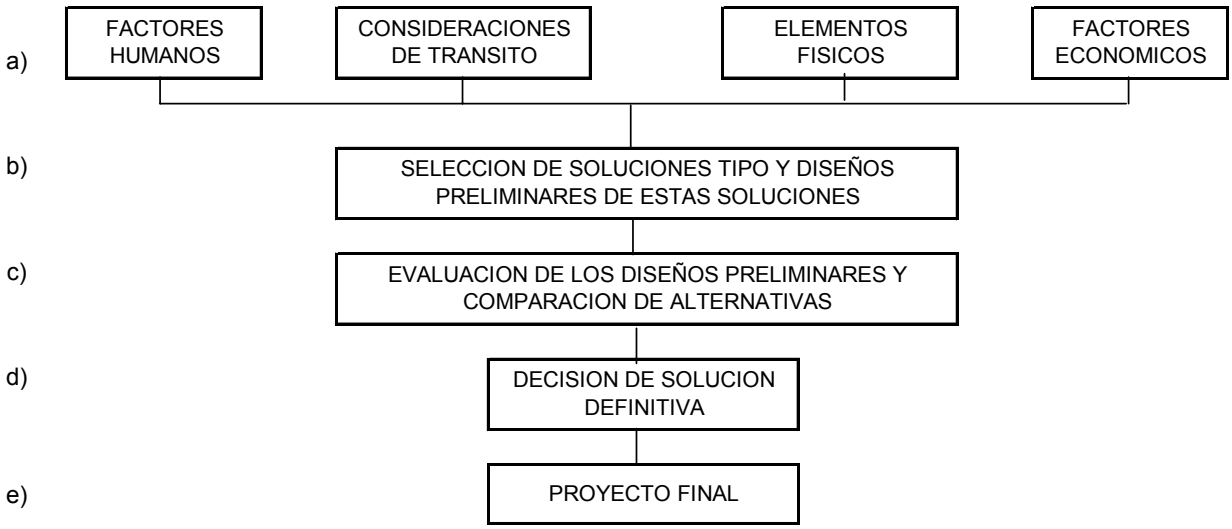
Las normas de diseño contenidas en este capítulo se aplicarán fundamentalmente a los dispositivos que correspondan a la definición enunciada en el Tópico 3.401.1. Sin embargo, las intersecciones a distinto nivel -que aquí serán denominadas Enlaces - suelen presentar elementos a los que se pueden aplicar los criterios y normas del presente Capítulo 3.400. Cuando tal cosa suceda, se harán oportunas referencias.

3.401.3 ESTRUCTURA DEL PROBLEMA Y DEL CAPITULO 3.400

El cruce de dos vías en un mismo nivel da origen, en menor o mayor grado, a un punto de discontinuidad para ambos. Los cruces entre vehículos, así como los movimientos de giro que allí ocurren, generan una serie de puntos de conflicto, que pueden ser minimizados o atenuados mediante un diseño especial y cuidadoso de toda la zona comprendida por la intersección.

Al problema de ingeniería así planteado debe buscársele una solución que combine acertadamente respuestas técnicas a los requerimientos del servicio (fluidez, agrado y, por sobre todo, seguridad), con los imperativos que se desprenden de la realidad económica y del respeto a la estética ambiental.

El proceso de ejecución de tal diseño puede ser descrito mediante el siguiente diagrama simplificado:



Cada uno de los niveles del diagrama (a, b, c, d y e), se describe a continuación:

a) Etapa en que se estudian los antecedentes mencionados. Para mayores detalles, véase Sección 3.402.

b) Usando como base planos topográficos a escalas 1:1.000 o superior, o material aerofotogramétrico, se deben preparar esquemas de posibles soluciones. Estas se deben estudiar tanto en planta como en perfil, considerando diferentes diseños alternativos que se adapten a los antecedentes antes citados.

c) Luego se deben estimar los costos y los beneficios de las distintas alternativas contempladas, para compararlas no sólo teniendo en cuenta sus virtudes como soluciones técnicas del problema, sino que también desde el punto de vista económico.

d) Una vez en posesión de todos los elementos de juicio relativos al servicio y a la rentabilidad de las inversiones, se decide la solución que mejor concilie ambos términos. Esta decisión y su justificación, así como otras alternativas posibles, deben ser entregadas a la autoridad competente para que resuelva sobre la solución definitiva.

e) Teniendo una solución adoptada y aprobada, se podrá ejecutar el proyecto final que especifique completamente el diseño con todos sus elementos y obras anexas.

Sea cual sea el número de alternativas que se estudie, el proceso diagramado presenta tres etapas básicas, que se suceden en el tiempo: estudio de factores concurrentes al problema, Diseño preliminar y evaluación de alternativas y proyecto. El presente Capítulo 3.400, Intersecciones, ha sido estructurado según un esquema que reproduce de alguna manera esa sincronía, con el fin de facilitar su manejo y entendimiento. Consecuentemente, su cuerpo principal vendrá dividido en las siguientes secciones:

3.402 Factores a Considerar en el Diseño de Intersecciones.
3.403 Elección de la Solución Tipo.
3.404 Definición Geométrica de la Intersección.

La definición geométrica de una intersección es la actividad central de su diseño físico. Es una actividad inseparable del diseño operacional del dispositivo y en torno a ella se desarrolla una serie de estudios que convergen, de manera interrelacionada, al proyecto final. Los más frecuentes de estos estudios tienen relación con las siguientes prácticas: hidrología, drenajes y desagües; diseño de estructuras, pavimentos y revestimientos; seguridad, señalización y control; paisajismo, y servicios públicos en cualquiera de sus formas.

SECCION 3.402 FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA INTERSECCION

3.402.1 ASPECTOS GENERALES

El objetivo principal del diseño de intersecciones es reducir la probabilidad y severidad de los conflictos que naturalmente pueden producirse entre peatones, biciclos, automóviles, camiones, buses y los elementos verticales presentes en el dispositivo. Además, debe aportar a la conveniencia, facilidad y confort de sus usuarios; para lo cual el diseño debe ajustarse lo mejor posible a las trayectorias y características operacionales de los mismos.

La primera etapa del proyecto de una intersección consiste en la producción, análisis, interpretación y por último consideración o uso de una serie de datos, circunstancias y criterios que constituyen un cuerpo de factores concurrentes a la elección de un tipo de intersección específico entre los muchos posibles, y a su diseño.

Estos factores se agrupan en cuatro categorías básicas, que darán origen a los Tópicos que continúan la presente sección. Estos Tópicos, ordenados más o menos según lo que podrían ser etapas sucesivas dentro del proyecto general, son:

3.402.2 Factores Humanos.
3.402.3 Consideraciones de Tránsito.
3.402.3 Elementos Físicos.
3.402.5 Factores Económicos.

Se insiste en el hecho que esta división constituye una hipótesis útil para ordenar y enfrentar el trabajo, pero se recuerda que en la práctica estos factores se imbrican unos con otros según una dinámica que el buen proyectista hace jugar constantemente a lo largo del proyecto.

Por último se advierte que la intención de la presente sección es dar una visión someramente descriptiva de estos factores. Los estudios que son necesarios para precisarlos y cuantificarlos deben ser desarrollados de acuerdo a las disciplinas y normas específicas existentes para cada caso.

3.402.2 FACTORES HUMANOS

Los principales factores humanos que intervienen y que hay que tener en cuenta en el diseño de intersecciones tienen que ver con las capacidades y los usos y hábitos de los conductores y transeúntes. Entre las primeras destacan la habilidad y rapidez para tomar decisiones y la velocidad de reacción una vez tomada una decisión. Entre los segundos, resultan relevantes los usos peatonal y ciclístico que se le de a la plataforma pública y las conductas habituales que se presentan en estos usos y en la elección de trayectorias. Por último, debe mencionarse un aspecto de otra índole, como son las expectativas de los conductores en relación al diseño de una intersección.

3.402.3 CONSIDERACIONES DE TRANSITO

3.402.301 Aspectos Generales. Los volúmenes de tránsito que acceden por separado a una intersección y que ejecutan las maniobras allí posibles, su distribución y la proyección que de estos movimientos debe hacerse para determinar las capacidades de diseño de sus unidades constitutivas; la composición de los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo; sus relaciones con peatones y ciclistas, y la experiencia que se tenga con respecto a los accidentes de tránsito, son los principales factores que condicionan la elección de la solución tipo y las características de los elementos geométricos con los que se definirá a la intersección.

La intersección de dos carreteras supone la utilización de una misma superficie por dos tránsitos distintos, lo que equivale a una discontinuidad en la circulación y, por consiguiente, constituye un punto crítico en la seguridad y capacidad de ambas carreteras.

Al proyectar una carretera con un determinado número de intersecciones, al igual que al reacondicionar las existentes en una vía de operación, deben tenerse en cuenta sus capacidades, ya que un subdimensionamiento de estas intersecciones puede invalidar la solución elegida o perjudicar el nivel de servicio de todo un tramo.

3.402.302 Elección del Vehículo Tipo. En las Láminas 3.005.5.A, B y C se encuentran descritas las características de los vehículos tipo que consulta este manual. Para el tratamiento de las intersecciones los vehículos allí descritos se agrupan en cuatro categorías, que son las siguientes:

L = Vehículo Liviano: automóvil y camioneta.
C = Camión: camión simple de 11,0 m y bus interurbano de 12,1 m ; 13,2 m y 14,0 m
VA1 = Vehículo articulado corriente: tracto camión con semirremolque corriente.
VA2 = Vehículo articulado especial: Tractocamión con semirremolque para automóviles.

3.402.302(1) Vehículo Liviano (L). Cubre los diseños mínimos para automóviles y camionetas. Está representado por el Tipo P de AASHTO (Lámina 3.005.5.A). Su utilización como vehículo tipo para el diseño debe reservarse sólo para aquellos casos en que el porcentaje de camiones que circulan sea muy bajo, que el espacio esté limitado o que la intersección sea de muy poca importancia. Los casos más frecuentes son:

- Vías Urbanas (bajo porcentaje de camiones y espacio limitado).
- Cruce de Carreteras Locales con Colectoras en que los movimientos de giro sean muy raros.
- Cruces de Carreteras Locales con muy poco tránsito.

Un vehículo tipo C, al hacer un giro mínimo diseñado para el vehículo L, podrá hacerlo invadiendo en parte las pistas adyacentes de entrada y/o salida. Si es posible, será preferible diseñar con el vehículo tipo C.

3.402.302(2) Camiones y Buses (C). Cubre los diseños mínimos para Camiones (Unidad Simple) y Buses Interurbanos. Está representado por el Bus AASHTO (L = 12,1 m – Lámina 3.005.5.A). En 3.404.302 “Trazados Mínimos Absolutos de Bordes en Giros sin Canalización”, se amplían los radios mínimos para dar cabida al Bus Interurbano de 13,2 y 14,0 m autorizado en Chile (Lámina 3.005.5.C). Su utilización como vehículo de diseño es, en la generalidad de los casos, el mínimo recomendable para los cruces de caminos rurales. Debe tenerse presente que en éstos el tránsito de vehículos tipo C es, por lo general, del orden o superior al 25 % del tránsito total.

En áreas urbanas debe consultarse este vehículo tipo siempre que exista locomoción colectiva que utilice o que se prevea pueda llegar a circular por la intersección. Siempre que el porcentaje de C sea elevado, debe intentarse la superación de los límites que permite el vehículo tipo C.

Los buses interurbanos pueden inscribirse en un diseño tipo C sin problemas, y la generalidad de los VA lo pueden hacer con menos problemas que los que enfrenta un vehículo tipo C ante un diseño tipo L.

3.402.302(3) Vehículo Articulado VA1. Cubre los diseños mínimos para el Tracto Camión con Semirremolque Corriente. Está representado por valores intermedios de los vehículos AASHTO WB-15 (L = 16,7 m – Lámina 3.005.5.B) y WB-19 (L = 21,0 m), que dan cabida al semirremolque corriente de 18,6 m autorizado en Chile (Lámina 3.005.5.C). El vehículo VA1 debe ser elegido como vehículo tipo en aquellos cruces donde circulen o se prevea la presencia de tractocamiones con semirremolque corriente, que utilicen habitualmente y en número significativo los ramales de giro.

3.402.302(4) Vehículo Articulado VA2. Cubre los diseños mínimos del Tracto Camión con Semirremolque para Transporte de Automóviles (L = 22,4 m) autorizado en Chile. Está representado por el semirremolque WB-20 de AASHTO (Lámina 3.005.B). El vehículo VA2 sólo regirá el diseño en forma excepcional, cuando se prevea presencia significativa de grandes remolques de más de veinte metros de longitud.

3.402.303 Demanda y Modelación. La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla; lo que implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe y su coordinación si la intersección forma parte de un eje o una red así regulada.

Por otra parte, la satisfacción de la demanda está relacionada con las características que ésta presenta en el lugar y sus proyecciones, lo que relativiza y complica el problema. En efecto, como los conceptos de demanda y de nivel de servicio están ligados, es preciso establecer un nivel de servicio tolerable en el año de diseño para poder cifrar la oferta de vialidad que el diseño debe alcanzar, y esta

oferta debe tener en cuenta la composición de los flujos vehiculares futuros y la forma y cuantía en que se espera la presencia de biciclos y peatones.

Actualmente existen herramientas computacionales que permiten modelar física y operacionalmente dispositivos viales. Los modelos operacionales, convenientemente calibrados para simular el funcionamiento presente, pueden también simular la operación de dichos dispositivos en las condiciones de demanda futuras. Esto permite predecir el consumo de tiempo y combustible en tales condiciones y por lo tanto comparar económicamente distintos proyectos con una situación base, y por lo tanto evaluar, en términos sociales, la rentabilidad de la inversión asociada a dichos proyectos.

Los mismos modelos son útiles para predecir los grados de saturación que las intersecciones, aisladas o en coordinación con otras, presentarán bajo las condiciones futuras de la demanda, razón por la cual resulta conveniente su utilización como herramientas de diseño.

En todo caso, como se desprende de lo dicho, el estudio de la capacidad de una intersección debe hacerse determinando el tipo de señalización que regulará el cruce. Una vez establecido este punto se puede abordar el problema del estudio de la capacidad de cada uno de los ramales de la intersección.

3.402.304 Elección del Tipo de Control

3.402.304(1) Aspectos Generales. La instalación de señales o semáforos en las intersecciones tiene por objeto evitar los conflictos entre el tránsito de vehículos o entre éste y la circulación de peatones. Para que estos dispositivos ejerzan la función para la que fueron proyectados, es necesario que se coloquen en aquellos lugares que reclamen su instalación y que en cada caso sea posible proceder a la elección del dispositivo más adecuado.

3.402.304(2) Criterios de Selección. La elección del dispositivo de control más adecuado en una intersección debe hacerse analizando detenidamente las características del tránsito, los movimientos de peatones y las estadísticas de accidentes.

3.402.304(3) Análisis del Tránsito. El análisis del tránsito que circula por la intersección requiere el estudio de los siguientes factores:

Tránsito en la vía principal
Tránsito en la vía secundaria incidente.
Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).
Porcentaje de vehículos retrasados en la vía secundaria por efectos del tránsito.

Los datos relativos a las intensidades de tránsito deberán ser tomados durante períodos de 12 horas que sean representativos de la situación normal en ambos accesos para un día tipo.

3.402.304(4) Modelación de Intersecciones La elección de un tipo de control para una intersección, asunto que involucra a su geometría, será en definitiva la aplicación de la experiencia, asistida ésta por análisis computacionales que permitan cuantificar los beneficios de los diseños en discusión. Los beneficios que se puede calcular usando los modelos más conocidos provienen de comparar, para las alternativas planteadas, los tiempos de viaje. En el Volumen Nº 1 del presente Manual de Carreteras, Tópico 1.402.9, se introduce el modelo SIDRA como adecuado para calcular los distintos tiempos de demora generados por una intersección semaforizada (Numeral 1.402.902) y métodos para calcular capacidades en intersecciones de prioridad (Numeral 1.402.903(1)) y para determinar demoras por interferencia vehicular en intersecciones de prioridad (Numeral (1.402.903(2), literal a) y en rotondas (Numeral (1.402.903(2), literal b).

No obstante esto último, en el Numeral 3.404.706 Capacidad en Rotondas se resume los criterios que se están aplicando a partir de las últimas investigaciones al respecto, relacionados con el modelo ARCADY.

3.402.305 Intersecciones sin Semáforos.

3.402.305(1) Aspectos Generales. La operación de una intersección (ver Tópico 3.404.2) sin semáforo supone que una de las vías que se cruzan tiene siempre prioridad sobre las demás y por consiguiente la capacidad de esta carretera principal debe calcularse como si no existiera intersección: es decir, como el caso de tránsito en condiciones ininterrumpidas. Unicamente se debe considerar el factor de giros a la izquierda para determinar si es o no necesario establecer una pista especial para este movimiento.

El criterio a seguir es que cuando el número de vehículos que giran a la izquierda en la hora punta es superior a 25 vehículos/hora, es necesario disponer de una pista adicional o, al menos, una zona de refugio y espera para este giro, con el fin de no interferir en el resto del tránsito.

3.402.305(2) Tramos de Trenzado o Entrecruzamiento. Un tramo de trenzado se define como aquella zona que se entrecruzan distintas corrientes de tránsito que siguen un mismo sentido de circulación. En la Lámina 3.402.305(2).A se muestra los principales tipos de trenzados. Las situaciones de este tipo se diseñan apuntando a que su nivel de servicio sea consistente con el de la carretera que lo contiene. El nivel de servicio en el tramo de trenzado depende de su longitud, número de pistas, grado aceptable de congestión y de la demanda por cada movimiento, en cuantía y distribución en los momentos analizados.

Lo tramos de trenzado deben tener una longitud y un número de pistas basados en un nivel de servicio apropiado, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3.402.305(2).A.

Los tramos de trenzado pueden ser simples o múltiples. En la figura I de la Lámina 3.402.305(2).B se muestra un ejemplo de tramo simple, en la que un empalme de entrada es seguido por un empalme de salida único. Un tramo múltiple consiste en dos o más tramos de trenzado simple que se superponen; también puede ser definido como aquel tramo de una calzada que tiene dos empalmes de entrada consecutivos seguidos cercanamente por uno o más empalmes de salida, o un empalme de salida seguido cercanamente por dos o más terminales de salida. Este último caso se muestra en la figura II de la Lámina3.402.305(2).B. Los fundamentos y detalles relativos al análisis requerido para diseñar tramos de trenzado deben ser consultados en el manual “Highway Capacity Manual”, Special Report Nº 209” (Transportation Research Board , Washington D.C., 1985, revisado 1994).

TABLA 3.402.305(2).A
GUIA PARA SELECCIONAR NIVELES DE SERVICIO PARA DISEÑO

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE EMPLAZAMIENTO Y NIVEL DE SERVICIO APROPIADO			
	RURAL TERRENO PLANO	RURAL TERRENO ONDULADO	RURAL TERRENO MONTAÑOSO	URBANO Y SUBURBANO
EXPRESA	B	B	C	C
PRIMARIA	B	B	C	C
C - D	C	C	D	D
LOCAL	D	D	D	D

Fuente:“Highway Capacity Manual”, Special Report Nº 209” (Transportation Research Board, Washington D.C., 1985, revisado 1994)

3.402.4 ELEMENTOS FISICOS

3.402.401 Topografía, Entorno y Paisaje. El paisaje en general, con su topografía y elementos naturales y artificiales, y el carácter y uso del suelo colindante constituyen antecedentes físicos que pueden facilitar o dificultar el emplazamiento, la visibilidad, la canalización de los flujos vehiculares en forma económica, el drenaje, la compatibilidad estética y funcional de la obra con el entorno existente.

Para evitar problemas técnicos o de otro tipo, y las dificultades económicas consecuentes, es necesario contar con planos completos de planta y perfil de la faja de los caminos que se intersectan. Es conveniente, además, tener un levantamiento completo de las zonas adyacentes en el mayor radio que afecte la visibilidad del cruce y una descripción de los usos del suelo y las actividades presentes en ellos.

En general son preferibles las topografías llanas, que permitan rasantes suaves, sin obstáculos que dificulten la visibilidad mínima que necesitan los usuarios de la intersección para maniobrar, de acuerdo con las circunstancias del tránsito, en las vías que confluyen hacia ella.

Son deseables los relieves que faciliten un adecuado drenaje, debiendo evitarse sectores deprimidos que hagan necesarios desagües artificiales.

EJEMPLOS DE TRAMOS DE TRENZADO

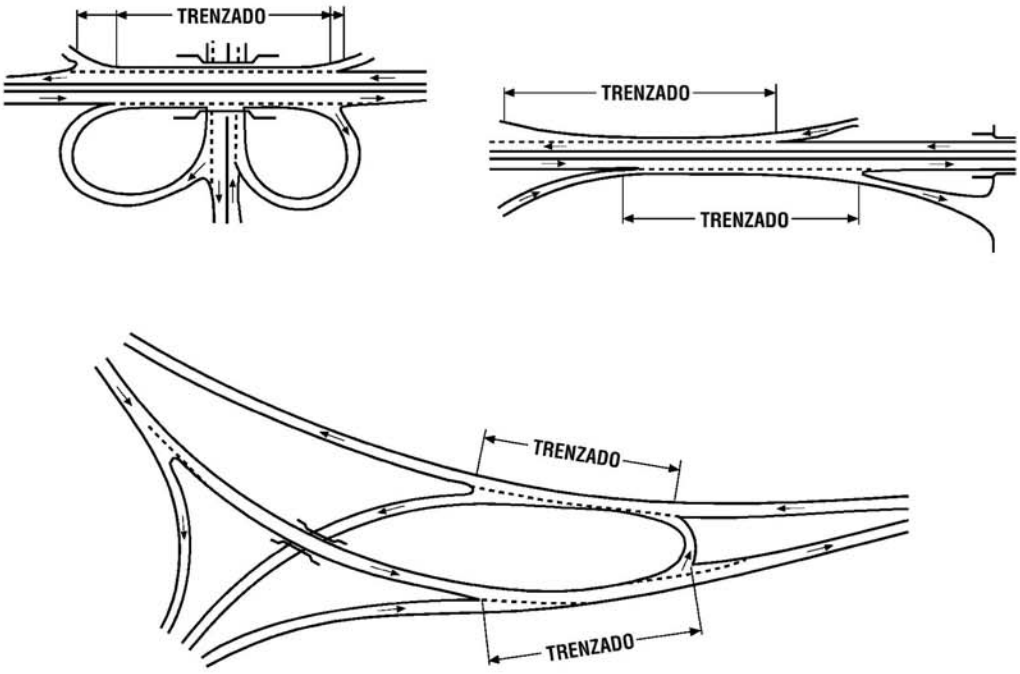
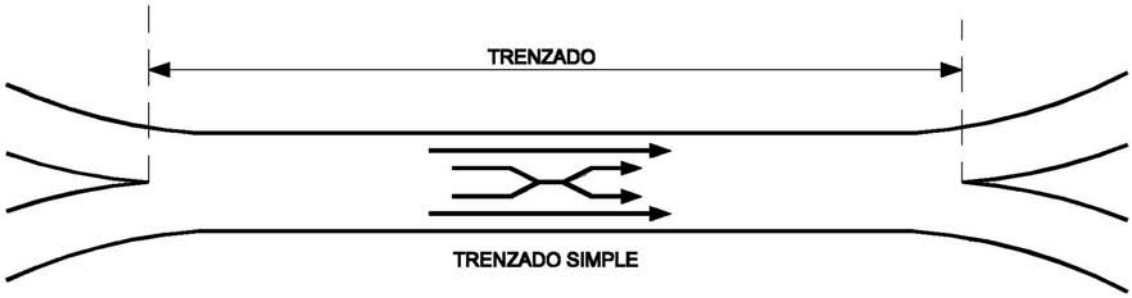
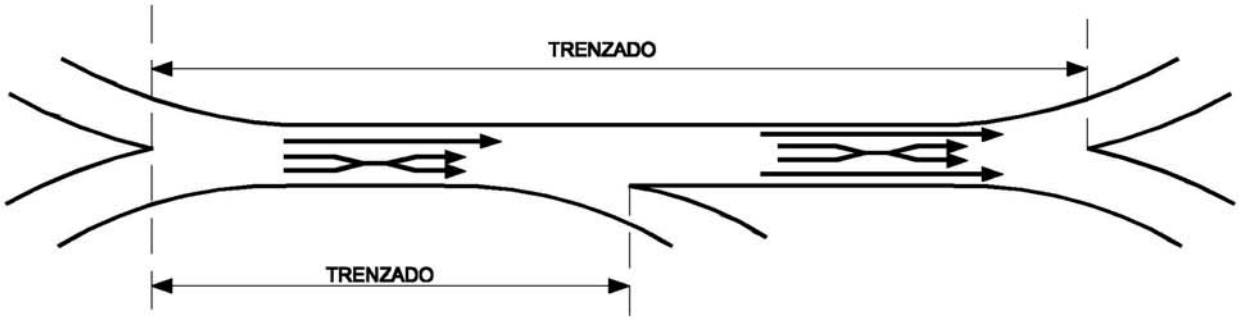


FIGURA I



TRENZADO SIMPLE

FIGURA II



TRENZADO MULTIPLE

Si una o más de las vías que se intersectan está(n) delimitada(s) por elementos naturales o artificiales (árboles, vallas, arbustos, etc.), éstos deben ser modificados, dejados intactos o eliminados para que no entorpezcan la visión y/o sirvan, según sea el caso, como elementos anunciadores de un punto singular para los usuarios de los otros itinerarios. Si la intersección puede ser divisada con antelación por los conductores, el proyectista deberá aprovechar esta circunstancia favorable.

En algunos casos, cuando se prevean puntas de tráfico en épocas determinadas del año y a las horas de salida y/o puesta del sol, es conveniente analizar la posición relativa del astro, en las horas y períodos pertinentes, con respecto a la orientación de la o las vías principales y/o a las direcciones en que miran los usuarios de la intersección al llegar al cruce.

3.402.402 Las Vías a Intersectar. Las vías a intersectar también constituyen antecedentes físicos: sus características materiales, sus disposiciones geométricas, las posibilidades de alterar su trazado y otras peculiaridades para adecuarlas a los propósitos del proyecto, son factores que pesan en la elección de la solución definitiva.

Es evidente que alterar la geometría de una o de todas las vías involucradas en una intersección supone un costo cada vez mayor, pero que las características del tránsito, sus proyecciones y la decisión de dar tal o cual servicio pueden justificar económicamente.

Las modificaciones pueden ser parciales o totales. Ejemplo de modificaciones parciales son la creación de medianas en las vías confluentes, el ensanche de las mismas si ya existían, el aumento del número de pistas en alguna de dichas vías, la modificación de la rasante por efecto de algún mejoramiento del pavimento, etc. Ejemplo de modificaciones totales son la derivación de alguna de las vías para intersectarla en mejores condiciones, o la modificación total de las plantas de las carreteras o caminos para producir condiciones de cruce óptimas.

Asociadas a estas intervenciones debe considerarse la existencia de otros elementos físicos propios de las vías y sus intersecciones, tales como pistas de cambio de velocidad, dispositivos de seguridad y control, iluminación, ciclovías, etc.

3.402.5 ANTECEDENTES ECONOMICOS

Los factores económicos que condicionen mayormente una solución son el costo de la construcción y los beneficios que ésta reporta. En aquellos proyectos que a juicio de la Dirección de Vialidad lo requieran, se debe justificar la rentabilidad estimada del proyecto a diseñar mediante un estudio técnico-económico en que se analicen las que a juicio de los especialistas involucrados parezcan ser las mejores alternativas de solución.

Entre los costos se debe considerar los efectos negativos secundarios del diseño propuesto - por ejemplo, los desbeneficios que sobre los usuarios o los habitantes de la zona del cruce representa la eliminación de ciertos movimientos-. También se debe incorporar al análisis de rentabilidad que asiste las decisiones de construir –aunque sea sólo como externalidades- los aspectos de índole ambiental que se encuentren involucrados en la zona afectada.

SECCION 3.403 ELECCION DE LA SOLUCION TIPO

3.403.1 ASPECTOS GENERALES

En el primero de los dos Tópicos que constituyen la presente sección se presenta una clasificación de Intersecciones según la forma y operación de las mismas en términos muy generales. En el segundo se describe varios tipos de Intersecciones, los cuales abordan según diversos esquemas de funcionamiento el problema fundamental que ellas deben resolver.

3.403.2 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE INTERSECCIONES

Los tipos básicos de intersección se definen por el número de ramas confluentes y por su forma de operar con respecto a los conflictos de trayectorias.

Con respecto a lo primero, se llamará intersecciones francas, o simplemente intersecciones, a aquellas en las cuales al menos uno de los movimientos vehiculares se cruza con otro en un área reducida y predeterminada del dispositivo; a diferencia de lo que ocurre en las rotondas, donde los movimientos vehiculares que tienen distintos orígenes y destinos interactúan trenzando sus trayectorias a lo largo de un tramo anular del dispositivo. Unas y otras pueden ser de tres, cuatro o más ramas.

Cada uno de los tipos de intersecciones que resulta de combinar estos rasgos presenta, además, variaciones que dependen principalmente del tratamiento geométrico que reciban las vías en el área de confluencia. En efecto, la forma de resolver los conflictos de cruce, el ángulo en que se cortan las vías -esviaje- y la existencia o no de ensanches y canalizaciones determinan los tipos de intersecciones presentados sumariamente en la Lámina 3.403.2.A.

Que una intersección sea semaforizada no siempre es relevante para su diseño geométrico. Tal regulación hace aparecer en estos dispositivos velocidades de operación localmente nulas, pero ello no altera la necesidad de determinar velocidades de proyecto mayores que cero para todos los movimientos que se producen en las mismas, y estas velocidades determinan a su vez parámetros de diseño que son comunes a todas las intersecciones. Las variaciones que el uso de semáforos puede inducir en las dimensiones de algunas unidades constitutivas de las intersecciones no alteran, por lo general, lo esencial de los diseños. Es el caso de la longitud de almacenamiento para las pistas de viraje (Numeral 3.404.307), que en ciertos casos podría aumentar o disminuir, y también el de la generación de pistas adicionales en las líneas de parada, asociadas preferentemente a movimientos de viraje, las cuales podrían justificarse también sin la existencia de dicha forma de control.

Las intersecciones de tres ramas son, por lo general, la conexión terminal de una carretera (secundaria) con otra (primaria) que recibe o provee los flujos de la primera. Tal relación se manifiesta y es refrendada por la continuidad direccional de la carretera primaria y por sus flujos mayoritarios.

En la medida que estos rasgos sean claros se dice que la intersección es un empalme tipo “T”. Si el ángulo de incidencia de la carretera secundaria sobre la primaria se hace 65^g, si esta última presenta un cambio de dirección precisamente en el punto donde la secundaria empalma, o si ambas cosas se producen a la vez, suele decirse que la intersección es un empalme en “Y”. Si a estas últimas características geométricas se agrega similitud de demanda en todos los pares orígenes-destino posibles en la intersección, es posible que se deba diseñar una rotonda.

En las intersecciones de cuatro ramas también se puede distinguir, por lo general, una vía primaria, con demanda y trazado predominante, y otra secundaria, cuya geometría aparece subordinada a la anterior y cuyos flujos, comparativamente menores, presentan una mayor componente de virajes hacia y desde la principal. Asimismo, si los flujos son parecidos en ambas vías, y además se tiene virajes a la izquierda relativamente equilibrados, se debe tener presente que las rotondas suelen ser una mejor solución que las intersecciones francas en términos de capacidad.

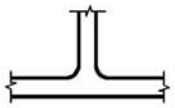
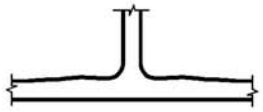
Si ambas carreteras se encuentran con un esviaje 35^g se suele hablar de una “cruz” (+). En caso contrario se dice que la intersección es una “X”.

Las intersecciones de más de cuatro ramas son indeseables, de la misma manera que lo son los empalmes y los cruces fuertemente esviados. Esta inconveniencia crece rápidamente con la importancia de la intersección. En las figuras I y II de la Lámina 3.403.2.B se muestra formas de mejorar tales situaciones.

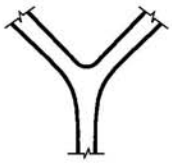
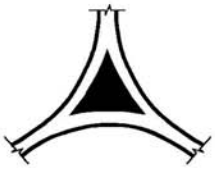
TIPOS BASICOS DE INTERSECCIONES EN CARRETERA

DE TRES RAMALES

EMPALME EN T

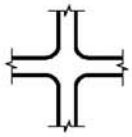
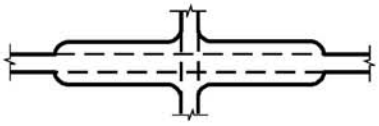
SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA	
			

EMPALME EN Y

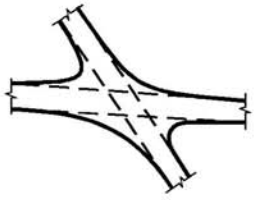
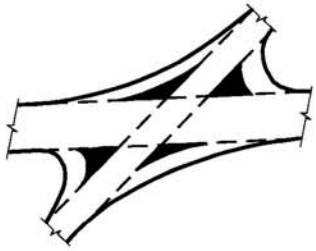
SIMPLE	CANALIZADAS	
		

DE CUATRO RAMALES

INTERSECCION EN +

SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA
		

INTERSECCION EN X

SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA
		

VEASE LAMINA 3.403.2 B

ESPECIALES

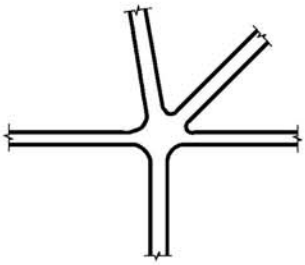
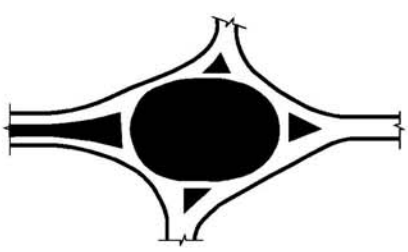
EN ESTRELLA	ROTONDA
	

FIGURA I

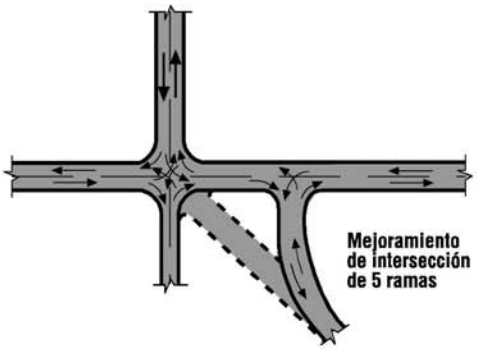


FIGURA II

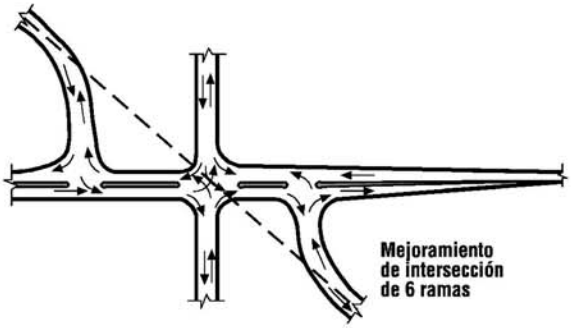


FIGURA III

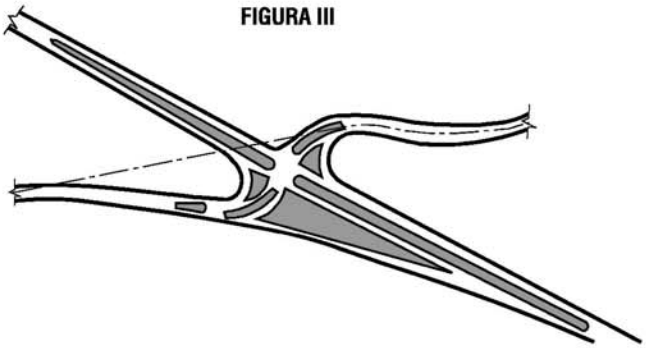


FIGURA IV

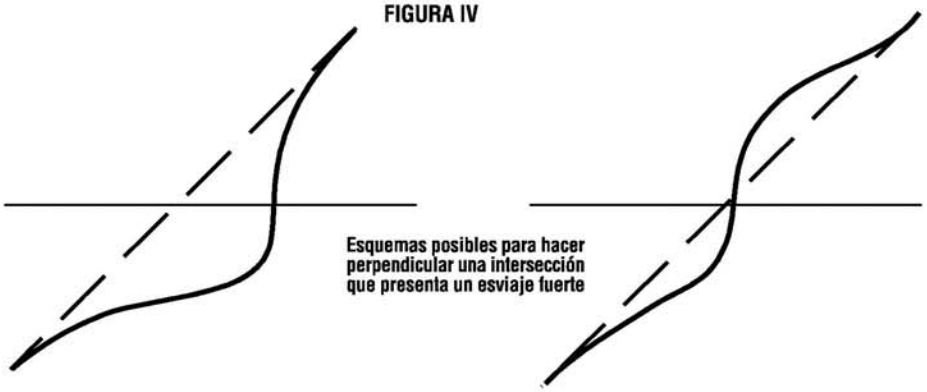
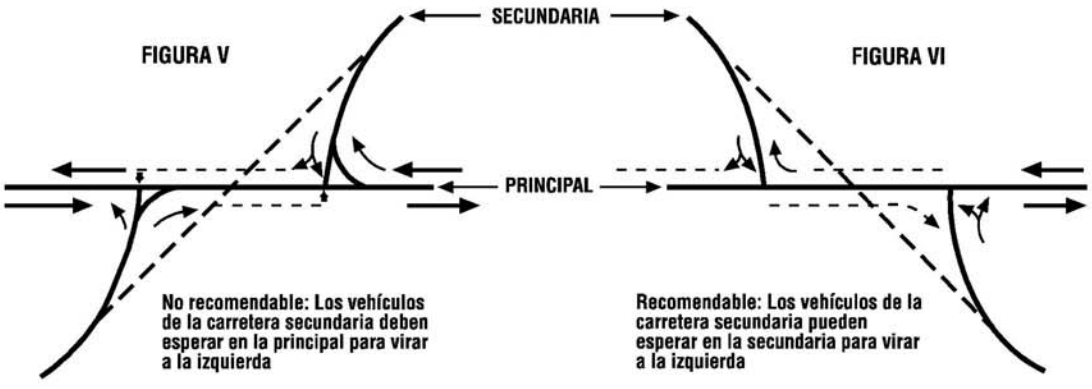


FIGURA V

FIGURA VI



Las rotondas son materia de Tópico aparte (3.404.7). En el Numeral 3.404.706 se entrega los fundamentos para el cálculo de la capacidad en estos dispositivos.

3.403.3 TIPOS Y EJEMPLOS DE INTERSECCIONES FRANCAS

3.403.301 Intersección no Canalizada, Simple. El tratamiento mínimo que se puede dar a la intersección de carreteras de dos o más pistas 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 redondeos de las esquinas mediante arcos de radios mínimos (3.404.302) que facilitan los giros del vehículo tipo elegido para el diseño (3.402.302).

La pendiente de la superficie de cruzamiento debe ser razonablemente uniforme. No se debe introducir cambios de pendiente en la zona de cruzamiento, porque éstos dificultan las maniobras del conductor en momentos críticos. Por lo tanto, se aconseja coordinar las pendientes transversales y los bombeos de la carretera primaria, o de ambas, con las pendientes longitudinales de la secundaria (véase Tópico 3.404.5). Los requisitos que plantea el drenaje superficial condicionan fuertemente el diseño en elevación de estas intersecciones.

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 de poca importancia; se puede aceptar también para caminos de dos pistas con bajo tránsito en zonas rurales. En zonas urbanas y suburbanas se puede aceptar estos diseños incluso si los volúmenes de tránsito que las demandan son algo mayores.

Las figuras A y B de la Lámina 3.403.301.A ilustran un empalme y un cruzamiento sencillos. Este tipo de diseño requiere mantener ángulos de cruzamiento entre 60^g a 120^g. En las figuras III, IV, V y VI de la Lámina 3.403.2.B se muestra criterios para obtener cruces perpendiculares en intersecciones muy esviadas.

3.403.302 Ensanches en la Sección de los Accesos al Cruce. Cuando las velocidades de proyecto 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 Párrafo siguiente), se puede recurrir al ensanche de los caminos en la zona de cruzamiento. Este recurso de diseño aumenta la capacidad de cruce y 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 cuantía de los flujos que demandan el cruce puede variarse la disposición del ensanche, obteniéndose con ello el efecto deseado. La Lámina 3.403.302.A ilustra las distintas posiciones en que se puede agregar una pista a la carretera principal, según la necesidad impuesta por los flujos con volúmenes mayoritarios. Las demandas que justifican estas inversiones no pueden ser establecidas con precisión sino a partir de la modelación de cada caso, puesto que los beneficios obtenidos dependen de la cuantía y distribución de las combinaciones de flujos conflictivos.

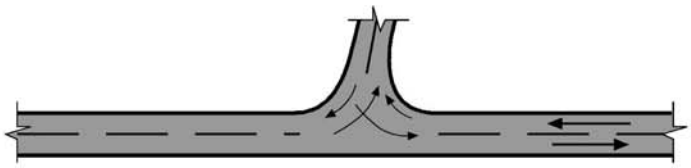
Se analizarán los siguientes casos:

a) El volumen de giros a la derecha desde la carretera principal a la que empalma -y viceversa- son considerables y los movimientos de giro a la izquierda no son conflictivos (figura A de la Lámina 3.403.302.A): Se dispone una pista de deceleración en su sector de llegada al empalme, con longitud calculada según las Tablas 3.404.307(3).A y B.

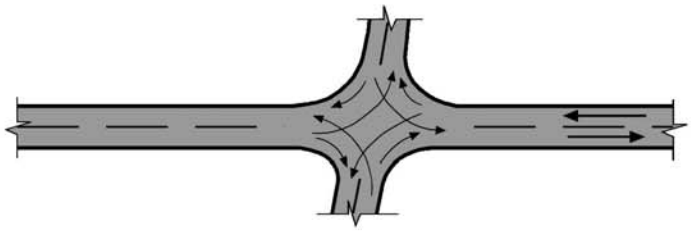
b) Los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan un volumen importante y los giros a la derecha desde este mismo son despreciables (figura B de la Lámina 3.403.302.A): Se dispone una pista auxiliar en el camino principal, opuesta al camino interceptado. Esta pista permite, 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.

c) 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 C de la Lámina 3.403.302.A): Similar al anterior pero con la pista auxiliar de ensanche al centro, mediante una separación de las pistas directas.

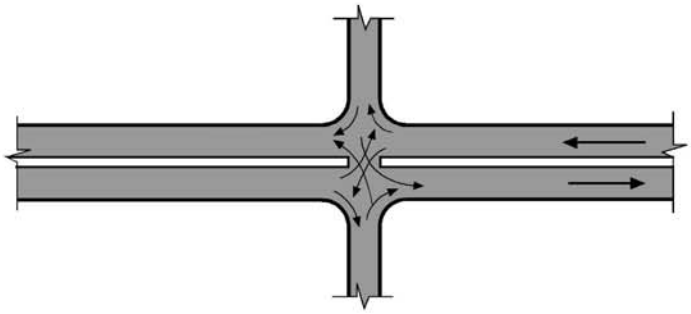
A. EMPALME

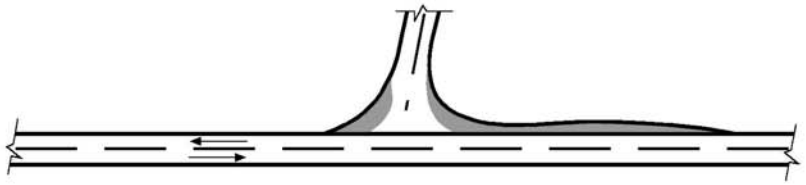


B. INTERSECCION

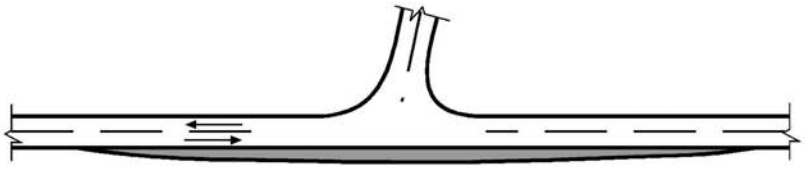


C. INTERSECCION DE UN CAMINO DE DOBLE VIA

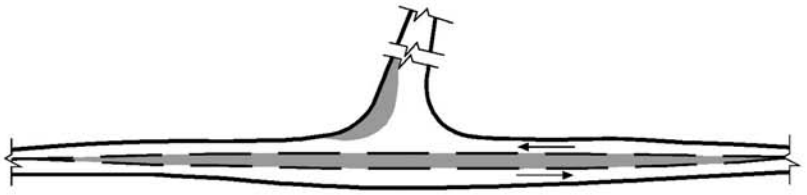




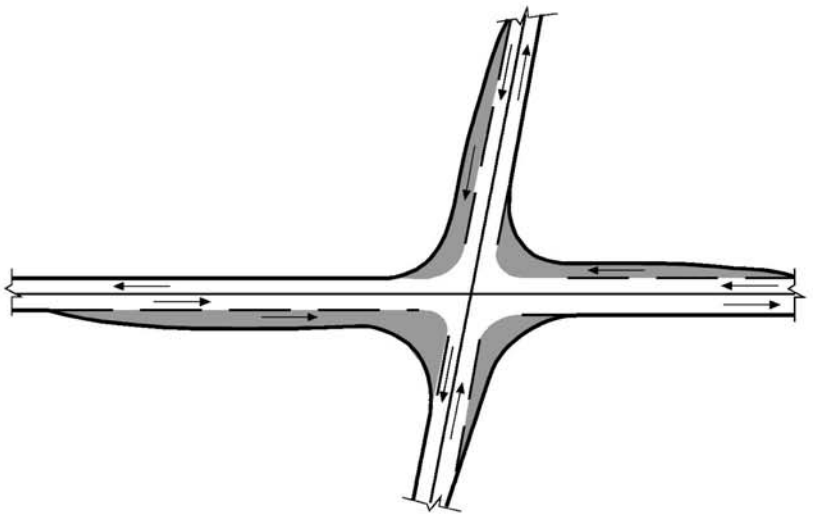
A. ENSANCHE MEDIANTE PISTA ADYACENTE AL MISMO LADO DEL CAMINO INTERCEPTADO



B. ENSANCHE MEDIANTE PISTA OPUESTA AL CAMINO INTERCEPTADO



C. SOLUCION DE ENSANCHE CON PISTA INTERMEDIA Y ENSANCHE EN EL CAMINO INTERCEPTADO



D. ENSANCHES LATERALES EN AMBOS CAMINOS

Tiene el mismo efecto que el anterior pero más marcado; además facilita el giro a la izquierda desde el camino interceptado, no así el giro hacia la derecha desde éste.

d) Cuando el volumen de movimientos de giro lo justifica, se debe ensanchar los accesos a la intersección como lo indica en forma general la figura D de la Lámina 3.403.302.A. Esto da a la intersección una capacidad adicional tanto para los movimientos de giro como para el tránsito directo.

Una pista 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 pistas auxiliares, como se muestra en la figura D de la Lámina 3.403.302.A. Sus longitudes serán las correspondientes a las de las Láminas 3.404.307(3).A y B, pero nunca inferiores a 100 metros corno 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 de la Lámina 3.404.307(4).B muestra una intersección ensanchada en la que se separan las pistas en distinto sentido mediante demarcación en el pavimento, la que tiene un efecto similar al que tendrán las islas que se describirán más adelante. 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 pistas con un ancho libre al menos un metro superior a las pistas de la carretera en sección normal de aproximación.

La demarcación en el pavimento no es tan efectiva como las islas delineadoras elevadas con soleras montables, pero las primeras no representar el riesgo de impacto que las segundas siempre conllevan.

Se recomiendan para Intersecciones de carreteras de 2 pistas, con alta Velocidad de Proyecto, en zonas rurales donde las Intersecciones no son frecuentes y los cruces a la izquierda son especialmente peligrosos.

3.403.303 Intersecciones Canalizadas

3.403.303(1) Aspectos Generales. Los empalmes y las intersecciones que tienen una gran superficie pavimentada, como son aquéllas que tienen radios de giros amplios, un esviaje fuerte o ambos, 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 de los vehículos a las trayectorias 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.

3.403.303(2) Canalización de Empalmes, Islas Divisorias y Vías de Giro. Las islas se usan, generalmente, en empalmes importantes; también en empalmes menores cuando el esviaje es pronunciado. En los puntos en que se justifican radios mayores a los mínimos, se puede considerar que los ramales se transforman en vías independientes de giro a la derecha.

Se diseña una pista 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 A de la Lámina 3.403.303(2).A muestra una pista de giro a la derecha desde la carretera primaria o de paso, obtenido mediante el diseño de una isla triangular.

La figura B de la Lámina 3.403.303(2).A muestra un empalme en que las velocidades y el volumen de virajes justifican pistas independientes de giro a la derecha, hacia y desde el camino secundario, 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 la pista de giro que no corresponde. En caminos de dos pistas en que se justifican las pistas independientes de giro, también suele justificarse un ensanche en el camino directo como se describió en el Párrafo anterior (figura C de Lámina 3.403.302.A).

Otra forma de lograr la canalización en el camino interceptado es mediante una isla divisoria como la indicada en la figura C de la Lámina 3.403.303(2).A. 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 metros del borde del pavimento del camino directo, para dar cabida a los movimientos de giro a la izquierda. El diseño de las islas divisorias se analiza en el Tópico 3.404.4

En carreteras de dos pistas con volúmenes de tránsito alto, se aconseja diseñar pistas separadas para cada uno de las corrientes importantes. En la figura D de la Lámina 3.403.303(2).A, 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 muestra en la figura A de la Lámina 3.403.303(2).B. La vía e-f ahí señalada queda subordinada a las direcciones más importantes. Los ángulos de encuentro para el tránsito en esta vía quedan aproximadamente rectos. Este diseño exige una separación explícita de las corrientes en e-f como se ve en dicha figura A. La isla debe hacerse lo mayor posible, entre 35 y 50 m^2. Este tipo de solución supone la aparición de dos intersecciones adicionales, por lo que su implantación debe ser cuidadosamente comparada con alternativas desniveladas.

Cuando el empalme de un camino de una calzada con otro de calzadas separadas presenta esviaje, éste puede tomar la forma que se indica en la figura B de la Lámina 3.403.303(2).B. Si el giro hacia la derecha desde *el camino interceptado fuera considerable y fuera conveniente realizarlo a velocidades más altas que las mínimas, se puede mejorar el enlace haciendo una salida de una pista directa, como la que se indica punteada en la figura.

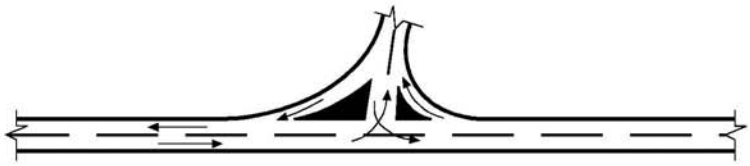
A continuación se analizarán diseños canalizados de elevado costo, que se justifican en carreteras con volúmenes altos en todos los sentidos. Los mostrados en las figuras A y B de la Lámina 3.403.303(2).C se recomiendan para cruces del tipo T y el de la figura C para empalmes de tipo Y en ángulos bastante agudos, en los que además se den condiciones muy especiales para el giro a la izquierda, como se comentará más adelante.

El primero de los nombrados (figura A) se recomienda como empalme de dos caminos de dos pistas en los cuales los volúmenes se aproximan a su capacidad, la calzada del camino directo se ensancha hasta conformar una sección de 4 pistas separadas por islas divisorias, de modo que cada corriente de tránsito cuente con una pista por separado. En el camino interceptado, mediante islas, se separa también cada corriente en vías independientes.

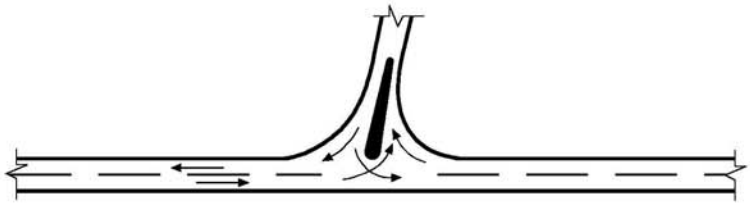
En la figura B se muestra un empalme semejante, pero diseñado cuando el camino directo tiene calzadas unidireccionales, separadas por una mediana entre 5 y 10 metros de ancho. Mediante reducciones de la mediana en la zona de intersección se proveen pistas auxiliares para los vehículos que giran a la izquierda, que los protegen del tránsito directo. Estas vías de giro se calculan según lo expresado en 3.404.307(4). La canalización en el camino interceptado es similar a la anterior, con el agregado de una pista auxiliar de deceleración y un incremento de los radios mínimos de las curvas, todo lo cual facilita el movimiento del tránsito.

Como último caso se presenta un esquema de empalme entre caminos de varias pistas que es especialmente apropiado cuando el camino interceptado presenta volúmenes de punta muy pronunciados y de corta duración. Por ejemplo, entradas a una fábrica, estadio u otros lugares de recreación. La corriente que gira a la izquierda desde el camino directo al camino interceptado (e-f en la figura C de la Lámina 3.403.303(2).C), sale primeramente a la derecha para luego cruzar la carretera. La particularidad de esta intersección es que puede dar un buen servicio para volúmenes pequeños, pero que a su vez es muy efectivo para volúmenes altos regulados adecuadamente por medio de semáforos. Determinar la cuantía de los giros que justifican uno u otro modo de regulación es materia de un análisis económico.

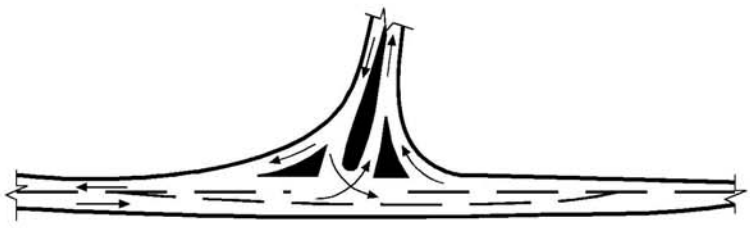
A. PISTA DE GIRO A LA DERECHA DESDE EL CAMINO DE PASO



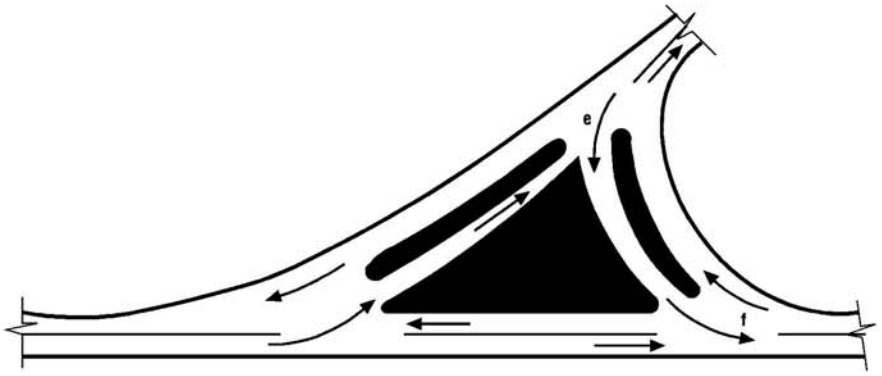
B. PISTAS INDEPENDIENTES DE GIRO DESDE EL CAMINO INTERCEPTADO



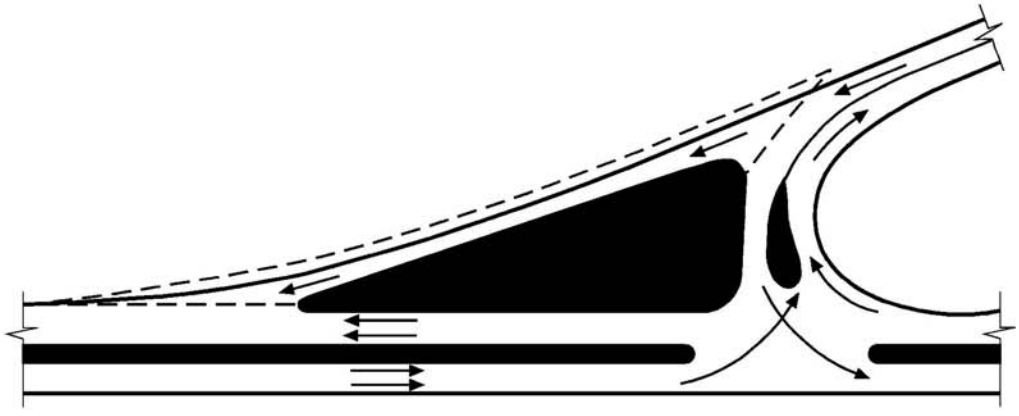
C. SEPARACION DE CORRIENTES MEDIANTE ISLAS DIVISORIAS



D. SEPARACION COMPLETA DE MOVIMIENTOS DE GIRO Y ENSANCHE EN CAMINO DE PASO



A. PISTAS DE GIRO BIDIRECCIONALES, CAMINO DE PASO DE SIMPLE VIA

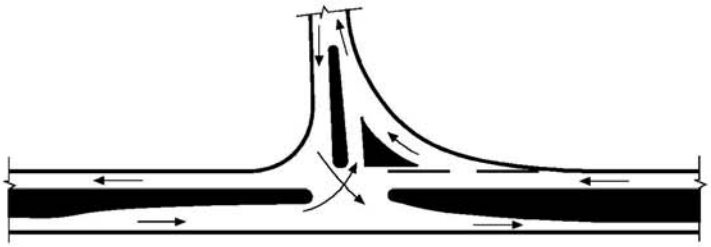


B. SEPARACION DE PISTAS DE GIRO VALIDA CUANDO EL CAMINO DE PASO TIENE DOBLE VIA

NOTA:

ESTE TIPO DE SOLUCION IMPLICA ISLAS TRIANGULARES DE GRANDES DIMENSIONES.
LADO MINIMO 30 A 50 METROS.

A. EMPALME T DE ALTO COSTO



B. EMPALME T CON ENSANCHE EN MEDIANA

C. EMPALME DE ALTO COSTO

NOTA:

SOLO PARA VOLUMENES DE PUNTA MUY PRONUNCIADOS
Y DE CORTA DURACION.

Para aumentar la capacidad del empalme se aumenta el ancho del ramal de salida a dos o más pistas frente al cruce de la carretera, a la vez que se dan las distancias necesarias para que los vehículos detenidos no entorpezcan otras corrientes. Las islas en el camino interceptado separan todas las corrientes en pistas separadas que se deben diseñar de acuerdo a los volúmenes actuantes. Dependiendo de los anchos de pavimento y mediante un adecuado control de tiempos de semáforos, este empalme puede atender volúmenes de servicio del orden de 500 a 1000 Veh/h.

3.403.303(3) 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 en que se tiene volúmenes de tránsito de alguna importancia y disponibilidad de espacio, se puede considerar el diseño de pistas independientes para los giros a la derecha (figura A de la Lámina 3.403.303(3).A). Estas pistas 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 90º, la canalización permite reducir considerablemente la zona pavimentada.

Cuando el espacio lo permite y los movimientos de giro son importantes se puede diseñar pistas 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 pistas.

Si los volúmenes lo requieren debe recurrirse a ensanchar la zona de cruzamiento, Incluso se debe introducir, en caminos de calzada simple, una mediana en la zona de la intersección para separar los flujos de tránsito de paso, como lo indica la figura D de la Lámina 3.403.303(3).A. En este diseño, el vértice de la mediana queda ubicado en el punto donde comienza el ensanche de dos a cuatro pistas. El diseño del camino interceptado es independiente de esta mediana, 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 Lámina 3.403.303(3).B 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 una pista conseguida en la mediana. En la figura B se ha materializado el refugio con una isla separadora en la zona de la mediana 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 crean dos nuevas intersecciones, las cuales deben distar de la inicial un mínimo de 100 metros.

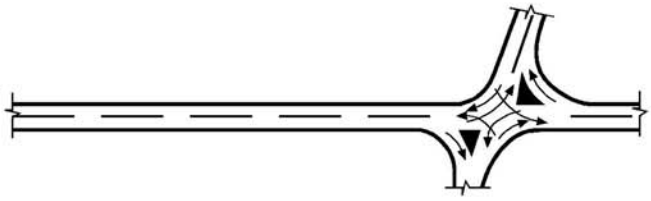
3.403.304 Intersecciones en Estrella. Las Intersecciones en estrella se deben evitar siempre que sea posible. Cuando no se pueda, se debe recurrir a cambios de alineación en los accesos al cruce para sacar los movimientos conflictivos de la intersección principal. Se crean así Intersecciones subordinadas, 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 deben diseñarse para ser operados a velocidades bajas, no superiores a 50 (km/h).

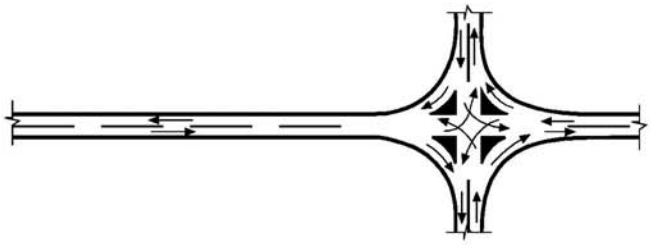
Las figuras I y II de la Lámina 3.403.2.B muestran en forma esquemática la disposición de islas y canales que facilitan la regulación del cruce. En la figura VI de la misma Lámina se muestra una intersección de dos caminos importantes en que el esviaje del cruce hace necesaria una rectificación del trazado del camino secundario respecto del otro. Se ha provisto vías de giro especiales para atender el volumen también importante de giros.

3.403.305 Intersecciones Rotatorias. Estas Intersecciones serán tratadas en forma especial en el Tópico 3.404.7, ya que su funcionamiento difiere fundamentalmente de los otros tipos expuestos en la presente sección.

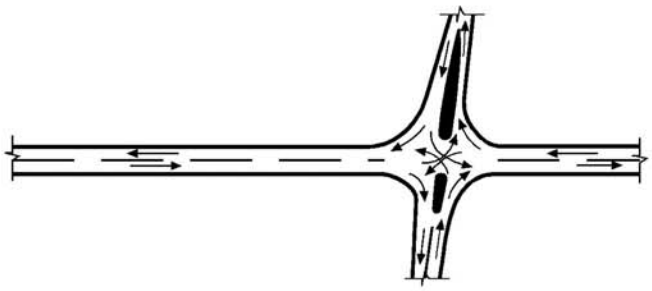
A. VIAS A LA DERECHA MEDIANTE ISLAS TRIANGULARES EN CUADRANTES AGUDOS



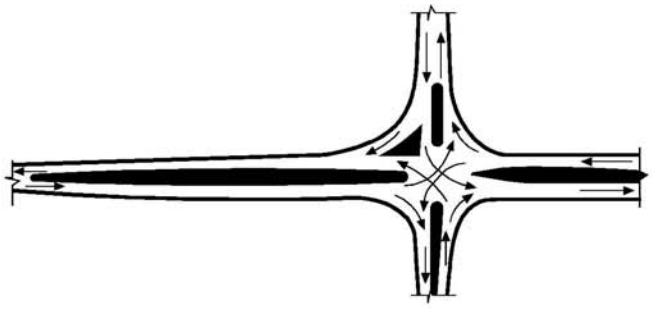
B. ISLAS TRIANGULARES EN TODOS LOS CUADRANTES

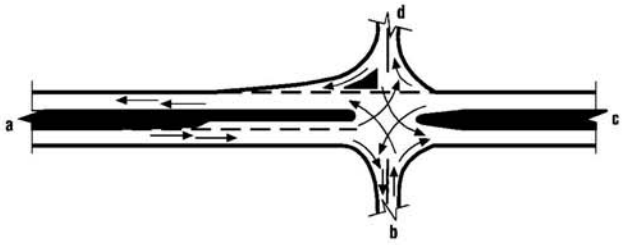


C. SEPARACION MEDIANTE ISLAS DIVISORIAS

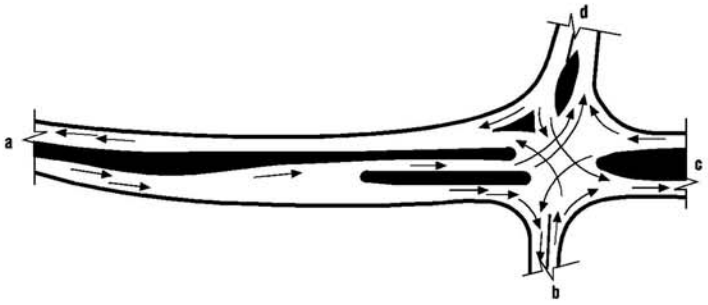


D. CREACION DE MEDIANA EN ZONA DE CRUCE

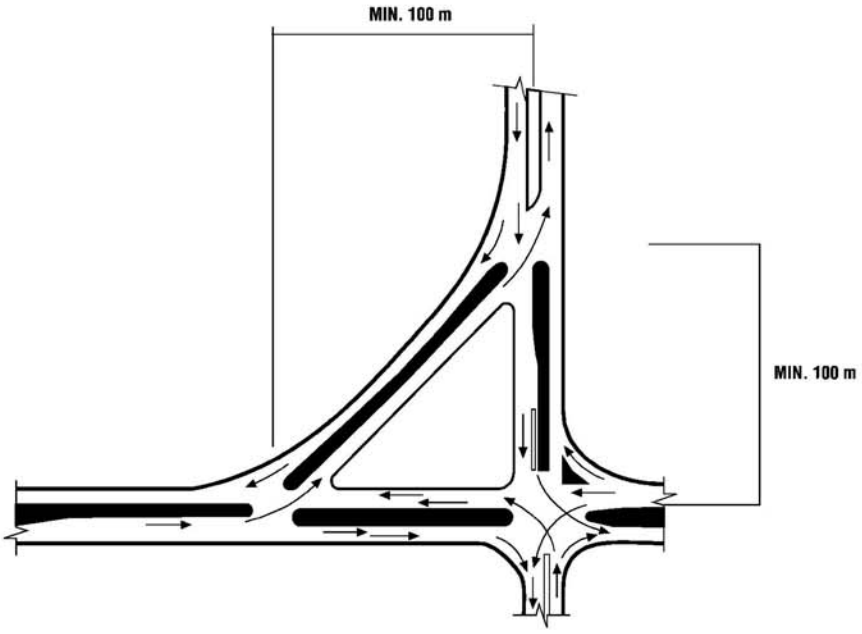




A. GIRO DELINEADO POR MEDIANA ANGOSTA



B. GIRO PROTEGIDO POR LA MEDIANA E ISLA DIVISORIA



C. GIRO SACADO DEL CRUCE MEDIANTE DIAGONAL

SECCION 3.404 DISEÑO GEOMETRICO DE UNA INTERSECCION

3.404.1 ASPECTOS BASICOS DEL TRAZADO

La mejor solución para una intersección es la más simple y segura que sea posible. Cada punto de conflicto debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos disponibles (ensanches, islas, pistas auxiliares, etc.) para que el dispositivo resultante evite maniobras difíciles o peligrosas, no imponga recorridos superfluos y sea fácilmente señalizable. Para lograr tal diseño se debe tener presente los siguientes principios:

3.404.101 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 anchura de vías, introducción de curvas de radio pequeño. Eventualmente, convendrá eliminarlos totalmente.

3.404.102 Reducción de las Areas de Conflicto. Las grandes superficies pavimentadas invitan a los vehículos y peatones a movimientos erráticos, que promueven accidentes y disminuyen la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas que ellas no sean recomendables.

3.404.103 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 recomiendan intersecciones con ángulos comprendidos entre 65^g y 135^g.

3.404.104 Separación de los Puntos de Conflicto. Mediante una canalización adecuada pueden separarse los puntos de conflicto de una intersección, de modo que los conductores no necesitan atender simultáneamente a varios vehículos. En las intersecciones reguladas con semáforos puede convenir, en ciertos casos, concentrar algunos puntos de conflicto, ya que la separación en el tiempo sustituye a la separación en el espacio.

3.404.105 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 pistas de aceleración o deceleración si fuera necesario. Las islas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas.

3.404.106 Control de la Velocidad. También mediante la canalización puede controlarse la velocidad de los flujos que entran 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.

3.404.107 Control de los Puntos de Giro. 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 soleras que si la canalización se obtiene mediante marcas pintadas en el pavimento.

3.404.108 Creación de Zonas Protegidas. Las islas proporcionan a los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso. Asimismo, son de utilidad cuando un vehículo necesita cruzar varias pistas de circulación, pudiéndolo hacer por etapas sucesivas, sin necesidad de esperar a que simultáneamente se produzca en todas las vías la interrupción de tráfico necesaria.

3.404.109 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 parada (Tabla 3.404.205(1).A).

3.404.110 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.

3.404.111 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.

3.404.2 DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

3.404.201 Aspectos Generales. La distancia de visibilidad es uno de los elementos más importantes en la seguridad de un camino y su provisión posibilita una operación eficiente.

En este Tópico se señalará medidas de diseño necesarias para que una intersección ofrezca, en todos sus puntos, suficiente visibilidad como para permitir a un conductor realizar las maniobras necesarias para cruzar con seguridad y con el mínimo de interferencias. Condición supuesta para ello será que los conductores se aproximen a dicha intersección a una velocidad compatible con la Velocidad de Proyecto del elemento por el cual circulan.

Las distancias mínimas de visibilidad que se consideran seguras en una intersección están relacionadas directamente con la velocidad de los vehículos y las distancias recorridas durante tiempos normales de percepción, reacción y frenado, bajo ciertas hipótesis de condiciones físicas y de comportamiento de los conductores.

3.404.202 Visibilidad y Distancia de Parada en Intersecciones. Aunque la provisión de adecuada visibilidad y de apropiados sistemas de control pueden reducir significativamente la probabilidad de accidentes en intersecciones, la ocurrencia de éstos dependerá del juicio, habilidades y respuestas de los conductores por separado.

En todo punto de una carretera el conductor debe tener visión plena, en el sentido de su marcha, en una longitud por lo menos igual a la distancia de parada (3.202.2). En una intersección, el conductor de cualquier vehículo, en cualquiera de las trayectorias que recorra, debe tener visibilidad sobre la intersección y sus accesos con un tiempo suficiente para detener su vehículo antes del cruce, si tal fuese la maniobra necesaria para evitar un siniestro.

3.404.203 Triángulos de Visibilidad. En una intersección la visibilidad necesaria para maniobrar en forma segura no se refiere sólo al camino en que se desplaza el vehículo, sino que se extiende en el sentido lateral, de manera que permita al conductor observar los vehículos que accedan al cruce coincidentemente con él.

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 conflictos (ver Lámina 3.404.203.A).

Cualquier objeto de una altura determinada, que quede dentro del triángulo de visibilidad y que pueda obstruir parte de la 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.

3.404.204 Triángulo Mínimo de Visibilidad. Consecuentemente con estas definiciones, el triángulo mínimo de visibilidad que se considera seguro corresponde a dicha zona triangular que tiene como lado, sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de parada.

Todo conductor puede acelerar, decelerar o detenerse. En cada intersección, y para cada uno de dichos casos, la relación espacio – tiempo - velocidad indica el triángulo de visibilidad que se requiere libre de obstáculos y permite establecer las modificaciones de las velocidades de aproximación cuando no se dispone de una visibilidad adecuada.

Después que un vehículo se ha detenido en una intersección, su conductor debe tener suficiente visibilidad para poder concretar una salida segura a través del área común del cruce. El diseño de la intersección deberá proveer visibilidad adecuada para cualquiera de las varias maniobras posibles en ella, tales como cruzar la vía que se intersecta o ingresar a ella. Estas maniobras deben ser asistidas con

visibilidad suficiente, del mismo modo que se las debe garantizar a los vehículos que se aproximan desde la vía principal, por la derecha o por la izquierda.

La distancia **d** es la distancia recorrida por un vehículo sobre la calzada de paso principal, transitando a la Velocidad de Proyecto, durante el tiempo requerido para que el vehículo detenido en la vía secundaria arranque y cruce la intersección o gire hacia la rama destino en la carretera principal.

3.404.205 Señalización de Intersecciones. Toda intersección debe estar convenientemente regulada mediante señales informativas, preventivas y reglamentarias (imperativas).

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 imperativa en una distancia equivalente a 1,5 veces la de visibilidad de parada correspondiente.

La señalización reglamentaria en la intersección misma será imperativa y responderá a los siguientes principios, sin perjuicio de lo dispuesto en el "Manual de Señalización de Tránsito" (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; Santiago de Chile, 2000) y en los Instructivos emitidos por la Dirección de Vialidad.

En toda intersección a nivel, en que al menos uno de los caminos es pavimentado, la importancia de un camino prevalecerá sobre la del otro y, por lo 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 adecuado a las velocidades de proyecto de ambos caminos y las relaciones entre flujos convergentes no exijan una prioridad absoluta, se usará el signo CEDA EL PASO, que significa, para el conductor que lo enfrenta, que éste deberá reducir la velocidad hasta la detención, si fuera necesario, para ceder el derecho de vía a todo vehículo que circula por la otra vía y cuya proximidad constituye riesgo.

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, que significa, para el conductor que lo enfrenta, que éste deberá detener completamente su vehículo y ceder el derecho a paso a los que circulan por la vía de preferencia. Podrá reiniciar la marcha sólo cuando pueda hacerlo en condiciones que eliminen toda posibilidad de accidente.

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.

3.404.205(1) Primer Caso: Intersección Regulada por Signo "CEDA EL PASO" que Exige Distancias de Parada antes del Cruce.

a) Las distancias de parada que se consideran seguras en diseño de intersecciones son las mismas usadas en cualquier otro elemento de camino. Dependen de la Velocidad de Proyecto y están dadas en la Tabla 3.404.205(1).A. Si alguna de las carreteras presenta pendientes longitudinales mayores de 2%, estas distancias deben corregirse de acuerdo con la Lámina 3.202.2.A.

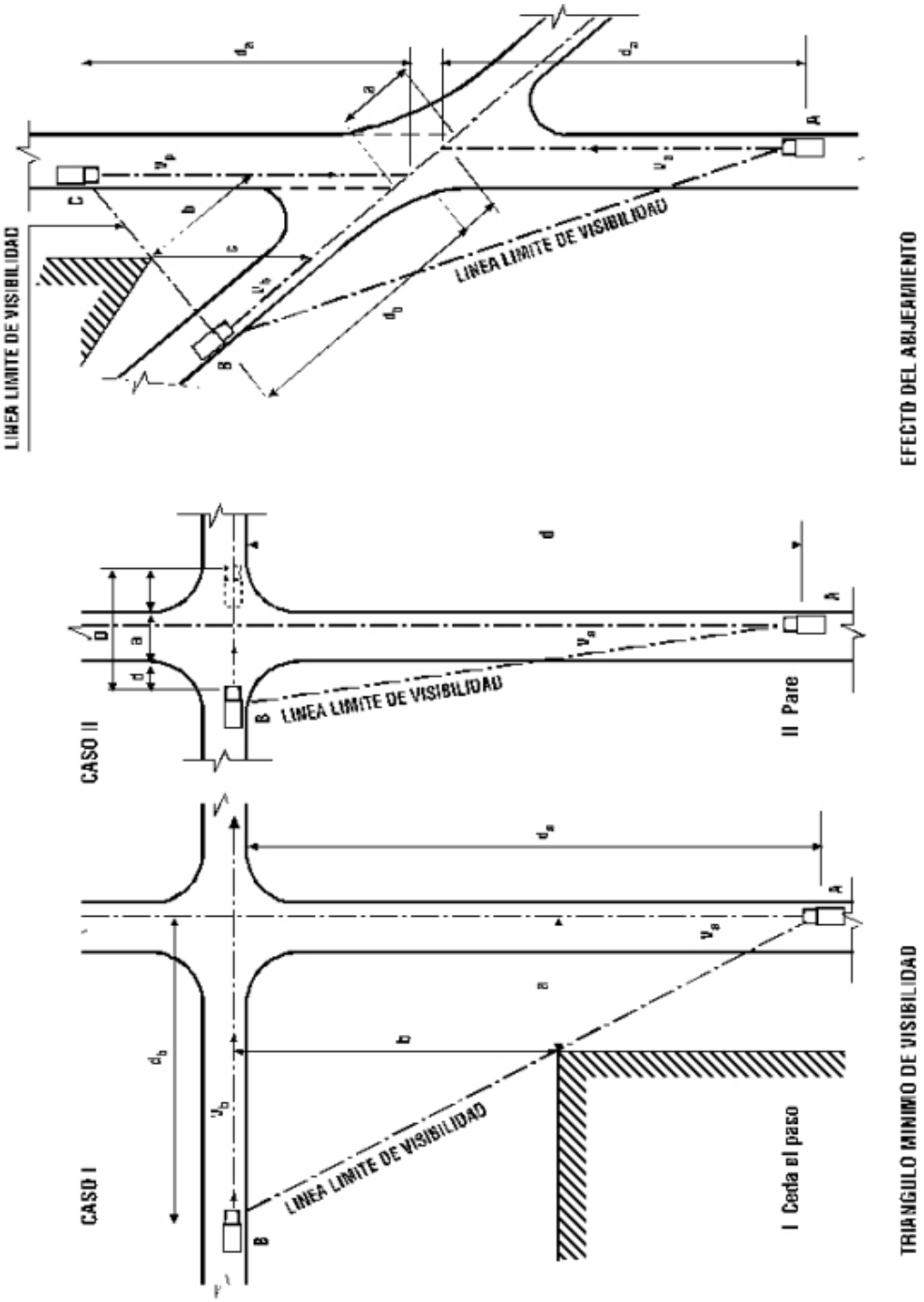

LINEA LIMITE DE VISIBILIDAD
LINEA LIMITE DE VISIBILIDAD
EFECTO DEL ABUJERAMIENTO
CASO II
LINEA LIMITE DE VISIBILIDAD
II Pare
CASO I
LINEA LIMITE DE VISIBILIDAD
I Ceda el paso
TRIANGULO MINIMO DE VISIBILIDAD

TABLA 3.404.205(1).A
DISTANCIA DE PARADA (m) EN CRUCES E INTERSECCIONES

Velocidad de Proyecto (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distancia de Parada (m)	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250

b) Cuando el triángulo de visibilidad no cumple las exigencias impuestas por las velocidades de proyecto 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 llamado velocidad crítica. La velocidad crítica para la vía secundaria depende de la Velocidad de Proyecto de la carretera preferencial y de la distancia de visibilidad que el obstáculo permite sobre la carretera secundaria (Lámina 3.404.203.A, caso I).

Se llama velocidad crítica de la carretera B a la velocidad única tal que la distancia $\mathbf{d_b}$ corresponde a la distancia de parada. Obtenido $\mathbf{d_b}$ se lee en la Tabla 3.404.205(1).A, la Velocidad de Proyecto que corresponde a la velocidad crítica.

Se puede calcular la velocidad crítica $\mathbf{V_b}$ en función de la Velocidad de Proyecto de la carretera A ($\mathbf{V_a}$) y de las distancias **a** y **b** entre el obstáculo y la trayectoria de A y B. Conocido $\mathbf{V_a}$ se conoce la distancia mínima de parada $\mathbf{d_a}$. Cuando el vehículo en A está a la distancia $\mathbf{d_a}$ de la intersección y los conductores en A y B pueden verse, el vehículo B está a la distancia **b** de la intersección. Por semejanza de triángulos se obtiene que: $d_b = (a \times d_a) / (d_a - b)$

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 a distancia d_b del cruce, su velocidad no sea superior a la crítica.

3.404.205(2) Segundo Caso: Intersección en que los Vehículos de una Carretera que Acceden 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 Proyecto 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 = 0,275 V (t + ta) en la que: D = distancia de visibilidad sobre la carretera preferencial, expresada en metros; V = Velocidad de Proyecto de la carretera preferencial, en km/h; t = tiempo de percepción más tiempo de arranque expresado en segundos; ta = tiempo requerido para acelerar y despejar la carretera principal, expresado en segundos.

El tiempo t representa el lapso entre la mirada del conductor en ambas direcciones de la carretera que va a cruzar y el instante en que pone su vehículo en movimiento. La manera de actuar de los conductores es muy variable, pero el valor de **t** que se aconseja es el de los conductores normalmente lentos. Se asume en estas circunstancias un valor de 2 segundos para cruces en zona rural y un valor de 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% .

El tiempo **ta**, que depende de la capacidad de aceleración de los vehículos tipo, también depende en forma subjetiva de los conductores. Usando valores prudenciales de aceleración, de acuerdo con los vehículos tipo seleccionados, se dan en la Tabla 3.404.205(2).A los tiempos 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:

$$S = d + C + L$$

En la que:

S = distancia total de cruzamiento.

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 Liviano = 5,80 m; Bus Interturbano = 13,2 m; Vehículo Articulado VA1 = 18,6 m; VA2 = 22,4 m.

La distancia de visibilidad así obtenida D = 0,275 V (t + ta), resulta generalmente mayor que la distancia mínima de parada. Esto da una seguridad adicional a los vehículos que cruzan desde el reposo. La situación descrita se ilustra en la Lámina 3.404.205(2).A.

Si la carretera que se debe cruzar tiene calzadas separadas se pueden presentar dos situaciones: que la mediana tenga un ancho mayor o igual al largo del vehículo tipo escogido, caso en el cual se considera que el cruce se realiza en dos etapas; y que la mediana tenga un ancho inferior al largo del vehículo, caso que obliga a incluir, como parte del término C (incorporado en la expresión S = d + C + L), el ancho correspondiente a la mediana.

Cuando la 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 obtenida sea segura. Si las condiciones son muy desfavorables se debe introducir elementos de diseño para reducir efectivamente la velocidad de aproximación al cruce. Se puede llegar incluso a recomendar la instalación de semáforos con su señalización complementaria previa, e incluso la separación de niveles.

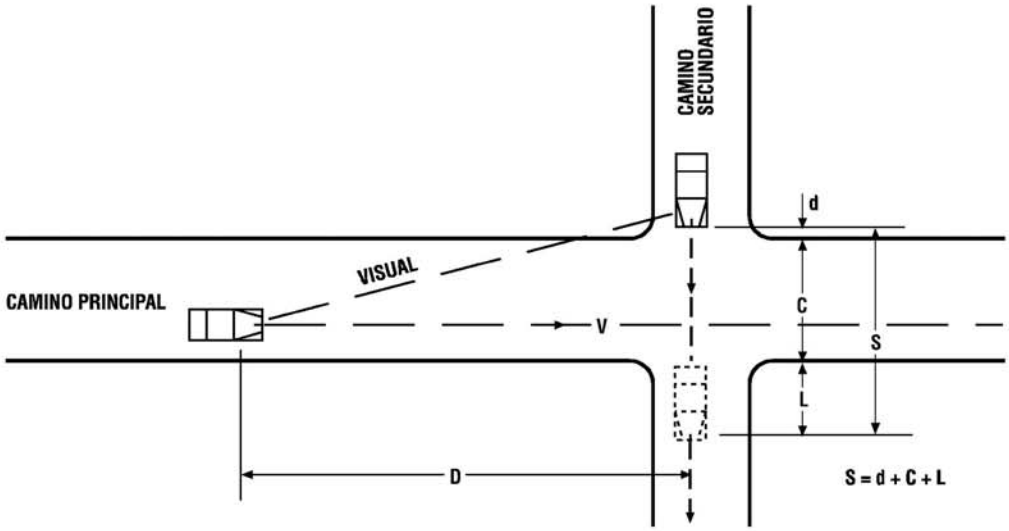
TABLA 3.404.205(2).A.
TIEMPOS (ta) REQUERIDOS PARA CRUZAR UNA CARRETERA

Vehículo Tipo	Distancia S (m)						
	15	20	25	30	35	40	45
	ta para cruzar y recorrer S						
V. Liviano	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
Camión	-	7,5	8,5	9,0	10,0	11,0	12,0
V. Articulado	-	-	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0

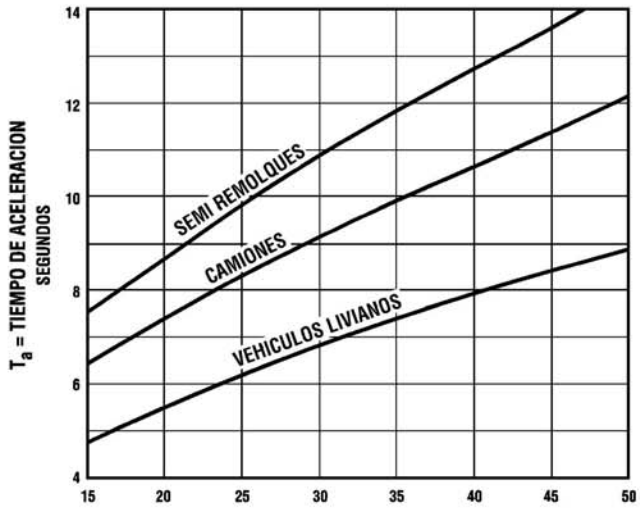
3.404.206 Efecto del Esviaje del Cruce en el Triángulo de Visibilidad. Si dos carreteras se cruzan bajo un ángulo inferior a 60º, algunos de los factores que determinan el cuadro de visibilidad cambian. En la intersección esviada de la Lámina 3.404.203.A se muestra cómo varía la condición de los triángulos 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.

Esta dificultad para observar el tránsito que converge invalida las hipótesis del primer caso en la solución del cruce, aun cuando el tránsito en ambas carreteras sea pequeño. Entonces se deberá proceder de acuerdo con lo especificado para el segundo caso, colocando una señal “PARE".



CONTROL DE PARADA EN CAMINO SECUNDARIO



S = DISTANCIA RECORRIDA DURANTE LA ACELERACION
METROS

Cuando sea técnica y económicamente factible, se deberá optar, en las intersecciones esviadas, por una rectificación de los ángulos de cruzamiento, apuntando a la intersección en ángulo cercano al recto. Se considerará inconvenientes los ángulos inferiores a 60º o superiores a su suplemento.

3.404.207 Influencia de las Gradientes en la Visibilidad del Cruce. Los valores deducidos para la distancia mínima de parada se basan en la hipótesis de que la rasante en el sector del cruce es aproximadamente horizontal. Si la rasante tiene una pendiente negativa, un vehículo necesita una mayor distancia para detenerse. Por el contrario, con una gradiente positiva, requiere una distancia menor.

En las vías que acceden al cruce la tolerancia para la inclinación de la rasante está íntimamente relacionada con las distancias de visibilidad obtenibles. Para visibilidad mínimas seguras las inclinaciones no deben ser superiores a un 3%, y en casos en que la visibilidad exceda considerablemente a las mínimas en horizontal, podrían tolerarse inclinaciones hasta un 6%.

En estos últimos casos, el tiempo necesario para que un vehículo cruce la carretera preferencial se ve afectado por la inclinación de la rasante de la carretera secundaria en el tramo de cruce. Normalmente los peraltes no necesitan ser considerados, salvo cuando se trata de valores altos, debidos a una fuerte curvatura en la carretera principal, que afectan toda la altimetría de la intersección (3.404.502(2).A).

El efecto de la inclinación de la rasante puede expresarse multiplicando el tiempo "ta", extraído de la Tabla 3.404.205(2).A, por un factor sacado de la siguiente Tabla 3.404.207.A.

TABLA 3.404.207.A
CORRECCION DE ta POR INCLINACION DE LA RASANTE

Vehículo Tipo	Inclinación de la Rasante de la Carretera Secundaria en el Cruce (%)				
	-4	-2	0	+2	+4
	Factor de Corrección				
L	0,7	0,9	1	1,1	1,3
C	0,8	0,9	1	1,1	1,3
VA1	0,8	0,9	1	1,2	1,7

3.404.208 Cruces a Nivel con Vías Férreas. En zonas rurales en que existan cruces a nivel con vías férreas en operación, que no cuenten con guarda cruce y barreras físicas operando en forma continua, durante las 24 horas, se deberán considerar las siguientes normas de diseño geométrico y señalización del camino, en adición a aquellas que pueda exigir la Empresa que opera el ferrocarril y en tanto, dicha Empresa no imponga condiciones más exigentes que las que aquí se establecen.

3.404.208(1) Alineamiento Horizontal. Es deseable que el eje del camino intersecte la vía férrea en ángulo recto o lo más próximo posible a dicha dirección. Como máximo se podrán aceptar ángulos comprendidos entre la normal a la vía férrea y el eje del camino de 25^g, según se ilustra en la Lámina 3.404.208(4).A.

Tanto la alineación de la vía férrea como la del camino deben estar en recta para posibilitar la percepción del tren que viene, por parte de un conductor detenido a 1,5 m del riel más próximo, (posición avanzada de observación – Signo Pare localizado 4 m antes del riel).

Si se calcula el tiempo de cruce requerido por los distintos tipos de vehículos, se puede calcular la visibilidad mínima requerida a lo largo de la vía para que el conductor detenido en la posición avanzada de observación, adopte la decisión de cruzar o no cruzar.

Sea t_c el tiempo de cruce requerido en segundos:

$$t_C = t_{pr} + \sqrt{\frac{2(L_V + a)}{9{,}81J}}$$

Donde:

tpr = Tiempo de Percepción y Reacción para iniciar el movimiento = 2s.

Con Lv = Longitud del Vehículo que cruza
Semiremolque para Transporte de Automóviles = 22,4 m
Semirremolque Corriente = 18,6 m
Buses Interurbanos = 13,2 m
Camión Simple = 11,0 m
Automóviles (Quedan cubiertos por el resto de los vehículos)

a = Ancho de la Vía Férrea Simple (1,68) + 1,5 m a cada lado ≈ 4,70 m
Ancho de la Vía Férrea Doble (5,68) + 1,5 m cada lado ≈ 8,70 m

J = Coeficiente de Aceleración desde la detención
Camión Transporte Automóviles y Semiremolque J = 0,055
Camión Simple J = 0,065
Buses Interurbanos J = 0,080

T cruce = Tiempo Total requerido para cruzar y despejar la vía

TABLA 3.404.208(1).A

TIEMPOS EN CRUCES A NIVEL CON VIAS FERREAS

L_v (m)	J	t_{pr}	Vía Férrea Simple		Vía Férrea Doble	
Vehículo			$\sqrt{\frac{0{,}204\,(L_v + 4{,}7)}{J}}$	T cruce (s)	$\sqrt{\frac{0{,}204\,(L_v + 8{,}7)}{J}}$	t cruce (s)
22,4	0,055	2	9,99	~12s	10,84	13
18,6	0,055	2	9,26	~12s	10,02	13
13,2	0,080	2	6,76	~ 9s	7,47	10
11	0,065	2	7,02	~ 9s	7,86	10

Luego la visibilidad hacia los dos lados de la vía (dv) deberá ser:

TABLA 3.404.208(1).B
DISTANCIAS DE VISIBILIDAD EN CRUCES A NIVEL CON VIAS FERREAS

Velocidad del Tren		Vía Férrea Simple		Vía Férrea Doble	
km/h	m/s	dvs Tc =12s	dvs Tc=9s	dvd Tc = 13s	dvd Tc = 10s
140	38,9	467 m	350 m	506 m	389 m
120	33,4	400 m	300 m	434 m	334 m
100	27,8	334 m	250 m	361 m	278 m

En todo caso la velocidad máxima de los trenes en el sector del cruce actual y a mediano plazo debe ser informada por la Empresa de Ferrocarriles.

Para que dicha visibilidad este disponible en la práctica, la faja del ferrocarril debe estar despejada en al menos 4,0 m desde cada riel hacia el exterior.

La visibilidad por el camino hacia la zona del cruce, debe contar con una distancia de visibilidad de parada para una velocidad equivalente a la del Percentil 85% (Ver 3.201.301 en el presente Volumen). Si ello no fuera posible, se deberá reforzar la señalización de advertencia.

En aquellos cruces con vías férreas existentes que presenten un historial de repetidos accidentes, se podrá construir un “Lomo de Toro”, en la calzada, según el diseño aprobado para áreas urbanas, el que se localizará 50 m antes del cruce ferroviario, debiendo estar debidamente señalizado.

Como mínimo, el alineamiento horizontal deberá disponer de sendos tramos rectos de 60 m de longitud, a cada lado de la línea.

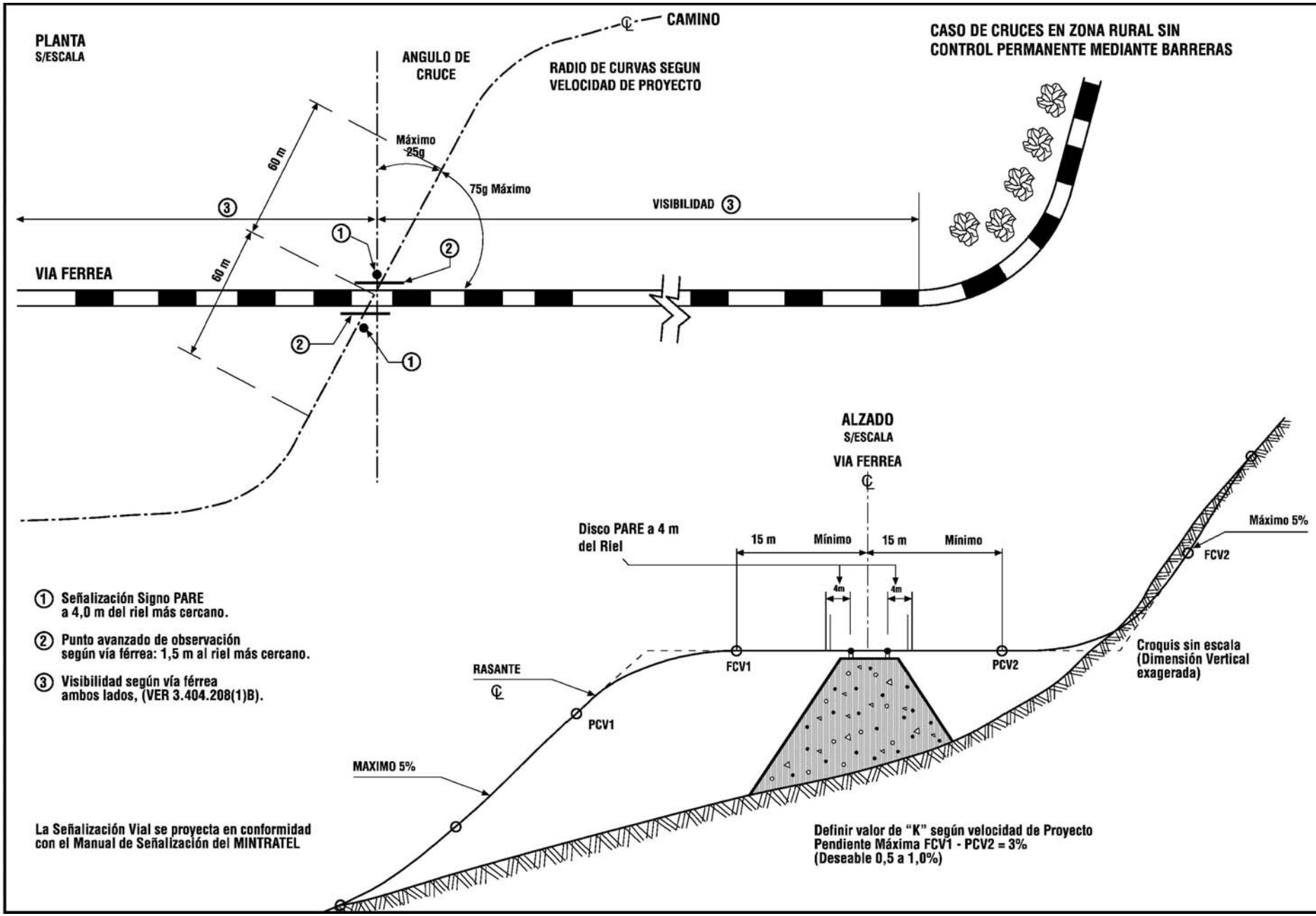
3.404.208(2) Alineamiento Vertical. En los 10 m contados hacia atrás del signo PARE, deberá diseñarse una rasante cuya pendiente máxima sea no mayor que 3%, enlazada con la rasante que la precede (según avance de la distancia acumulada), mediante una curva vertical que cumpla con los requerimientos de la velocidad máxima señalizada antes del cruce. La pendiente de la dicha rasante no deberá superar un ± 5%.

3.404.208(3) Sección Transversal. En la zona del cruce y 25 m antes y después, el ancho mínimo del pavimento será de 7,0 m contando con bermas de al menos 2,0 m. Si el camino no tiene pavimento el ancho total de la plataforma a nivel de rasante será de al menos 10 m.

3.404.208(4) Ilustración Gráfica de los Cruces a Nivel con Vías Férreas. Todo lo expuesto precedentemente se ilustra en la Lámina 3.404.208(4).A para el tipo de cruce sin control mediante barreras de operación permanente.

ESQUEMA EN PLANTA Y ALZADO DE CRUCES A NIVEL CON VIAS FERREAS

MOP - DGOP - DIRECCION DE VIALIDAD - CHILE



3.404.3 TRAZADO EN PLANTA DE LAS VIAS DE LA INTERSECCION

3.404.301 Aspectos Generales. En los Párrafos siguientes se incluye criterios y valores que deben ser asumidos y respetados en el diseño geométrico de los diferentes elementos que forman parte de las intersecciones. Algunos de estos elementos están presentes también en los enlaces, donde son aplicables los mismos criterios y valores.

Los factores básicos de diseño son la importancia de la intersección y la disponibilidad de recursos para diseñar una solución óptima. Estos factores se pueden expresar en términos técnicos mediante herramientas socioeconómicas que permiten cifrar de alguna manera dichas importancia y disponibilidad.

En los casos en que la intersección sea de poca importancia y escaso tránsito, o que los costos de ejecución superen los beneficios sociales de la inversión, su diseño responderá a los mínimos admisibles de acuerdo al radio mínimo de giro del vehículo tipo seleccionado, circulando a velocidades de 15 km/h o menores.

Cuando la importancia de la intersección así lo exija y los beneficios sociales de las inversiones superen los costos respectivos, el diseño estará controlado por la velocidad de operación que se desee obtener en los diversos elementos del cruce y por lo tanto serán aplicables las normas aquí expuestas.

3.404.302 Trazados Mínimos Absolutos de Bordes en Giros sin Canalizaciones. Cuando el espacio disponible para la intersección sea muy reducido, o los movimientos de giro de muy poca importancia, se podrá utilizar intersecciones de trazado mínimo. En estos casos el diseño está gobernado exclusivamente por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

Los diseños de borde para giros recomendados en las Tabla 3.404.302.A y 3.404.302.B provienen de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO; USA, 1994). Los radios mínimos que allí se indican están referidos al borde interior del pavimento en la curva y diseñados para las siguientes condiciones de operación:

- Velocidad de giro hasta 15 km/h.
- Inscripción en la curva sin desplazamiento a las pistas vecinas 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.
- Giros a la derecha y a la izquierda.
- Los vehículos considerados en dichas Tabla son:
- L: vehículo liviano (3.005.2). Corresponde al vehículo “P” de AASHTO. Ver 3.402.302(1).
- C: camión simple (3.005.3). El borde de giro para vehículo C fue adaptado para los buses interurbanos de 13,2 y 14,0 m (Lámina 3.005.5.C). Ver 3.402.302(2).
- VA1: tracto camión con semi-remolque corriente (3.005.3). Ver 3.402.302(3).
- VA2: tracto camión con semi-remolque para transporte de automóviles. Ver 3.402.302(4).

La Tabla 3.404.302.A recomienda curvas simples de radio único para ángulos de giro pequeños y vehículos menores. A medida que el ángulo de giro crece y el vehículo de diseño es más grande, los mínimos en cuestión se transforman en curvas circulares también simples pero con retranqueos y cuñas que mejoran las condiciones de los giros y disminuyen la superficie pavimentada. La Tabla 3.404.302.B presenta soluciones alternativas que permiten mejor desempeño de los vehículos en la medida que éstos crecen en tamaño y giran ángulos mayores.

Aún cuando las soluciones indicadas en dichas Tabla son adecuadas en la mayoría de los casos, el proyectista podrá ensayar otras en casos especiales. El uso de alineaciones con clotoides es una alternativa posible para las curvas compuestas allí tabuladas, previa comparación de la geometría resultante con las trayectorias de los vehículos tipo graficadas en las Láminas 3.005.5.A, 3.005.5.B y 3.005.5.C.

En casos muy justificados, en que sea necesario utilizar trazados mínimos, como los que aquí se presentan, en caminos de importancia, esta Tabla o valores similares podrán utilizarse, siempre que se dispongan pistas de deceleración (y aceleración en el caso de calzadas unidireccionales) para poder pasar de la Velocidad de Proyecto del camino principal a los 15 km/h que permite el ramal de giro (y viceversa), sin disminuir la capacidad de la vía principal o crear situaciones de peligro (3.404.307).

Donde los ramales de giro consulten soleras limitando el borde del pavimento, será recomendable ampliar los radios mínimos aceptables para permitir una maniobra más expedita.

Para el replanteo de curvas de tres centros, los datos del problema son: los radios de las tres circunferencias que se enlazan entre sí y los desplazamientos o retranqueos que se da a la circunferencia de radio menor (central) con respecto a cada uno de los bordes de las calzadas que se cortan. La circunferencia de radio menor se replantea definiéndola tangente a los bordes desplazados de las calzadas y determinando los puntos de tangencia de las circunferencias mayores con los respectivos bordes de la calzada y con la circunferencia de radio menor. La Lámina 3.404.302.A ilustra el problema e indica la manera de determinar analíticamente la ubicación de estos puntos de tangencia, referidos al vértice en que se cortan las alineaciones del borde de las calzadas consideradas. Para el caso de la curva de tres centros asimétrica es necesario introducir las variaciones analíticas pertinentes.

La elección de trazados mínimos depende del tipo y tamaño de los vehículos que habrán de girar y de las facilidades que debería otorgársele a los mismos para sus maniobras. A su vez, estos asuntos dependen de otros factores, tales como el tipo, naturaleza y ubicación de los caminos que se cruzan y de las demandas respectivas; del número y la frecuencia de los vehículos más grandes que realizan movimientos de giro, y del efecto que estas maniobras producen en los demás flujos. Por ejemplo, si la gran mayoría de los giros los ejecutan vehículos particulares, sería económicamente irracional diseñar para grandes camiones que ocasionalmente podrían invadir las pistas adyacentes, pero sin interrupciones significativas del tránsito.

Es necesario entonces analizar las trayectorias probables de vehículos de mayor tamaño que los del vehículo de diseño y las correspondientes invasiones de otras pistas, para decidir, atendiendo a todos los demás datos que sean pertinentes, el diseño mínimo más adecuado. El uso de diseños mínimos para movimientos de giro es frecuente en áreas rurales, a pesar de no existir en estos casos las restricciones propias de las ciudades, especialmente cuando la velocidad o la frecuencia de los giros son bajas.

Cada una de las Láminas 3.404.302. B, C y D muestra, para cada uno de los tres vehículos de diseño que cubren casi la totalidad de los vehículos del país, tres diseños mínimos, con parámetros no necesariamente coincidentes con los de las Tabla 3.404.302. A y B. Todos los casos corresponden a cruces en ángulo recto.

El diseño debe ser modificado cuando las condiciones de trazado, tales como la existencia de curvaturas previas o posteriores al giro, modifiquen las premisas de posición inicial aquí establecidas. Para ello se recomienda el uso de las plantillas correspondientes al vehículo de diseño respectivo.

Cuando los giros a la derecha sean bajos, se puede prescindir de pistas especiales para deceleración y giro. En tal caso, el diseño estructural de la berma debe ser modificado para que su uso por parte de los vehículos que giran no la perjudiquen. Allí donde la frecuencia de estos giros sea superior a 25 veh/h en el año inicial, debe considerarse la provisión de tales pistas, con superficie similar a la de la calzada de paso.

TABLA 3.404.302.A
TRAZADOS MINIMOS DEL BORDE INTERIOR DE LA CALZADA
EN INTERSECCIONES NO CANALIZADAS
CURVA SIMPLE - (Vp ≤ 15km/h)

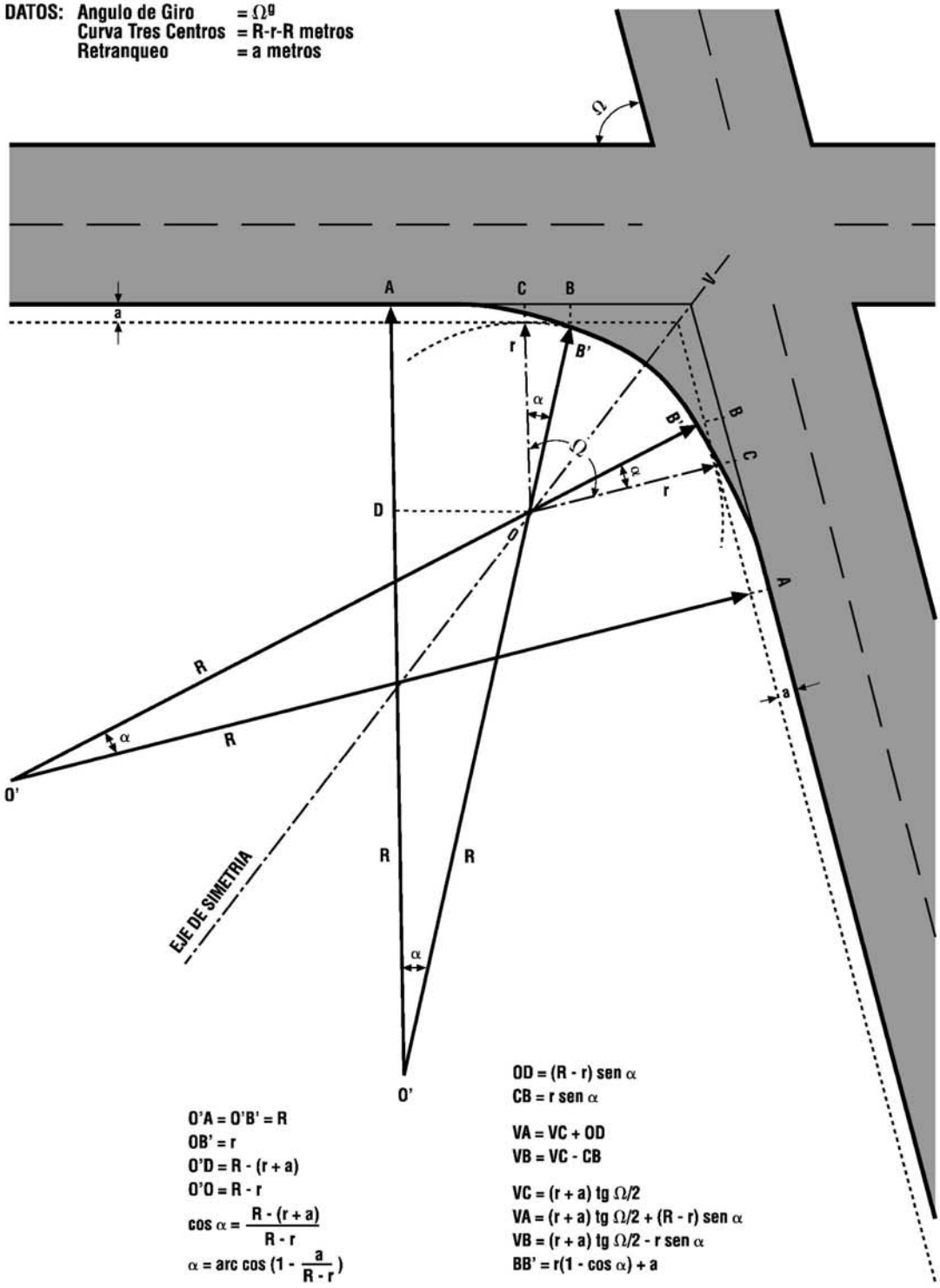
Vehículo Tipo	Angulo de Giro (g)	Radio Curva Simple (m)	Radio de Curva Simple con Cuña		
			Radio (m)	Retranqueo (m)	Cuña (m:m)
L	35	18,0	-	-	-
C		35,0	-	-	-
VA1		85,0	-	-	-
VA2		115,0	67,0	1,0	15:1
L	50	15,0	-	-	
C		25,0	-	-	
VA1		60,0	40,0	0,9	15:1
VA2		76,0	43,0	1,3	15:1
L	65	12,0	-	-	
C		18,0	-	-	
VA1		48,0	35,0	1,1	15:1
VA2		60,0	43,0	1,3	15:1
L	85	10,0	8,0	0,6	10:1
C		17,0	15,0	0,6	10:1
VA1		-	30,0	1,1	15:1
VA2		-	43,0	1,3	20:1
L	100	9,0	6,0	0,8	10:1
C		15,0	13,0	0,6	10:1
VA1		-	27,0	1,2	20:1
VA2		-	36,0	1,3	30:1
L	115	-	6,0	0,8	8:1
C		-	12,0	1,0	10:1
VA1		-	26,0	1,2	20:1
VA2		-	35,0	1,0	30:1
L	135	-	6,0	0,6	10:1
C		-	10,0	1,0	10:1
VA1		-	22,0	1,4	20:1
VA2		-	31,0	1,6	25:1
L	150	-	6,0	0,5	15:1
C		-	10,0	1,2	8:1
VA1		-	18,0	1,7	15:1
VA2		-	25,0	1,6	20:1
L	165	-	6,0	0,60	10:1
C		-	10,0	1,20	8:1
VA1		-	15,0	2,6	8:1
VA2		-	19,0	3,1	10:1
L	200	-	5,0	0,2	20:1
C		-	10,0	0,5	10:1
VA1		-	12,5	3,0	10:1
VA2		-	16,0	4,2	10:1

TABLA 3.404.302.B
TRAZADOS MINIMOS DEL BORDE INTERIOR DE LA CALZADA
EN INTERSECCIONES NO CANALIZADAS
CURVAS COMPUESTAS (Vp ≤ 15km/h)

Vehículo Tipo	Angulo de Giro (g)	Curva Compuesta de Tres Centros (Simétrica)		Curva Compuesta de Tres Centros (Asimétrica)	
		Radios (m)	Retranqueo (m)	Radios (m)	Retranqueo (m)
L	35	-	-	-	-
C		-	-	-	-
VA1		-	-	-	-
VA2		140-50-140	1,2	90 - 50 - 165	0,6 - 1,4
L	50	-	-	-	-
C		-	-	-	-
VA1		100 - 50 - 100	0,8	-	-
VA2		140 - 50 - 140	1,2	75 - 38 - 180	0,3 - 1,8
L	65	-	-	-	-
C		-	-	-	-
VA1		90 - 26 - 90	3,1	45 - 25 - 75	1,8 - 2,8
VA2		120 - 30 - 120	2,4	75 - 38 - 180	0,3 - 1,8
L	85	30 - 8 - 30	0,6	-	-
C		35 - 15 - 35	0,6	-	-
VA1		90 - 20 - 90	3,2	45 - 22 - 120	1,0 - 3,3
VA2		125 - 22,5 - 125	3,0	60 - 25 - 180	0,3 - 3,0
L	100	30 - 6 - 30	0,8	-	-
C		36 - 15 - 36	0,6	-	-
VA1		90 - 20 - 90	2,5	42 - 16 - 85	1,3 - 3,0
VA2		130 - 20 - 130	3,0	60 - 20 - 180	0,3 - 3,4
L	115	30 - 6 - 30	0,8	-	-
C		30 - 12 - 30	1,0	-	-
VA1		105 - 15 - 105	3,5	75 - 17 - 120	0,9 - 3,0
VA2		150 - 15 - 150	4,0	60 - 20 - 180	0,3 - 3,4
L	135	30 - 6 - 30	0,6	-	-
C		30 - 10 - 30	1,0	-	-
VA1		105 - 16 - 105	2,8	35 - 14 - 115	2,9 - 5,5
VA2		165 - 14 - 165	4,6	60 - 18 - 180	0,6 - 3,8
L	150	30 - 6 - 30	0,5	-	-
C		30 - 10 - 30	1,2	-	-
VA1		115 - 15 - 115	3,2	35 - 14 - 125	1,5 - 4,3
VA2		165 - 14 - 165	5,0	60 - 17,5 - 180	0,6 - 3,8
L	165	22,5 - 6 - 22,5	0,6	-	-
C		30 - 10 - 30	1,2	-	-
VA1		100 - 15 - 100	3,3	40 - 14 - 115	1,7 - 3,6
VA2		165 - 14 - 165	5,8	60 - 17 - 180	2,0 - 5,0
L	200	15 - 4,5 - 15	0,2	-	-
C		30 - 10 - 30	0,5	-	-
VA1		140 - 10 - 140	4,5	30 - 12 - 165	3,2 - 4,2
VA2		180 - 14 - 180	6,2	30 - 17 - 120	1,8 - 4,6

TRAZADO DE CURVA DE TRES CENTROS

DATOS: Angulo de Giro = Ω^g
Curva Tres Centros = R-r-R metros
Retranqueo = a metros



$O'A = O'B' = R$
$OB' = r$
$O'D = R - (r + a)$
$O'O = R - r$

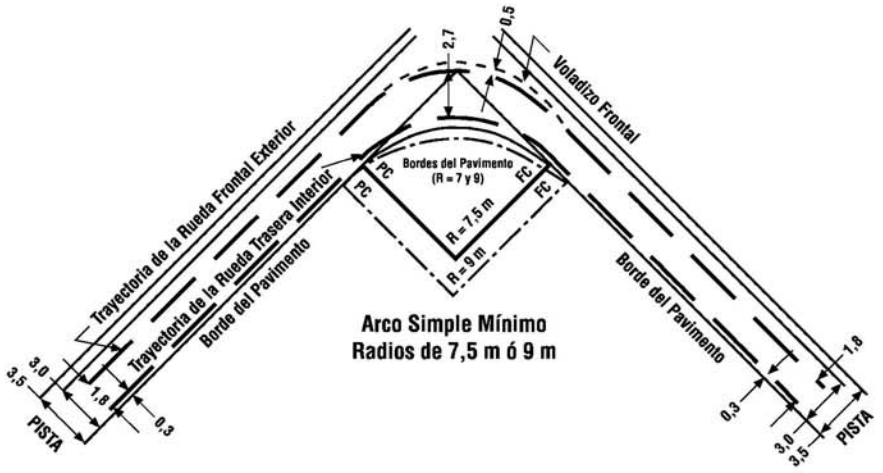
$$\cos \alpha = \frac{R - (r + a)}{R - r}$$

$$\alpha = \text{arc cos } (1 - \frac{a}{R - r})$$

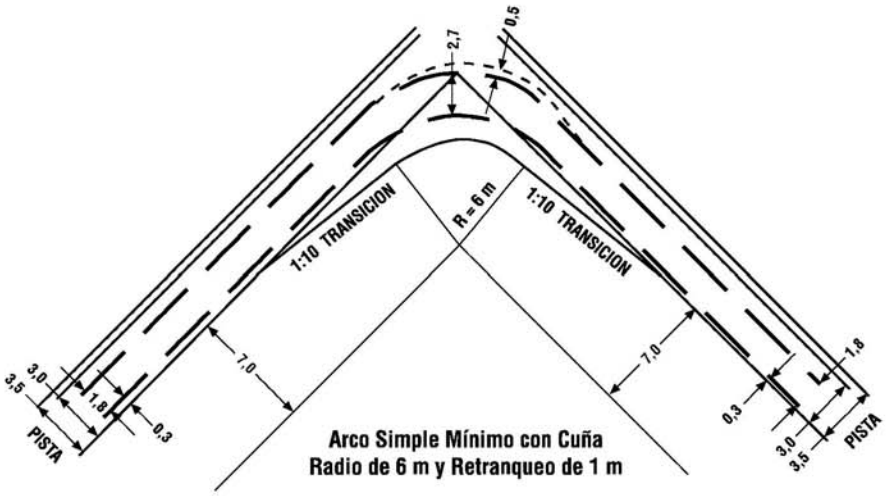
$OD = (R - r) \text{ sen } \alpha$
$CB = r \text{ sen } \alpha$

$VA = VC + OD$
$VB = VC - CB$

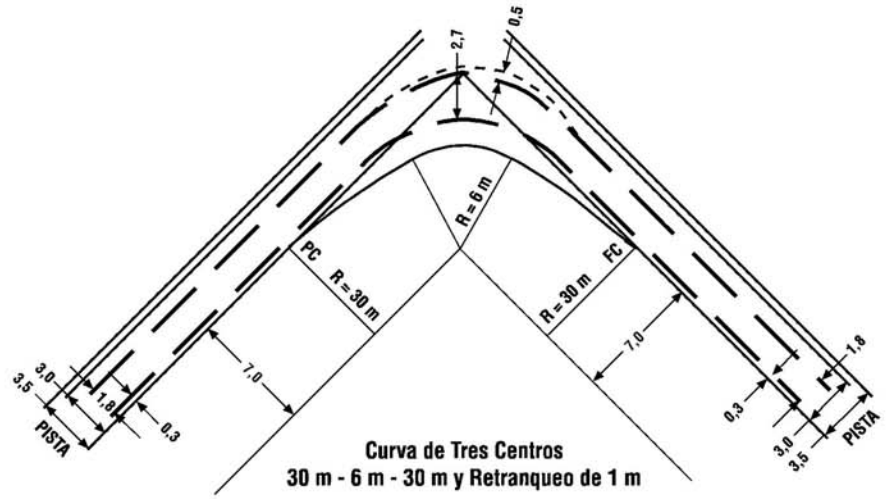
$VC = (r + a) \text{ tg } \Omega/2$
$VA = (r + a) \text{ tg } \Omega/2 + (R - r) \text{ sen } \alpha$
$VB = (r + a) \text{ tg } \Omega/2 - r \text{ sen } \alpha$
$BB' = r(1 - \cos \alpha) + a$



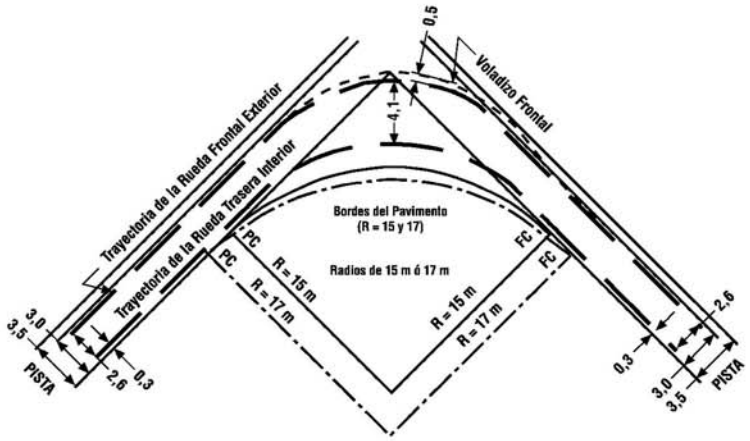
Arco Simple Mínimo
Radios de 7,5 m ó 9 m

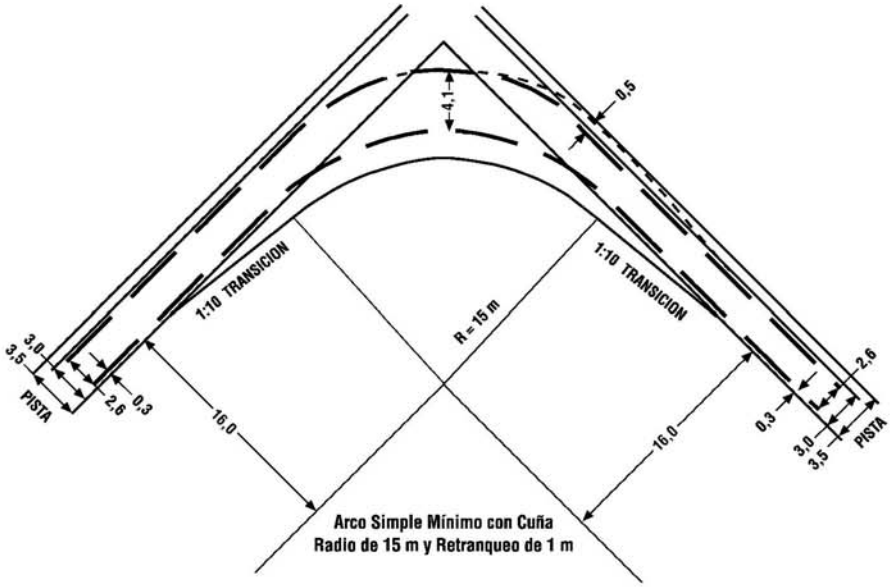


Arco Simple Mínimo con Cuña
Radio de 6 m y Retranqueo de 1 m

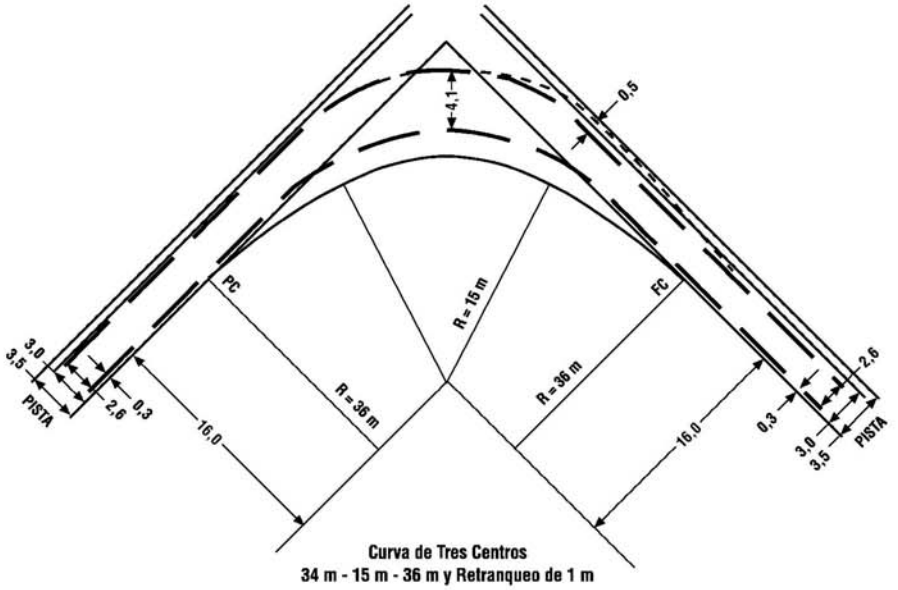


Curva de Tres Centros
30 m - 6 m - 30 m y Retranqueo de 1 m



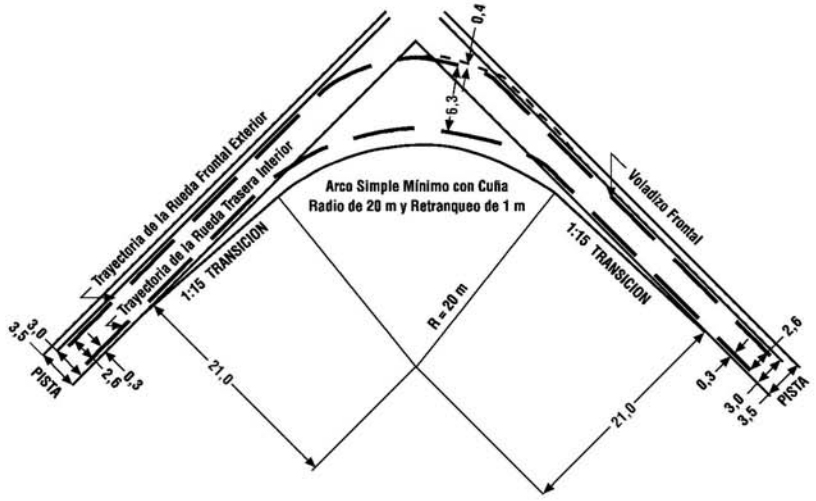


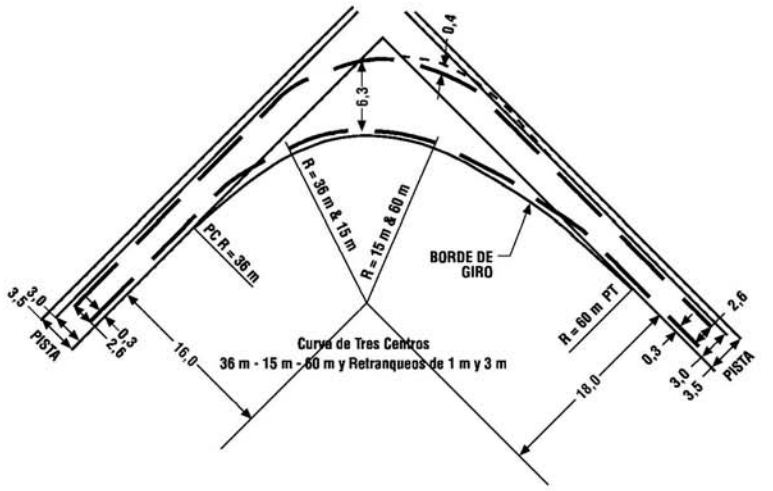
Arco Simple Mínimo con Cuña
Radio de 15 m y Retranqueo de 1 m

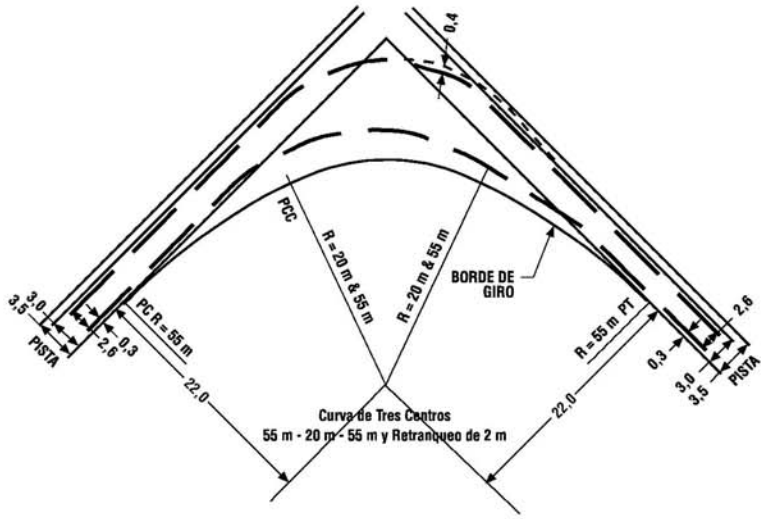


Curva de Tres Centros
34 m - 15 m - 36 m y Retranqueo de 1 m

TRAZADOS MINIMOS PARA TRACTO CAMION CON SEMI-REMOLQUE CORRIENTE (VA)







3.404.303 Trazados Mínimos Absolutos de Curvas en Intersecciones Canalizadas - Ramales Vp ≤ 15 km/h. El área pavimentada en la zona de intersección crece en la medida que los ángulos de giro a la derecha se agudizan y que el vehículo tipo sea de mayor envergadura. Si se permite velocidades de giro mayores que los 15 km/h que son el límite para los trazados mínimos del Párrafo anterior, con el consiguiente aumento de los radios mínimos que se debe aplicar a los bordes de giro, el área común a las ramas de origen y destino del viraje aumenta, agudizándose el problema que para los conductores representa la lectura del dispositivo y también el del aumento de los costos de pavimentación.

Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos de giro más importantes y conducirlos hacia ramales de giro independientes. Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son los siguientes:

- La alineación del borde de giro (borde interior de la curva, Cuadro 3.404.303.A).
- El ancho de la pista de giro (Cuadro 3.404.306(2).A).
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización (4,5 m^2; Numeral 3.404.403).

Estos tres controles de diseño concuerdan cuando para el borde de giro se usa curvas de radios algo mayores que las requeridas para los giros más cerrados de los diferentes vehículos tipo. Esto brinda soluciones algo más holgadas que las mínimas correspondientes al caso sin canalizar.

Las islas de canalización deben tener formas especiales que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad. Estos elementos de diseño se encuentran en el Tópico 3.404.4.

En la Tabla 3.404.303.A se entrega los valores a usar en giros mínimos canalizados. Las superficies de las islas resultantes han sido calculadas y redondeadas 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. En la Lámina 3.404.303.A se muestra tres ejemplos de ramales con islas triangulares mínimas.

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 3.404.303.A 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 puede 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.

3.404.304 Ramales de Intersecciones para 25 ≤ Vp ≤ 65 Km/h. Cuando se diseña el o los ejes de replanteo del tronco de una carretera en el tramo de ésta que contiene una intersección, se aplica, en general, las normas para carreteras en campo abierto.

Para la definición de los ejes de replanteo y de otros elementos propios de la intersección, en el caso de asignársele a estas velocidades de proyecto mayores que los 15 km/h correspondientes al caso mínimo, la determinación de la Velocidad de Proyecto puede seguir los criterios expresados para ramales de enlace (véase 3.504.203(2)).

Una intersección es un dispositivo vial singular, claramente señalizado, al que el conductor accede en forma consciente y en especial estado de atención. Esto refuerza su tendencia a recorrer los elementos curvos a una menor velocidad que la que el mismo comúnmente utiliza en curvas de igual radio en arcos de carreteras a campo abierto.

En las intersecciones no se presenta la dispersión de las velocidades de operación implícitas en la definición de la velocidad V85% (Ver 3.102.404). En efecto, los elementos amplios de las intersecciones, así como los ramales de enlace, tienen longitudes relativamente cortas, y sus circunstancias geométricas inducen actitudes y comportamientos más conservadores, por lo que no son aplicables los

criterios de fondo que respaldan dicha definición de V85%. Ello hace recomendable diseñar estrictamente para la Velocidad de Proyecto. Tampoco se aplica para el diseño de elementos amplios de intersecciones el criterio que llevó a considerar la velocidad V* para la definición de los parámetros de diseño vertical. La velocidad que debe asumirse para dichos parámetros son los correspondientes a la Velocidad de Proyecto.

TABLA 3.404.303.A
TRAZADOS MINIMOS ABSOLUTOS DEL BORDE INTERIOR DE RAMALES DE GIRO EN INTERSECCIONES CANALIZADAS - Vp ≤ 15 Km/h

Vehículo Tipo	Angulo de giro (g)	Curva Compuesta de tres centros (Simétrica)		Ancho del Ramal (m)	Tamaño aproximado de la Isla (m2)
		Radios (m)	Retranqueo (m)		
L	85	45 - 23,0 - 45	1,00	4,20	5,50
C		45 - 23,0 - 45	1,50	5,40	5,00
VA1		55 - 28,0 - 55	1,00	6,00	5,00
L	100	45 - 15,0 - 45	1,00	4,20	5,00
C		45 - 15,0 - 45	1,50	5,40	7,50
VA1		55 - 20,0 - 55	2,00	6,00	11,50
L	115	36 - 12,0 - 36	0,60	4,50	6,50
C		30 - 11,0 - 30	1,50	6,60	5,00
VA1		55 - 14,0 - 55	2,40	9,00	5,50
L	130	30 - 9,0 - 30	0,80	4,80	11,00
C		30 - 9,0 - 30	1,50	7,20	8,50
VA1		55 - 12,0 - 55	2,50	10,20	20,00
L	150	30 - 9,0 - 30	0,80	4,80	43,00
C		30 - 9,0 - 30	1,50	7,80	35,00
VA1		48 - 11,0 - 48	2,70	10,50	60,00
L	165	30 - 9,0 - 30	0,80	4,80	130,00
C		30 - 9,0 - 30	2,00	9,00	110,00
VA1		48 - 11,0 - 48	2,10	11,40	160,00

Un vehículo VA2 puede inscribir su trayectoria en un diseño para vehículo VA1 a baja velocidad y sin huelgas laterales

Consecuentemente, para los elementos amplios de intersecciones se aplican las relaciones radio-peralte, que consideran que la aceleración transversal generada por el desplazamiento de un móvil según una trayectoria circular será compensada en un 25% por el peralte y en un 75% por la fricción transversal, según se expone en 3.404.602, lo cual genera dinámicas de desplazamiento que no favorecen, físicamente, velocidades superiores a las de proyecto.

En el diseño de curvas de intersecciones para 25 ≤ Vp ≤ 65 Km/h se pueden usar coeficientes de fricción lateral algo mayores que los usados en caminos y carreteras, llegando en casos extremos, obligados por el espacio disponible, a utilizar los que se consignan en la Tabla 3.404.304.A.

La Tabla 3.404.304.A muestra los valores de los radios mínimos absolutos en intersecciones canalizadas con Velocidades de Proyecto comprendidas entre 25 y 65 km/h, para peraltes de 0% y 8%. Estos valores han sido calculados mediante la expresión $R_{MIN} = V^2/127\ (t+p)$, utilizando los valores máximos admisibles del coeficiente de fricción, que aparecen también en dicha Tabla.

La expresión anterior para R_{MIN} puede ser utilizada con otros valores del peralte, pero sólo en casos en los que muy justificadamente no se puedan proyectar radios de curvaturas más amplios para la Velocidad de Proyecto requerida, o cuando los peraltes de las superficies de rodadura queden condicionados por las características en elevación de la intersección (Véase Tópico 3.404.5) por la dificultad de proveer distancias suficientes para desarrollarlos.

TRAZADOS PARA RAMALES DE GIRO CON ISLAS MINIMAS

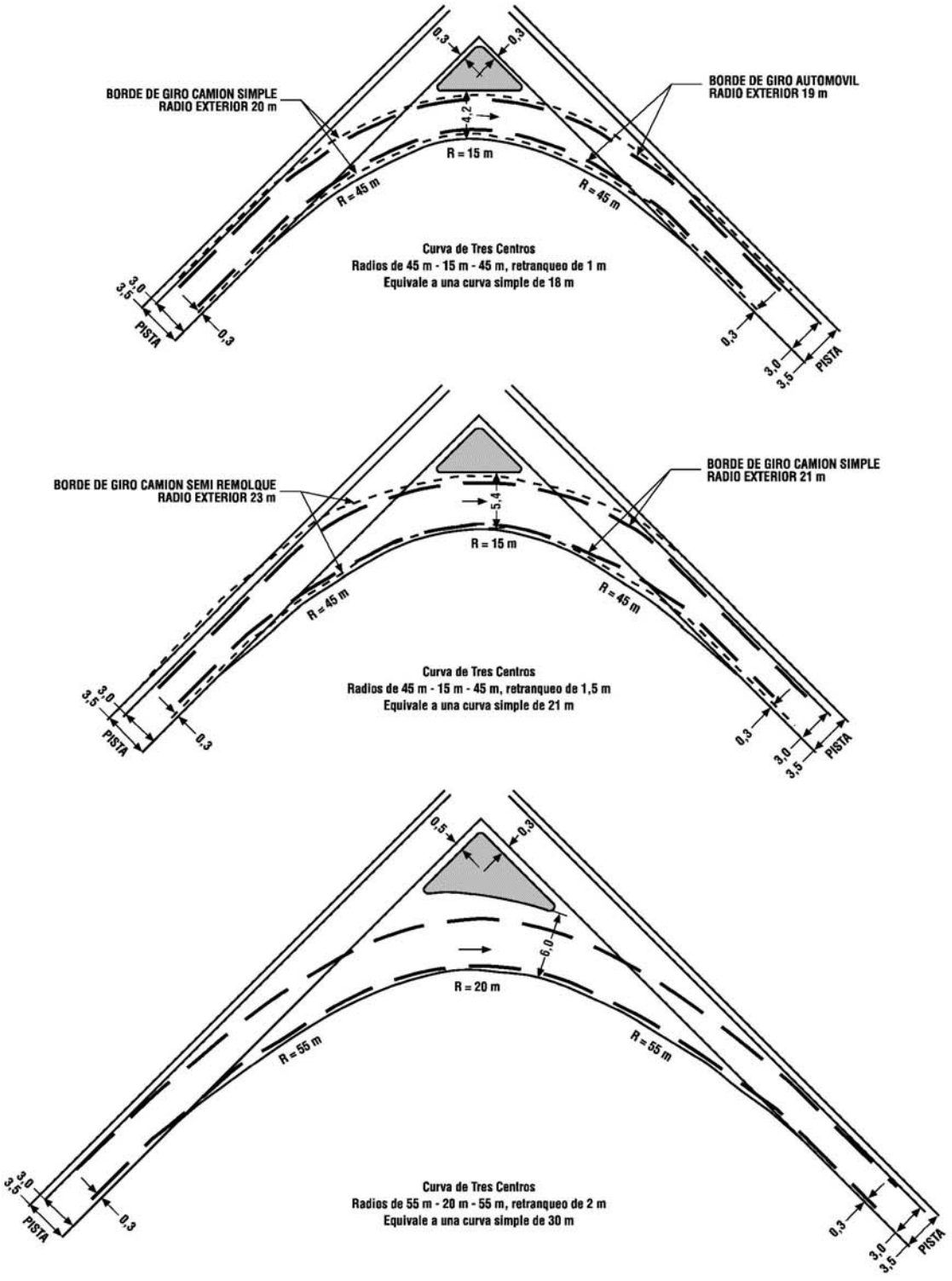


TABLA 3.404.304.A
RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS EN INTERSECCIONES CANALIZADAS PARA 25 ≤ Vp ≤ 65 Km/h

Vp (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65
$t_{máx}$ (%)	31,0	28,0	25,0	23,0	21,0	19,0	18,0	17,0	16,0
$R_{mín}$ (m) p= 0%(1)	15	25	40	55	75	100	130	170	210
$R_{mín}$ (m) p= 8%	15(2)	20	30	40	55	75	90	120	140

(1) p =0% sólo en casos restricciones en alzado insalvables

(2) Radio mínimo < 15 m es inaceptable en intersecciones canalizadas, salvo en curvas de tres centros

No obstante lo anterior, la geometría deseable resulta de aplicar un radio de curvatura lo más amplio que sea económicamente posible y asignarle la Velocidad de Proyecto y el peralte que permitan la Lámina 3.404.602.A, que resulta de imponer la condición que t = 3p en la ecuación del Radio mínimo, con los valores de "t" que allí se consignan.

3.404.305 Curvas de Enlace y Curvas Compuestas en Intersecciones.

3.404.305(1) Aspectos Generales. Cuando se accede a un ramal de intersección desde una vía cuya Velocidad de Proyecto es significativamente superior (30 ó más km/h de diferencia), el aumento brusco de la fuerza centrífuga, al pasar de la alineación amplia a la curva del ramal, aconseja intercalar curvas de enlace, que pueden ser de preferencia clotoides o curvas circulares de mayor radio.

3.404.305(2) Uso de Clotoides. Pueden ser usadas intercaladas entre la alineación recta y la curva circular, o como espiral(es) intermedia(s) entre curvas circulares de radios muy distintos, en curvatura y/o signo. Son tangentes en sus límites a las alineaciones rectas o circulares extremas, y a sus pares en el caso de curvas en "S".

Si bien en la carretera o camino se calcula el largo de la clotoide poniendo como condición que la variación normal de la aceleración transversal "J" sea del orden de 0,4 a 0,5 m/seg^3, en intersecciones, por razones similares a las antes expuestas en relación con el cálculo de radios mínimos, se aceptan valores de "J" del orden de los máximos consignados en la Tabla 3.203.403.A, que van de J = 1,22 m/s^3 para 30 km/h a J = 0,95 m/s^3 para 60 km/h.

Utilizando la expresión de Shortt para el cálculo de la longitud de la clotoide, se tiene:

$$L = \frac{0{,}02144\, Vp^3}{RJ}$$ donde:

Vp = Velocidad de Proyecto en km/h
R = Radio de la curva circular en m
J = Tasa de Distribución de la Aceleración Transversal

Consecuentemente:

$A^2 = R\,L = 0{,}02144\, Vp^3/J$. Los valores resultantes se dan en la Tabla 3.404.305(2).A.

La expresión de Shortt para el cálculo de A^2 es la misma que figura en 3.203.403 d), con la salvedad que en este caso se ha omitido el término (-1,27 p) que allí figura, con lo que resultan parámetros algo mayores para un mismo J.

TABLA 3.404.305(2).A
VALORES MINIMOS DE A EN FUNCION DE Vp y J
PARA RADIOS EN EL ORDEN DE LOS MINIMOS ABSOLUTOS

Vp (Km/h)	30	35	40	45	50	55	60
Radio (m)	25	35	45	60	75	90	120
J (m/seg ^{3})	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95
L (m)	18,98	22,26	26,75	29,60	34,04	39,64	40,63
A (m) $(\sqrt{RL})$	21,7	28,0	34,7	42,1	50,5	59,7	69,8
A mínimo adoptado	20	30	35	40	50	60	70

3.404.305(3) Curvas Compuestas. Al usar una curvas circular como forma de acuerdo entre dos alineaciones de curvaturas muy diferentes, debe cuidarse que la relación entre las curvaturas de los arcos sucesivos no sea más del doble. En caso contrario resulta un punto de discontinuidad demasiado evidente y esta forma de enlace no cumple su propósito. La relación entre curvaturas sucesivas será preferentemente 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/h.

El desarrollo de un acuerdo circular no debe ser superior a ciertos mínimos. La Tabla 3.404.305(3).A indica los desarrollos aceptables que deberá tener el enlace compuesta de un arco circular entre dos arcos con relación de curvatura de 2 a 1. Estos desarrollos están calculados de manera que resulta una deceleración máxima de 5 km/h/s o una deceleración deseable de 3 km/h/s, para pasar de la VP de la curva de mayor radio a la menor.

La cifra de 3 km/h/s resulta muy conveniente, pues supone un uso suave de los frenos. La capacidad de deceleración del motor de los vehículos es del orden de 1,5 a 2,5 km/h/s.

TABLA 3.404.305(3).A
DESARROLLO DE LA CURVA CIRCULAR DE ENLACE
CUANDO LA RAZON RADIO MAYOR A RADIO MENOR ES 2

Radio Mayor (m)	30	45	60	75	90	120	150 o más
Desarrollo Mínimo (5 km/h/s)	12	15	18	24	30	36	42
Desarrollo Deseable (3 km/h/s)	18	21	27	36	42	54	60

3.404.305(4) Combinación de más de dos Curvas. Cuando la velocidad de operación a la entrada de un ramal -valores V_C x A en Láminas 3.404.307(3).A y B y las circunstancias del diseño obligan a diseñar curvas iniciales de radios que no permiten tener una relación de 2 o menos con el arco limitante del ramal, será necesario utilizar una tercera curva circular de radio intermedio que cumpla la relación establecida, o, de preferencia, una clotoide que enlace a ambas curvas.

El desarrollo que debe darse a una 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 3.404.305(2).A permite obtener el valor de su parámetro y el desarrollo correspondiente.

3.404.305(5) Ejemplo de Aplicación. Se desea enlazar dos curvas de radios R_1 = 250 m y R_2 = 80 m respectivamente.

$1/R_1 = 1/250 = 0{,}004$ y $1/R_2 = 1/80 = 0{,}0125$
$0{,}0125 - 0{,}004 = 0{,}0085 = 1/R_X$
$Rx = 118$ m

Este valor de 118 m ($\approx$120) se busca en la Tabla 3.404.305(2).A que indica un valor del parámetro A = 75. El desarrollo correspondiente es 34,04 m. Si los cálculos dieran un desarrollo menor de 30 m, se mantendrá este valor como desarrollo mínimo de la clotoide.

Si se prefiere utilizar una curva circular como curva de enlace, deberá cumplirse la condición R/r < 2, lo que en el ejemplo citado daría una curva límite de 125 m de radio (250/2). Mejor aún sería intercalar una curva de 140 m, que resulta más equilibrada.

250 :140 = 1,80 y 140 : 80 = 1,75

En caso que la diferencia de radios sea tan fuerte que no se pueda cumplir la condición con una sola curva circular intercalada, será necesario utilizar varias curvas que cumplan la condición, consecutivamente una respecto de la otra.

3.404.306 Anchos de Calzada en Ramales de Giro.

3.404.306(1) Aspectos Generales. El ancho del pavimento y las bermas en calzadas de giro, están regulados por el volumen y composición del tránsito que circula por el primero, así como por el radio de la curva circular asociada al giro. Se describe varias posibilidades de operación según la importancia del ramal.

Todas estas variables han dado motivo a estudios que parten de ciertos datos conocidos, como trayectoria mínima de los vehículos tipo, distancias libres deseadas a los bordes del pavimento y a otros vehículos, sobreancho por efecto de la velocidad, etc. Esto ha permitido tipificar los casos y tabular los anchos mínimos requeridos bajo cada combinación de factores. Los anchos necesarios para vehículos tipo L o C pueden calcularse matemáticamente, pero los necesarios para VA han debido estudiarse experimentalmente o mediante el empleo de modelos a escala.

3.404.306(2) Anchos de Pavimentos en Ramales de Giro. Los tipos de operación que pueden acogerse en el ramal de giro dan origen a una primera clasificación:

Caso I Una pista con tránsito en un solo sentido, en la que no se contempla la posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga. Se reserva para ramales de giro de poca importancia, bajo volumen de tránsito y corta longitud. Al menos uno de los bordes del pavimento debe tener una berma que permita ser transitada en una emergencia; si hay soleras, una de ellas debe ser fácilmente montable.

Caso II Una pista con tránsito en un solo sentido, diseñada de modo que sea posible adelantar a un vehículo detenido por emergencia a un costado de la pista. Contempla la posibilidad de adelantamiento a bajas velocidades, con espacios libres restringidos entre vehículos, pero manteniéndose ambos dentro de la pista de circulación. Esta hipótesis de diseño es adecuada tanto para bajos volúmenes de tránsito como para aquellos próximos a la capacidad del ramal.

Caso III Dos pistas, ya sea para tránsito en uno o dos sentidos. Se reserva para las situaciones en que el volumen de tránsito supera la capacidad de una sola pista o para el tránsito en doble sentido cuando así esté contemplado.

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 L. Considera el paso eventual de camiones o buses (C).

Caso B La presencia de vehículos tipo C es superior al 5 %, pero no sobrepasa el 25 % del tránsito total. Eventualmente circulan vehículos articulados, en muy baja proporción.

Caso C Los vehículos tipo C son más del 25 % tránsito total y/o los vehículos articulados circulan normalmente por el ramal considerado.

La Tabla 3.404.306(2).A 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. Se considera además el efecto del radio mínimo interior del ramal de giro, con sus velocidades máximas asociadas.

La parte inferior de la Tabla indica las variaciones que pueden introducirse a los anchos base según sea las características del terreno adyacente al pavimento.

La Tabla que sigue identifica el vehículo tipo y la maniobra que se consideró para la determinación de los anchos de la Tabla 3.404.306.(2).A. Estos anchos incluyen los espacios adicionales necesarios para que dichas maniobras puedan realizarse con seguridad. En los casos en que aparecen dos letras, la primera indica el tipo de vehículo que puede adelantar cómodamente a un vehículo estacionado, siendo el tipo de éste el que la segunda letra señala. Ejemplo: en la celda correspondiente a operación tipo II (Caso II) con composición de flujos tipo B, la clave L-C informa que un automóvil puede maniobrar holgadamente adelantando a un camión simple.

	A	**B**	**C**
Caso I	L	C	VA1
Caso II	L - L	L - C	C – C
Caso III	L - C	C - C	VA1 – VA1

La Tabla que se presenta a continuación permite apreciar las maniobras que pueden realizar, en ramales cuyos anchos son los de la Tabla 3.404.306(2), los vehículos tipo que se indican. Estos son casos extremos, que requieren velocidades bajas y conductores experimentados.

	A	**B**	**C**
Caso I	VA1	VA1	VA2
Caso II	L - C	L – VA1	C – VA1
Caso III	C – VA1	VA1 – VA1	VA2 – VA2

Ejemplo: en caso I - A; se lee VA1, que quiere decir que en el ancho indicado un tracto camión con semi-remolque corriente puede efectuar el giro sin salirse de la pista, pero prácticamente sin huelga alguna entre la trayectoria de las ruedas y el borde del pavimento.

Caso II-B; se lee L - VA1. Esto indica que un vehículo tipo L podrá adelantar a un vehículo tipo VA1 que se encuentre estacionado al borde de la pista (o viceversa) siempre con huelga mínima entre un vehículo y otro y entre los bordes del pavimento.

TABLA 3.404.306(2).A
ANCHOS DE PAVIMENTO Y BERMAS(1) EN RAMALES

R (m) (Radio Interior)	Anchos de Pavimentos en Ramales, en m para:								
	Caso I			Caso II			Caso III		
	1 pista 1 sentido sin adelantar			1 pista 1 sentido con adelantar			2 pistas 1 ó 2 sentidos		
	Características del Tránsito								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,40	5,40	7,00	7,00	7,50	8,70	9,30	10,50	12,60
25	4,70	5,00	5,70	6,30	7,00	8,00	8,70	9,80	11,00
30	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,50	8,40	9,30	10,50
50	4,20	4,80	5,00	5,70	6,30	7,20	8,00	9,00	9,90
75	4,00	4,70	4,80	5,60	6,20	6,80	8,00	8,60	9,20
100	4,00	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,80	8,40	9,00
125	4,00	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,80	8,40	8,70
150	3,80	4,50	4,50	5,40	6,00	6,60	7,80	8,40	8,70
>200	3,50	4,50	4,50	5,00	5,70	6,30	7,50	8,00	8,00
Modificación de Anchos (m) por Efecto de Bermas(1) y Soleras									
Bermas sin revestir		Sin modificación		Sin modificación			Sin modificación		
Solera Montable		Sin modificación		Sin modificación			Sin modificación		
Solera elevada	Un lado	Añadir 0,30		Sin modificación			Añadir 0,30		
	Dos lados	Añadir 0,50		Añadir 0,30			Añadir 0,50		
Berma revestida a uno o ambos lados		En condiciones B y C ancho en recta puede reducirse a 3,50 m si ancho de berma es 1,20 m o más		Deducir ancho de las bermas. Ancho mínimo como Caso I			Deducir 0,60 donde la berma sea de 1,20 m como mínimo		

(1) Cuando existen bermas pavimentadas en ramales -principalmente en enlaces- éstas deben tener un ancho uniforme en toda su longitud. Si este ancho es inferior al de las bermas de las calzadas de paso, el ancho de estas últimas debe mantenerse y conseguirse –respectivamente- a lo largo de las cuñas de salida y entrada, y la transición debe ejecutarse a continuación en una distancia no inferior a 15 m. En ramales de un sentido de circulación la suma de los anchos de las bermas no debe superar los 3,00 a 3,50 m, de los cuales 0,50 a 1,00 m debieran corresponder a la berma izquierda. Ramales directos con VP de más de 60 km/h deben tener bermas pavimentadas de 2,5 m de ancho mínimo a la derecha y de 0,50 m mínimo a la izquierda. La luz libre lateral a la derecha de un ramal no debe ser inferior a 1,80 m, y a la izquierda no debe ser inferior a 1,00 m.

3.404.306(3) 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: las pistas quedan delimitadas por islas y el trazado de éstas ya considera la necesaria luz libre lateral a la izquierda del pavimento; además, estos ramales son por lo general cortos y no es necesario prever bermas a lo largo de ellos para estacionamiento temporal de vehículos, sobre todo considerando que los anchos de pavimento especificados en la Tabla 3.404.306(2).A satisfacen la mayoría de las necesidades operacionales de este tipo.

En los ramales de giro a la derecha, el borde izquierdo del pavimento delimita la zona triangular del respectivo cuadrante de la intersección. Esta zona suele llevar una isla. Cuando la isla es de dimensiones reducidas y lo exige la importancia de los movimientos, ésta se delinea con solera montable; si no, puede ser sólo demarcada.

En cualquiera de los supuestos, una berma al lado izquierdo es por lo general innecesaria en ramales de intersecciones. La demarcación de borde de calzada puede ir al pie de la solera respectiva, incluida por lo tanto en el ancho del ramal. Sin embargo, en el sector izquierdo del inicio o entrada del ramal, se debe retranquear la eventual solera (3.404.404) para permitir un posible desplazamiento lateral de los vehículos al iniciar su maniobra de giro. El ensanche resultante en el área de retranqueo configura, con la demarcación pertinente, la “punta” de la isla (3.401.1).

En áreas rurales generalmente se dispone de bermas a la derecha de estos ramales, aunque también puede usarse una solera para reducir las operaciones de conservación sobre la zona que puede ser invadida y dañada por los vehículos que salgan de la calzada por el interior de la curva, o por presencia de peatones.

Cuando existe berma derecha, es preferible que su dimensión y tratamiento sean los mismos que los de la sección normal de la carretera de la que provienen los vehículos. Si hay diferencias de ancho, las transiciones correspondientes deben hacerse después de la cuña de salida o antes de la cuña de entrada, en una longitud de 15 m.

En grandes intersecciones canalizadas los ramales de giro pueden ser de tal longitud que se consideren como independientes de las carreteras que se cortan, como ocurre en el caso de los enlaces (3.504.204). Bajo este punto de vista, deberán proyectarse con bermas a ambos lados del pavimento. Los anchos mínimos de éstas serán los correspondiente a ramales de enlace. Véase Tabla 3.504.204.A.

En la Tabla 3.404.306(2).A se resume los valores recomendables para distintas condiciones de los ramales de giro. En estos ramales, si no hay soleras o éstas son montables, la berma contigua debe ser del mismo tipo y sección de la carretera de acceso, por lo menos a su inicio. Es deseable que las bermas del lado derecho, en caso de existir, tengan un pavimento similar al de la calzada del ramal, y como mínimo un tratamiento superficial o una estabilización en un ancho de 1 m o más si los volúmenes de diseño son inferiores a 200 vehículos por hora.

3.404.307 Pistas de Cambio de Velocidad.

3.404.307(1) Aspectos Generales. Cuando un conductor va a hacer un giro en 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 diseña pistas de cambio de velocidad. Las pistas que auxilian la maniobra de salida de una calzada reciben el nombre de Pistas de Deceleración, y son paralelas o casi a la de origen. Las pistas que auxilian la maniobra de entrada a una calzada reciben el nombre de Pistas de Aceleración, y son siempre paralelas a la de destino. Ambas permiten acomodar la velocidad según las conveniencias expuestas (Lámina 3.404.307(1).A).

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 una pista de deceleración, lo es menos para una de aceleración, al requerir esta última una maniobra más compleja y peligrosa, y al estar dicha maniobra condicionada por las características del tránsito en la carretera.

En el caso de las pistas de aceleración, existen criterios diferentes en los E.E.U.U. y en algunos países europeos. AASHTO calcula sus longitudes suponiendo 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 circunstancias en que se ejecuta 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 las pistas de aceleración sean mayores que las calculadas 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 Proyecto > 80 km/h 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 redunda en un proyecto más económico. Para velocidades de *proyecto $\leq$ 70 km/h rara vez la categoría del camino requerirá de pistas 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 pistas la experiencia indica que las pistas 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 3.404.202 y sin pistas de aceleración, quedando éstas reservadas a las carreteras de tipo unidireccional.

Las pistas de deceleración, en cambio, podrán proyectarse en carreteras bidireccionales, cuando la cantidad de vehículos que girarán en el año de inicio de operaciones sea igual o superior a 25 veh/h y sus velocidades de proyecto sea de 60 km/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, las pistas de cambio de velocidad podrían agruparse en dos tipos: “en paralelo”, cuando dicha pista discurre junto a la calzada de la carretera, como si fuese una pista más de ella, hasta el momento de su separación o confluencia con la misma (Láminas 3.404.307(2).A y 3.404.307(3).B), y “directa” (Lámina 3.404.307(3).A), cuando la pista incide o se desprende desde el borde de la carretera de manera tal que dicho borde forma un ángulo con el borde adyacente del ramal. En este último caso se forma una cuña de pavimento que forma parte inicial del ramal, cuya longitud puede ser menor que la requerida para conseguir normalmente el cambio de velocidad (Láminas 3.404.307(3).A y B). El resto de la pista debe desarrollarse entonces en un tramo que ya es independiente de la carretera, situado entre dicha cuña y el inicio de la curvatura limitante del ramal. Estas alternativas presentan ventajas y desventajas según sea el tipo de maniobra que sirvan. En el presente Manual de Carreteras se recomienda criterios unificadores para resolver el paralelismo o no de las pistas de cambio de velocidad.

En efecto, las pistas de tipo paralelo deberán ser elegidas para el caso de la aceleración, porque 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. Las pistas 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 “avise” al conductor la función de la pista que se le ofrece, que es la de cambiar definitivamente su rumbo. Esto último no será válido en el caso de las pistas de deceleración centrales (Lámina 3.404.307(4).A), o sea, aquellas dispuestas entre las pistas de una carretera, destinadas a detener y almacenar a los vehículos que giran a la izquierda. Tales pistas, por su posición, no podrán ser sino paralelas.

No obstante estas recomendaciones, algunas circunstancias especiales podrían requerir otros diseños. En casos justificados, esto podría ser autorizado por la Dirección de Vialidad, siempre que estos diseños se ajusten a criterios internacionales sancionados por la práctica. En la Lámina 3.404.307(1).A se muestra los tipos básicos de vías de deceleración y aceleración.

3.404.307(2) Pistas de Aceleración. Estas pistas serán del tipo paralelo, salvo autorización de la DV en otro sentido. En la Lámina 3.404.307(2).A se muestra un ejemplo de ellas, para el caso de la carretera en recta. Si la carretera va en curva, el caso es idéntico, teniendo en cuenta que podrían ser necesarios sobreanchos de pista en función del radio de curvatura. No se deben contemplar este tipo de pistas en carreteras bidireccionales.

Su longitud total (L_T) es la suma de los largos de las zonas de aceleración propiamente tal y de transición o cuña. L_T no superará en ningún caso los 300 m.

L_T se mide desde el punto de tangencia del borde izquierdo del ramal (en el sentido de avance de los vehículos) con el borde adyacente de la calzada principal (punto A' en la Lámina 3.404.307(2).A), en el caso de no existir curva de transición entre el radio limitante del ramal y el punto A', o sea, un arco de círculo de radio mayor que dicho limitante o una clotoide.

Si existe tal curva de transición, L_T 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 la pista de aceleración no puede quedar más atrás del punto P (véase Lámina 3.404.307(2).A). Este punto es aquél en que la distancia entre los bordes adyacentes de las calzadas del ramal y de la carretera (PP') es de 3 m. Esta disposición permite un ahorro constructivo y se justifica porque el usuario, en esa posición, puede discernir a través del retrovisor, las condiciones de circulación existentes, y, además, está circulando por una curva que ya permite velocidades mayores que las de diseño del ramal.

En la Lámina 3.404.307(2).A se muestra una pista 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 de la pista para el segundo caso, suponiendo que el arco AP de la figura es una 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 BB' = CC' = A'P.

La Tabla 3.404.307(2).A presenta los valores de L_T y L_C en función de las velocidades de proyecto de los ramales y de la carretera. Los valores de L_C son fijos para velocidades iguales o inferiores a 80 Km (50 m) y para velocidades superiores a ésta (75 m).

TABLA 3.404.307(2).A
LONGITUDES DE PISTAS DE ACELERACION ENTRE RAMAL Y CARRETERA $L_T = L_A + L_C$ (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

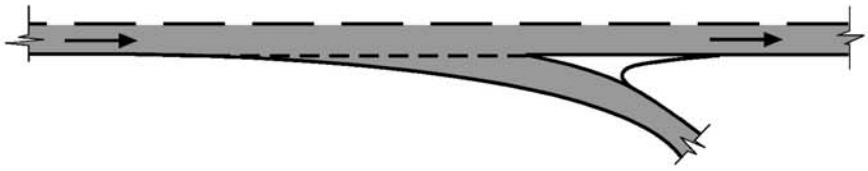
Los valores L_T y L_A son válidos para inclinaciones longitudinales comprendidas entre + 3% y - 3% , debiendo corregirse si éstas exceden dichos valores límites. En la Tabla 3.404.307(2).B se entrega los factores que relacionan la longitud en pendiente (±) con la longitud en horizontal. En el caso de pendientes negativas, las correcciones sólo se hacen cuando se da el raro caso de una condición de parada previa al inicio de la pista de aceleración, puesto que en este caso se supone que el vehículo parte cuando tiene planificada su maniobra, que consiste solamente en acelerar. Si el vehículo marcha a la velocidad V_r se impone el criterio ya expuesto anteriormente, según el cual interesa proveer al conductor de suficiente tiempo para adecuar su marcha a las circunstancias de su ingreso a la carretera, lo cual supone no reducir la longitud de las pistas más allá de lo que ya han sido reducidas mediante la aplicación del criterio descrito en el Numeral 3.404.307(1).

VIAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD

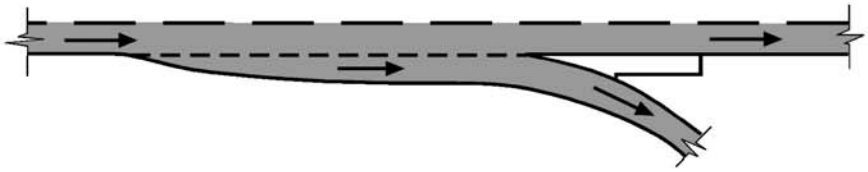
VIAS DE DECELERACION

BASICAS

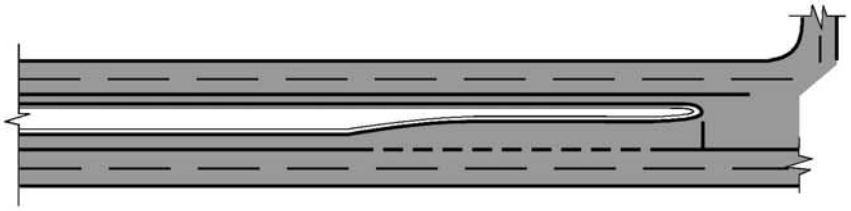
DIRECTA



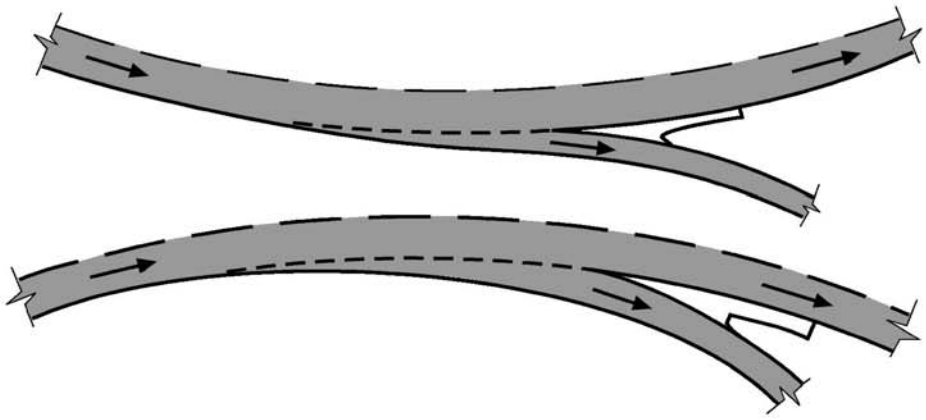
PARALELA



CENTRAL

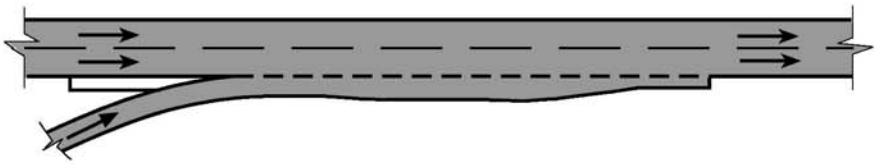


EN CURVAS

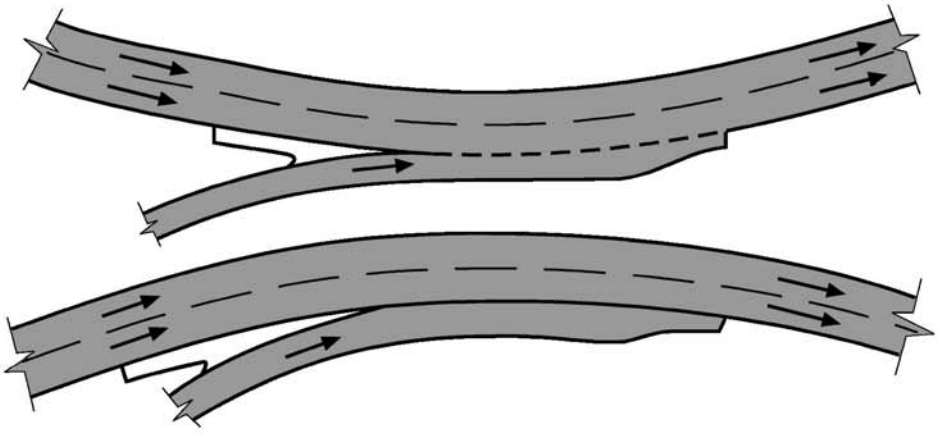


VIAS DE ACELERACION

BASICA



EN CURVAS



Las correcciones por pendiente se calculan sobre el total del valor L_T de la Tabla 3.404.307(2).A, 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 L_A, permaneciendo L_C fijo, aunque eventualmente pudiera resultar un L_T menor que L_C.

TABLA 3.404.307(2).B
RELACION DE LONGITUD DE PISTAS DE ACELERACION ENTRE VIAS EN PENDIENTE Y EN HORIZONTAL

Factores de Corrección de L_T (1) en Pistas de Aceleración, Para Velocidades de Proyecto de la Carretera (Vc) de:							
60		70		80		100 (2)	
Caso Pendiente de Subida : (%)							
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 (3), 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

(1) Factores se aplican a L_T, pero afectan a L_A (L_C = Constante)
(2) L_T Máximo = 300 m V_C = 100 sirve para interpolar
(3) Si $V_r > 0$ no hay reducciones.

En la Tabla 3.404.307(2).C se entrega las longitudes de L_T resultantes de aplicar los factores de la Tabla 3.404.307(2).B a las longitudes L_T provenientes de la Tabla 3.404.307(2).A.

TABLA 3.404.307(2).C
LONGITUDES L_T (m) DE PISTAS DE ACELERACION APLICANDO FACTORES DE PENDIENTE

i (%)	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)															
	60			70			80(1)					100(2)				
	VP Ramal (km/h)			VP Ramal (km/h)			VP Ramal (km/h)					VP Ramal (km/h)				
	0	30	40	0	30	40	0	30	40	50	60	0	30	40	50	60
3 a 4	130	98	65	195	156	130	**300**	270	242	189	135	420	420	420	385	350
5 a 6	150	113	75	240	192	160	**300**	**300**	**300**	238	170	570	570	570	523	475
0	100	75	50	150	120	100	240	200	180	140	100	300	300	300	275	250
-3 a -4	50	38	25	113	90	75	216	180	162	126	90	300	300	300	275	250
-5 a -6	50	38	25	98	78	65	192	160	144	112	80	300	300	300	275	250

(1) L_T Máximo = 300 m. Valores superiores a 300 m han sido reducidos a este mínimo (negrita).
(2) Valores calculados para V_C = 100 sirven para interpolar.

En la Lámina 3.404.307(2).A se muestra los puntos singulares de las pistas de aceleración en los que se debe tener anchos de pavimentos normalizados. En C se tiene el ancho final de la cuña (c), que deberá ser de 1 m, con el fin de hacer utilizable la zona de cuña en una extensión mayor y para evitar roturas de la misma en pavimentos rígidos debido a su menor sección y circunstancias constructivas desfavorables.

En el punto B, inicio de la cuña, se debe tener el ancho total de la pista (**b**). En recta este ancho es por lo general de 3,5 m, pero puede rebajarse a 3,0 m si el tránsito en el ramal es de poca importancia. Si la pista fuera proyectada en una curva que requiere un sobreancho **e** (véase 3.203.305), el ancho **b** se modifica en igual medida **e**.

La transición de borde de la cuña, desde **c** = 1 m hasta **b** se hace mediante una curva de transición. El valor del ancho variable **y**, en función de la distancia **x** desde el comienzo de la transición (B o B'), se obtiene de la Tabla incluida en la Lámina 3.404.307(2).A, multiplicando la diferencia de anchos (**b**-**c**) por el factor F indicado.

En el punto de tangencia A, que puede ser o no el comienzo de la zona de aceleración, según lo ya dicho, se debe tener un ancho **a** que depende de las características del ramal. Si no existen curvas de acuerdo entre la zona de aceleración y la curva circular propia del ramal (o sea, que en A empalma tangencialmente la curva cuyo radio define la Velocidad de Proyecto del ramal, lo que hace que L_T se mida a partir de este punto), entonces **a** debe ser el ancho de pavimento que corresponde a dicho radio, según la Tabla 3.404.306(2).A. Si este valor de **a** es superior a **b**, la disminución (**a** - **b**) se consigue teniendo en cuenta este hecho en el momento de la definición del borde derecho del ramal (en el sentido del avance de los vehículos), e imponiéndose las condiciones de tenerse el ancho **a** en AA' y el ancho **b** a una distancia de A que no sea superior a 20 veces el valor (**a** - **b**). Si la zona de deceleración fuera de longitud nula dicho trazado del borde derecho empalmaría tangencialmente en A con una separación **a** de tal modo que la cuña pueda continuarse a partir del mismo punto.

Si en A terminara una curva circular, acuerdo entre la curva característica del ramal y este punto de empalme, **a** debe ser el ancho que corresponde al valor del radio de curvatura de dicha curva de acuerdo según la referida Tabla 3.404.306(2).A. Este ancho **a** será por lo general superior a **b**, y la transición desde **b** a **a** se hará igual que en el caso anterior.

Se debe tener en cuenta que puede ser necesaria, además, una transición desde el ancho del ramal, en su zona de curvatura máxima, al ancho de la curva circular de acuerdo, o que, si se estuviere en el caso II de la Tabla 3.404.306(2).A, podría precisarse una transición desde su ancho correspondiente hasta el ancho del caso I.

Si en A termina una clotoide, **a** = **b** y el aumento de ancho entre A y el primer punto de curvatura máxima del ramal, que se producirá al comienzo de dicha clotoide, se logra linealmente a lo largo de esta última.

Si $L_A = 0$, **a** coincide con **b.**

3.404.307(3) Pistas de Deceleración. En las Láminas 3.404.307(3).A y B se determinan los tipos de pista de deceleración que contempla el presente Volumen del Manual de Carreteras, distinguiéndose dos tratamientos distintos según las características geométricas del ramal.

Caso 1: existe curva de acuerdo de longitud ≥ que L_D.

Este primer caso (Lámina 3.404.307(3).A) corresponde a la geometría considerada mejor para estos dispositivos, o sea, cuando se puede hacer incidir el ramal sobre la carretera con un ángulo θ que haga claramente perceptible su función.

En este caso, dicho ángulo θ es el subtendido por las tangentes a 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 θ no exceda los valores de la Tabla 3.404.307(3).A.

TABLA 3.404.307(3).A
ANGULO θ DE INCIDENCIA DE PISTA DE DECELERACION SEGUN V_C

V_C (km/h)	< 60	60	70	80	90	100	110	120
θ *(g)*	12,0	10,0	8,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Si el eje de definición geométrica es el borde derecho del ramal (en el sentido de avance de los vehículos), AB' será, en la Lámina 3.404.307(3).A, parte de una alineación (recta, curva circular o clotoide) que cumpla:

- que AB ≅ AB' = L_C (largo de la cuña);
- que produzca en B' una separación del borde de la carretera (B'B) igual al ancho **a** inicial y mínimo de la pista de deceleración (3,0 m - 3,5 m);
- que θ sea igual o inferior al valor que le corresponda según la Tabla 3.404.307(3).A, y
- que en lo posible se produzca tangencia en A.
- Si el eje de definición es el borde izquierdo del ramal, se debe cumplir con:
- que θ sea igual o inferior al valor que le corresponda según la Tabla 3.404.307(3).A;
- que el borde derecho, entre B' y A, sea resuelto mediante un trazado continuo que se adapte a la marcha de los vehículos: arco de círculo, recta, clotoide o combinaciones de ellas;
- que tal borde, entre B' y A, sea tangente, en B', con una paralela a dicho eje, trazada a 3,0 - 3,5 m a la derecha del mismo, y
- que tal borde, entre B' y A, sea también tangente al borde de la calzada de paso en el punto A, siempre que tal cosa sea posible.

La longitud total de una pista de deceleración (L_T) es la suma de dos longitudes: L_C y L_D. L_C es el largo de la cuña o zona de transición (A B ≅ A B' en la figura), que depende de la Velocidad de Proyecto de la Carretera y cuyos valores son los que aparecen en la Tabla 3.404.307(3).B.

TABLA 3.404.307(3).B
L_C según V_C

V_C (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
L_C	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 (igual a F_V), que aparece, en función de la misma V_C, en la Tabla 3.404.307(3).C. Los valores de F_V disminuyen a medida que aumenta la velocidad en la carretera; en parte porque L_C es mayor y en parte porque cualquier maniobra de deceleración, sea ésta hecha aún dentro de la calzada principal o una vez dentro de la cuña, produce efectos mayores (y no lineales) en la medida que dicha velocidad inicial aumenta.

TABLA 3.404.307(3).C
F_V según V_C

V_C (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120
F_V	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,60

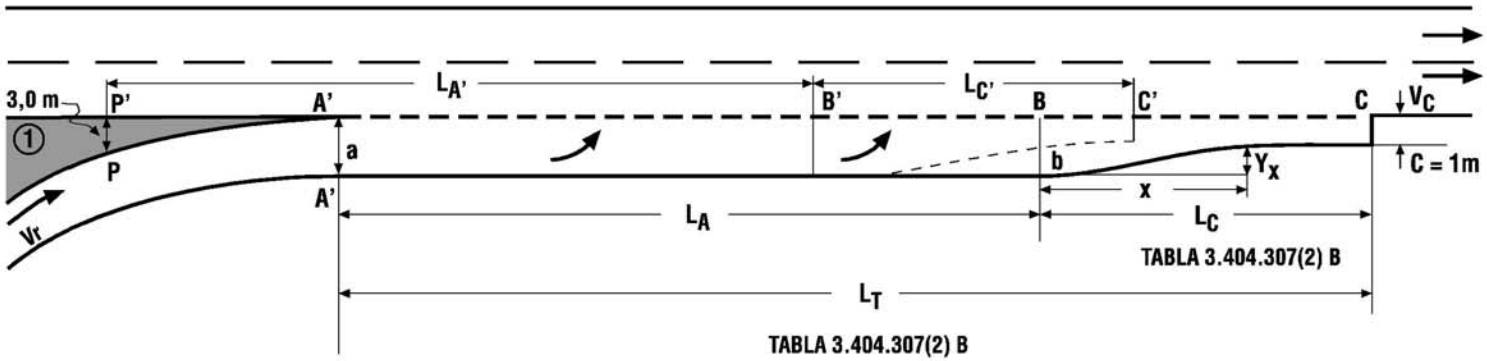


TABLA 3.404.307(2) B

NOTAS:

(1) Esta zona se define según párrafos 3.404.404 y 3.404.405. Si el ramal se define en elevación mediante eje longitudinal independiente, véase también 3.404.503 (1) y (2)

(2) Peraltes y Transiciones en tópico 3.404.6

(3) $Y_X = F\ (b\text{-}c)$ (F en tabla)

		DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO B O B' (M)														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Velocidad de Proyecto (Km/h)	Largo de Cuña (Lc) (m)	VALORES "F" PARA EL CALCULO DE Y_X														
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	0,0053	0,0245	0,0629	0,1252	0,2129	0,3190	0,4382	0,5618	0,6810	0,7881	0,8748	0,9371	0,9755	0,9947	1,0000

MOP - DGOP - DIRECCION DE VIALIDAD - CHILE

L_D se calcula a partir de la expresión:

$$L_D = \frac{\left(F_V \; V_c\right)^2 - V_r^2}{26(d - i/10)}$$

En que:

Fv es el coeficiente de la Tabla 3.404.307(3).C;
V_C y **V_r** son las velocidades de proyecto (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/s^2, e
i es la inclinación de la pista en % (positiva de subida y negativa de bajada).

Los valores L_D aparecen graficados en las Láminas 3.404.307(3).A y B, para las velocidades especificas de carretera que van desde 60 km/h hasta 120 km/h, considerando distintas velocidades de proyecto de los ramales, y para distintas inclinaciones longitudinales de las pistas.

L_D, en este caso, se mide desde BB' hasta CC'. Se observa que esta dimensión BC ≅ B'C', en el caso más afinado, será igual a BD ≅ B´D´, que es el largo de la curva de acuerdo; puesto que al final de la pista de deceleración (CC') ya se puede tener la velocidad correspondiente a la curvatura limitante del ramal. Se hace notar también que el radio de una curva circular de acuerdo, en caso de ser ésta preferida a una clotoide, debe ser compatible con la velocidad en BB' (F x V_C). En la Lámina 3.404.307(3).A se muestra los puntos singulares de estas pistas 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 acuerdo que requiere un sobre ancho E_1: a = 3,50 m + E_1.
- En DD' se debe tener el ancho de ramal que corresponda según la Tabla 3.404.306(2).A. Los aumentos de ancho E_2 con respecto al ancho del ramal en **a** se dan a lo largo de la curva de acuerdo.

a) Caso II: la curva de acuerdo es menor que L_D o no existe.

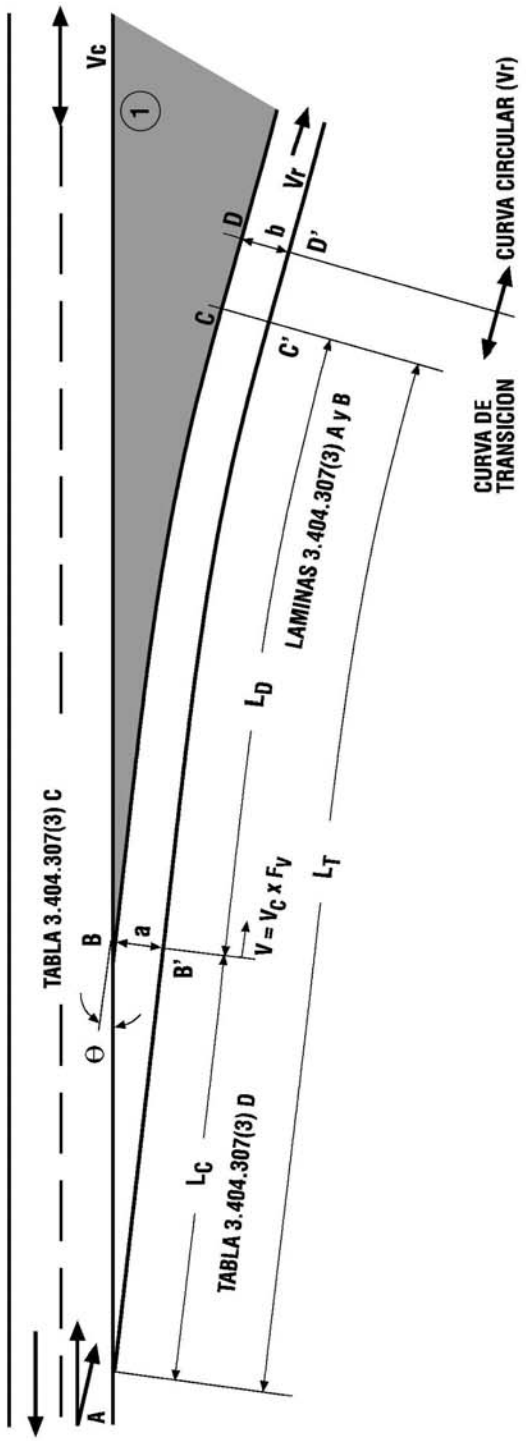
Este caso obliga a una pista de deceleración en paralelo y se produce frecuentemente por las limitaciones de espacio que condicionan a estos diseños.

Si se proyecta una pista de deceleración de este tipo, $\theta \cong 0$, o sea, el ramal debe empalmar tangencialmente con el borde de la calzada de paso (punto C en Lámina 3.404.307(3).B).

La cuña es igual que en el Caso I, sólo que ahora se inicia con un ancho de 1 m, con el fin de compensar el efecto de la maniobra de curva-contracurva que por lo general hace desaprovechar la zona de cuña, y para hacer más visible dicho inicio. El borde derecho se define igual que en el caso de la pista de aceleración, según los valores de la Tabla incluida en la Lámina 3.404.307(3).B, considerando en B un ancho b = 3,5 m + E (E de 3.203.306, si procede). Los valores de L_C, así como los de L_D, son los que aparecen en la Tabla 3.404.307(3).B y en las Láminas 3.404.307(3).A y B, respectivamente, pues son los mismos que para el primer caso.

Ahora, la longitud BC = B'C' (o ≅ B'C' en caso de curva), que se desarrolla en paralelo a la carretera, será la necesaria para conseguir una longitud L_D antes del inicio de la curva limitante del ramal (DD'). Si no existe curva de acuerdo, la totalidad de la pista de deceleración transcurrirá en paralelo.

Si C'D' (ó CD) es una clotoide: a = b = 3,50 m (+ E_1), y la transición de ancho requerida para llegar al valor **d**, ancho propio de la curvatura del ramal (Tabla 3.404.306(2).A) se hace a lo largo de dicha clotoide, progresivamente.



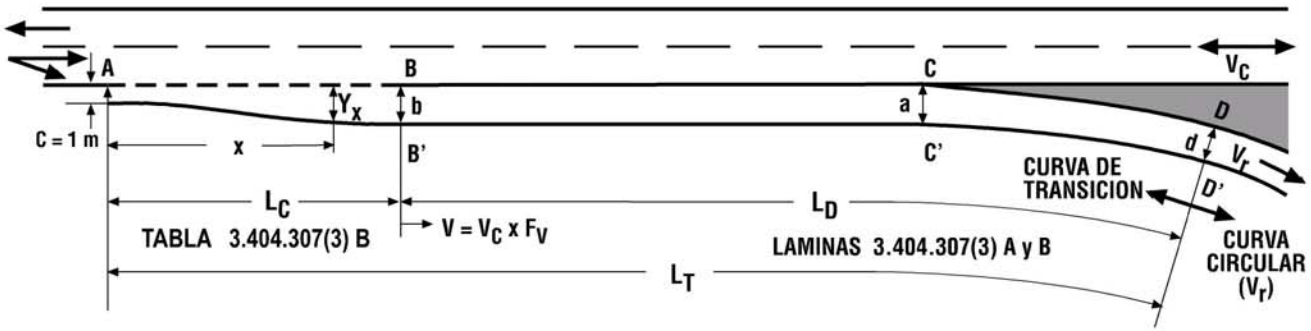
NOTAS:

(1) Esta zona se define según párrafos 3.404.404 y 3.404.405. Si el ramal se define en elevación mediente eje longitudinal independiente, véase también 3.404.503 (1) y (2)

(2) Peralte y transición en tópico 3.404.6

(3) Caso óptimo: $\overline{CD} = 0$, o sea $\overline{BD}$ (curva de transición) = L_D

PISTAS DE DECELERACION CASO II: EN PARALELO



NOTAS:

(1) Esta zona se define según párrafos 3.404.404 y 3.404.405. Si el ramal se define en elevación mediante eje longitudinal independiente, véase también 3.404.503 (1) y (2)

(2) Peralte y transiciones en tópico 3.404.6

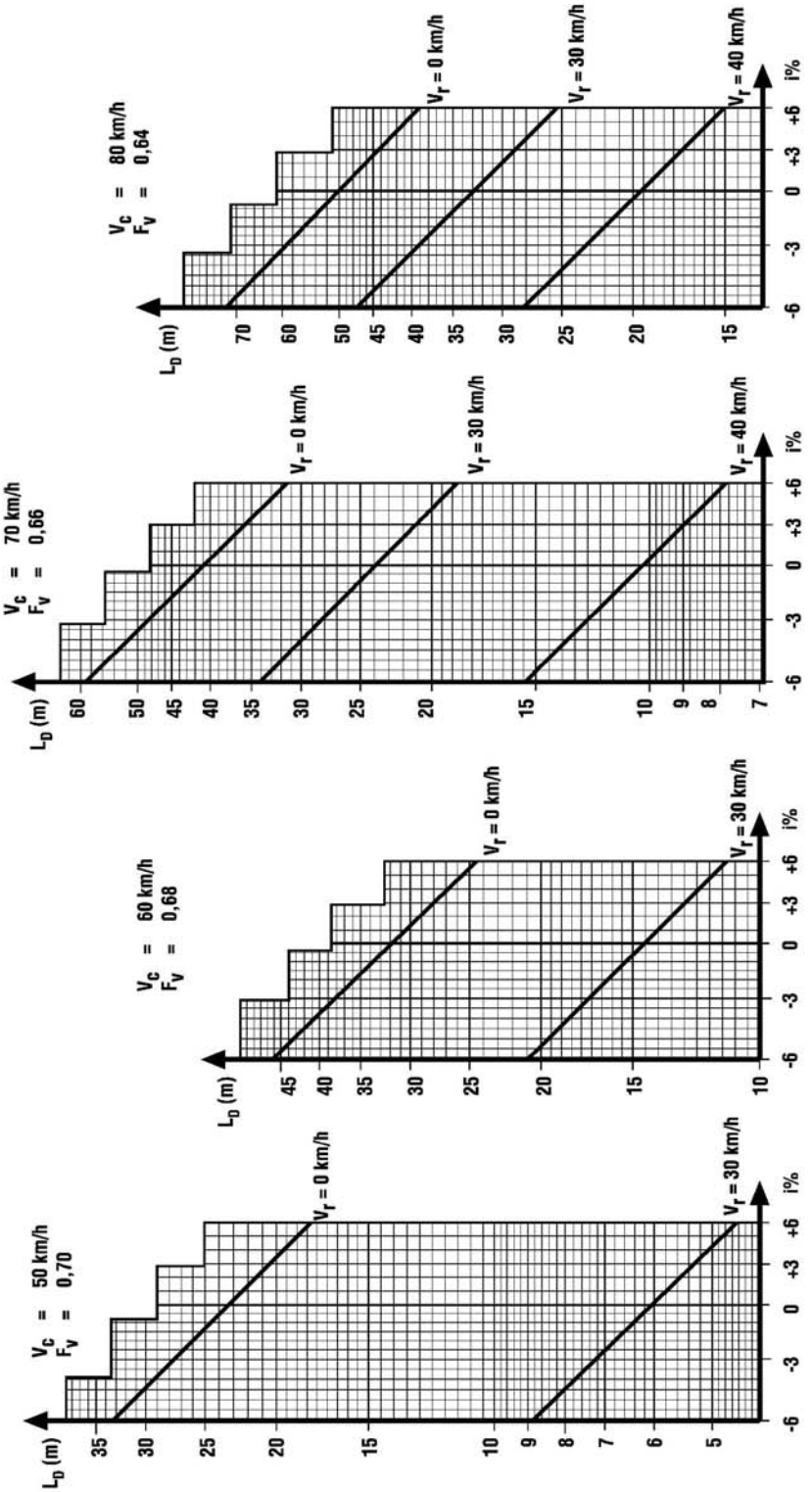
(3) $Y_x = c + F\,(b - c)$ (F en tabla)

		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 Proyecto (km/h)	Largo de Cuña (Lc) (m)	VALORES "FF" PARA EL CALCULO DE Y_X																			
60	55	0,0104	0,0503	0,1320	0,2586	0,4160	0,5840	0,7414	0,8680	0,0497	0,9896	1,0000									
70	60	0,0086	0,0411	0,1073	0,2119	0,3481	0,5000	0,6519	0,7881	0,8927	0,9589	0,9914	1,0000								
80	70	0,0061	0,0287	0,0742	0,1474	0,2481	0,3691	0,5000	0,6309	0,7519	0,8526	0,9258	0,9713	0,9939	1,0000						
90	80	0,0046	0,0211	0,0540	0,1073	0,1822	0,2771	0,3851	0,5000	0,6149	0,7229	0,8178	0,8927	0,9460	0,9789	0,9954	1,0000				
100	85	0,0040	0,0183	0,0469	0,0928	0,1580	0,2414	0,3395	0,4455	0,5545	0,6605	0,7584	0,8420	0,9072	0,9531	0,9817	0,9960	1,0000			
110	90	0,0036	0,0160	0,0411	0,0809	0,1389	0,2119	0,3000	0,3976	0,5000	0,6024	0,7000	0,7881	0,8611	0,9191	0,9589	0,9840	0,9964	1,0000		
120	100	0,0029	0,0127	0,0321	0,0629	0,1073	0,1656	0,2370	0,3190	0,4077	0,5000	0,5923	0,6810	0,7630	0,8344	0,8927	0,9371	0,9679	0,9873	0,9971	1,0000

MOP - DGOP - DIRECCION DE VIALIDAD - CHILE

LONGITUDES DE PISTAS DE DECELERACION ($L_D = f(i)$)

CUADROS RESUMENES PARA $L_T = L_C + L_D$ CUANDO i = 0 y V_C = 50, 60, 70, y 80 km/h



V_C = 80 km/h (L_C = 70 m)	
V. Diseño Ramal V_r (km/h):	
0	30
120	105
$L_T = L_C + L_D$ en metros	

40	50
90	75

V_C = 70 km/h (L_C = 60 m)	
V. Diseño Ramal V_r (km/h):	
0	30
100	85
$L_T = L_C + L_D$ en metros	

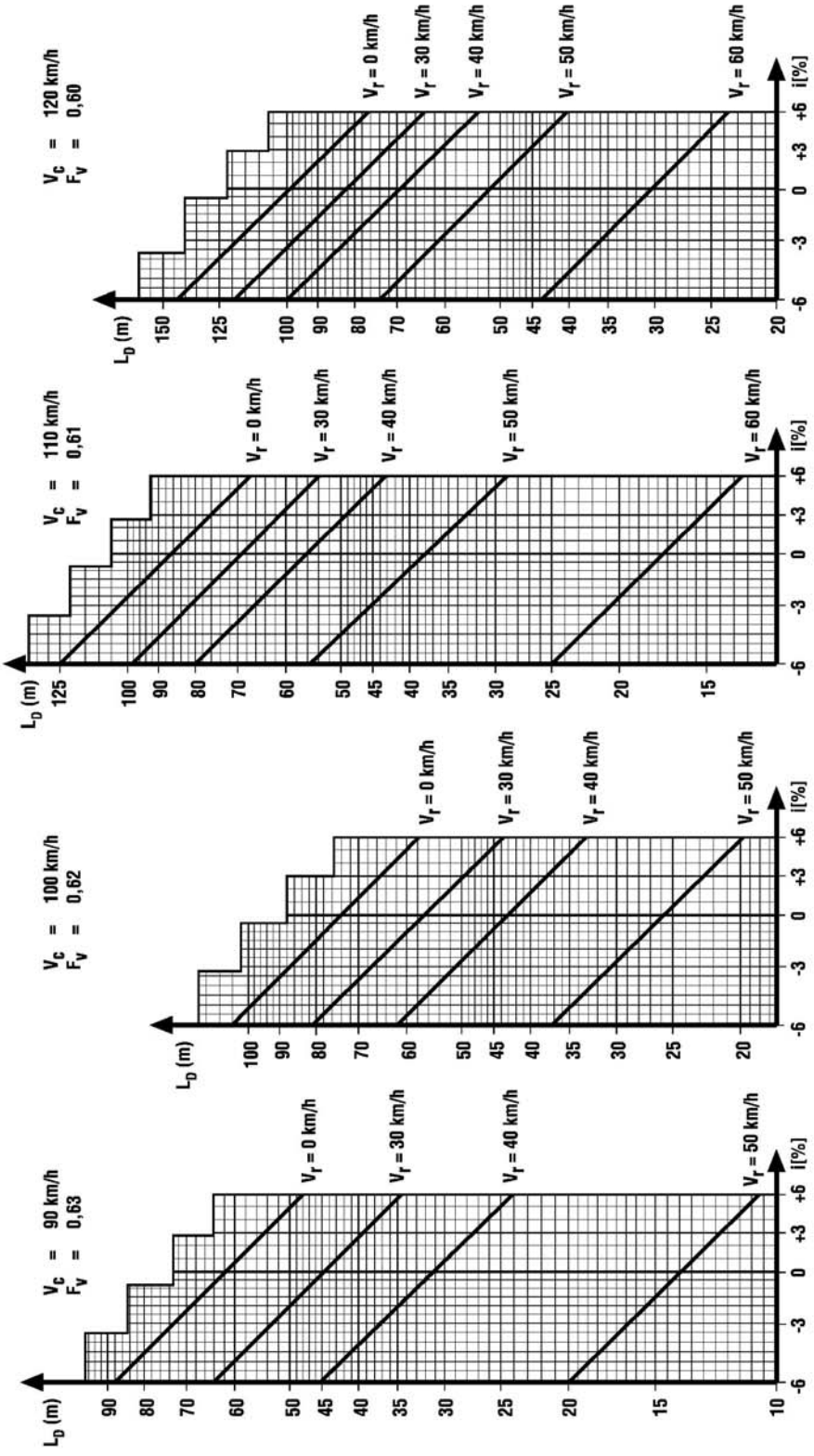
40
70

V_C = 60 km/h (L_C = 55 m)	
V. Diseño Ramal V_r (km/h):	
0	30
90	70
$L_T = L_C + L_D$ en metros	

V_C = 50 km/h (L_C = 50 m)	
V. Diseño Ramal V_r (km/h):	
0	30
75	55
$L_T = L_C + L_D$ en metros	

LONGITUDES DE PISTAS DE DECELERACION ($L_D = f(i)$)

CUADROS RESUMENES PARA $L_T = L_C + L_D$ CUANDO i = 0 y V_C = 90, 100, 110, y 120 km/h



V_C = 120 km/h (L_C = 100 m)				
V. Diseño Ramal V_r (km/h):				
0	30	40	50	60	70
200	185	170	150	130	105
$L_T = L_C + L_D$ en metros				

V_C = 110 km/h (L_C = 90 m)				
V. Diseño Ramal V_r (km/h):				
0	30	40	50	60
175	160	145	130	110
$L_T = L_C + L_D$ en metros				

V_C = 100 km/h (L_C = 85 m)				
V. Diseño Ramal V_r (km/h):				
0	30	40	50	60
160	140	130	110	90
$L_T = L_C + L_D$ en metros				

V_C = 90 km/h (L_C = 80 m)			
V. Diseño Ramal V_r (km/h):			
0	30	40	50
140	125	110	95
$L_T = L_C + L_D$ en metros			

Si C'D' (o CD) es una curva circular de acuerdo que requiere un sobreancho E_2: $a = b + E_2$, y el aumento de ancho se da haciendo las mismas consideraciones expuestas para el caso de la pista de aceleración en paralelo.

3.404.307(4) Pistas Centrales de Deceleración. Se puede diseñar pistas de deceleración para vehículos que giran a la izquierda desde las carreteras principales. Estas pistas se sitúan, por lo general, en el centro de la carretera, entre las pistas de ella (véase excepción en Numeral 3.403.303. (3) y figura C de Lámina 3.403.303(2).C). Si la mediana tiene 4 m ó más de ancho será posible diseñar vías de deceleración aprovechando este espacio sin necesidad de ensanches especiales en la carretera. El ancho mínimo de la mediana será de 6 m.

En la Lámina 3.404.307(4).A se muestra una pista de este tipo. Las longitudes L_C y L_D son las de la Tabla 3.404.307(3).B y las de las Láminas 3.404.307(3).A y B, 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 Lámina 3.404.307(4).A), 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 c/u.

Si existe una señal "PARE": L_E tendrá el valor que le corresponda de la Tabla 3.404.307(4).A.

TABLA 3.404.307(4).A
LONGITUD ADICIONAL EN PISTAS DE DECELERACION PARA ALMACENAMIENTO Y ESPERA DE VEHICULOS

Nº Vehículos / hora que giran	30	60	100	200	300
Longitud adicional (m)	8	15	30	60	75

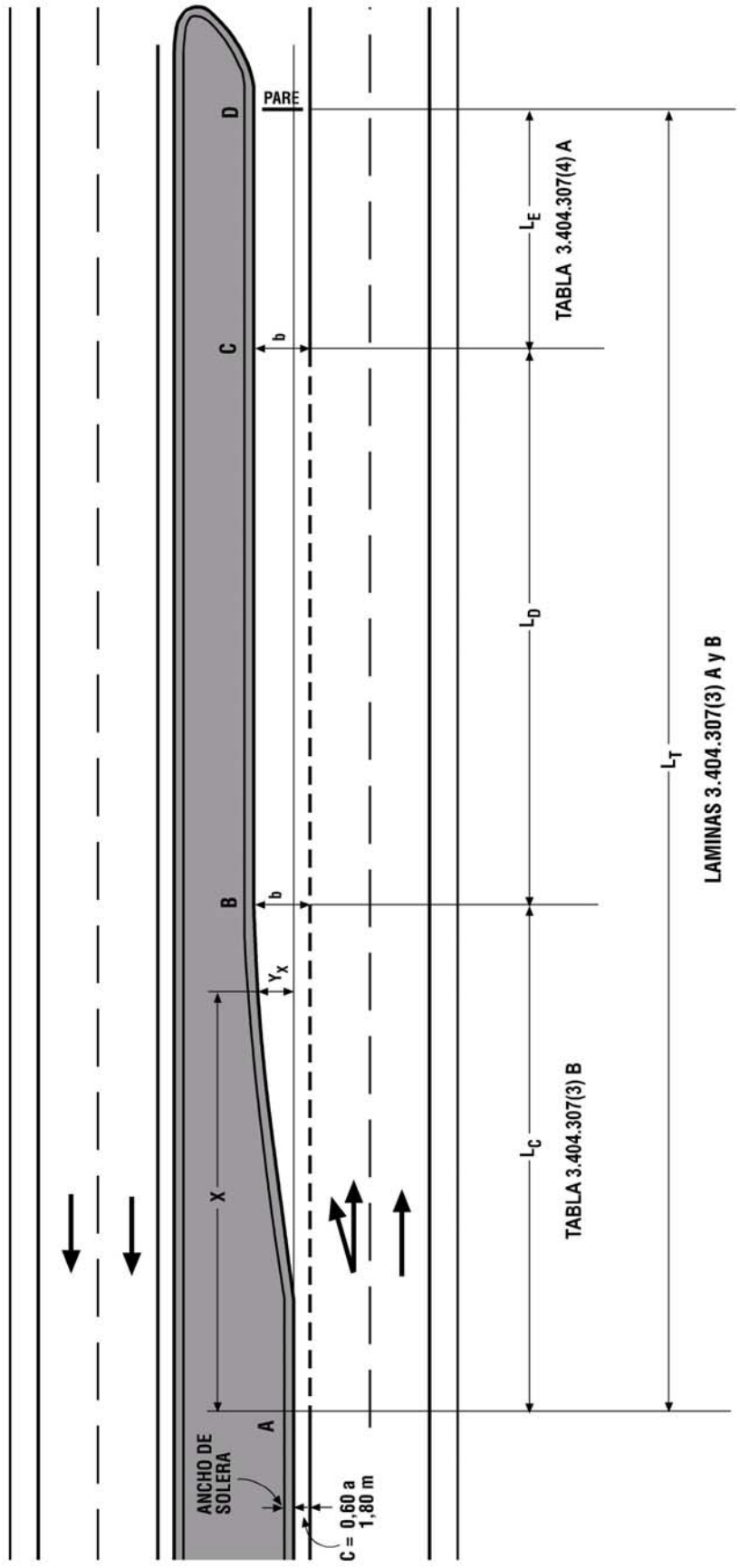
La cuña tiene la forma prevista para los casos I y II del Numeral 3.404.307(3).

La Lámina 3.404.307(4).A, con la Tabla incluida en la Lámina 3.404.307(3).B para calcular **y** en función de **x**, indica el trazado que debe darse a esta zona de cuña para ganar una pista en base al espacio disponible en la mediana. En general es conveniente colocar soleras delineando la mediana en todo el sector afectado por la pista central, de modo que sea evidente el trazado de ésta y se evite movimientos prohibidos, tales como giros en U en zonas en que no están previstos.

En caminos de dos pistas, o de más de dos pistas sin mediana de dimensiones adecuadas, será necesario proceder a ensanchar la carretera si se desea disponer de una pista central de deceleración.

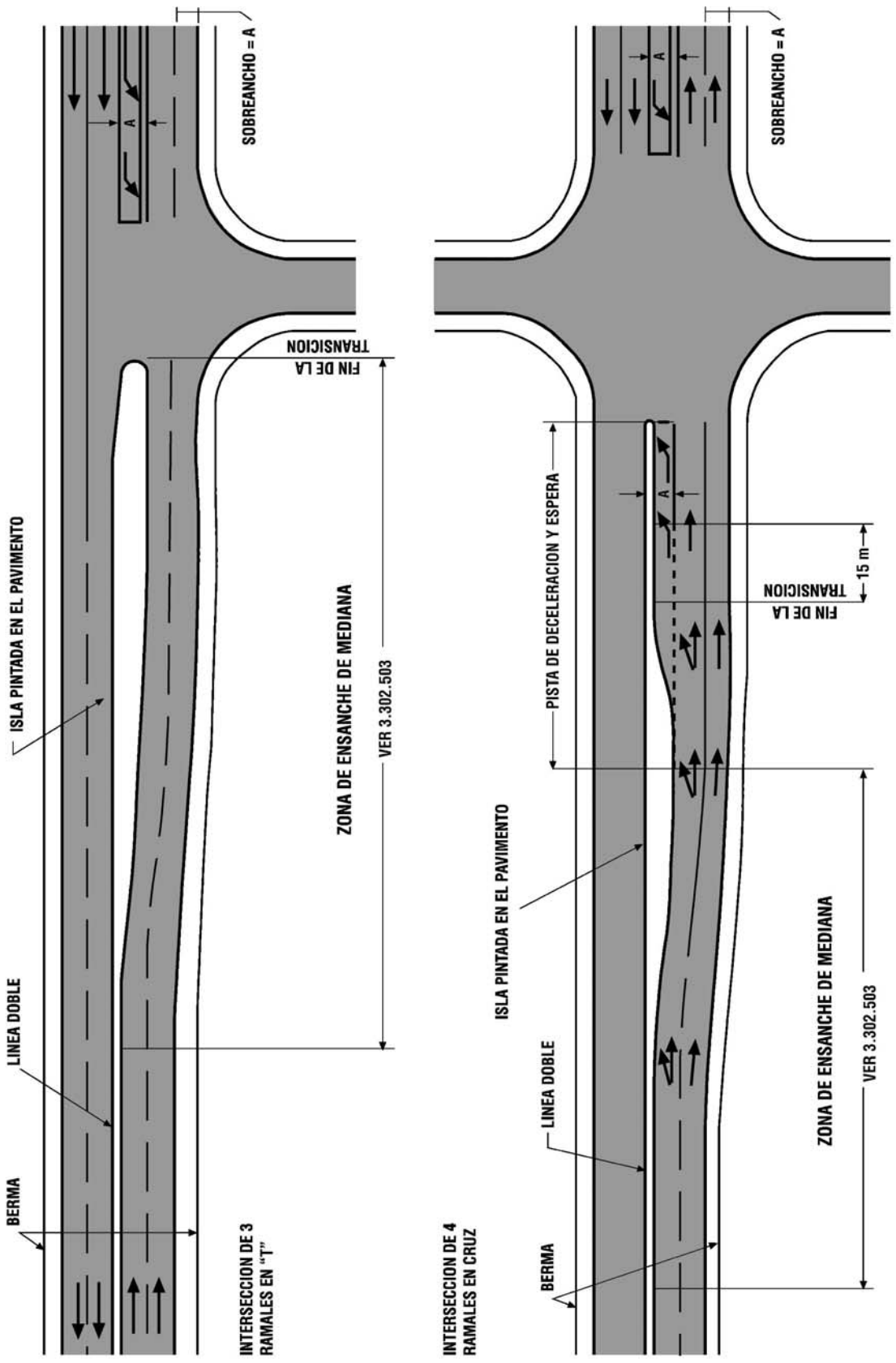
La Lámina 3.404.307(4).B muestra un diseño mínimo basándose en islas delineadas mediante pintura en el pavimento. Esta solución requiere un ensanche equivalente al ancho de la pista central. Su utilización está supeditada a la seguridad de una buena mantención de las marcas sobre el pavimento.

Una solución similar puede lograrse introduciendo islas delineadas por soleras montables, pero en este caso debe darse al ensanche una mayor dimensión correspondiente al sobreancho que se requiere por efecto de la solera. En lo posible se dispondrá iluminación y siempre existirá la señalización que indique la existencia de la isla artificial.



NOTA: Para valores de $Y_X = f(x)$, véase tabla en lámina 3.404.307(3) B. (c = 0,60 m a 1,20 m)

TRAZADO MINIMO CON CANALIZACION PARA GIROS A LA IZQUIERDA CON ENSANCHE DEL CAMINO Y PINTURA



3.404.308 Cruces a través de la Mediana

3.404.308(1) Aspectos Generales. En carreteras divididas por una faja central o mediana, 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, deberá adoptarse distintos diseños que garanticen la fluidez y seguridad de las maniobras.

La pendiente transversal de la zona abierta de una mediana no debe superar el 5 %.

3.404.308(2) Abertura Mínima de la Mediana en Zona de Cruce. Ya sea que se trata de una intersección de 3 ó 4 ramales, la abertura de la mediana 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 de la mediana será igual al ancho del pavimento más 2,5 m y no menor de 12 m.

Si el camino que cruza también es una doble calzada, la abertura mínima será igual al ancho de las dos calzadas más su mediana, y no menor que el ancho de los pavimentos más la mediana más 2,5 m en caso de tener las bermas un ancho inferior.

3.404.308(3) Trazados Alternativos para Rematar la Mediana Interrumpida. En medianas de menos de 3 m de ancho, el remate se ejecuta trazando un semicírculo, lo que da una solución tan aceptable como la que se obtiene en otros trazados que se detallan a continuación.

Si el ancho de la mediana es mayor de 3 m se preferirá el trazado que llamaremos “punta de bala". Consiste en dos arcos de círculo que se inician en el mismo punto de donde nacía el semicírculo básico, y que se cortan sobre el eje de la mediana en un ángulo agudo. Este se redondea mediante una curva de radio 0,50 m (ver Lámina 3.404.308(3).A). Los arcos de círculo de la zona de la "punta de proyectil” son tangentes a la mediana y al eje de la calzada que cruza.

Este trazado presenta dos ventajas sobre la forma semicircular en medianas de más de 3 m de ancho:

- Requiere menor espacio abierto para acomodar giros o mediana de igual ancho.
- Canaliza mejor los movimientos de giro, ya que dirige el tránsito desde su pista a la pista correspondiente del camino cruzado, en tanto que el remate en forma de semicírculo permite al tránsito que gira invadir la pista de sentido contrario.

Cuando el cruce es esviado, el remate en forma de proyectil se construye asimétrico, usando un radio de curvatura mayor que el mínimo en los cuadrantes que corresponden al ángulo obtuso que forman los ejes de la carretera. Este trazado da un mejor encauzamiento al tránsito, ya que la prolongación de dicho arco vuelve a ser tangente al eje de la calzada del camino que cruza (ver Lámina 3.404.308(3).A, figura B).

En medianas muy anchas, mayores de 20 m, o cuando la abertura necesaria resulta de más de 25 m de largo, es conveniente estudiar un remate en forma de punta de proyectil truncado, tal como se indica en la figura B, trazo CE.

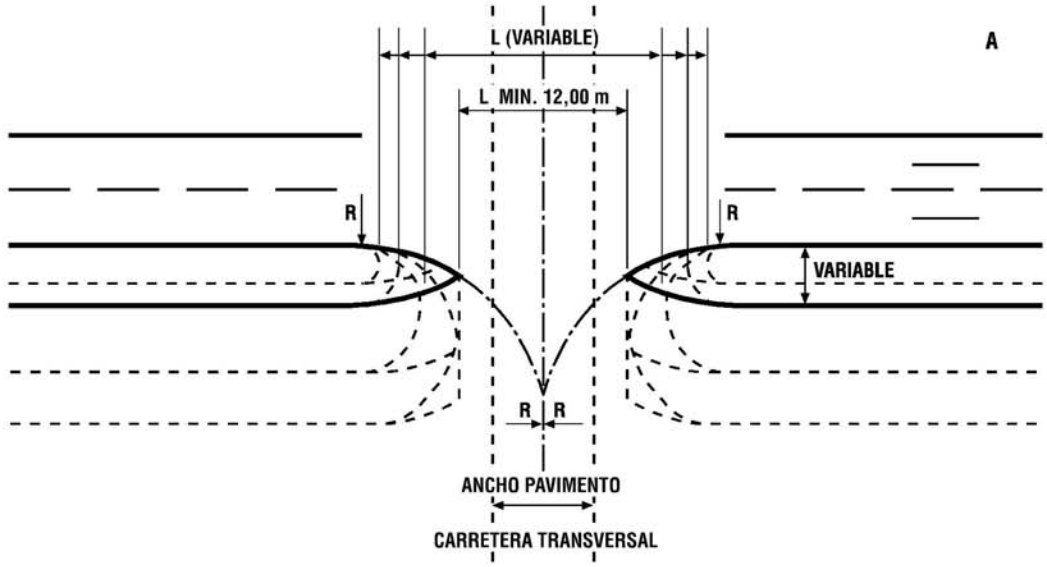
3.404.308(4) Trazados Mínimos para Giros a la Izquierda. Los giros mínimos a la izquierda a través de la mediana de más de tres metros de ancho, se estudian a partir de la trayectoria que sigue el vehículo tipo, tal como en el caso de giros a la derecha.

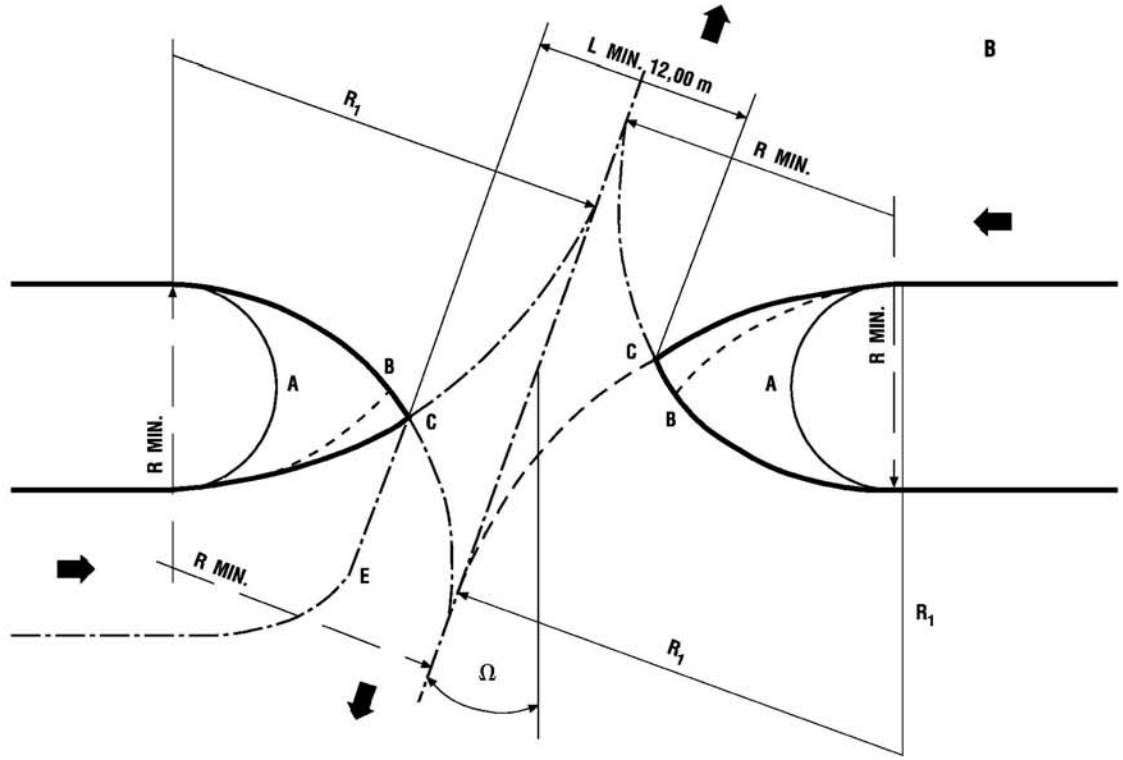
No existe en este caso la limitación de ancho del ramal de giro, pues la curva debe darse obligatoriamente en la zona abierta de la mediana, que es suficientemente amplia. Sólo es necesario que, al empalmar con la pista correspondiente del camino cruzado, el vehículo se mantenga dentro de ella sin invadir la pista contraria.

Los radios mínimos que a baja velocidad garantizan una trayectoria adecuada, dejando huelgas de al menos 0,50 m entre las ruedas y los bordes de las pistas son:

- Automóviles (L) R = 12 m.
- Camiones y Buses (C) R = 15 m.
- Tracto camión con semi-remolque corriente (VA1) R = 18 m.
- Tracto camión con semi-remolque especial (VA2)R = 22,5 m.

ABERTURAS DE MEDIANA TRAZADOS PARA RADIOS DE GIRO MINIMOS CON Y SIN ESVIAJE EN EL CRUCE





Normalmente un diseño mínimo basándose en el vehículo tipo C es adecuado a la mayoría de los casos en que los vehículos articulados son escasos. Estos podrán efectuar el giro, aunque sin huelga o eventualmente invadiendo en un corto trecho parte de la pista contraria.

TABLA 3.404.308(4).A
CARACTERISTICAS DE LA ZONA ABIERTA EN LA MEDIANA
PARA CONDICIONES MINIMAS DE GIRO A LA IZQUIERDA

Esviaje grados sexagesimales *	Ancho mediana (m)	Abertura en la mediana dada normalmente al camino que cruza (m)			R1 Caso C asimétrico (m)
		Semi-círculo	Punta de proyectil		
			Simétrico	Asimétrico	
		A	B	C	
0 º	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 mín	-	-
	12,00	18,0	12,0 mín	-	-
	15,00	15,0	12,0 mín	-	-
	18,00	12,0	12,0 mín	-	-
10 º	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 mín	19,5
	12,00	21,5	12,0 mín	12,0 mín	19,0
	15,00	18,0	12,0 mín	12,0 mín	18,5
	18,00	14,0	12,0 mín	12,0 mín	18,0
20 º	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 mín	24,5
	15,00	20,5	12,0 mín	12,0 mín	23,0
	18,00	16,0	12,0 mín	12,0 mín	21,5
30 º	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 mín	30,5
	18,00	18,00	12,0	12,0 mín	27,5
40º	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 mín	42,0
	18,00	19,5	15,5	12,0 mín	36,5

* Esviaje medido como el número de grados sexagesimales que separa el camino secundario de la normal al camino principal

La Tabla 3.404.308(4).A resume las características que debe darse a la abertura de la mediana para permitir giros a la izquierda en condiciones mínimas, según sea el ancho de la mediana y el tipo de remate que se utilice: semicírculo, punta proyectil simétrica, punta proyectil asimétrica (radio R_1, asociado a él), indicando en este último caso el ángulo de esviaje en grados sexagesimales. Esta Tabla está calculada para el vehículo tipo C; por lo tanto, en los casos de remate “punta de proyectil" se consulta un radio mínimo de 15 m.

3.404.308(5) Trazados por Sobre los Mínimos para Giros a la Izquierda. Siempre que sea posible deberá elegirse radios mayores que los mínimos en el diseño de los arcos del remate en "punta de proyectil". Se logra de esta manera una circulación más fluida, y la parte correspondiente al arco de mayor radio puede recorrerse a mayor velocidad que la impuesta por el diseño mínimo.

La Lámina 3.404.308(5).A especifica el diseño que debe adoptarse indicando los elementos necesarios para el replanteo. La abertura de la mediana queda definida en estos casos por el arco de círculo de radio R = 15 m que aparece en línea punteada en la figura. Si el camino que cruza es una doble calzada, las aberturas indicadas en la Lámina 3.404.308(5).A pueden ser estrechas. En ese caso, el diseñador fijará un valor de L adecuado y a partir de ese dato localizará el centro de la curva de radio R_2. En estas condiciones el radio R queda determinado construyendo una circunferencia tangente al eje de la calzada que cruza y al punto de tangencia de R_2 con el R_2 elegido. Si la intersección presenta esviaje, se requerirá adaptar también los radios R y R_2 para lograr una abertura de ancho adecuado.

3.404.308(6) Medianas Ensanchadas para Cruces por Etapas. En ciertas intersecciones será conveniente que el tránsito del camino secundario pueda cruzar en dos etapas la vía principal. En estos casos la mediana deberá proveer un ancho suficiente como para servir de refugio. El ancho requerido dependerá del largo del vehículo tipo elegido y por tanto en el sector del cruce será necesario ensanchar la mediana de acuerdo a los siguientes valores:

- Automóvil: 6,0 m.
- Camión o Bus: 13,0 m.
- Tracto Camiones: 20,0 m.

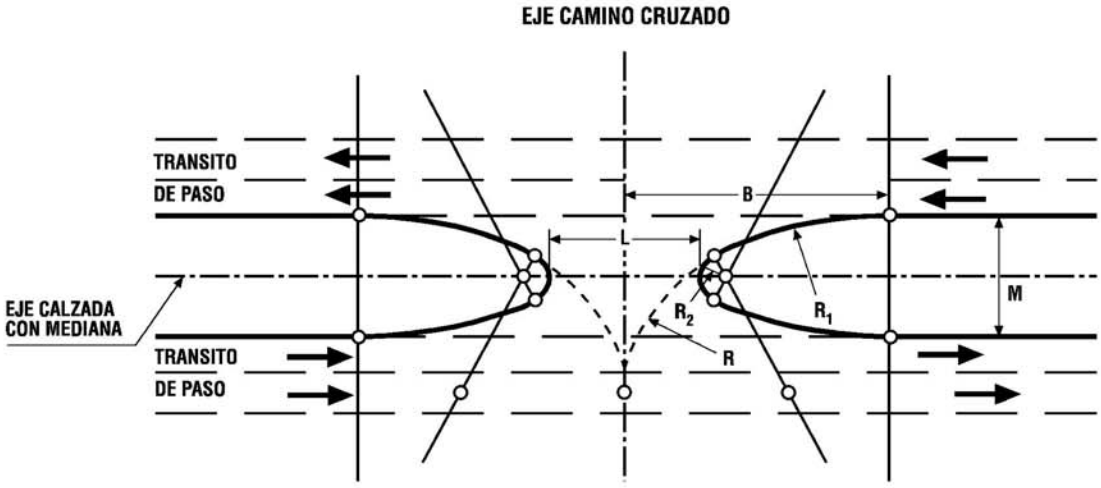
3.404.308(7) Giros en U en tomo a la Mediana. Esta maniobra no es una práctica recomendable. Sin embargo, hay ciertos casos en que su existencia puede considerarse como un mal menor o bien puede aceptarse para volúmenes muy bajos que en otras circunstancias entorpecen el funcionamiento de una intersección.

Los casos en que puede aceptarse este dispositivo son:

- En carretera con control total de acceso, cuando se dispone para labores del personal de conservación de la carretera, uso de la policía o como lugar de estacionamiento de los vehículos utilizados por ellos. En tales 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, 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 de la mediana en mayor número y en peor ubicación.
- En relación con cruces a nivel de importancia o enlace, suelen diseñarse aberturas para giros en U a distancias de 400 a 600 m del cruce propiamente tal, ya sea con el objeto de permitir el retorno de aquellos pocos conductores que por desconocimiento de la intersección equivocaron la maniobra, o bien para trasladar algún giro de poca importancia desde el cruce a la abertura para giro en U, eliminándose así algunos puntos de conflicto en el cruce.
- Inmediatamente antes de una intersección importante, con el objeto de posibilitar giros en U que de otro modo se darían en la 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.

3.404.308(8) Ancho de la Mediana y Tipo de Maniobra Asociada al Giro en U. Para que el giro en U no produzca demasiados trastornos, es necesario que la mediana tenga un ancho lo mayor posible. La Lámina 3.404.308(8).A indica los anchos mínimos requeridos según el tipo de maniobra que se esté realizando.

ABERTURAS DE MEDIANA DISEÑO SOBRE LOS MINIMOS PARA REMATES EN PUNTA DE PROYECTIL



R = 15 metros

R_2 = M/5 metros

M Ancho Mediana metros	DIMENSIONES (m)					
	$R_1 = 30$		$R_1 = 45$		$R_1 = 70$	
	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

La posibilidad de efectuar las maniobras descritas, con un trazado mínimo según los previstos en la Lámina 3.404.308(8).A, puede resumirse como sigue:

ANCHO DE LA MEDIANA (m)	TIPO DE MANIOBRA POSIBLE EN UNA CARRETERA DIVIDIDA, DE CUATRO PISTAS:	PERMITE REFUGIO MIENTRAS SE ESPERA EN LA MEDIANA PARA:
18	Permite a todos los vehículos girar en U, prácticamente de pista interior a pista interior opuesta.	Todos los vehículos
12	Permite a los automóviles girar en U de pista interior a pista interior, y a algunos camiones de pista exterior a pista exterior; los grandes camiones ocupan parcialmente la berma.	L y C
9	Permite a los automóviles girar de pista interior a pista exterior, y a los camiones con utilización de ambas bermas.	L y C
6	Permite a los automóviles girar de pista exterior a pista exterior o de pista interior a la berma. Es imposible el giro de camiones.	L

Cuando no pueda disponerse del ancho necesario en la mediana y el giro en U sea importante, se recurre al empleo de otros trazados excepcionales, tales como los indicados en la Lámina 3.404.308(8).B.

3.404.308(9) Aplicación de los Trazados para Medianas Abiertas a las Islas Divisorias en Intersecciones. Todas las recomendaciones expuestas en los Párrafos anteriores para el trazado de medianas abiertas son de aplicación en el caso de islas de separación de sentidos en carreteras importantes, ya que en definitiva estas últimas pueden considerarse como una mediana que se introduce con carácter discontinuo en tales carreteras.

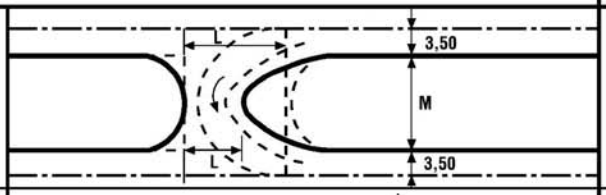
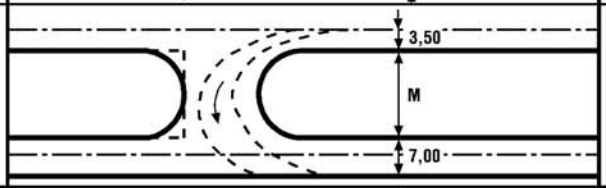
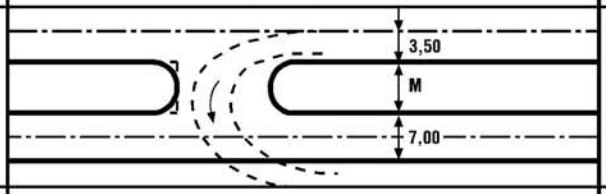
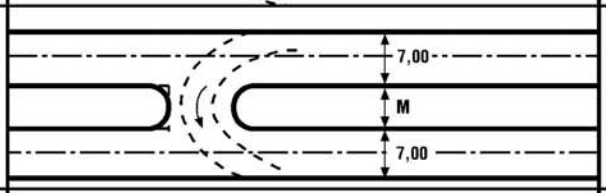
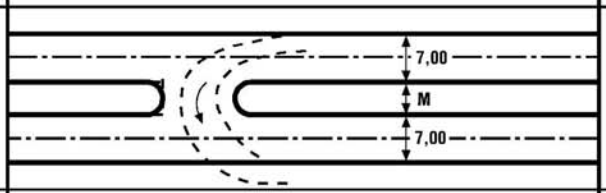
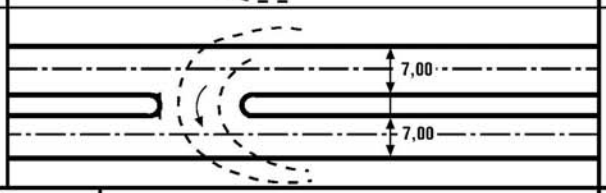
3.404.4 TRAZADO EN PLANTA DE ISLAS Y PISTAS CANALIZADAS

3.404.401 Aspectos Generales. Una isla es una zona bien definida, situada entre las pistas de circulación y destinada a guiar el movimiento de vehículos o a servir de refugio para peatones. Dentro de una intersección una mediana u otra separación se considera como una isla. No es necesario que las islas tengan presencia física como tales; pueden ser desde una zona delineada por soleras elevadas hasta un área limitada por marcas pintadas sobre el pavimento.

Las islas se Incluyen en el trazado de intersecciones canalizadas por una o más de las siguientes razones:

- Separación de conflictos.
- Control del ángulo de conflicto.
- Reducción de áreas excesivas pavimentadas.
- Regulación del tránsito e indicación del uso debido de la intersección.
- Trazado para favorecer los movimientos de giro predominantes.
- Protección de peatones. Instalación de señales de tránsito Necesidad de puntos de referencia.
- Prohibición de determinados movimientos.
- Control de velocidad.

APERTURAS DE MEDIANA
TRAZADOS MINIMOS PARA GIROS EN "U"

TIPO DE MANIOBRA		ANCHO MINIMO DE LA MEDIANA M. EN m PARA VEHICULOS TIPO		
		L	C	VA
PISTA INTERIOR A PISTA INTERIOR		12	21	20,50
PISTA INTERIOR A PISTA EXTERIOR		8,50	17,50	17
PISTA INTERIOR A BERMA		5,50	14,50	14
PISTA EXTERIOR A PISTA EXTERIOR		5	14	13,50
PISTA EXTERIOR A BERMA		2	11	10,50
BERMA A BERMA		0	8	7,50
LONGITUD MINIMA DE APERTURA, m	L - REMATE CON TRANSICION (1)	6	6	9
	L^1 - REMATE SEMICIRCULAR (2)	7	6	9

NOTAS:

1. Usar las siguientes combinaciones de radios:
   Para M = 9 m ó menos 15 - 0,4 m - 15
   Para M = 12 a 15 m 22,5 - 0,4 m - 22,5
   Para M = 19 a 24 m 30 - 0,4 m - 30
2. La longitud L' es mayor cuando M > 15 m remate con transiciones preferible

Figura A

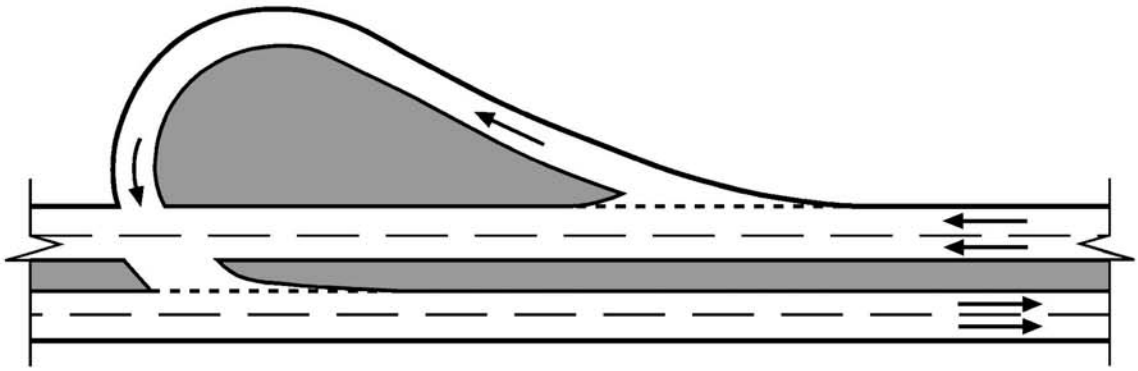
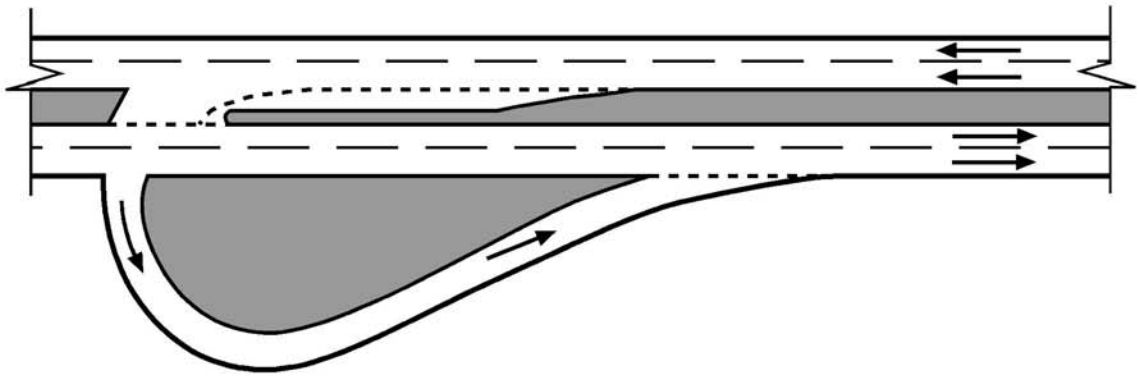


Figura B



Las islas son generalmente de forma alargada o triangular, y sus dimensiones dependen del trazado particular de cada intersección. Deben situarse y diseñarse de manera que ofrezcan mínimo peligro a los vehículos y sean de construcción y conservación poco costosa.

3.404.402 Tipos de Islas

3.404.402(1) Aspectos Generales. Las islas pueden agruparse en tres clases principales, según su función:

- Islas divisorias que sirven para separar sentidos de circulación iguales u opuestas.
- Islas de canalización o encauzamiento, diseñadas para controlar y dirigir los movimientos de tránsito, especialmente los de giro.
- 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.

3.404.402(2) Islas Divisorias. Este tipo de isla se emplea con frecuencia en carreteras sin división central, para avisar a los conductores de la presencia de un cruce y para regular el tránsito a través de la intersección. Son particularmente ventajosas para facilitar los giros a la izquierda en intersecciones en ángulo oblicuo y en puntos donde existan ramales para giros a la derecha.

Ejemplos de islas de este tipo se indican en la Lámina 3.404.402(2).A, donde las islas indicadas con las letras c, d, e y f dividen sentidos opuestos de circulación y las indicadas con las letras b y h separan corrientes de tránsito de igual sentido. La isla b separa una pista central especial para giros a la izquierda y la h separa de las pistas 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 del tipo d de la Lámina 3.404.402(2).A. Esta isla evita que los vehículos que cruzan o se incorporan a la carretera principal, utilicen la pista contigua a la suya 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.

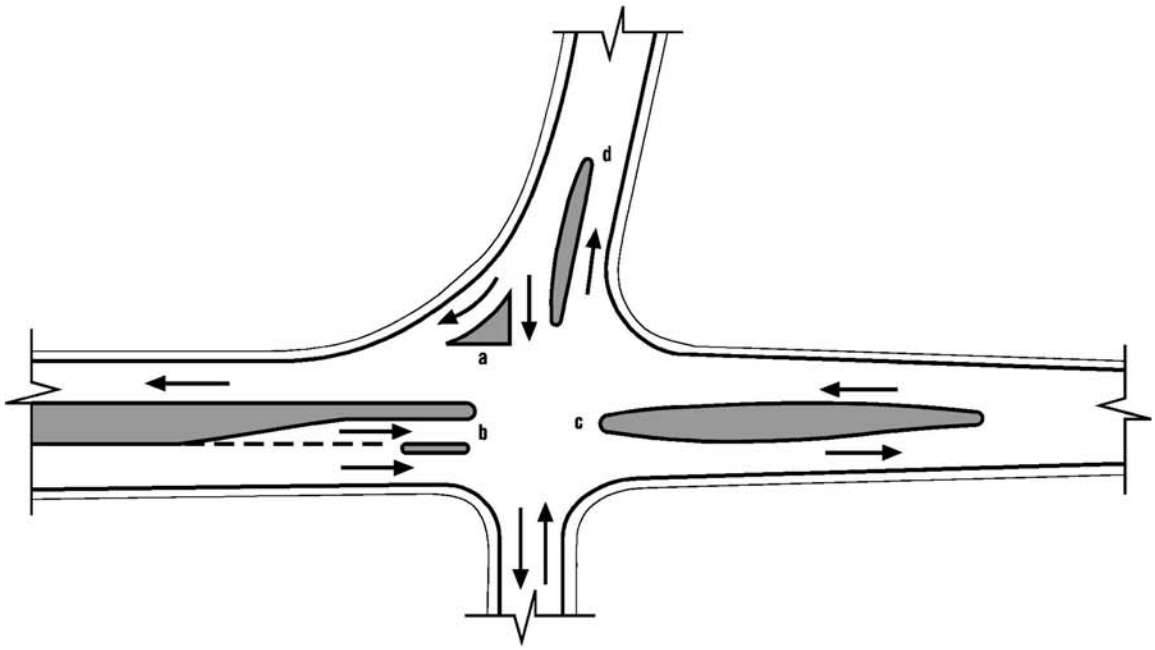
Cuando en las proximidades de una intersección se introduce una isla divisoria en la carretera principal, a manera de mediana, la transición desde la sección normal de la carretera debe hacerse suavemente, sin que obligue a movimientos bruscos de los vehículos. También debe cuidarse la señalización y visibilidad de la isla, sobre todo en la noche, ya que pueden producir accidentes. Para carreteras con intensidad media diaria superior a 2.000 vehículos, debe dejarse dos pistas 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 3.404.306(2).A (1 pista de un solo sentido con previsión para adelantar a un vehículo momentáneamente parado).

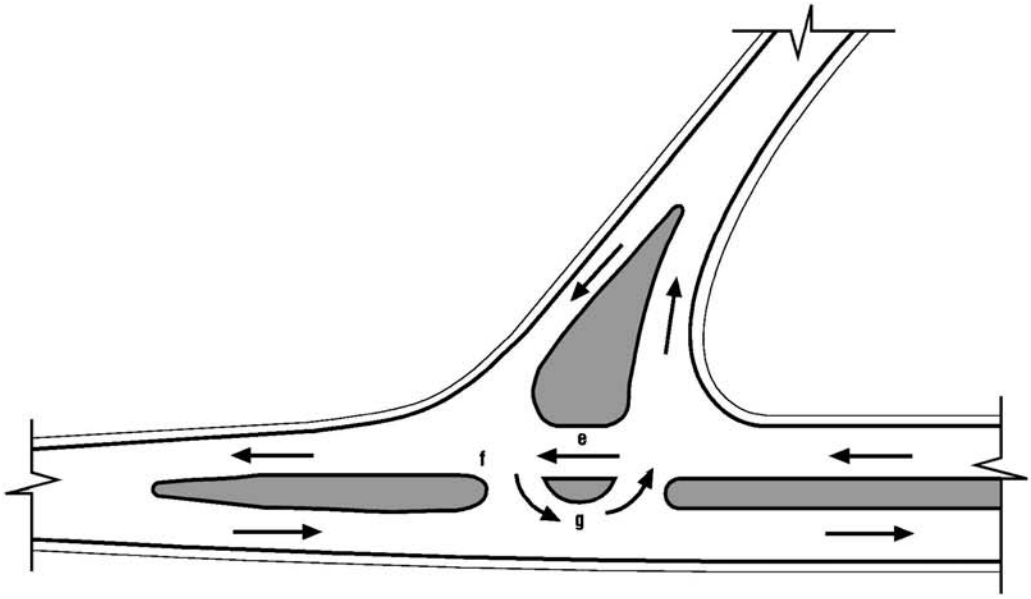
Si la isla se introduce en una alineación curva, pueden combinarse distintos radios en los bordes del pavimento para conseguir la transición a la sección deseada. Si es en una alineación recta, la transición puede efectuarse intercalando en el trazado una curva y una contracurva seguidas, sin tramo recto intermedio. Para intensidades medias diarias importantes y Velocidad de Proyecto superior a 80 km/h, los radios de estas curvas deben ser mayores a 1.700 m. Para velocidades más bajas pueden reducirse hasta 850 m, y en casos extremos, hasta 600 m. La fórmula que da la longitud L del tramo de transición desde la sección sin isla hasta la sección con separación igual al ancho deseado de la isla es:

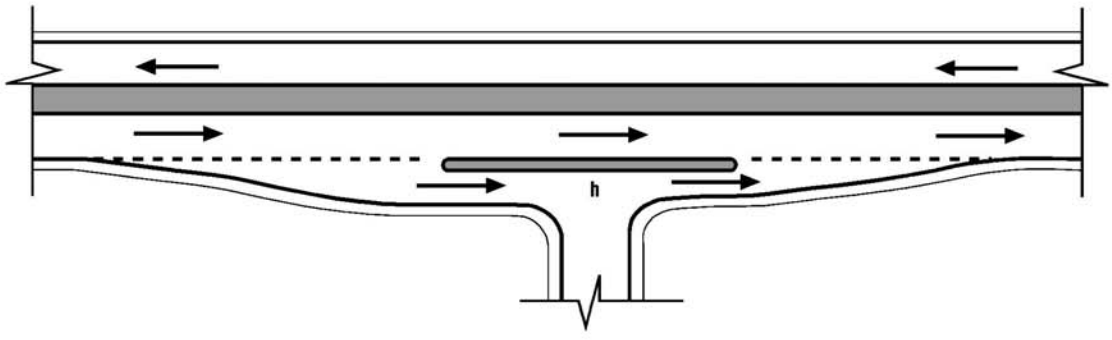
$$L = \sqrt{Y(4R - Y)}$$

donde R es el radio de la curva y de la contracurva, e Y es la ordenada máxima al final de la transición.

TIPOS Y FORMAS GENERALES DE ISLAS







3.404.402(3) Islas de Canalización o de 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 (letra a en Lámina 3.404.402(2).A), o centrales, alrededor de las cuales los vehículos efectúan sus giros (letra g Lámina 3.404.407(2).A).

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 demarcación 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 varias pistas de un solo sentido de circulación puede causar confusión en las trayectorias a seguir. En intersecciones con áreas restringidas puede ser aconsejable, para proveer múltiples ramales canalizados, 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 canalización o encauzamiento es ventajoso donde los movimientos de giro son relativamente importantes, reservándose los trazados sin canalización solamente para intersecciones de carreteras locales de pequeña intensidad de tránsito.

3.404.402(4) Islas - Refugio. Puede emplearse estas islas para evitar cruces peatonales demasiados largos, intercalándolas en carreteras de cuatro o más pistas, y para facilitar estos cruces en intersecciones. Su ancho mínimo debe ser de 1,0 m y su longitud, por lo menos, 2 m mayor que el ancho del paso de peatones correspondiente. Siempre deben estar provistas de soleras elevadas y de otras protecciones que se juzgue necesarias.

3.404.403 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^2 preferiblemente 7 m^2. A su vez, las triangulares deben tener un lado mínimo de 2,4 m y preferiblemente de 3,6 m. Las alargadas, con forma de gota, deben tener un largo mínimo de 3,6 a 6 m y un ancho de 1,2 m; salvo donde el espacio esté limitado (Lámina 3.404.402(2).A, islas b y h), casos en los que su ancho puede reducirse a un mínimo absoluto de 0,6 m.

Las islas divisorias en carreteras importantes de alta Velocidad de Proyecto deben tener una longitud mínima de 30 m y preferiblemente de 100 m o más, sobre todo cuando sirven a su vez para la introducción de una pista central de cambio de velocidad y almacenamiento de vehículos. Si no pudieran tener la longitud recomendada deben ir precedidas de un pavimento rugoso 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 islas deben delinearse o delimitarse según su tamaño, ubicación y función. En un sentido físico, pueden clasificarse en tres grupos:

(1) Islas elevadas sobre el pavimento, delimitadas con soleras montables, o elevadas si operan como refugios peatonales.

(2) Islas delineadas por marcas, clavos o barras de resalto sobre el pavimento.

(3) Zonas no pavimentadas que forman los bordes del pavimento de los distintos ramales. Conviene delinear estas islas con postes guías o con un tratamiento de tierra especial en su interior.

El grupo (1) es el más frecuente y de resultados más positivos. En zonas rurales, donde el uso de soleras es poco frecuente, este tratamiento suele limitarse a islas de tamaño pequeño o intermedio.

El grupo (2) se emplea en zonas urbanas con espacios limitados. En zonas rurales se usan sólo cuando existe garantía de una fácil y buena conservación, o cuando no convenga el uso de soleras por estar situadas en lugares propensos a heladas o nevadas, o en ciertos casos extremos, cuando la velocidad de acceso a la intersección sea muy alta y la presencia de soleras pueda resultar peligrosa.

El grupo (3) está reservado a islas grandes en zonas rurales, donde la aplicación de grandes radios supone longitudes excesivas de soleras con el consiguiente encarecimiento del trazado.

El interior de las islas debe rellenarse con turba o tierra vegetal. 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 fin de favorecer el drenaje del pavimento, si es que éste presentara dificultades. En islas pequeñas o en zonas poco favorables para el desarrollo de plantas, puede usarse cualquier tipo de tratamiento superficial.

3.404.404 Delineación de las Islas. La delineación de las islas pequeñas se efectúa principalmente con soleras. Las grandes pueden quedar suficientemente definidas por su color y configuración: tierra vegetal, tierra estéril, plantaciones, postes, señales o combinación de todos estos elementos. En zonas rurales las soleras deben ser del tipo montable, excepto donde sea necesario disponerlas elevadas para defensas de estructuras, refugio de peatones, etc. Las soleras deben ser fácilmente visibles para evitar situaciones peligrosas, lo que se consigue con el empleo de pintura reflectante, ojos de gato, etc. Esto debe tenerse más presente cuanto mayor sea la Velocidad de Proyecto de la carretera que se diseñe.

Las narices o vértices de las islas deben redondearse o rebajarse de nivel por razones de visibilidad y sencillez constructiva. Los lados de las islas que quedan contiguos a las pistas utilizadas 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, velocidad de circulación, etc. No es necesario dicho desplazamiento referido al borde del pavimento de un ramal de giro, excepto en su vértice de entrada. Este debe desplazarse de 0,60 a 1,20 m. Si se emplea soleras elevadas éstas deben desplazarse de todos los bordes del pavimento de las pistas. En la Lámina 3.404.404.A se indica normas útiles para replantear los desplazamientos de las soleras. Cuando exista una berma a lo largo de carreteras que se cruzan, es preferible colocar soleras en la línea exterior de la berma, quedando así un desplazamiento con respecto al borde del pavimento igual al ancho de la berma.

Las islas deben proveerse de toda clase de dispositivos que avisen su presencia a los conductores que se aproximan, tanto de día como de noche. Las marcas sobre el pavimento, y el uso de pavimentos ásperos, ruidosos o molestos precediendo el vértice de la isla, son prácticas ventajosas en el trazado de intersecciones. Puede emplearse otras señalizaciones, tales como soleras de hormigón blanco, soleras reflectantes o señales localizadas cerca de los vértices de las islas que sean reflectantes o iluminadas.

Hay que evitar que el conductor que llega a una intersección se vea confundido por la visión simultánea dos o más vértices de islas. En tales casos es conveniente adelantar o retrasar la posición de ciertas islas.

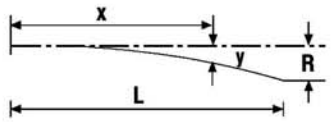
En carreteras de circulación rápida debe aumentarse aún más las precauciones ante la aproximación de las islas. Ello puede conseguirse mediante el empleo de molduras de hormigón que transforma paulatinamente la línea pintada sobre la calzada en isla, como se detalla en la Lámina 3.404.404.B. La longitud de la transición es función de la velocidad, pudiendo llegar a los 100 m o más.

En la Lámina 3.404.404.B se muestra otro ejemplo de un caso típico de transición de una carretera normal con dos pistas de circulación a una sección de dos calzadas separadas con dos pistas en cada sentido.

TRANSICIONES PARABOLICAS MAS CORRIENTES PARA EL RETRANQUEO DE VERTICES DE ISLAS

ORDENADAS, y, PARA UNA ABCISA DADA, x

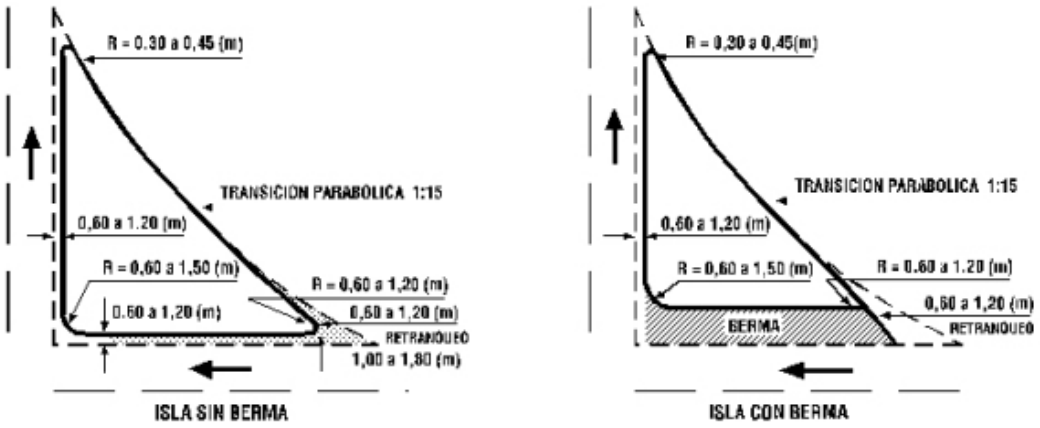
Abcisa x en m / L. long. T. transición	3	4,50	6	7,50	9	12	13,50	15	18	21	22,50	24	27	30	33	36
TRANSICION 1:5																
7,50	0,24	0,54	0,96	1,50												
15,00	0,12		0,48		1,08	1,92		3,00								
TRANSICION 1:10																
15,00	0,06		0,24		0,54	0,96		1,50								
30,00	0.03		0,12		0,27	0,48		0,75	1,08	1,47		1,92	2,43	3,00		
TRANSICION 1:15																
7,50	0,08	0,18	0,32	0,50												
13,50	0,045		0,177		0,40	0,71	0,90									
22,50	0,027		0,108		0,24	0,43		0,67	0,96	1,31	1,50					
27,00	0,021		0,09		0,20	0,36		0,55	0,80	1,09		1,42	1,80			
36,00	0,018		0,066		0,15	0,27		0,42	0,60	0,82		1,07	1,35	1,67	2,02	2,40



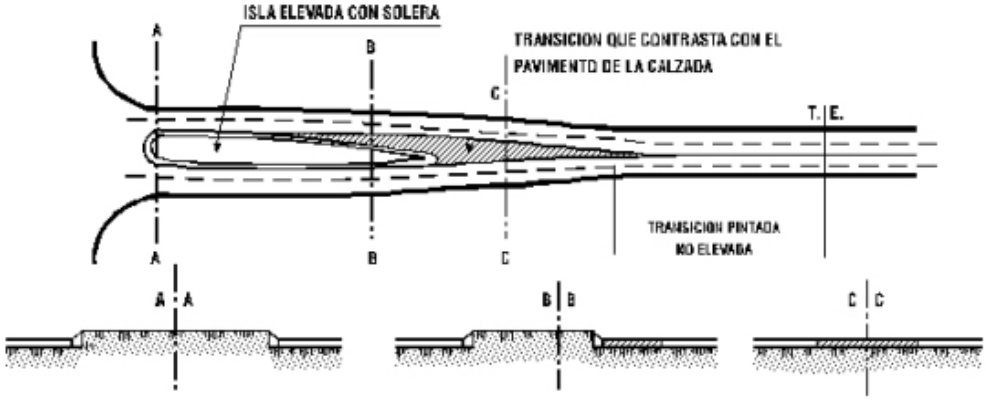
$$Y = \frac{R X^2}{L^2}$$

L = Longitud transición, m
R = Retranqueo total, m
X = Abcisas, m
Y = Ordenadas, m

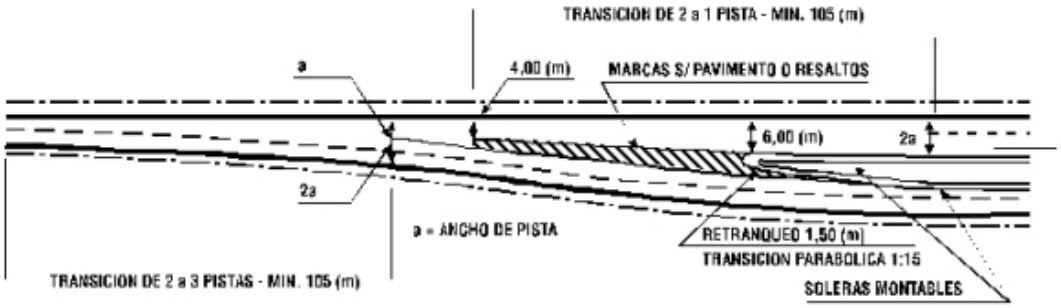
MOP - DGOP - DIRECCION DE VIALIDAD - CHILE



DETALLE DEL TRAZADO DE ISLAS TRIANGULARES



TRANSICION PARA LA APROXIMACION DE UNA ISLA DE SEPARACION
DE SENTIDOS EN UNA CARRETERA DE CIRCULACION RAPIDA



DETALLE DE TRANSICION DE DOS PISTAS A CUATRO CON CALZADAS SEPARADAS

Todas las precauciones indicadas anteriormente pueden no ser necesarias ante islas secundarias situadas en una intersección con múltiples islas; basta tomarlas únicamente con aquéllas que aparecen primero al tránsito que se aproxima a la intersección.

3.404.405 Diseños para Terminales de los Ramales de Giro.

3.404.405(1) Aspectos Generales. Se llama terminal de un ramal de giro a la zona donde éste empalma con la calzada de paso. Se puede considerar dos tipos de terminales: de salida y de entrada.

Se llama terminales de salida a la zona donde un ramal de giro se separa de la calzada de paso por la que circulan los vehículos que han de ingresar al ramal.

Se llama terminales de entrada a la zona donde un ramal de giro se junta con la calzada de paso a la que se dirigen los vehículos provenientes del ramal.

En ambos casos debe diseñarse la nariz de la isla de canalización, que para el caso de terminales de salida se denomina nariz divergente y para el caso de terminales de entrada se denomina nariz convergente. El diseño de las narices de las islas de canalización se lleva a cabo aplicando los principios ya descritos en el diseño de islas, complementados por otros aspectos de diseño y operación de tránsito.

3.404.405(2) Terminales de Salida. La salida desde una carretera, que puede ser auxiliada una pista de cambio de velocidad, debe tener la nariz divergente retranqueada del borde del pavimento de la vía principal, para evitar que sea golpeada por el tránsito que se aproxima (figura A de Lámina 3.404.405(2).A). Precediendo 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 "pista de recuperación". Es preferible que la nariz divergente esté delineada con soleras montables para una mejor visibilidad. En caso que esto no se haga, siempre debe hacerse el retranqueo y pavimentar el huso ante ella. La nariz debe redondearse con un radio de 0,6 a 0,9 m.

El retranqueo C en la figura A de la Lámina 3.404.405(2).A depende de la longitud y forma del huso pavimentado que la precede. Para el caso de una salida direccional, según se muestra con línea llena, se usa un desplazamiento de 1,2 a 3,6 m. Dentro de este rango, la elección de un retranqueo específico es materia del buen juicio del diseñador, al suponer diferentes trayectorias de los vehículos de un trazado a escala del ramal. En casos donde la canalización tiene limitación de espacio y los radios de curva sólo permiten velocidades bajas, pueden aplicarse retranqueos de 0,6 a 1,2 m. Para el caso eventual de tenerse una pista de deceleración en paralelo, según se muestra en la misma figura con línea de puntos, el desplazamiento C debe ser igual al ancho de esta pista o bien 3,0 a 3,6 m.

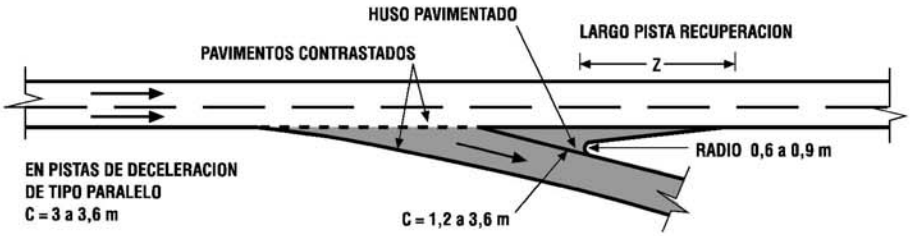
Cuando la carretera principal tiene una berma estabilizada o pavimentada que continúa más allá de la nariz divergente, el retranqueo C corresponde al ancho de la berma. Las eventuales correcciones de rumbo se llevan a efecto sobre la berma (figura B en Lámina 3.404.405(2).A).

El tratamiento de la nariz divergente, con respecto al borde del pavimento del ramal de giro, consiste en la aplicación de un redondeo circular, con radio de 0,6 a 0,9 m. Esto es satisfactorio para la mayoría de los diseños del tipo indicado en las figuras A, B y C de la Lámina 3.404.405(2).A. A medida que la importancia del ramal de giro aumenta, pueden usarse desplazamientos hasta de 1,8 m o más, según aparece en el diseño de la figura D de la misma Lámina.

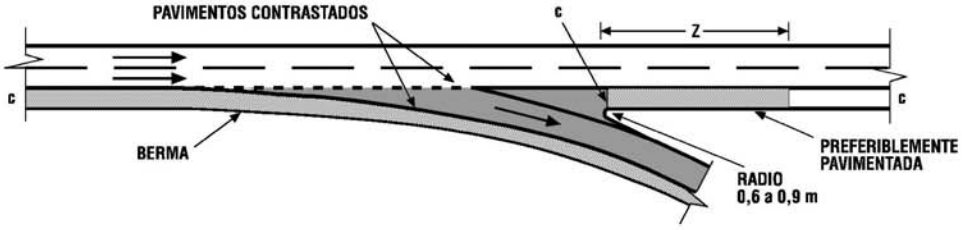
La longitud Z, que se muestra en la Lámina 3.404.405(2).A debe ser suficiente para permitir a un conductor que erróneamente haya desviado a la derecha, corregir su rumbo y volver a la carretera principal. Esta longitud aparece tabulada en la Tabla 3.404.405(2).A para diferentes velocidades de proyecto de la carretera principal.

A lo largo de la distancia Z, la transición desde el desplazamiento C hasta un ancho nulo se hace linealmente con respecto al borde de la calzada.

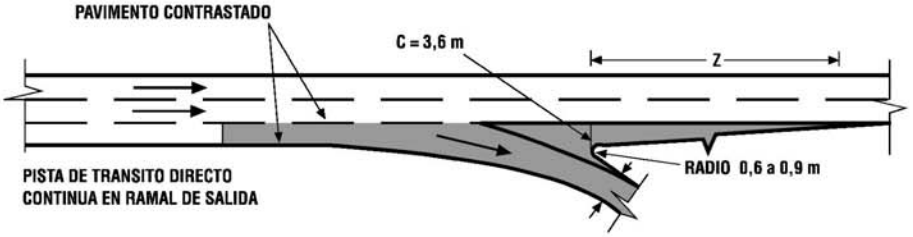
A. BERMA ANGOSTA O SIN ESTABILIZAR



B. BERMAS ESTABILIZADAS O PAVIMENTADAS



C. REDUCCION DE PISTAS DE TRANSITO DIRECTO



D. HORQUILLA O NARIZ EN CARRETERA PRIMARIA

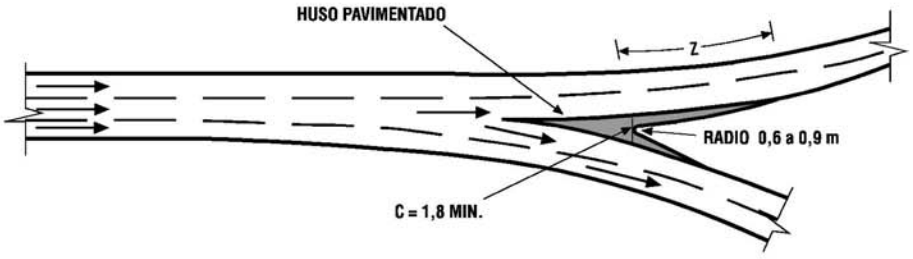


TABLA 3.404.405(2).A
LONGITUD DE TRANSICION (Z) PARA HACER DESAPARECER LA PISTA DE RECUPERACION

Velocidad de Proyecto carretera principal km/h	Z = longitud por metro de desplazamiento de la nariz divergente (C)
50	7
60	9
80	11
90	13
110	15
120	16

3.404.405(3) Terminales de Entrada. En terminales de entrada la nariz convergente de la isla de canalización debe ser lo más pequeña posible. En el caso que se empleen soleras, la nariz debe redondearse en un radio de 0,30 a 0,45 m. Cuando no se usa soleras, los correspondientes bordes del pavimento deben converger y cortarse en un ángulo agudo. Siempre que sea posible, el borde del pavimento del ramal debe alinearse casi paralelamente con la carretera principal.

Cuando la canalización tiene limitación de espacio, el largo y radio del ramal de giro pueden no ser suficientes para obtener el "cuasi paralelismo" con la carretera principal. En estos casos la nariz convergente de la isla de canalización es la simple intersección de los bordes del pavimento, redondeada o cuadrada a una dimensión práctica.

Cuando el tránsito converge hacia la carretera principal a alta velocidad y siempre que sea posible, es deseable realizar ajustes de alineación y/o de ancho en el terminal de entrada.

La figura A de la Lámina 3.404.405(3).A muestra el trazado típico de un terminal de entrada con pista de aceleración, de tipo paralelo (línea de trazos). Si el pavimento del ramal corresponde al caso I de la Tabla 3.404.306(2).A, éste se mantiene uniforme hasta la nariz convergente (en la figura A se designa con w_1). Si el ancho de pavimento corresponde al caso II de la misma Tabla, (w_2 en la figura A), éste preferiblemente debe estrecharse en la nariz al ancho w_1 para evitar que los vehículos entren abiertamente a la carretera, obligándolos así a hacer uso de una sola pista después de la nariz. Este estrechamiento se lleva a cabo ajustando preferiblemente el borde izquierdo del ramal, pero también puede hacerse ajustando el borde derecho (ver Numeral 3.404.307(2)).

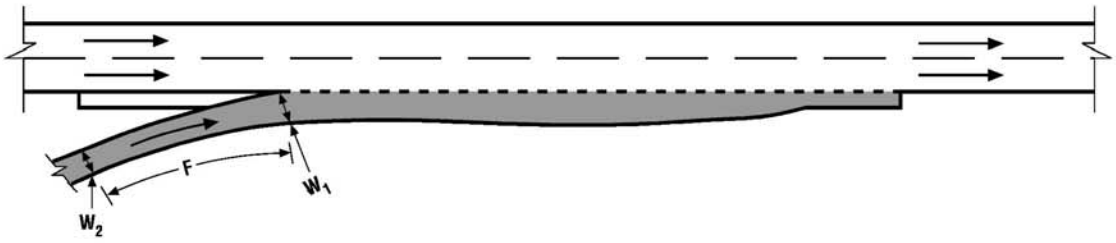
El estrechamiento de ancho del pavimento debe comenzarse gradualmente con anterioridad a la nariz convergente en una longitud (F) que permita a los conductores acomodar lateralmente su rumbo a medida que se acercan al punto más angosto. En la Tabla 3.404.405(3).A se indica las longitudes mínimas en que debe realizarse el estrechamiento del pavimento en terminales de entrada, en función de la velocidad de operación y de la reducción de ancho.

TABLA 3.404.405(3).A
LONGITUDES PARA REDUCCION DE ANCHO DE PAVIMENTO EN NARICES CONVERGENTES

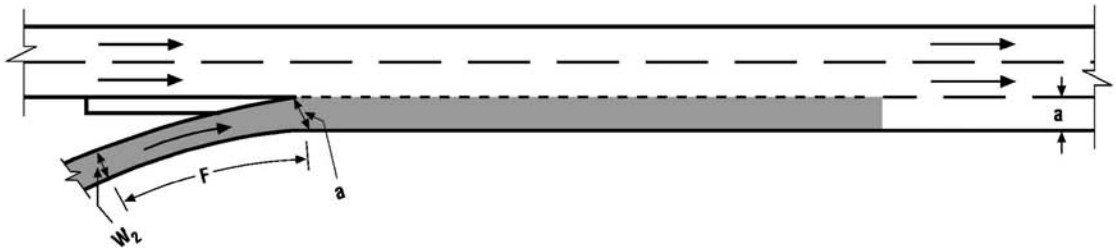
Condición	Reducción (m) del ancho de pavimento en:				
	1,20	1,80	2,40	3,00	3,60
	Requiere una longitud (m) de:				
Mínima	120	180	240	300	360
Deseable	180	270	360	450	540

Mínimos corresponden a velocidades de operación de 36 km/h
Deseables corresponde a velocidades de operación de 48 km/h

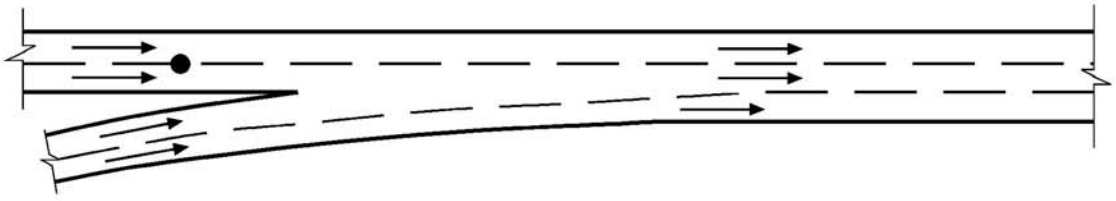
A. TERMINAL DE ENTRADA CON PISTA DE ACELERACION



B. AUMENTO DEL NUMERO DE PISTAS EN LA VIA PRINCIPAL



C. CARRETERAS PRIMARIAS



La introducción de una pista adicional en la carretera principal a partir del terminal de entrada (figura B en Lámina 3.404.405(3).A) se justifica en los siguientes casos:

- El volumen de tránsito que se incorpora a la vía principal a través del terminal de entrada está próximo a la capacidad de una pista.
- El volumen de tránsito entrante más el directo sobrecargan la capacidad de la vía principal.

En la figura C de la Lámina 3.404.405(3).A se muestra el diseño de dos carreteras de dos pistas cada una que convergen a una calzada de tres pistas. Debido a la alta velocidad que este diseño implica, las alineaciones deben formar un ángulo muy agudo, de razón aproximada 50:1, para obtener un estrechamiento gradual de cuatro pistas a tres pistas.

Cuando existe berma pavimentada al lado derecho de la vía principal, se emplean los mismos detalles de diseño analizados anteriormente, excepto que se considera el borde exterior de la berma en lugar del borde del pavimento.

3.404.5 DEFINICION EN ELEVACION.

3.404.501 Aspectos Generales. Ya sea que las carreteras que se intersectan 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 confluentes, para adecuarlas en su conjunto según algún criterio simplificador. A continuación se describe las dos maneras en que puede plantearse este asunto, sin perjuicio de su aparición combinada en una misma intersección.

3.404.502 Caso de una Plataforma Unica.

3.404.502(1) Aspectos Generales. 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 propiciatoria 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 que siguen, distinguiéndose dos planteamientos distintos.

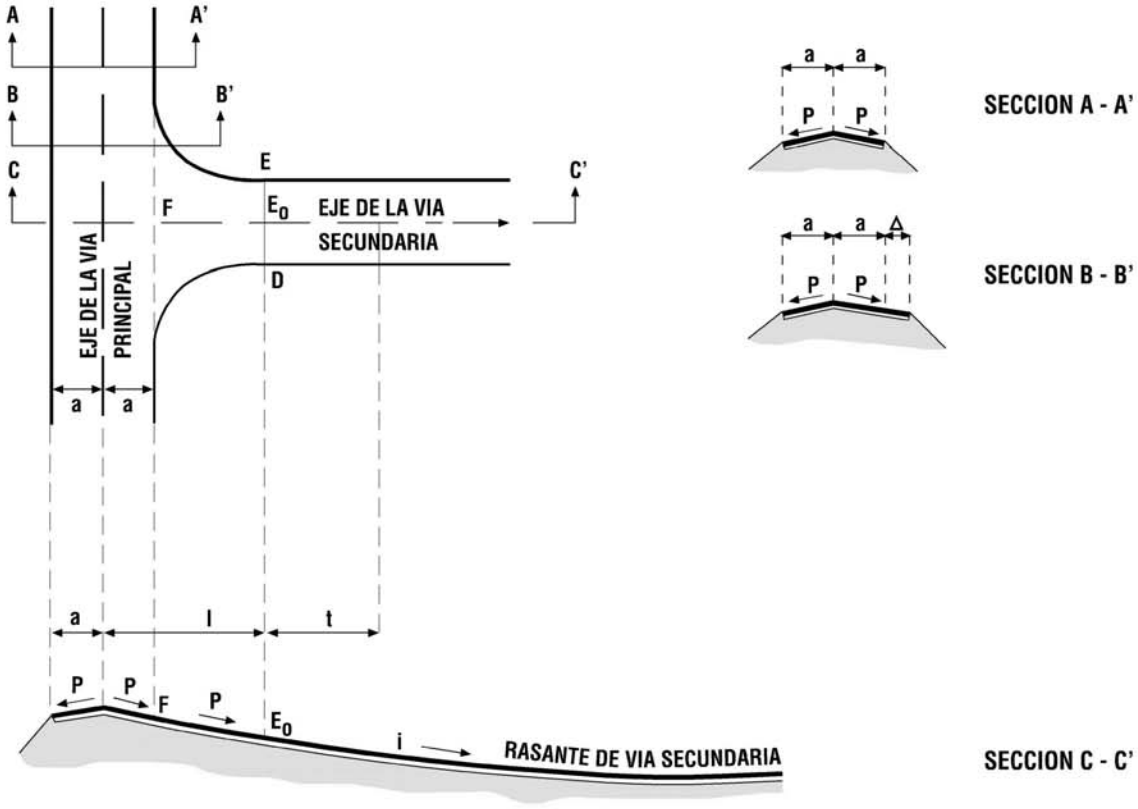
3.404.502(2) Prolongación de Superficies Existentes. Cuando ello es posible, es recomendable mantener inalterada la sección transversal de las vías principales, adaptando tanto la intersección como las vías secundarias a la necesidad de empalmar coherentemente con las primeras. Esto implica la prolongación de la superficie de sus pistas, con las inclinaciones que en ese punto tienen, hasta cubrir el área necesaria para la intersección.

Se observará que en estos casos no se puede hablar propiamente de peraltes, puesto que las inclinaciones transversales a la marcha de los vehículos son variables, con un valor máximo posible igual al de la línea de máxima pendiente.

Por conveniencias del drenaje, esta línea de máxima pendiente deberá tener una pendiente mínima de 1,5 % (véase Numeral 3.203.303(5).

Si la intersección tuviera ramales independientes que se deseara peraltar, esto es posible de hacer sin alterar la punta que aparece entre dichos ramales y la vía de paso (empalmes). Efectivamente, la superficie predefinida, en este caso, terminaría en los bordes izquierdos (en el sentido de la marcha de los vehículos) de los ramales en cuestión, pudiendo las calzadas de ellos, a partir de ahí, inclinarse lo necesario para conseguir su peralte.

ELEVACION EN INTERSECCIONES
EJEMPLO: CASO DE PLATAFORMA UNICA



E_0 = Punto a partir del cual el perfil longitudinal de la vía secundaria se independiza.

i = Inclinación longitudinal de la vía secundaria. Variable de preferencia a partir a E_0 con un valor inicial igual a p.

t = Zona de transición de peraltes de la vía secundaria; en DE el peralte debe coincidir con la pendiente de la plataforma.

F = Punto donde se cortan el eje de la vía secundaria y la prolongación de los bordes de la vía principal.

NOTAS: 1) 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 de la pista correspondiente, pero con una pendiente variable en el sentido del eje de la vía secundaria si existe algún acuerdo vertical en esa parte de dicho eje. (para estos efectos,se considera el eje como un eje de ramal y se aplican los valores de la tabla 3.504.3A)

2) La pendiente inicial del perfil longitudinal de la vía secundaria deberá ser de preferencia la de la pista prolongada. 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"

En tal circunstancia se debe tener presente que dichos peraltes deben ajustarse a las características transversales de las calzadas con las que dichos ramales empalman, respetando también las normas contenidas en la Tabla 3.404.603.A. Además, debe respetarse las normas relativas a la arista común de la calzada del ramal con la punta de los empalmes (Tabla 3.404.604.A).

Para una mejor comprensión de este tema, debe estudiarse atentamente el ejemplo de la Lámina 3.404.503(2).A, donde aparece una intersección tipo "T". Allí se abunda sobre los modos de prolongar las superficies de calzada y se da recomendaciones al respecto.

3.404.502(3) Recrecimientos. Cuando no se desea modificar las vías existentes, pero se requiere ampliar la zona de intersección para brindar un mejor servicio, se puede efectuar un recrecimiento de los pavimentos en aquellos puntos en los que se desea ampliar los radios de giro.

Tales ampliaciones serán permitidas, sin una adaptación mayor de la superficie afectada, sólo para conseguir una intersección mínima sin canalizar, en los casos en que tal mínimo no se cumpla. Si estuviese implicada la aparición de islas y canalizaciones deberá procederse según lo especificado en el Numeral anterior para plataformas únicas.

La elevación de estos recrecimientos se definirá como superficie reglada entre los bordes de las pistas que delimitan la zona a pavimentar. En el caso que dichos bordes no tuvieran pendiente uniforme, pudiendo por lo tanto existir más de una solución a tal superficie, el reglado deberá hacerse perpendicularmente a una línea próxima a la bisectriz del ángulo que forman los bordes.

Las superficies así generadas deben ser analizadas para asegurar un drenaje conveniente. En caso de producirse pendientes máximas inferiores a 1,5% ó en caso de escurrir las aguas hacia la calzada de manera contraproducente, se podrá deprimir dicha bisectriz. Los dos planos que así se generan en el recrecimiento deben encontrase en una arista redondeada y sus diferencias de pendientes no debería superar el 5%. Como método general se recomienda hacer un plano de la intersección con curvas de nivel cada 0,25 m ó menos, para detectar depresiones que puedan dar origen a pozas de agua, con el consiguiente riesgo de accidentes debidos al “planeo” de los vehículos a altas velocidades.

3.404.503 Caso de Eje Independiente.

3.404.503(1) Aspectos Generales. Cuando en la intersección están previstos ramales de gran desarrollo, o con velocidades de proyecto superiores a 40 km/h, es conveniente definir ejes longitudinales independientes para dichos ramales. Por una parte, porque las grandes superficies comprometidas pueden no ser susceptibles de ser prefijadas sin considerables movimientos de tierras, y por otra, porque dichas velocidades requieren un perfil longitudinal homogéneo y normalizado.

Además, esta definición es casi siempre posible cuando un ramal tiene un desarrollo importante y no es paralelo y próximo a alguna otra calzada existente, ya que su perfil longitudinal se independiza rápidamente de los condicionamientos que le impone su proximidad inicial a otros elementos del trazado.

De esto se infiere que el perfil longitudinal de un eje de un ramal largo de una intersección, así como los de ramales de enlace, pueden dividirse en partes que requieren un modo de definición distinto.

En efecto, en la zona de los empalmes de un eje con algún otro elemento geométricamente definible de la intersección (bordes de calzada preferentemente), el perfil longitudinal deberá definirse en función de algunos parámetros propios de dichos elementos del empalme.

Una vez fuera de la zona de empalme, o sea, cuando el eje en planta del ramal se encuentra lo suficientemente alejado de la pista a la que llega o de la que sale, el perfil longitudinal se puede definir según sus conveniencias aisladas, respetando los valores pertinentes del presente Manual de Carreteras.

A continuación se dará los valores y /as recomendaciones para la ejecución de ambas partes de un eje longitudinal.

3.404.503(2) Zonas de Empalmes. En el Numeral 3.404.405 se ha tratado el tema de la definición en planta de los terminales de entrada y salida. Allí se presenta normas para el diseño de las zonas involucradas en las maniobras correspondientes, para que las singularidades que ellas constituyen no signifiquen un peligro a los usuarios.

Estas disposiciones definen las zonas triangulares que se producen entre las vías y/o ramales que convergen o divergen, previéndose algunos desplazamientos mínimos de la nariz desde los bordes de las pistas principales y del pavimento de las referidas superficies triangulares o "puntas", que son previas a dichas narices.

Así el perfil longitudinal de un ramal queda condicionado, en la zona de empalme, por las características transversales de la punta y de la calzada de la cual se desprende o a la cual llega, y por las dimensiones de las bermas correspondientes, si existen.

No es conveniente, por lo tanto, definir dicho perfil en forma independiente de los elementos citados. Si así se hiciera, la zona de la punta podría resultar con desniveles transversales inadmisibles.

Las pendientes transversales de la punta no deben ser superiores al 8%, y la diferencia algebraica de las inclinaciones en las aristas que ella puede generar en sus empalmes con las vías y con los ramales deberán estar limitadas por los valores de la Tabla 3.404.604.A. No se permitirá escalones, ni soleras ni muros de retención que puedan significar un peligro para los vehículos que puedan haber equivocado su maniobra.

En suma, el perfil longitudinal de un ramal en la zona de empalme, o sea, desde que las pistas se empiezan a separar hasta que distan entre sí los anchos dispuestos en el Numeral 3.404.405 para empalmes, deberá deducirse del de la vía predefinida, considerando las pendientes transversales de las pistas involucradas y de la punta adyacente.

En la Lámina 3.404.503(2).A se ejemplifica una situación de este tipo, para un caso en que existen bermas tanto en la vía principal como en el lado izquierdo del ramal, y con una vía de deceleración directa. El eje de replanteo del ramal será, en esta oportunidad, el borde izquierdo de su calzada (en el sentido de la marcha de los vehículos) y empalmará con el borde correspondiente de la calzada de la vía principal.

Las normas que limitan las pendientes máximas y sus acuerdos mínimos usados en estos ramales, son las que aparecen en la Tabla 3.504.3.A para ramales de enlace, o bien los valores habituales para carreteras.

3.404.6 DEFINICION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES.

3.404.601 Aspectos Generales. Una vez definida la planta de la intersección y su elevación, corresponde tratar aquellos aspectos del diseño que tienen relación con las inclinaciones transversales de los elementos dispuestos, respetando las condiciones surgidas de la aplicación de criterios para resolver la elevación de las plataformas, o de los empalmes en caso de ramales.

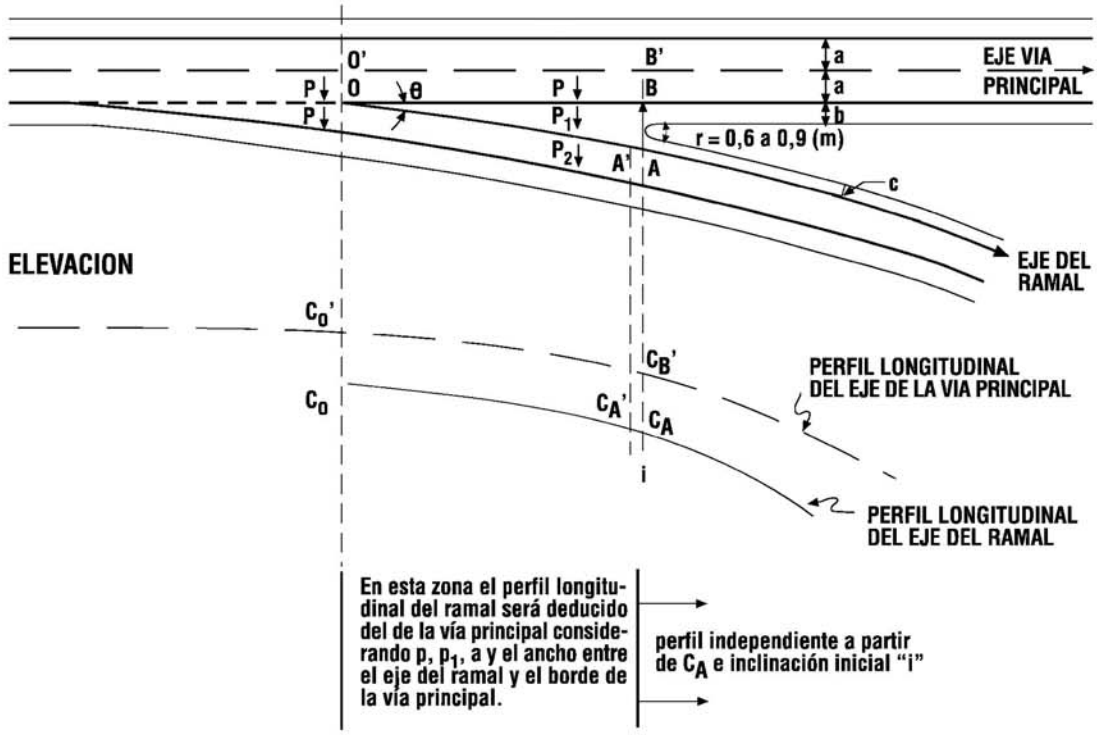
3.404.602 Relación entre Radios y Peraltes en Función de la Velocidad de Proyecto. Los peraltes en las intersecciones están condicionados, como ya se ha descrito en el Tópico 3.404.5, por las características de su trazado en planta (tamaño de la intersección, desarrollo de los ejes, etc.). Existen casos en los que sencillamente no se puede siquiera hablar de peraltes en ella (intersecciones mínimas), porque las inclinaciones de toda la superficie en la que la intersección se inscribe quedan determinadas a priori por criterios que atienden a la realidad dimensional del dispositivo.

Cuando el trazado en planta lo permite, esto es, cuando un ramal de giro es tal que la inclinación de su superficie no afecta negativamente a otras superficies de rodadura, y además se tiene desarrollos compatibles con las exigencias para transición de peraltes, se debe proveer a dicho ramal de una inclinación transversal que se relacione adecuadamente con su radio de curvatura y con la Velocidad de Proyecto asociada. Esto se consigue aplicando la expresión $R = V^2 / 127 (p + t)$ como se instruye en el Numeral 3.404.304.

Los valores de "p" y "t" aplicados son distintos según sea el caso analizado. En la Tabla 3.404.304.A se tabula los valores que resultan para condiciones de peraltes mínimos y máximos.

Cuando la geometría de la intersección lo permite, los peraltes asignados a las distintas velocidades de proyecto, con sus radios de curvatura asociados, serán los que resultan de considerar que el peralte absorberá 1/4 de la fuerza centrífuga y el factor de rozamiento los 3/4 restantes. Con ello, los peraltes que se puede disponer quedan determinados ($t = 3p = 0{,}197\ V^2/R$), con un valor máximo de 8% para zonas sin formaciones de hielo. Cuando se prevea heladas dicho máximo se limitará al 6%.

PLANTA



a = ancho pista 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 de la pista de la V.P. contigua al ramal

p_1 = inclinación transversal de la punta (de preferencia igual a p)

p_2 = peralte del ramal (es variable en la zona de transición)

$\overline{AB}$ = 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: $c + b + 0{,}6 < \overline{AB} < c + b + 0.9$ (véase figura B lámina 3.404.405 (2) A; se supone perpendicularidad aproximada)

A' = punto próximo a A dentro de la cuña y sobre el eje del ramal ($AA' \cong 1m$)

C_0' = Cota en O'

C_0 = Cota de origen del ramal ($C_0 = C_0' \pm a \bullet p$)

CB' = Cota del eje de la vía principal en la nariz (en B')

CB = Cota del borde de la pista en la nariz ($CB = CB' \pm a \bullet p$)

CA = Cota de partida del perfil longitudinal del ramal en su zona independiente ($CB \pm \overline{AB} \bullet p_1$)

CA' = Cota del puente A' (Se deduce igual que CA)

i = Pendiente inicial del P.L. del ramal en su zona independiente $(CA - CA') / \overline{AA'}$

En la Lámina 3.404.602.A se grafica los valores de la Velocidad de Proyecto, del radio de curvatura, del peralte y del factor de rozamiento que cumplen las condiciones $R = V^2/127\ (p + t)$ y $t = 3p$.

3.404.603 Transición de Peralte. El desarrollo del peralte debe iniciarse cuando el ramal de giro haya adquirido un ancho mínimo de 0,5 m. Preferiblemente 1,0 m en los casos en que existe longitud suficiente para lograr el desarrollo total. Con anchos menores el proceso constructivo es engorroso y casi no existe ventaja para la operación, pues los conductores no utilizan este primer tramo del ramal.

Las mismas razones de comodidad y efecto estético que valen para carreteras rigen en el caso de ramales en intersecciones en cuanto al desarrollo del peralte se refiere. No obstante lo anterior, se puede aceptar pendientes longitudinales del borde peraltado, referida al eje (Δ), normalmente mayores que en el caso de carreteras (Tabla 3.203.305(3).A).

La Tabla 3.404.603.A recomienda las pendientes longitudinales aceptables del borde del ramal respecto a su eje de replanteo, en función de la Velocidad de Proyecto.

La Lámina 3.404.604.A ilustra cuatro ejemplos de cómo desarrollar el peralte en un ramal de giro según sea el trazado del camino de paso. En cada una de ellas puede observarse que entre los puntos **a** y **b** se mantiene en el ramal de giro el bombeo propio de la pista de paso y de allí en adelante se desarrolla el peralte deseado. Los cortos espacios disponibles para el desarrollo del peralte, así como la limitación impuesta por la condición que debe cumplir la arista común, obliga a desarrollar parte del peralte en plena curva, aún en los casos que existe pista de cambio de velocidad. Debe sin embargo alcanzarse prácticamente el valor total del peralte elegido alrededor del punto **e** de las figuras en estudio.

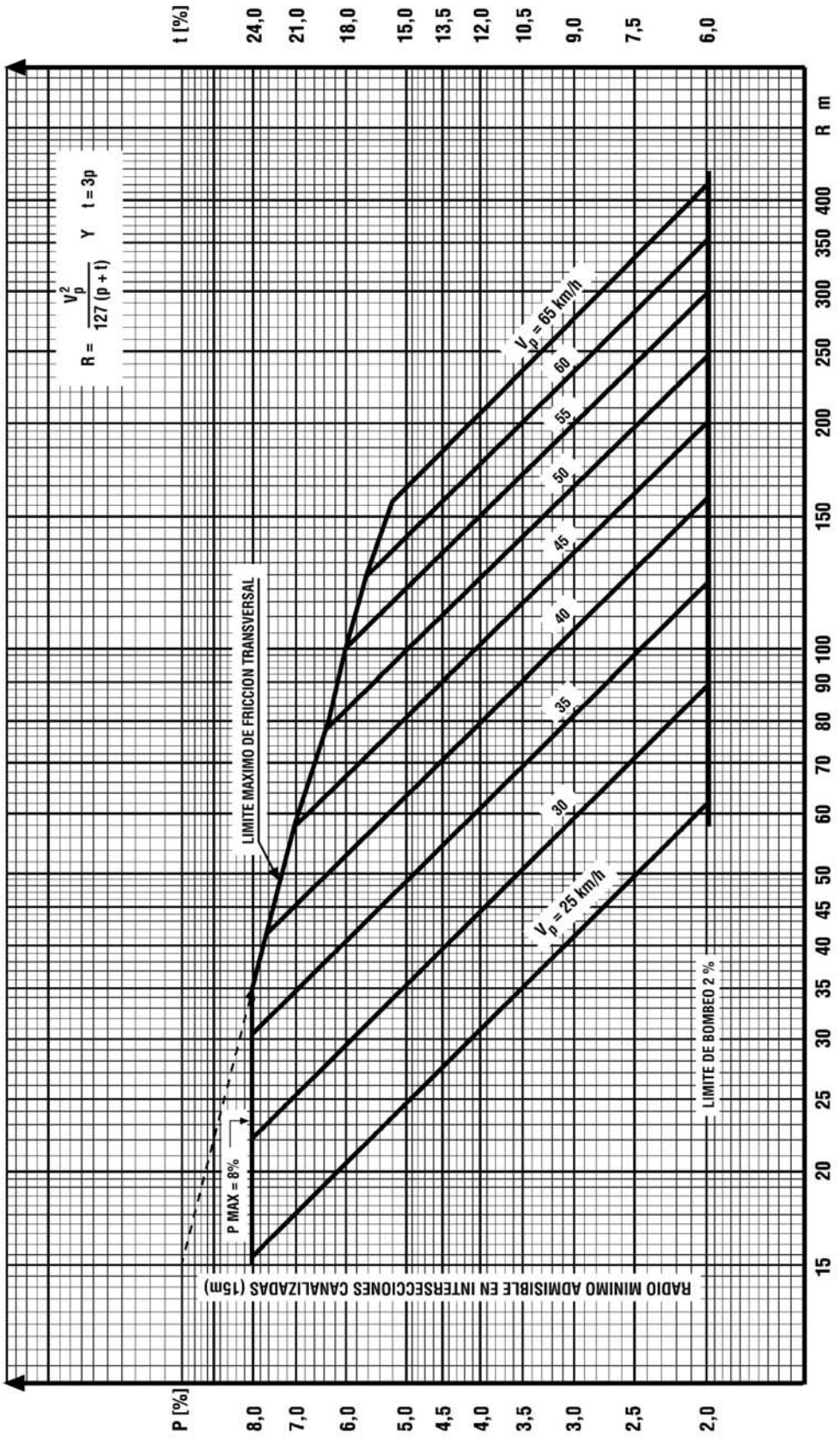
TABLA 3.404.603.A
VALORES ADMISIBLES PENDIENTE RELATIVA DE BORDE (Δ %)

Velocidad de Proyecto (km/h)	25 – 30	40	50	60
Pendiente longitudinal máxima normal del borde referida al eje (Δ %)	1,0	0,8	0,7	0,6
Pendiente longitudinal máxima absoluta del borde referida al eje (Δ %)	1,5	1,5	1,5	1,3

3.404.604 Condiciones de la Arista Común a la Carretera de Paso y al Ramal de Giro. La segunda limitación importante que debe tenerse presente al elegir un peralte dado para el ramal de giro se refiere al ángulo que forman los planos de la pista del camino de paso y de la pista del ramal. Cuando esta discontinuidad es importante, los vehículos que cruzan la arista en un ángulo muy agudo acusan un efecto desagradable. En el caso de los camiones con carga alta puede eventualmente producirse el vuelco.

La situación descrita se supera manteniendo la diferencia algebraica de las pendientes de cada pista, dentro de los límites indicados por la Tabla 3.404.604.A.

RADIOS Y PERALTES DESEABLES EN INTERSECCIONES CUANDO NO EXISTEN CONDICIONAMIENTOS LIMITANTES



DESARROLLO RECOMENDABLE DEL PERALTE EN EMPALMES DE RAMAL Y CARRETERA

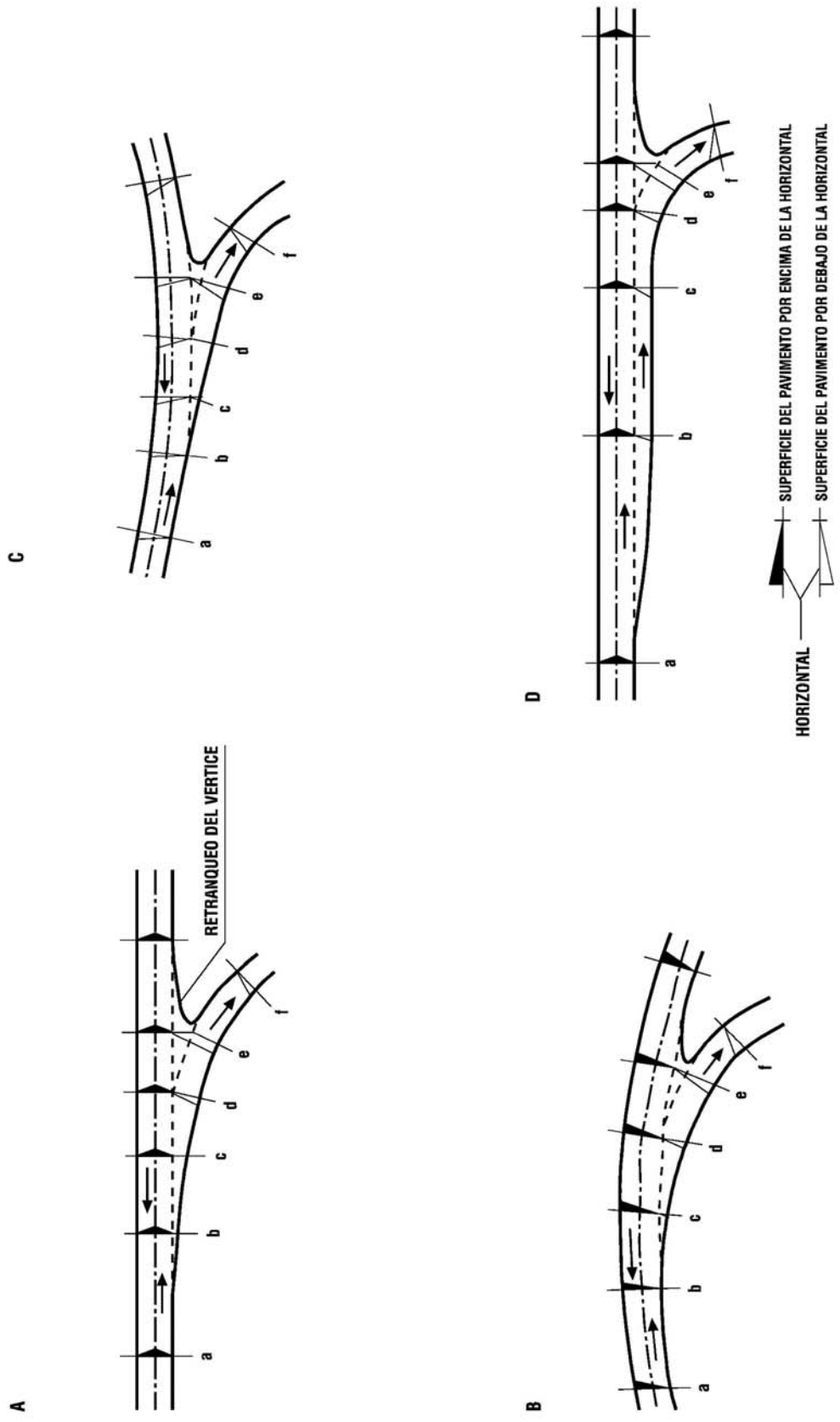


TABLA 3.404.604.A
MAXIMA DIFERENCIA ALGEBRAICA ACEPTABLE ENTRE LA PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA PISTA DEL CAMINO DE PASO Y EL PERALTE DEL RAMAL DE GIRO EN SU ARISTA COMUN

VP Ramal km/h	Diferencia Algebraica (p camino - p ramal) %
25 - 30	5 - 8
40 - 50	5 - 6
60 ó más	4 - 5

3.404.7 INTERSECCIONES ROTATORIAS O ROTONDAS.

3.404.701 Aspectos Generales. La intersección rotatoria a nivel, llamada rotonda y también glorieta, se distingue porque los flujos vehiculares que acceden a ella por sus ramas maniobran al interior de un anillo vial que las conecta. Las trayectorias de los vehículos en el anillo son similares a los entrecruzamientos, razón por la cual el número de puntos de conflicto es menor que en otros tipos de intersecciones.

La operación de una rotonda se basa en la prioridad de paso de los vehículos que circulan por el anillo. Los vehículos que ingresan al anillo lo hacen cuando juzgan que los espacios entre vehículos son suficientes para ello. Esto que hace que dicho anillo no opere como una sucesión de zonas de trenzado, de la manera en que se entiende tales zonas, lo que explica que el cálculo de la capacidad de las mismas no pueda ser abordado como se hace con éstas, sino como se indica en el Numeral 3.404.706.

Las rotondas son especialmente ventajosas si los volúmenes de tránsito de las ramas de acceso son del mismo orden de magnitud, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso. Esto es particularmente así en las rotondas de tres ramas. En la Lámina 3.404.701.A se muestra, para este último caso, combinaciones de demandas en la carretera primaria y en la carretera secundaria (la que empalma con el itinerario principal), expresada como intensidad media diaria IMD (Mveh/día). Estas combinaciones aparecen relacionadas con el tipo de diseño más conveniente. El predominio de alguno de los flujos de paso anula tales ventajas, por las demoras que a éste impone la glorieta. En tal caso debe analizarse otra solución.

Hay tres tipos principales de rotondas: normal, mini y doble. Las demás son variantes de este tipo básico: intersección anular, desnivelada o semaforizada.

La rotonda normal tiene una isla central delimitada por soleras y de diámetro superior a 4 m (ver figura A de Lámina 3.404.701.B). Sus entradas son generalmente abocinadas para permitir la entrada de vehículos por múltiples pistas. El número de ramas recomendado es tres o cuatro. Si el número de ramas es mayor que cuatro, pueden ser mejores las rotondas dobles (figuras D y E de la misma Lámina).

La mini rotonda tiene una isla central de diámetro entre 1 y 4 m, a nivel o abombada, y sus ramas pueden presentar o no abocinamiento en sus entradas al anillo. Sólo deben usarse cuando todas las vías confluentes tienen velocidad limitada a 50 km/h. Si la actividad ciclística es intensa, no son recomendables (ver figuras B y C de Lámina 3.404.701.B).

Las rotondas dobles son dispositivos compuestos por dos rotondas normales o dos mini rotondas, contiguas o conectadas por un tramo de unión o por una isla alargada delimitada por soleras. Son útiles para acondicionar intersecciones existentes separando giros a la izquierda opuestos “a la indonesia”; para resolver intersecciones asimétricas o de planta muy esviada, en las que intersecciones convencionales generan desvíos importantes para los accesos y las rotondas normales una excesiva ocupación (ver figuras D y E de Lámina 3.404.701.B). También son útiles, con desnivelaciones, para unir carreteras separadas por obstáculos lineales, como ríos, ferrocarriles o autopistas.

Las rotondas a distinto nivel son las que al menos una de sus ramas se conecta con una carretera que pasa a distinto nivel. Las más habituales son las de dos puentes y las de tipo “pesa” o “mancuerna” (ver figuras A y B de Lámina 3.404.701.C).

Las intersecciones anulares son rotondas en la que la circulación normal, en sentido único en torno a la isla central, ha sido reemplazada por una circulación en doble sentido, con mini rotondas de tres ramas en cada acceso. Se requiere que los conductores que están en ésta cedan el paso a los que entran, contrariamente a lo habitual. La conversión de rotondas muy grandes en intersecciones anulares resuelve eficazmente problemas de congestión sin reducir la seguridad (ver figura C de Lámina 3.404.701.C).

Las rotondas semaforizadas alivian disfunciones de rotondas con exceso de flujos o reparto desequilibrado de la demanda por rama. Los semáforos pueden colocarse en alguna de sus entradas o en todas ellas, y pueden funcionar continuamente o en los períodos donde ellos mejor sirvan a la regulación del dispositivo (ver figura D de Lámina 3.404.701.C).

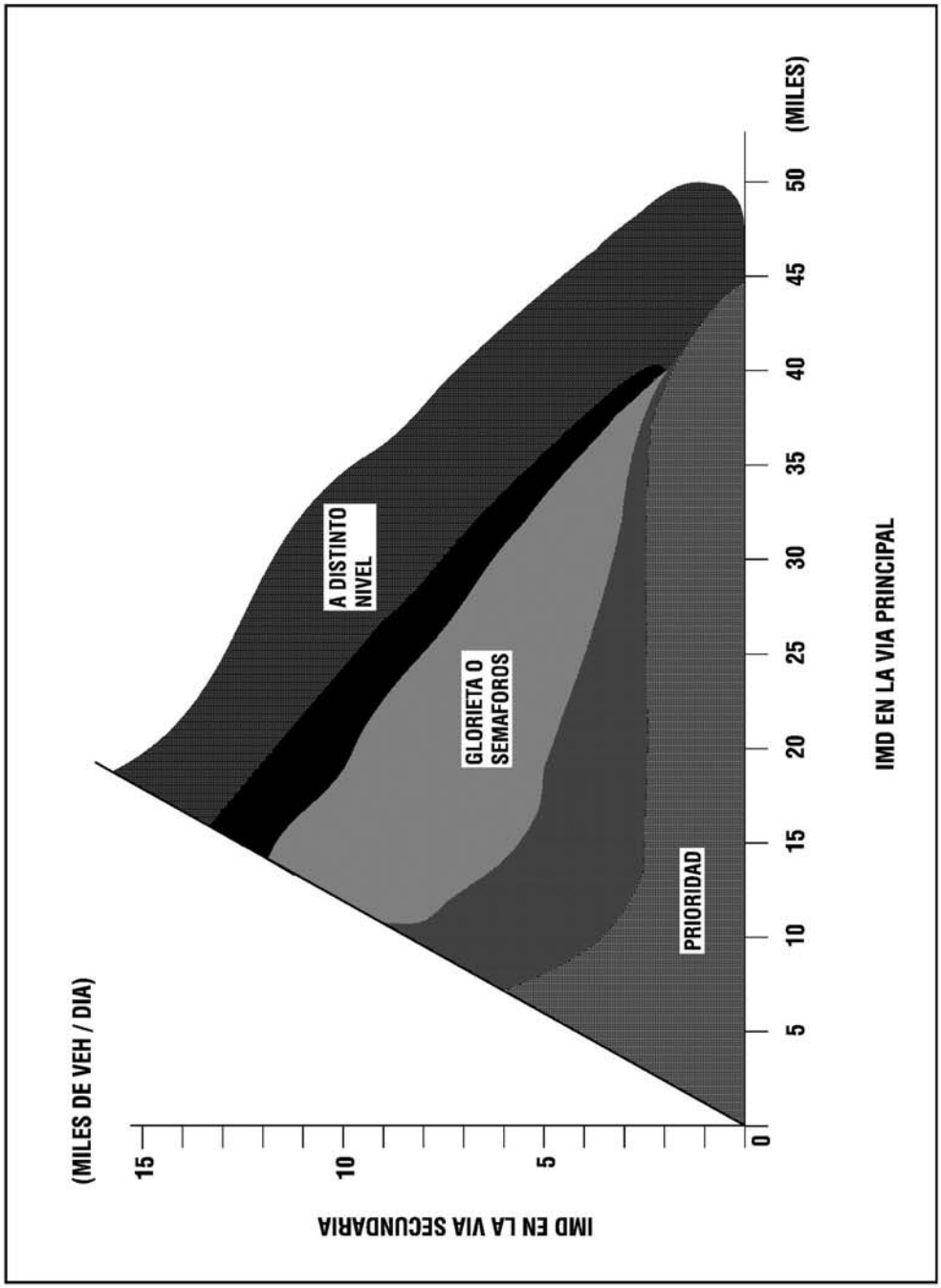
3.404.702 Ventajas y Desventajas. Las principales ventajas de las rotondas se encuentran entre las siguientes:

- 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.
- Su sencillez y simplicidad de funcionamiento facilitan su comprensión por parte de los usuarios.
- 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.
- Son la única solución para intersecciones con cinco o más ramas.
- Tienen un menor costo que las intersecciones con paso a desnivel que realicen funciones equivalentes, y generan menores costos de mantenimiento que intersecciones semaforizadas.
- En carreteras de calzada bidireccional, cuando las posibilidades de adelantamiento son limitadas, una acertada implantación de rotondas puede mejorar la proporción de alineaciones rectas propicias para adelantamientos sin que aumente excesivamente la velocidad.
- Es un elemento útil para señalar cambios de funcionalidad o categoría de la carretera, como cambios importantes de sección y capacidad, o el paso de una carretera con enlaces a otra con intersecciones, o el paso de una zona urbana a otra suburbana.
- Permite efectuar cambios de alineación bruscos que no podrían lograrse con radios mínimos.
- Permiten, en algunos casos, agregar nuevas ramas, y con ello resolver situaciones que de otro modo requerirían soluciones de mayor complejidad.
- La forma y dimensiones del terreno ocupado favorece la evolución de la rotonda a enlace.
- El impacto ambiental de una rotonda, especialmente intrusión visual y ruido, suele ser menor que el de otros dispositivos, especialmente los enlaces. La isla central es susceptible a proyectos de paisajismo de impacto favorable significativo.

Por otra parte, sus principales desventajas son:

- No siempre 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 o la actividad de transporte colectivo son significativos.
- Aumentan las distancias recorridas por los vehículos, aunque pueden disminuir sus tiempos de recorrido.
- Hacen perder la prioridad a todas las ramas y por lo tanto la jerarquía vial a carreteras principales, e impone demoras a todos los usuarios.
- No se puede ampliar con facilidad y por lo tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas.

TIPO DE INTERSECCION APROPIADO SEGUN INTENSIDAD MEDIA DIARIA EN UN NUDO DE TRES RAMAS



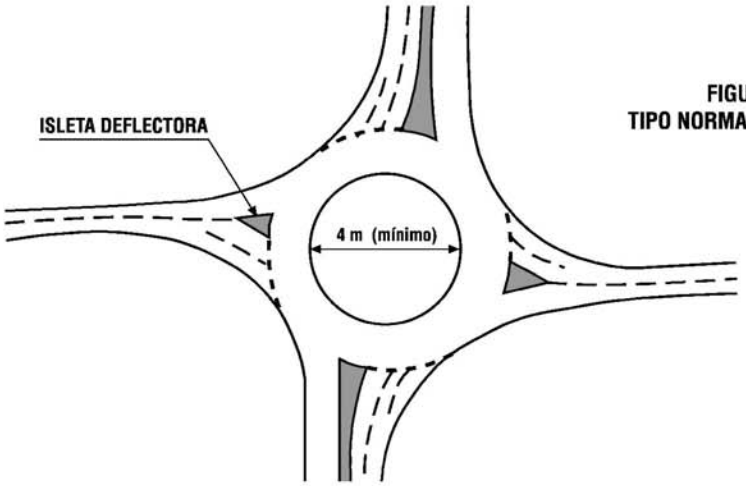
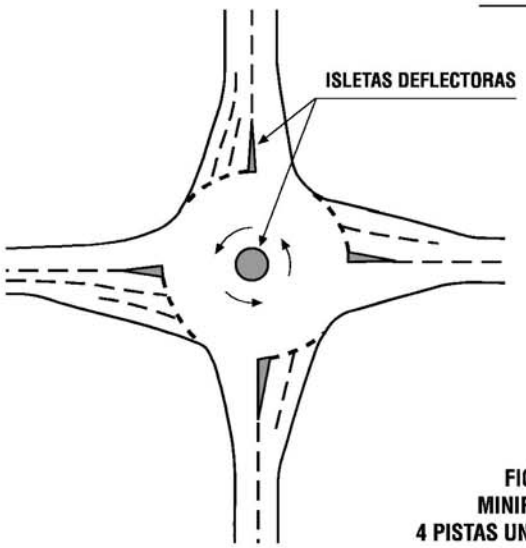


FIGURA A
TIPO NORMAL DE 4 RAMAS

FIGURA B
MINIRROTONDA
2 PISTAS BIDIRECCIONALES



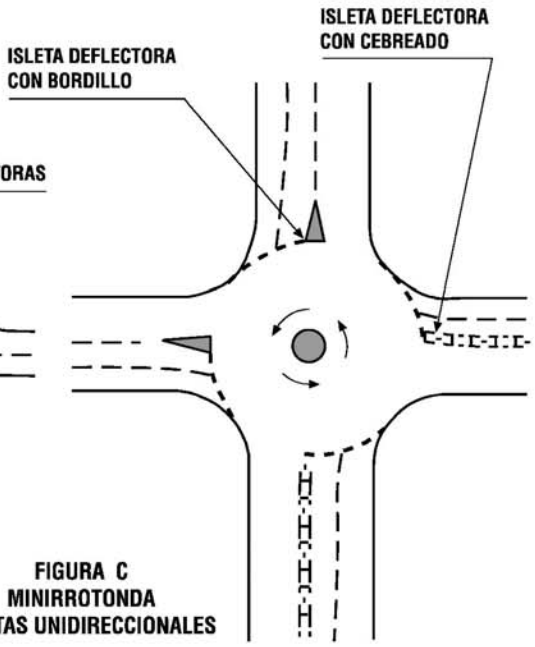
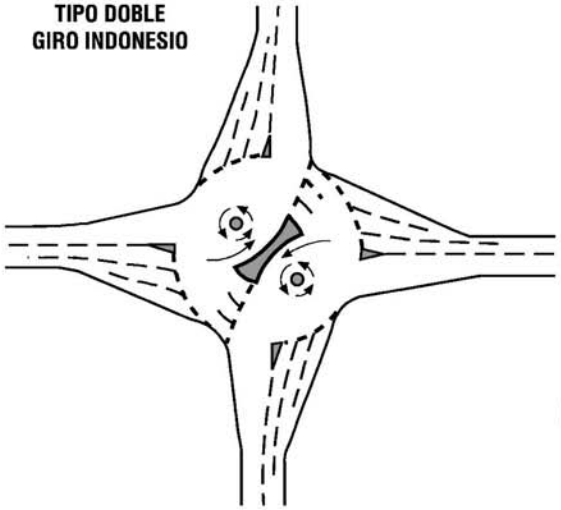


FIGURA C
MINIRROTONDA
4 PISTAS UNIDIRECCIONALES

FIGURA D
TIPO DOBLE
GIRO INDONESIO



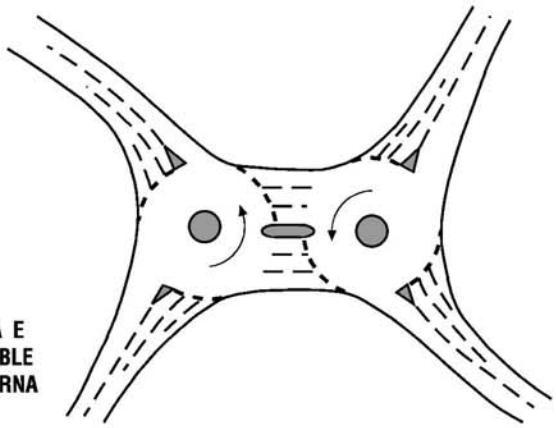


FIGURA E
TIPO DOBLE
MANCUERNA

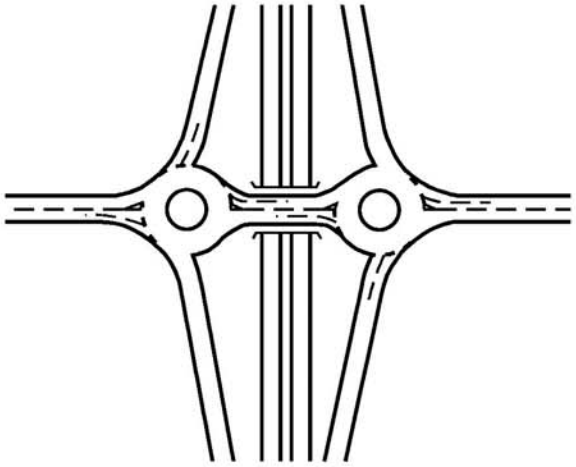


FIGURA A
DESNIVELADA
PESA O MANCUERNA

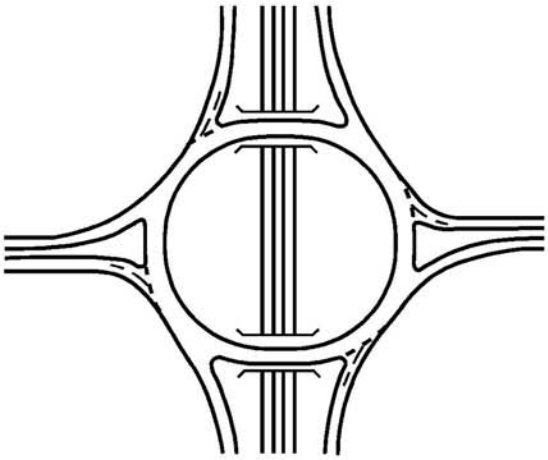


FIGURA B
DESNIVELADA
DOBLE PUENTE

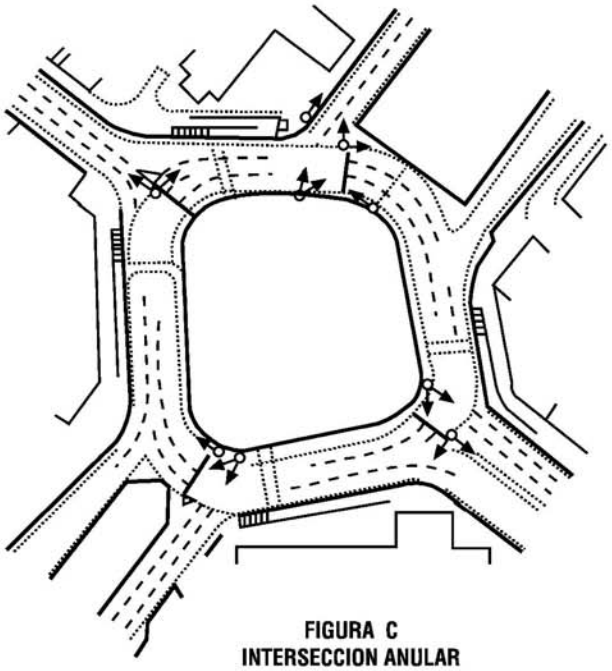


FIGURA C
INTERSECCION ANULAR

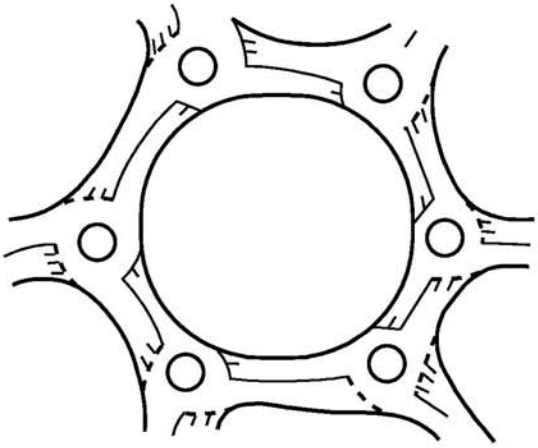


FIGURA D
SEMAFORIZADA

3.404.703 Elementos de Diseño de Rotondas.

3.404.703(1) Trazado en Planta. La Lámina 3.404.703.A muestra un trazado en planta de una rotonda normal. Se destaca allí los factores más relevantes en el diseño de estos dispositivos:

- Trayectoria de los vehículos a través de la rotonda y curvatura de la trayectoria de entrada. Radio mínimo del borde externo a la entrada, entre 6 y 100 m, con un mínimo de 20 m si se prevé vehículos largos.
- El ángulo de entrada a la rotonda, que debe estar en el rango de 20^g a 60^g.
- Radio mínimo de salida, del orden de 40 m pero no inferior a 20 m.
- Abocinamiento de las ramas de entrada para proporcionar pistas adicionales.
- Anchos de las pistas de las ramas de entrada y del anillo.

3.404.703(2)Trazado de los Accesos. La trayectoria de los vehículos a la entrada es uno de los factores más importantes para la seguridad de la circulación, que depende de la inflexión dada a la misma. Un giro inicial de unos 15^g basta para advertir la presencia de la entrada, mientras que una limitación del radio de curvatura de la trayectoria a la entrada a un máximo de 100 m asegura una velocidad razonable de ingreso.

Contribuye decisivamente al mismo fin el diseño de islas deflectoras en cada acceso, así como también es útil desalinear los accesos hacia la izquierda del centro de la isla central, dejando a dichas islas deflectoras enfrentando el hemisferio izquierdo de la isla central.

Se recomienda añadir al menos un carril adicional en las ramas de entrada, pero no más de dos en accesos de dos carriles y doble sentido de circulación, ni más de cuatro en accesos de más de una pista por sentido. La longitud mínima de estas pistas adicionales debe ser de 25 m en zonas rurales (5 m en ciudad). Las pistas adicionales deben distinguirse, con una anchura mínima de 2,0 m a partir de la mitad de la longitud total del abocinamiento, la cual no deberá superar los 100 m.

La anchura mínima de las pistas a la entrada debe ser de 2,5 m, pero es preferible anchos mayores. Tres pistas de 3,33 m son mejores que 4 de 2,5 m.

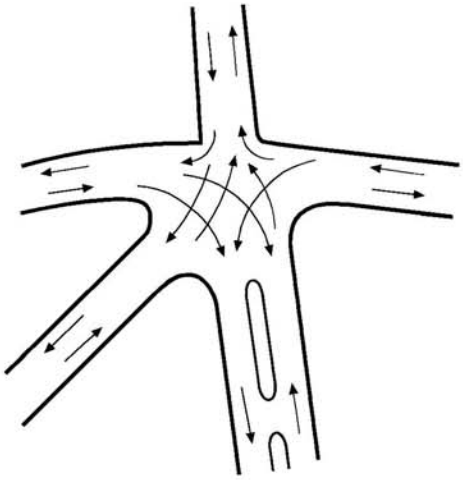
Las salidas deben tener al menos el mismo número de pistas que las ramas de las carreteras a las que desembocan. Donde sea posible debe proveerse de un carril adicional, que desaparezca por la derecha con un bisel de 1:15 a 1:20. Si la salida tiene pendiente de subida, este bisel debe prolongarse para evitar el efecto de los vehículos lentos en la operación de la rama.

En salidas de una sola pista el ancho mínimo de éstas es de 6,0 m junto a las islas deflectoras, de modo que sea posible adelantar a un vehículo momentáneamente detenido.

Para que la salida resulte fácil, se recomienda que el radio mínimo de su solera interior sea igual o superior a 40 m (20 m mínimo absoluto, preferible cuando hay peatones).

Las bermas pavimentadas deben terminar antes del abocinamiento, para lo cual las soleras propias de las rotondas pueden aparecer antes de las entradas, por fuera de la berma, y reducirse éstas a cero con una transición corta y suave.

3.404.703(3) Calzada Circular o Anillo de la Rotonda. Los anillos de las rotondas deben ser de preferencia circulares. El diámetro del borde interior depende del diámetro del borde exterior y del ancho del anillo. Este último debe ser constante y estar comprendido entre el 100% y el 120% del ancho de la entrada más amplia; salvo que el diámetro del borde exterior sea inferior a 36 m, en cuyo caso rigen las dimensiones de la Tabla 3.404.703(3).A.



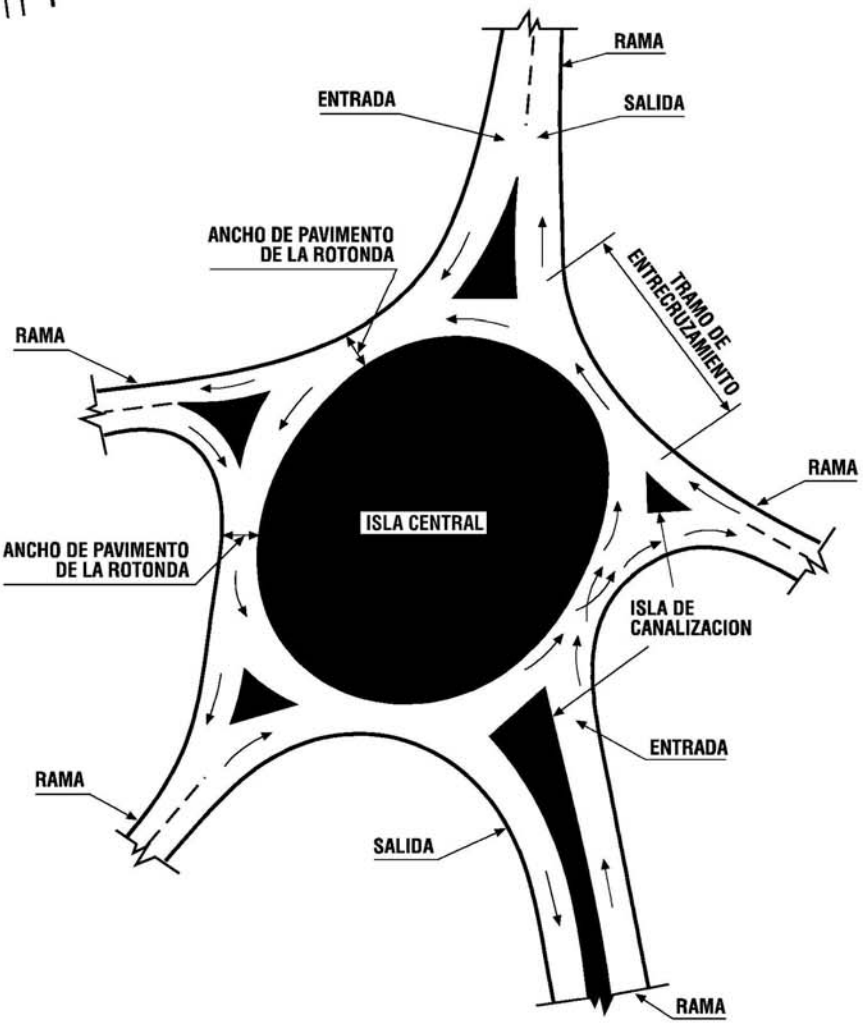

RAMA
ENTRADA
SALIDA
ANCHO DE PAVIMENTO DE LA ROTONDA
TRAMO DE ENTRECRUZAMIENTO
RAMA
RAMA
ISLA CENTRAL
ANCHO DE PAVIMENTO DE LA ROTONDA
ISLA DE CANALIZACION
ENTRADA
RAMA
SALIDA
RAMA

TABLA 3.404.703(3).A
ANCHOS REQUERIDOS PARA EL GIRO DE VEHICULOS VA1
EN GLORIETAS NORMALES PEQUEÑAS

Diámetro de la Isla Central (m)	Borde Exterior (m)
4,0	28,0
6,0	28,8
8,0	29,8
10,0	30,8
12,0	32,0
14,0	33,2
16,0	34,6
18,0	36,0

3.404.703(4) Carriles Segregados para Giros a la Derecha. Si más del 50% de los flujos que ingresan a una rotonda por una de sus ramas sale por la siguiente, o si ello ocurre con más de 300 vehículos por hora en los períodos punta, se debe plantear el diseño de una pista segregada que permita a dichos vehículos obviar el trámite de ingreso a la rotonda. Esto no debe hacerse si la rama de entrada tiene menos de tres pistas, ni donde existan accesos a la propiedad a lo largo de tales pistas segregadas.

El ancho de estas pistas debe mantenerse entre 3,0 m y 3,5 m.

La convergencia entre los vehículos procedentes de un carril segregado para giro a la derecha y los demás que abandonan la glorieta por la rama de salida normal equivalente debe hacerse dentro de los 50 m siguientes a dicha salida, cuando las velocidades aún son bajas, en una longitud mínima de 10 m.

La segregación puede materializarse mediante demarcación, con bloque discontinuos de ancho mínimo de 1,0 m, o físicamente mediante soleras montables o islas.

3.404.703(5) Pendiente Longitudinal. Las rotondas deben situarse en planos con pendientes no superiores al 3%. Mejor aún en acuerdos convexos. Las pendientes longitudinales deben combinarse con las transversales para asegurar el drenaje superficial de la calzada. Los bordes de la rotonda deben tener, como mínimo, una pendiente longitudinal de 0,65% (mínimo absoluto: 0,5%).

3.404.703(6) Pendiente Transversal. La pendiente transversal en la calzada anular de una rotonda debe ser mínimo 2%, para asegurar el drenaje superficial. En las entradas puede intentarse peraltes favorables a las maniobras respectivas, pero en el anillo sólo se dispone de una limatesa redondeada uniendo los extremos de las islas deflectoras, o también una que divida el anillo en la proporción 2:1 (con la parte más ancha adyacente a la isla central), o dos limatesas que lo dividan en tres anillos concéntricos de igual ancho.

En el caso de los anillos de rotondas no es aplicable la prohibición de usar contraperaltes para Velocidades de Proyecto inferiores a 60 km/h, especificada en el Numeral 3.203.303(3). En efecto, considerando que la inclinación transversal del anillo se define por lo general de modo que la evacuación de las aguas lluvias se haga hacia su exterior, se aceptarán los radios límites con un contraperalte de 2% que se citan en la Tabla 3.404.703(6).A, para los que no se supera los valores aceptados para el coeficiente de fricción transversal.

TABLA 3.404.703(6).A
RADIOS LIMITES EN CONTRAPERALTE PARA ANILLOS DE ROTONDAS

Vp (km/h)	25	30	35	40	45	50	55
RLC (m)	30	50	75	110	160	220	290

3.404.704 Aspecto Estético del Trazado. Un buen aspecto estético de la 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 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 soleras en la isla, que a veces suponen un costo excesivo.

3.404.705 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 las maniobras de convergencia y divergencia funcionan mejor sin las pistas marcadas. Estas son muy útiles en los accesos, complementadas con flechas indicadoras, pero deben terminar al final de la isla correspondiente.

Por último es muy importante que las rotondas estén provistas de iluminación, aunque a veces es muy difícil de proveer por encontrarse distantes de una fuente de energía.

3.404.706 Capacidad en Rotondas. La capacidad de una rotonda se define para cada rama de entrada. La capacidad de entrada en una rama es el máximo flujo que puede ingresar al anillo de la rotonda desde esa entrada cuando en ella existe una demanda suficiente para causar una cola continua en la rama.

La ecuación recomendada en el apéndice 1 del “Design Manual for Road and Bridges: Volume 6. Road Geometry, Section 2” (Department of Transport of the United Kingdom, England, 1992) para predecir la capacidad de una entrada de rotonda, y que es utilizada en el programa “ARCADY” es la siguiente:

$$Q_E = k\,(F - f_C\,Q_C)$$

Donde:

Q_E ≡ Flujo de entrada en veq (vehículos equivalentes: 1 vehículo pesado = 2 vehículos livanos)

Q_C ≡ Flujo en el anillo que cruza la entrada (veq)

$k = 1 - 0{,}00347\,(\phi - 30) - 0{,}978\,(1/r - 0{,}05)$

$F = 303\,x_2$ (en rotondas con desnivelaciones se usa $F = 336\,x_2$)

$f_C = 0{,}21\,t_D\,(1 + 0{,}2\,x_2)$ en rotondas con desnivelaciones se usa $f_C = 0{,}294\,t_D\,(1 + 0{,}2\,x_2)$

$t_D = 1 + 0{,}5 / (1 + M)$

$M = \exp\{(D - 60) / 10\}$

$x_2 = v + (e - v) / (1 + 2S)$

$S = 1{,}6\,(e - v) / L'$

e, v, L’, S, D, ϕ, r son parámetros geométricos cuyos rangos de validez y definiciones son:

3,6 m ≤ e ≤ 16,5 m ≡ ancho de entrada. Se mide desde el punto A en sentido perpendicular a la solera vecina (figura I en Lámina 3.404.706.A).

1,9 m ≤ v ≤ 12,5 m ≡ semiancho de la rama del caso. Se mide antes del inicio del ensanche, desde la línea central de la calzada (o desde el borde interior de la calzada correspondiente si se tiene doble calzada) hasta la solera exterior, en sentido perpendicular (figura I de la Lámina 3.404.706 A).

1,0 m $\leq$ L' $\leq \infty$ m $\equiv$ largo promedio de ensanche efectivo. Se determina como se muestra en la figura II de la Lámina 3.404.706.A: La línea GFD es una paralela a la línea central HA (o borde de calzada) a la distancia v de ésta; BA es la línea a lo largo de la cual e es medido, perpendicular a GBJ y por lo tanto a la distancia (e – v) de B. La línea CF es paralela a BG (la solera vecina) y a una distancia (e – v) / 2 de ella. Normalmente la línea CF es curva y su longitud (L') se mide a lo largo de esa curva.

0,0 $\leq$ S $\leq$ 2,9 $\equiv$ agudeza del ensanche. Es medida de la tasa a la cual el ancho extra se desarrolla en el abocinamiento de la entrada.

13,5 m $\leq$ D $\leq$ 171,6 m $\equiv$ diámetro del círculo más grande que pueda inscribirse dentro de la rotonda (figura I de la Lámina 3.404.706.A). Si el trazado es asimétrico se toma el valor local en la región de la rama analizada. En el caso de una doble rotonda se procede como señala la figura III de la Lámina 3.404.706.A.

0,0º $\leq$ ϕ $\leq$ 77º $\equiv$ ángulo de entrada. En rotondas con distancias entre ingresos y salidas sucesivas de unos 30 metros, este ángulo se determina según lo señalado en las figuras IV y V de la Lámina 3.404.706.A. La figura IV muestra el caso en que el tramo del anillo entre ramas es aproximadamente recto: AD es paralela a los bordes de este tramo, A es el mismo de la figura I de la misma Lámina y D es el punto más cercano a A de la isla (elevada o pintada) de la siguiente rama. La figura V muestra al caso en que el tramo entre ramas es curvo o claramente no paralelo: A'D' reemplaza en este caso a la recta o cuasi recta AD. En ambos casos la línea BC es tangente a la línea EF(línea medianera entre la solera exterior y el borde opuesto de la entrada, que para este efecto continúa por el borde de la isla de la misma rama, sea ésta elevada o pintada), en el punto en que ésta corta la línea de cesión de paso en la entrada. El ángulo ϕ es el ángulo agudo entre las líneas BC y AD de la figura IV, y en la figura V es el ángulo agudo entre las líneas BC y la tangente a A'D' en el punto en que BC y A'D' se cortan. Para toda otra rotonda ϕ se determina de la manera que se muestra en la figura VI de la Lámina 3.404.706.A. La línea BC es la misma de las figuras IV y V. La línea GH es la tangente a la línea JK (línea medianera, en la salida siguiente, entre la solera exterior y el borde opuesto de la entrada, que para este efecto continúa por el borde de la isla de la misma rama, sea ésta elevada o pintada), en el punto donde esta línea corta el borde exterior del anillo. BC y GH se intersectan en L. El ángulo ϕ queda definido entonces como ϕ = 90º - (ángulo GLB) / 2, cuando este último término es positivo, y ϕ = 0º cuando es negativo. El ángulo GLB se mide por el exterior de la rotonda: por el lado que se opone a la isla central.

3,4 m $\leq$ r $\leq \infty$ m $\equiv$ radio de entrada. Es el radio de curvatura mínimo de la solera próxima a la entrada, como se muestra en la figura I de la Lámina 3.404.706.A. En algunos diseños el arco de radio mínimo se extiende hasta la salida siguiente, pero esto no es relevante mientras la mitad o más de la longitud del arco se encuentre en la región de la entrada.

FIGURA I

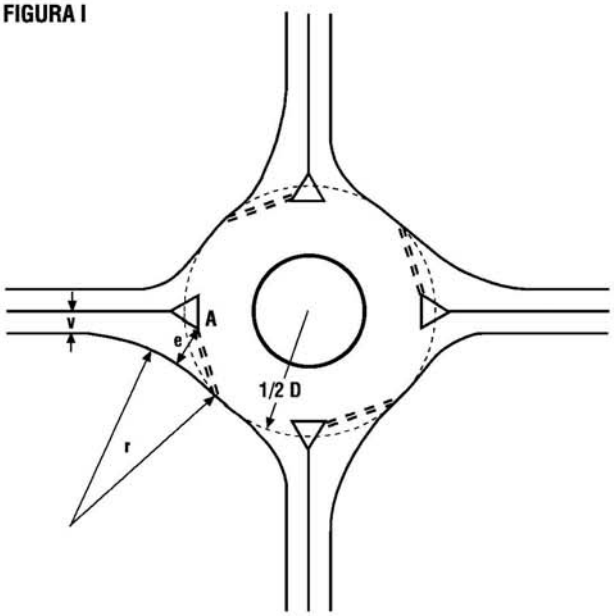


FIGURA II

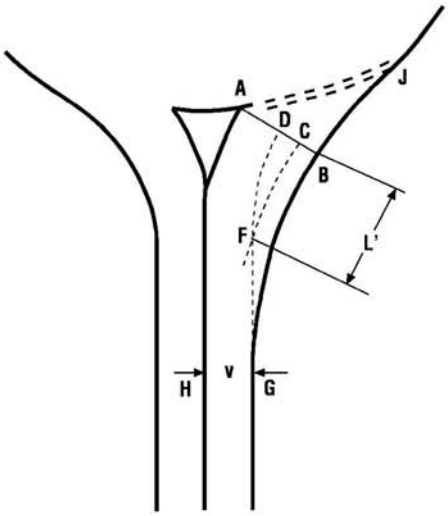


FIGURA III

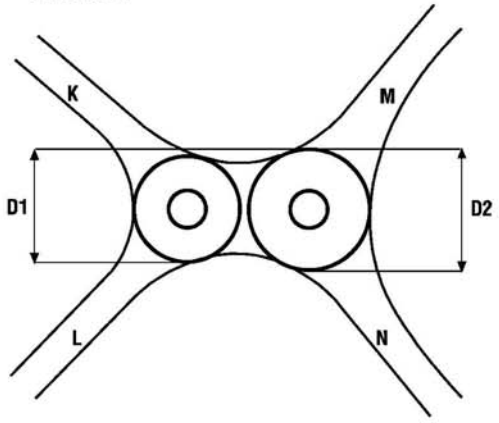


FIGURA IV

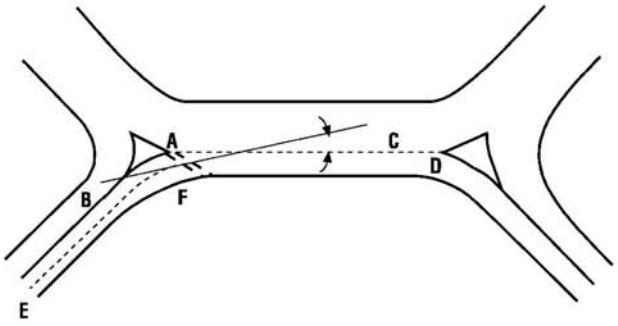


FIGURA V

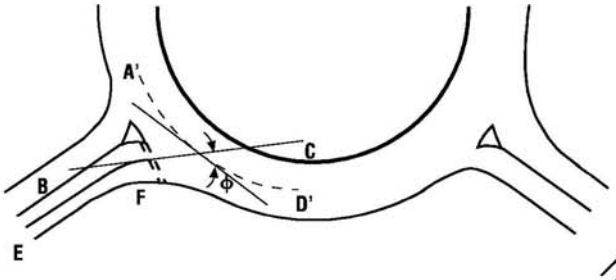
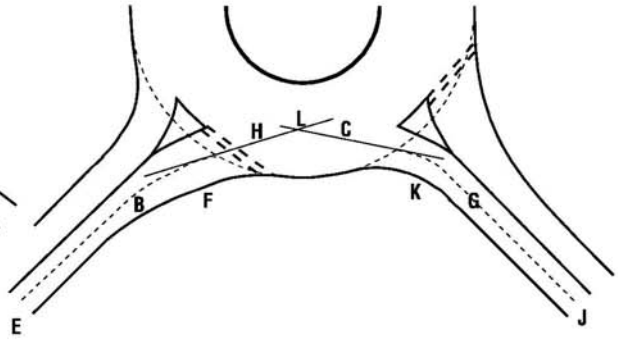


FIGURA VI



MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3

INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 3.500
ENLACES

DIRECCION DE VIALIDAD
DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
CHILE

JUNIO 2002

MANUAL DE CARRETERAS

VOLUMEN N° 3
INSTRUCCIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

CAPITULO 3.500 ENLACES

I N D I C E

SECCION 3.501 ASPECTOS GENERALES

3.501.1 DEFINICION DE ENLACE

3.501.3 EL PROBLEMA DE DISEÑAR UN ENLACE
3.501.201 Aspectos Generales
3.501.202 Justificación para la Separación de Niveles y/o la Construcción de Enlaces
(1) Carreteras con Control de Acceso
(2) Insuficiente Capacidad de Intersecciones a Nivel
(3) Condiciones Topográficas del Lugar de Intersección
(4) Alta Tasa de Accidentes en Intersecciones Existentes
3.501.203 Estructura del Proyecto de un Enlace

3.501.3 CONTENIDO Y ALCANCES DEL PRESENTE CAPITULO

SECCION 3.502 ANTECEDENTES PARA ABORDAR EL DISEÑO DE UN ENLACE

3.502.1 ASPECTOS GENERALES

3.502.2 ANTECEDENTES FISICOS
3.502.201 Paisaje y Topografía
3.502.202 Hidrológicos
3.502.203 Climatológicos
3.502.204 Geológicos
3.502.205 Ecológicos
3.502.206 Las Vías a Enlazar
(1) Aspectos Generales
(2) Características de la Carretera Principal
(3) Características de la Carretera Secundaria o Transversal

3.502.3 ANTECEDENTES FUNCIONALES
3.502.301 Aspectos Generales.
3.502.302 Tránsito
3.502.303 Capacidad

3.502.4 ANTECEDENTES ECONOMICOS

3.502.5 ANTECEDENTES HUMANOS

SECCION 3.503 ELECCION DE LA SOLUCION TIPO

3.503.1 ASPECTOS GENERALES
3.503.2 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE ENLACES
3.503.3 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE RAMALES
3.503.301 Aspectos Generales
3.503.302 Ramales Directos

3.503.303 Ramales Semidirectos
3.503.304 Lazos
3.503.305 Otras Unidades en Enlaces
(1) Pistas Auxiliares
(2) Calzadas Colectoras-Distribuidoras
(3) Tramos de Trenzado

3.503.4 TIPOS DE ENLACES
3.503.401 Enlaces de Tres Ramas
3.503.402 Enlaces de Cuatro Ramas
(1) Aspectos Generales
(2) Enlaces con Condición de Parada
(3) Enlaces de Libre Circulación
3.503.403 Enlaces de más de Cuatro Ramas
3.503.404 Rotondas Desniveladas

3.503.5 NUMERO Y EQUILIBRIO DE PISTAS
3.503.501 Número Básico de Pistas
3.503.502 Equilibrio de Pistas

SECCION 3.504 DISEÑO GEOMETRICO DE UN ENLACE

3.504.1 ASPECTOS GENERALES
3.504.101 El Enlace: Una Unidad de Diseño
3.504.102 Esquema del Proceso de Definición Geométrica de un Enlace
3.504.103 Interdependencia de los Trazados en Planta y Elevación
3.504.104 Distancias de Visibilidad

3.504.2 TRAZADO EN PLANTA
3.504.201 Aspectos Generales
3.504.202 Ajuste de las Carreteras que se Enlazan
3.504.203 Trazado de los Ramales
(1) Aspectos Generales
(2) Velocidad de Proyecto en Ramales
(3) Alineaciones en Ramales
(4) Curvas de Acuerdo
3.504.204 Anchos de Calzadas y Bermas
3.504.205 Transiciones de Ancho
3.504.206 Empalmes de Ramales y Pistas de Cambio de Velocidad
3.504.207 Terminales Sucesivos

3.504.3 DEFINICION DE LA ELEVACION

3.504.4 DEFINICION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES
3.504.401 Aspectos Generales
3.504.402 Peraltes, sus Transiciones y Aristas entre Superficies
3.504.403 Secciones Transversales Tipo en Ramales
3.504.404 Secciones Transversales en Estructuras

CAPITULO 3.500 ENLACES

SECCION 3.501 ASPECTOS GENERALES

3.501.1 DEFINICION DE ENLACE

Se llama enlace a un dispositivo vial, compuesto por estructuras desniveladoras y ramales de interconexión, llamadas también ramales de enlace, que permite el intercambio de vehículos entre dos o más vías. La característica principal de un enlace es que no se dan en él conflictos de cruce franco entre los tránsitos de paso directo de una y otra carretera.

Para ello, en la zona de enlace existe una serie de elementos que pueden dar servicio a parte o a la totalidad de los movimientos de cambio de dirección, encauzándolos y dirigiéndolos en forma segura, limitando lo menos posible la capacidad de las vías en los sectores involucrados.

Los conflictos previstos en un enlace, descartando dicho cruce franco, son:

- El inherente a las maniobras de trenzado entre vehículos con orígenes y destinos distintos.
- El de ingreso a una calzada principal, desde un ramal, cediendo el paso.
- El de ingreso a una calzada principal desde un ramal con acceso controlado por señal “pare”.

En el caso de enlaces tipo diamante y de uno o más cuadrantes (Láminas 3.503.402(1).A y 3.503.402(2).A, B y C), se produce conflictos de cruce franco en las maniobras de ingreso a la carretera secundaria, mediante giro a la izquierda, desde un ramal originado en la calzada principal, y en las maniobras inversas, que corresponden a la salida, con viraje a la izquierda, desde dicha carretera secundaria, hacia un ramal conducente a la carretera primaria.

Cuando el intercambio se realiza fluidamente, sin controles de tránsito y sin conflictos distintos que el de trenzado y el de ingreso normal con pistas de aceleración desde un ramal a calzada de paso, el enlace es de libre circulación. Cuando alguno de los movimientos está restringido por señales de parada, como pueden ser las existentes en una intersección a nivel (para giros fuera del camino principal), se dice que el enlace tiene condición de parada.

Cuando hay cruce de carreteras a distinto nivel sin dispositivos para el intercambio de vehículos, no es aplicable el término enlace. A tales cruces se les llama “paso a desnivel”, “paso desnivelado” o “atravieso”.

3.501.2 EL PROBLEMA DE DISEÑAR UN ENLACE

3.501.201 Aspectos Generales. Las ventajas operativas que presentan los enlaces con respecto a las intersecciones a nivel –mayor capacidad, eficiencia y seguridad- se traducen en diferencias de costos -privados y sociales- que son favorables a la operación desnivelada. Que dichos beneficios (ahorros) justifiquen invertir en un enlace es materia de evaluaciones económicas en las que estos ahorros, expresados principalmente en disminuciones de tiempo de viaje, de costos de operación y de accidentes, son comparados con los costos sociales asociados a la materialización de la inversión, incluyendo en estos costos los de construcción y mantenimiento. El marco teórico para tal comparación está definido, en el caso de inversiones públicas, por el Estado.

Al análisis técnico del problema se incorpora, en forma cada vez más convincente, la valoración de aspectos de tipo urbanístico y ambiental que antes concurrían sólo externamente a las decisiones de inversión. Asimismo, en las comunidades crece la conciencia con respecto a los valores pertenecientes a este último ámbito, como son los paisajes no obstruidos, los espacios no segregados y la higiene en general, incluida la auditiva y la atmosférica. Esto ha hecho más complejos y onerosos los estudios que asisten dicha toma de decisiones, pero la consideración de estos aspectos tiene consecuencias positivas que compensan holgadamente tal encarecimiento.

Las evaluaciones pueden ser de índole o ámbito local, entendiendo por tal el análisis de factibilidad económica de enlaces aislados, cuya construcción afecta sólo marginalmente la demanda en el sistema al que las intersecciones tratadas pertenecen, o pueden tener como objeto aumentos de la oferta vial que afectan dicha demanda. El segundo caso se da generalmente cuando se planea la construcción o ampliación significativa de ejes viales inmersos en una red saturada o cercana a la saturación. Un buen ejemplo de esto último es una autorruta.

Como la evaluación económica se aplica a proposiciones físicas surgidas del proceso del diseño, ya en éste se debe considerar las combinaciones de factores que gravitan sobre la decisión de desnivelar una intersección, y preevaluar de manera experta las soluciones posibles, que suelen ser numerosas, para que dicha evaluación ayude a despejar dudas o a confirmar las bondades previstas por el experto.

3.501.202 Justificación para la Separación de Niveles y/o la Construcción de Enlaces

3.501.202(1) Carreteras con Control de Acceso. Si se desea construir una carretera con carácter de Autopista o Autorruta, vale decir, con control total de acceso, es condición indispensable proveer separación de niveles o un enlace para todo camino que la cruce y cuya interrupción o desvío hacia una alternativa de cruce cercana sea imposible o inconveniente.

3.501.202(2) Insuficiente Capacidad de Intersecciones a Nivel. Cuando se cruzan dos carreteras y una o ambas tienen un alto volumen de tránsito, compartir el espacio de cruce origina aumento de los tiempos de viaje y de los costos de operación. Cuando estos aumentos no pueden ser aminorados convenientemente mejorando el cruce a nivel, como ocurre en las intersecciones espacialmente constreñidas y próximas a la congestión, se justifica la desnivelación. En estos casos los métodos de la ingeniería de tránsito –modelación y simulación operativas de la infraestructura vial proyectada- son eficaces para valorar dichos aumentos de costos y demostrar económicamente que la decisión de desnivelar es acertada.

3.501.202(3) Condiciones Topográficas del Lugar de Intersección. Ciertos puntos obligados de cruce pueden tener visibilidad inconveniente o pendientes fuertes que aumenten la peligrosidad, los tiempos de viaje y los costos de operación hasta niveles propios de intersecciones fuertemente demandadas. Ello puede justificar la separación de niveles.

3.501.202(4) Alta Tasa de Accidentes en Intersecciones Existentes. Suele existir cruces a nivel en los que el número de accidentes es desproporcionado con respecto a la demanda e insensible a las mejoras que puedan haberse introducido para remediar tal condición. En estos casos la única solución la provee el enlace que permite los mismos movimientos sin cruces francos.

3.501.203 Estructura del Proyecto de un Enlace. En la Lámina 3.501.203.A se presenta un esquema de organización del proyecto de un enlace. No todo proyecto seguirá estrictamente la secuencia allí planteada ni contemplará todas o las mismas instancias consideradas; sin embargo, tal esquema es útil con fines informativos y para insertar el problema de la definición geométrica de un enlace en su contexto general. Se puede apreciar la similitud de este diagrama con el incluido en el Tópico 3.401.3, relativo a intersecciones.

Entre todos los antecedentes necesarios para el diseño de un enlace, destacan algunos de ellos que se agrupan en este primer nivel en cuatro títulos y que suelen ser mutuamente dependientes. El análisis de estos aspectos es materia de la Sección 3.502 siguiente.

El diseño geométrico es una tarea a través de la cual se define espacialmente el enlace; o sea, se define plantas, perfiles longitudinales, perfiles transversales y detalles de todas las partes de la obra relacionada con movimientos de tierras y pavimentos, considerando la geometría externa de todas y cada una de las obras de arte, de reposición de pasos y servicios, y de cualquiera otra obra complementaria. En el Numeral 3.504.102 se amplía la definición de esta actividad, que es el asunto principal del presente Capítulo.

El trazado geométrico es la actividad central y coordinadora de un conjunto de otras tareas que se imbrican con ella, ya sea para definir algunas partes de la obra o para aportar datos y criterios imprescindibles para un adecuado diseño del conjunto. Estas otras actividades se han agrupado de la siguiente manera:

- Geología y geotecnia: disciplinas que intervienen en la obtención de información relativa, en lo principal, a la capacidad de soporte de suelos y a la estabilidad de las obras de tierra proyectadas.
- Hidrología y drenaje: disciplinas involucradas principalmente en el diseño de desagües y drenajes, obras que persiguen impedir o minimizar la acción de las aguas sobre la obra proyectada mediante encauzamientos y evacuación inocua de las mismas, que pueden provenir directamente de la lluvia caída sobre las superficies expuestas o de las infiltraciones y escurrimientos subterráneos del caso.
- Modificaciones de servicios: es necesario reponer los servicios afectados, tales como los de paso, de aguas (servidas, riego y potable), de líneas (telefónicas, eléctricas, etc.), según proyectos específicos.
- Tránsito: actividades relativas a la cuantificación y caracterización de las demandas actuales y futuras sobre el dispositivo.
- Diseño de pavimentos: de acuerdo con una serie de antecedentes de tráfico, de disponibilidades de materiales, climáticos y económicos, se diseñan las sub-bases, bases y pavimentos adecuados.
- Seguridad y señalética: se refiere al conjunto de actividades que definen la señalización horizontal o demarcación; la señalización vertical reglamentaria, preventiva e informativa, y las obras de protección y balizamiento que sea necesario proveer para minimizar los riesgos en la operación.
- Iluminación, arquitectura y paisajismo: disciplinas que deben ser considerados como complementos del proyecto cuando corresponda. Casos especiales son las autopistas, donde suele existir instalaciones para cobro de peajes, para mantenimiento y para descanso.
- Electrónica y sistemas: disciplinas que intervienen en la definición de los dispositivos de control en general, incluyendo principalmente semáforos, peajes y telepeajes.
- Obras de arte: las actividades anteriores pueden dar lugar a la necesidad de proyectar una serie de obras peculiares (túneles, puentes, alcantarillas, ductos, zanjas, torres, etc.).
- Afecciones a la propiedad y al ambiente: son tareas relativas a la definición y valoración de las propiedades y derechos afectados, y de las obras y medidas de mitigación de las afecciones al ambiente que las obras pudiesen generar.

La demanda, las obras de arte, las modificaciones de servicios, los pavimentos, las estructuras y las áreas especiales condicionan activamente las características geométricas del trazado, al imponer dimensiones y gálibos que pueden ser limitantes drásticas en algunos casos.

El proyecto se completa con las cubicaciones o metrado de las obras, las especificaciones generales y especiales de construcción, los planos definitivos y los presupuestos parciales y generales de la obra.

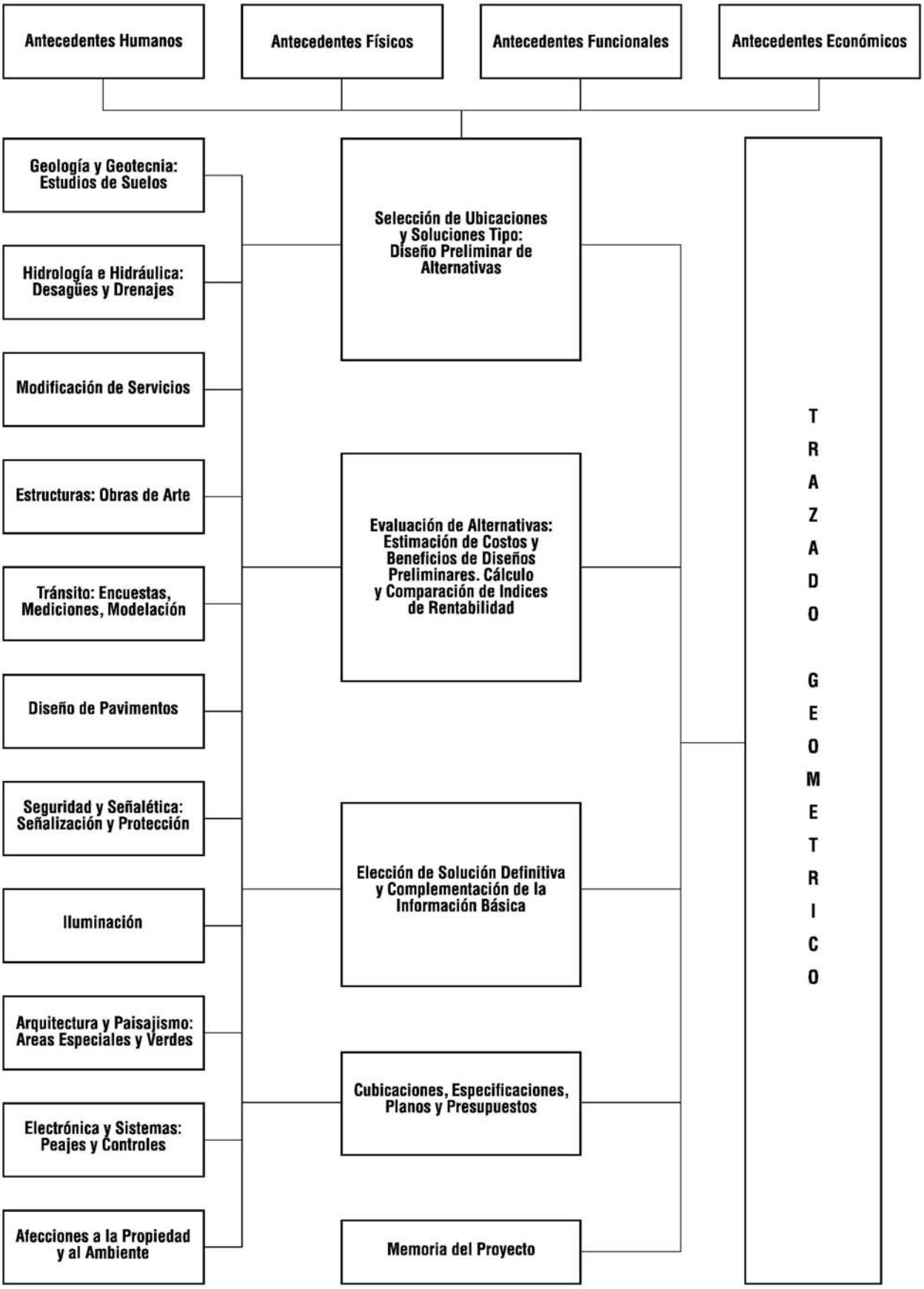
Todo lo anterior queda reflejado en la memoria final del proyecto.

3.501.3 CONTENIDO Y ALCANCES DEL PRESENTE CAPITULO

El Capítulo 3.500, enlaces, abordará explícitamente algunos aspectos del proyecto de un enlace que fueran presentados en el diagrama 3.501.203.A. Lo hará en un orden consecuente con el establecido en dicho esquema, con el objeto de adaptar las estructuras de la exposición, lo más posible, a una secuencia que se derive de la práctica. Los demás aspectos implícitos son objeto de otros Capítulos y volúmenes del Manual de Carreteras, o de otras especialidades de la Ingeniería. El Capítulo, por lo tanto, queda estructurado en estas cuatro secciones

3.501 ASPECTOS GENERALES (Presente Sección)
3.502 ANTECEDENTES PARA ABORDAR EL DISEÑO DE UN ENLACE
3.503 ELECCION DE LA SOLUCION TIPO
3.504 DISEÑO GEOMETRICO DE UN ENLACE

ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE UN ENLACE



SECCION 3.502 ANTECEDENTES PARA ABORDAR EL DISEÑO DE UN ENLACE

3.502.1 ASPECTOS GENERALES

Para pensar una o más soluciones tipo, para planear los elementos que las constituyen y, por último, para decidir una disposición definitiva y diseñar cada parte de ella en detalle, se requiere tener en cuenta una serie de antecedentes, de los cuales se expondrán aquí los más significativos, según la clasificación presentada en el Numeral 3.501.203. Se reitera que cada proyecto es único, que por lo tanto estos antecedentes y sus interdependencias deben ser estudiadas en cada caso, y que es preciso estar alerta a singularidades que puedan añadir condicionantes no consignados aquí.

3.502.2 ANTECEDENTES FISICOS

3.502.201 Paisaje y Topografía. Entre los propósitos de un buen diseño están los de realizar un enlace con el mínimo movimiento de tierras, tratando de integrar sus elementos al paisaje de la zona en que éste se enclavará.

A diferencia del caso de las intersecciones, las topografías llanas no siempre son las mejores para lograr esto. En terrenos ondulados los enlaces suelen acomodarse bien al terreno y los caminos transversales pueden ser diseñados con un estándar superior que el que puede resultar en un terreno plano. Por lo general algunos ramales podrán desarrollarse con pendientes moderadas y poco movimiento de tierra en tanto que otros requerirán lo contrario.

En terreno plano el diseño del enlace resulta simple, pero la separación de niveles implica que uno de los caminos y los ramales del enlace resulten con pendientes importantes, con los consecuentes quiebres en su perfil.

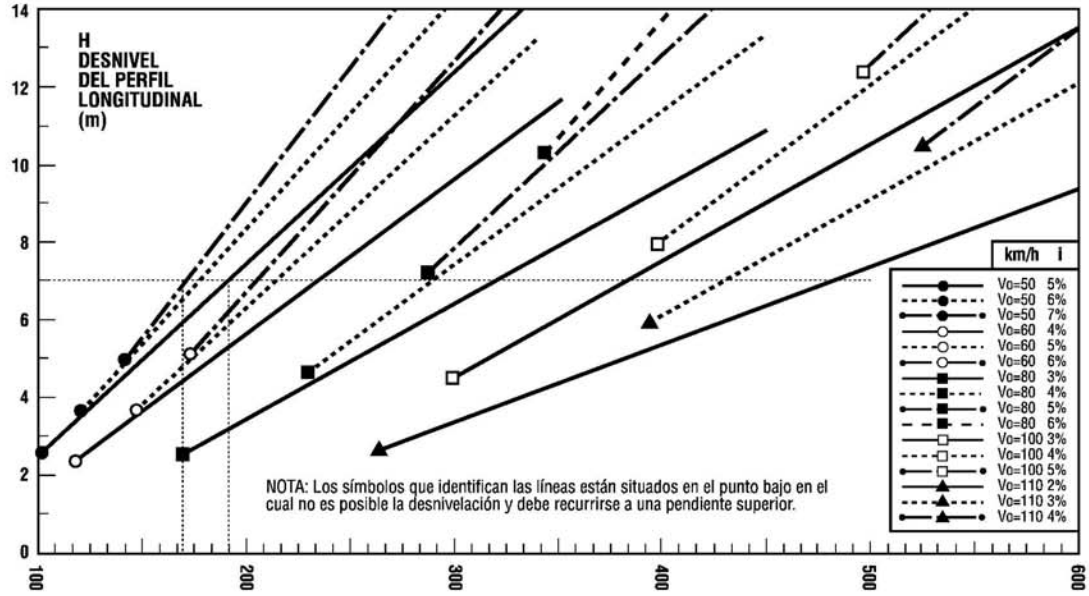
Los cortes de gran superficie afean el paisaje, del mismo modo que los terraplenes aislados. Cuando el trazado se adapta a la topografía, se produce una mejor armonía entre ésta y los elementos viales.

En la Lámina 3.502.201.A se muestra la distancia horizontal (L) requerida, en terreno plano, para desnivelar dos carreteras, en función de la Velocidad adoptada, en la zona del Enlace, para la vía que se desnivela (V_O) y del desnivel (H) requerido. El gráfico muestra las distancias requeridas para velocidades entre 50 y 110 Km/h y para pendientes entre 2% y 7% simétricas a ambos lados del obstáculo, pero puede servir de guía también para combinaciones de pendientes desiguales. El valor L corresponde a la longitud del acuerdo vertical inicial, más la mitad del acuerdo vertical central, más la longitud de la tangente entre ambas. L está calculada con curvas de acuerdo mínimas, que deben ser evitadas en lo posible. Se puede considerar como guía tanto para pasos superiores como para inferiores, y para acuerdos centrales cóncavos o convexos, a pesar de que los desarrollos de dicha curva central pueden ser algo distintos. Por último, se hace notar que para V_O y H dados, L se reduce poco al aumentar la pendiente sobre 4% para V_O = 80 Km/h y sobre 5% para V_O = 50 y 60 Km/h.

En general Vo = Vp, de la vía que se desnivela pero en casos obligados Vo podrá ser menor que Vp, en particular si se desnivela la vía secundaria; situación que deberá estar debidamente señalizada.

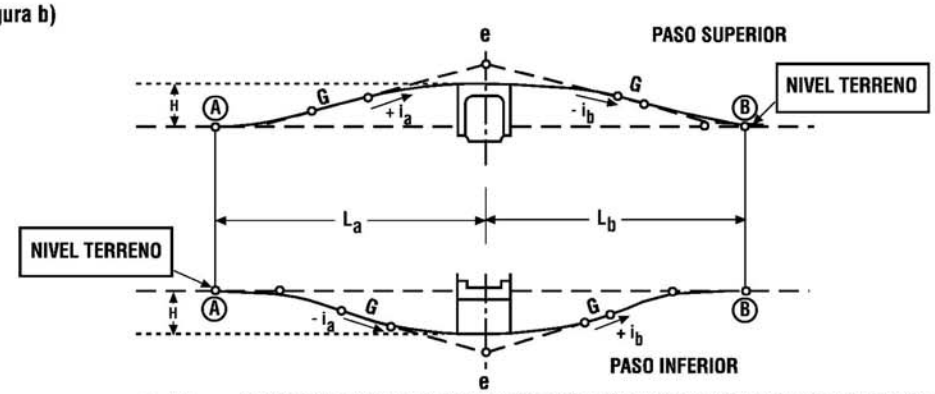
Un estudio requiere planos completos de la zona afectada por el enlace, así como de las vías involucradas (plantas y perfiles). Por lo general, las restituciones aerofotogramétricas bien ejecutadas otorgan precisión suficiente para el diseño, pero éstas deben ser complementadas con datos obtenidos in situ de los elementos de borde que condicionan el trazado (caminos en zonas de empalme con el proyecto, obras de arte, límites de propiedad conflictivos, etc.

Figura a)



L = La ó Lb = DISTANCIA HORIZONTAL MINIMA PARA LOGRAR LA DESNIVELACION H (m)

Figura b)



e → e = Vertical generada por la intersección de los planos que contienen los ejes de las vías

H = Desnivel del Perfil Longitudinal (m)

$\overline{Ae}$ = L_a(m), según figuras a) y b)

$\overline{eB}$ = L_b(m), según figuras a) y b)

G = Tramo en pendiente uniforme entre curvas verticales sucesivas (m); Gmín = 0

LONGITUD TOTAL DE LA DESNIVELACION = $L_a + L_b$ (m)

3.502.202 Hidrológicos. Las características hidrológicas de la zona pueden ser determinantes del trazado de un enlace, porque la evacuación de las aguas interceptadas puede llegar a requerir obras especiales cuyo costo haría inconvenientes ciertas soluciones.

3.502.203 Climatológicos. En zonas de formación de hielos, es preciso modificar algunos parámetros relativos a las inclinaciones de las calzadas y bermas, para contrarrestar las dificultades derivadas de la modificación de los coeficientes de roce.

3.502.204 Geológicos. Las características geológicas de la zona son importantes pues condicionan aspectos tales como la cimentación de las obras de arte, la inclinación de los taludes de corte y eventualmente de rellenos, las excavaciones en túnel y el eventual tratamiento de los suelos. También influye en la planificación de los movimientos de tierra, porque las calidades y ubicaciones de los materiales a emplear y transportar son factores que inciden en dicha planificación.

3.502.205 Ecológicos. Un enlace, al cubrir un a gran zona que debe ser despejada de obstáculos en una parte significativa de su superficie, puede tener un efecto significativo sobre el área, en términos ecológicos. El proyectista debe tomar las precauciones tendientes a minimizar el. daño que pudiera significar su materialización y a mitigar los efectos negativos de la obra, tanto en la etapa de construcción como en la operación durante su vida útil.

3.502.206 Las Vías a Enlazar

3.502.206(1) Aspectos Generales. Los enlaces, o la simple separación de niveles, son un complemento esencial de las autopistas y caminos primarios en que se consulte control total de acceso. Según sea el desarrollo existente en los márgenes de las carreteras pueden ser necesarios los caminos laterales o calles de servicio, los que determinarán en cierto grado el tipo de enlace a proyectar.

Del mismo modo, la importancia y ubicación de las vías exige o permite elementos de enlace de ciertas características mínimas, al mismo tiempo que la categoría del enlace puede recomendar su emplazamiento en zonas en las que dichas vías presenten condiciones geométricas favorables.

3.502.206(2) Características de la Carretera Principal. La carretera principal es aquella que conduce el mayor de los tránsitos en un enlace; generalmente será una autopista o un camino primario. Sus características geométricas corresponderán a lo establecido en los Capítulos 3.200 y 3.300. Sin embargo, en la zona del enlace será desde todo punto de vista favorable que sus elementos, tanto en planta como en perfil, sean diseñados superando los límites admisibles, en especial en lo referente a pendientes y radios de curvatura. Así por ejemplo, las pendientes conducen a modificar la longitud de las pistas de cambio de velocidad, y las curvas afectan las luces libres laterales necesarias bajo estructuras y la visibilidad en general.

Específicamente, cuando la carretera principal cruza en paso superior, las pendientes de acceso no deberán superar el 3% para no inducir bajas velocidades en los vehículos pesados. Esto incita a maniobras de pasada que son peligrosas en las proximidades de los empalmes, o a ingresos y salidas de la carretera aprovechando los espacios que parecen ofrecer, por delante de ellos, dichos vehículos pesados.

3.502.206(3) Características de la Carretera Secundaria o Transversal. La carretera transversal o secundaria es aquella que cruza la carretera principal a través de un enlace y que en algunos casos puede ser de importancia igual o similar que la principal. Generalmente se tratará de caminos primarios o colectores. El proyecto de la carretera transversal también estará regido por las normas expuestas en los Capítulos 3.200 y 3.300. Si dicha carretera es de igual importancia que la principal, debe hacerse las consideraciones expresadas en 3.502.206(2).

Aunque es posible un enlace entre más de dos carreteras, este caso deberá ser evitado, ya que su solución suele resultar complicada en términos de diseño y de difícil lectura para el usuario.

3.502.3 ANTECEDENTES FUNCIONALES

3.502.301 Aspectos Generales. Se engloba bajo este título aquellos antecedentes relacionados con las características del tránsito en las vías que se han de enlazar y con las capacidades de ellas y de los elementos del enlace, que son fundamentales en la elección de la solución y en su dimensionamiento.

3.502.302 Tránsito. En los Numerales 3.402.301 y 3.402.302 se resume los aspectos del tránsito que intervienen en el diseño de una intersección y los vehículos tipo que influyen en el momento de definir el ancho de las calzadas; estos aspectos, y los estudios citados en el Numeral 3.402.303, son válidos también para el caso de los enlaces.

3.502.303 Capacidad. No es propio hablar de la "capacidad de un enlace" pues en él participan numerosos elementos sometidos a diferentes demandas de tránsito, las que además pueden experimentar variaciones temporales diferentes en las vías que participan. En efecto, se tiene una carretera principal que normalmente estará compuesta por calzadas de tránsito unidireccional, una carretera secundaria que puede tener calzadas unidireccionales o sólo una calzada bidireccional y los ramales de enlace que conectan a ambas.

No obstante lo anterior, las zonas críticas en cuanto a capacidad se producirán en los ramales del enlace y su punto de conexión con las vías enlazadas, y ya dentro de estas, en las zonas de trenzado o entrecruzamiento, que deben compartir los vehículos que se están incorporando a una de las vías y los que están saliendo de ella.

En el Tópico 3.102.8 del Capítulo 3.100 se presenta un resumen conceptual de la teoría de Capacidad, en particular en lo relativo a las carreteras o caminos, en el Numeral 3.402.305(2) del Capítulo 3.400, se ilustran las situaciones relativas a los tramos de trenzado. El Numeral 3.503.305(3) de este Capítulo entrega criterios adicionales al respecto.

Los cálculos de capacidad en estas zonas críticas, deberán abordarse recurriendo al Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual del Transportation Research Board de los Estados Unidos de Norteamérica, que se actualiza cada tres o cuatro años). Existe una versión en español publicada por la Asociación Técnica de Carreteras, Comité Español de la AIPCR en 1995.

Los Capítulos que tratan estas materias en particular, son:

Parte II	Autopistas
Capítulo 4	Tramos de Trenzado
Capítulo 5	Ramales y Uniones de Ramales

Los ramales de un enlace están compuestos por sus puntos de inicio y término en las carreteras que une y de una sección intermedia o ramal propiamente tal. El punto crítico en lo que a capacidad se refiere se produce justamente en el inicio y término del ramal. Si el volumen de la demanda es superior al volumen admisible para el nivel de servicio deseado, las condiciones de operación serán inferiores a las presupuestadas, afectando el tránsito directo que circula por las carreteras.

Normalmente los ramales de enlace serán de una sola pista, salvo que el volumen de demanda sea superior al volumen de servicio deseado, en cuyo caso deberá proyectarse de dos pistas. Por otra parte, si el ramal tiene una longitud mayor de 300 metros y el tránsito previsto es elevado y con un alto porcentaje de camiones, es recomendable proyectarlo de dos pistas, aunque esto no sea imperativo desde el punto de vista de capacidad. En estos casos las conexiones con las carreteras que se cruzan deberán reducirse a una sola pista, para encauzar mejor el tránsito de entrada o salida.

La aplicación de los parámetros de diseño normativos no garantiza que los distintos elementos de los enlaces provean la capacidad suficiente a los mismos. Es responsabilidad del diseñador proveer una geometría vial acorde con la demanda que se debe satisfacer.

Una vez establecido el diseño geométrico de un enlace, es posible evaluar la calidad de la solución adoptada mediante Programas Computacionales de Simulación, los que alimentados con la geometría del enlace y con los flujos de demanda, simulan en tiempo real el comportamiento del enlace, detectando si se producen "colas" en los ramales, interferencias severas en los tramos de trenzado, etc. Ello permite actuar sobre la geometría de las zonas deficitarias y así, por iteración, resolver el problema.

3.502.4 ANTECEDENTES ECONOMICOS

Un enlace es una obra de costo muy superior a una intersección a nivel. Su factibilidad debe ser demostrada mediante un estudio técnico-económico que compare esta solución con otras de menor costo.

Por otra parte, en algunos casos muy especiales, estos dispositivos pueden ser construidos por etapas, cuando el tránsito provisto para algunos ramales no justifica su realización inmediata. Cuando las estructuras de separación de niveles se proyectan independientes, una para cada calzada, la construcción por etapas permite postergar la construcción de una de ellas hasta que los volúmenes así lo justifiquen. Si la estructura proyectada es única, su construcción por etapas no suele resultar conveniente en términos económicos; sin embargo, las rampas asociadas a ella pueden ser construidas de acuerdo a las necesidades.

Siempre que se decide ejecutar un enlace por etapas, será necesario proceder a expropiar, desde el primer momento, el espacio total requerido, para evitar futuras interferencias.

3.502.5 ANTECEDENTES HUMANOS

Existen, como ya se ha apuntado anteriormente, una serie de factores que influyen en el diseño de un enlace y que pueden ser llamados así, aunque sea reduciendo el sentido del término. Hasta aquí estos factores han estado presentes -en forma tácita- cuando se considera los hábitos humanos, sus capacidades de reacción, los tiempos empleados para tomar decisiones, las limitaciones económicas que impone la necesidad de asignar recursos según prioridades que ellos determinan, etc.

La interconsulta entre ingenieros, urbanistas y ecólogos debiera ser una práctica corriente. A veces, con muy poco costo adicional, o ninguno, es posible transformar una obra dañina al paisaje en una obra que concilie la presencia del hombre con la belleza del medio. Esto es particularmente importante en el caso de los enlaces, en los que se cubre áreas importantes y se altera la naturaleza y topografía del terreno, con la consiguiente notoriedad de la obra.

Por último debe decirse que el aspecto humano fundamental a ser considerado es el de la seguridad. En una intersección a nivel puede producirse toda la gama de accidentes de tránsito y nunca será posible eliminarlos del todo, por bueno y completo que sea el diseño. La separación de niveles elimina toda posibilidad de accidente entre los tránsitos directos que se cruzan. Eventualmente pueden producirse algunos choques con las estructuras de separación de niveles, pero estos son mínimos en comparación con los accidentes que ocurren en una intersección a nivel, tendiendo a desaparecer cuando se mantienen luces libres laterales como las que se recomiendan más adelante.

SECCION 3.503 ELECCION DE LA SOLUCION TIPO

3.503.1 ASPECTOS GENERALES

El diseño de un enlace 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, incluyendo entre estos últimos los sociales y ambientales. Como es muy difícil que estas cuatro variables coincidan para dos situaciones distintas, raramente el diseño apropiado para un enlace va a poder ser adaptado en otro lugar. El diseñador 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 enlace la forma más completa y evolucionada de diseño de una intersección, el diseñador debería dominar la materia referente al diseño de intersecciones (3.400) para abordar con éxito el diseño de un enlace.

La presente sección de este Volumen N° 3 del Manual de Carreteras presenta una clasificación general de los patrones clásicos de solución, indicando los conceptos relevantes de cada uno de ellos, para que el diseñador esté familiarizado con estas soluciones y con las denominaciones que se aplican a sus elementos constitutivos.

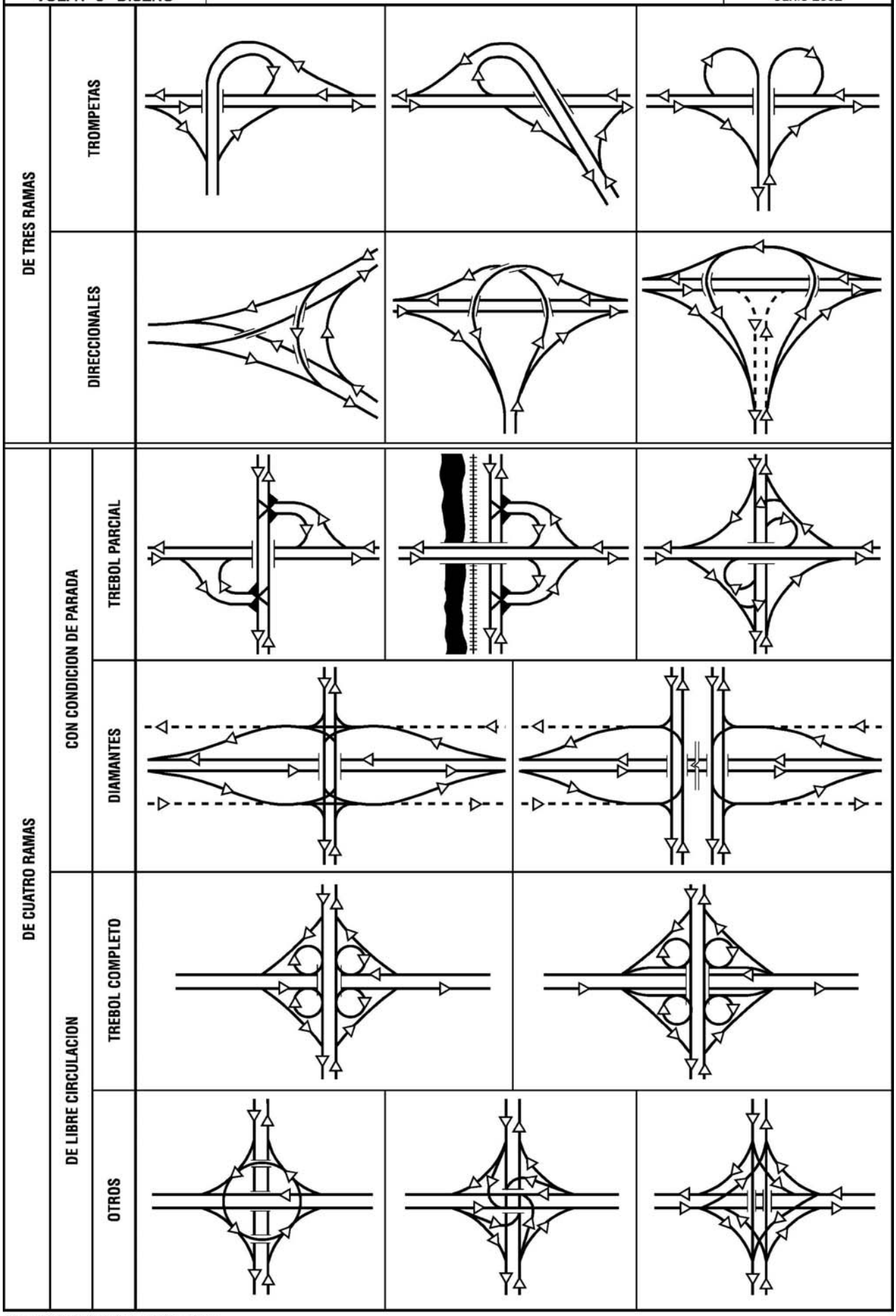
3.503.2 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE ENLACES

Los enlaces, al igual que las intersecciones, se clasificarán de acuerdo con el número de ramas que a él concurran. Así, los enlaces pueden clasificarse como de tres, cuatro o más ramas.

- Enlaces de tres ramas:
  - Enlaces de tipo trompeta “T”
  - Enlaces direccionales en “T”
  - Enlaces direccionales en “Y"
- Enlaces de cuatro ramas con condición de parada:
  - Enlace tipo diamante - clásico
  - Enlace tipo diamante - partido
  - Enlace tipo trébol parcial (2 cuadrantes)
- Enlaces de cuatro ramas de libre circulación:
  - Enlace tipo trébol completo (4 cuadrantes)
  - Enlaces rotatorios
  - Enlaces omnidireccionales
- Enlaces de tipo turbina

Estos tipos aparecen esquematizados en forma general en la Lámina 3.503.2.A.

ENLACES TIPO



3.503.3 DENOMINACION Y CLASIFICACION DE RAMALES

3.503.301 Aspectos Generales. Los ramales son los elementos fundamentales de los enlaces. Ellos conectan las vías que se cruzan, 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 enlaces.

3.503.302 Ramales Directos. Son aquellos que mantienen el mismo sentido de curvatura a lo largo de su desarrollo. Pueden atender giros a la izquierda o a la derecha, y sus empalmes, de salida en la carretera de origen y de entrada en la carretera de destino, están situados ambos a la derecha o a la izquierda en una y otra carretera. Los ramales directos, por su breve desarrollo y la simplicidad de su forma, son deseables para movimientos mayoritarios, debiendo procurarse un trazado que permita velocidades del orden de aquellas correspondientes a las carreteras enlazadas. En todo caso, las circunstancias particulares de cada enlace pueden requerir ramales directos para flujos minoritarios.

En la figura 3.503.3.A se muestra los casos posibles de ramales directos: el caso a es el de giro a la derecha, con salida y entrada por la derecha de las calzadas de origen y destino respectivamente, y el caso b es el 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 la pista 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 200^g.

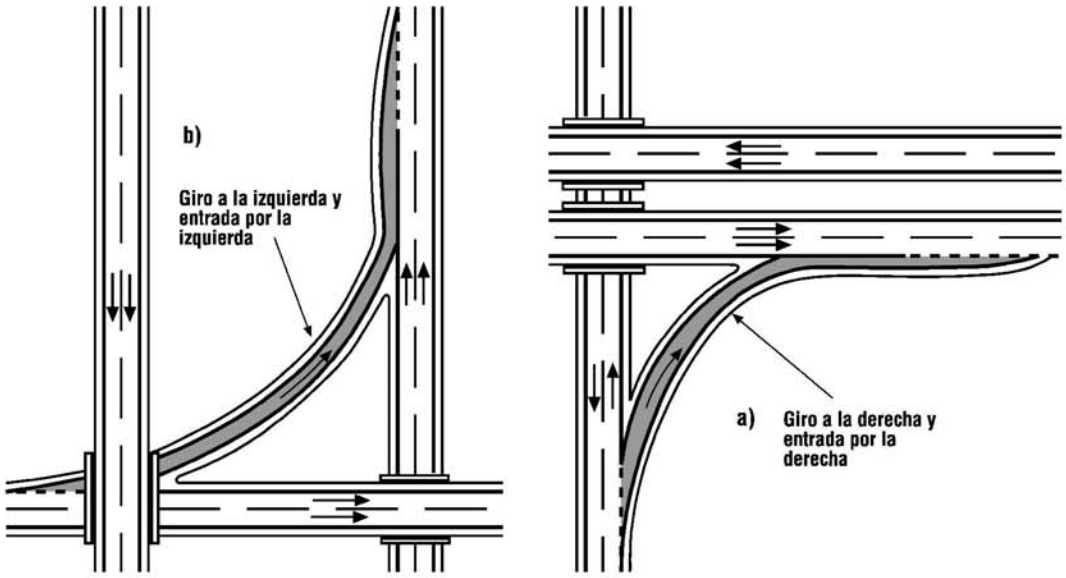
3.503.303 Ramales Semidirectos. Son aquellos en los que se produce, a lo largo de su desarrollo, al menos un cambio del sentido de curvatura. Para efectos de diseño serán considerados semi-directos también aquellos con la fisonomía de los directos pero con alguna condición de parada o con giros a la izquierda en la carretera de destino. 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.

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 debe considerar las mismas prevenciones aplicables a los ramales directos en lo tocante a salidas o entradas por la izquierda.

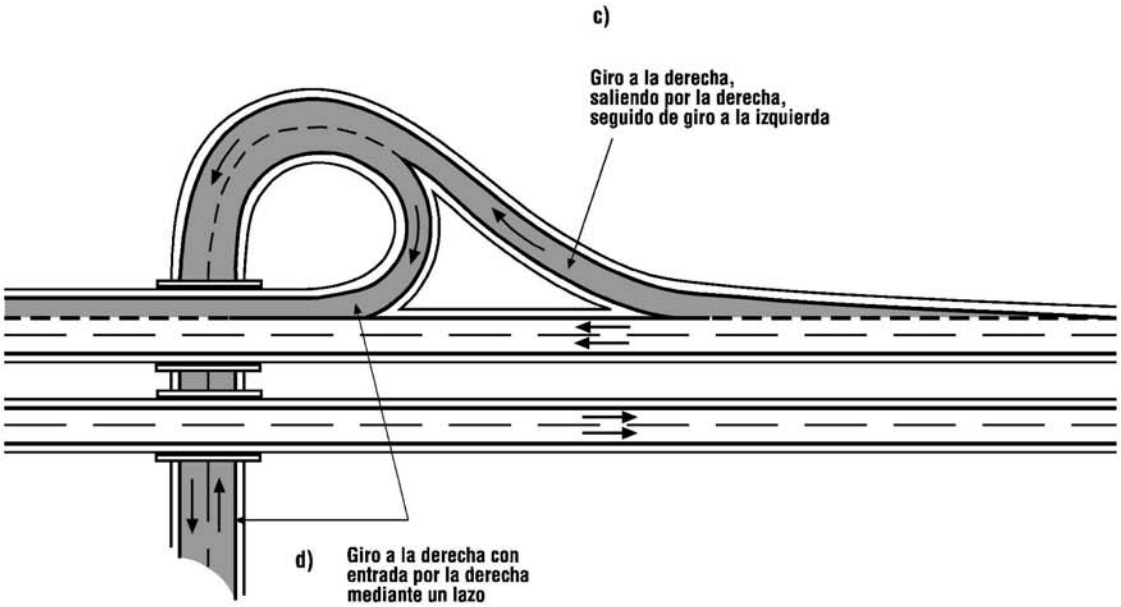
En la Lámina 3.503.3.A, letra c, se muestra un tramo de ramal semi-directo con salida por la derecha. Esta configuración es típica de los enlaces tipo trompeta, cuando se completa con un ramal como el indicado con la letra d.

En la Lámina 3.503.3.B, letras a y b, se 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 Lámina, con la letra c, se indica un ramal semi-directo, propio de los enlaces tipo diamante, que presenta condición de parada en la carretera de destino. Estos también son llamados “ramales diagonales”.

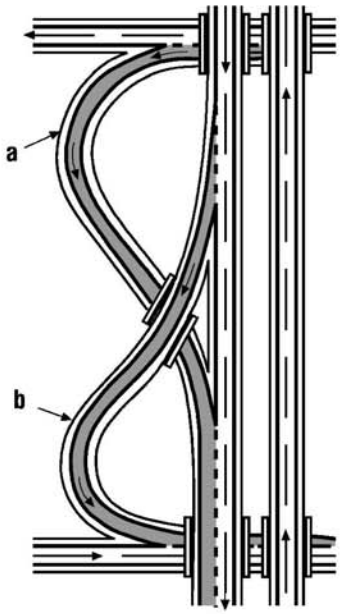
Ramales Directos



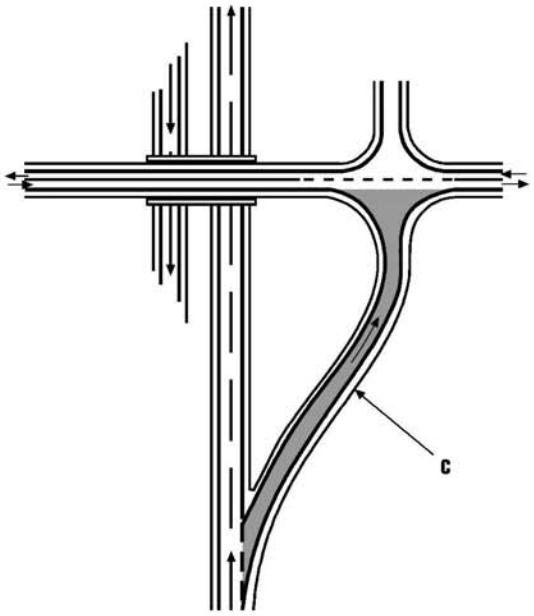
Ramal Semidirecto y Lazo



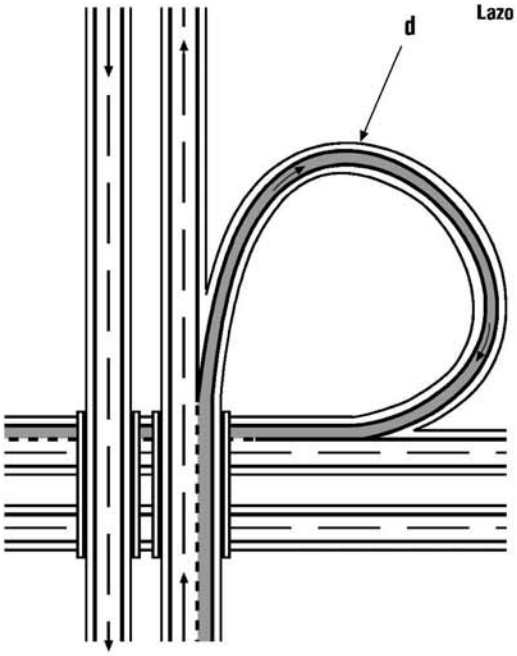
Ramales Semidirectos en que se alternan el lado de salida respecto al de entrada



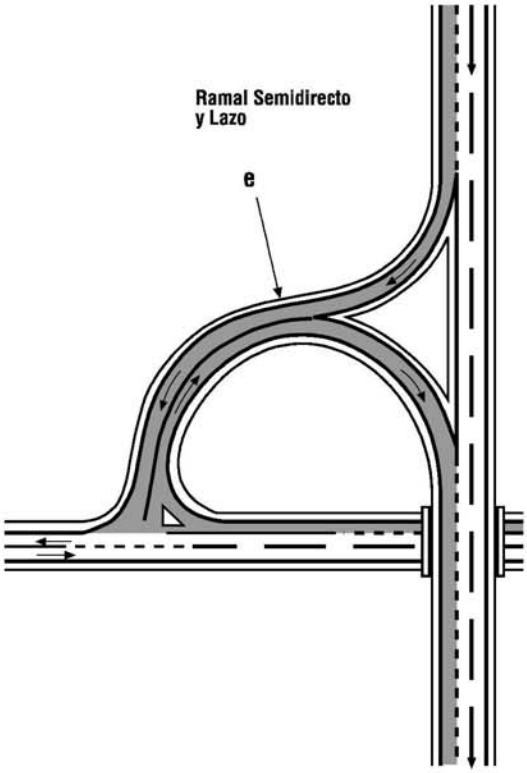
Ramal Semidirecto en Enlace Tipo Diamante



Lazo



Ramal Semidirecto y Lazo



3.503.304 Lazos. Son aquellos ramales utilizados para dirigirse a la izquierda, mediante una curva cerrada hacia la derecha que se desarrolla en más de 200^g -unos 300^g- como se aprecia en la figura d de la Lámina 3.503.3.B.

Frecuentemente se da el caso de unión de un lazo con un ramal semidirecto, lo que produce configuraciones como la indicada en la letra e de la Lámina 3.503.3.B o como la llamada "trompeta", parte de la cual aparece en la Lámina 3.503.3.A, letra d.

Por las características geométricas de los lazos, que generalmente obligan a velocidades de proyecto 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.

3.503.305 Otras Unidades en Enlaces.

3.503.305(1) Pistas Auxiliares. Se denomina así, en el contexto de un enlace, a las pistas adicionales y adyacentes a una carretera que proveen espacio y oportunidades adicionales para maniobras de trenzado en dicha carretera, de ingreso a ella y de salida desde la misma. El ancho de estas pistas debe ser igual a las que constituyen la sección tipo de la carretera en el punto donde las pistas auxiliares se agregan.

La eficiencia operacional en un enlace puede ser mejorada usando una pista auxiliar continua entre un terminal de entrada a una carretera y uno de salida de ella cuando los enlaces están próximos, cuando la distancia entre el final de una cuña de entrada y el inicio de una cuña de salida es corta, y cuando no existe calzada colectora distribuidora que ayude a la operación vehicular en tal circunstancia.

Una pista auxiliar puede generarse de manera simple, manteniendo la configuración determinada por el empalme de la pista que converge (ramal) a la calzada principal, o en conjunto con un empalme de dos pistas. La desaparición de una pista auxiliar puede conseguirse de varias maneras:

- Mediante una salida de dos pistas, como se esquematiza en la figura A de la Lámina 3.503.305.A. Esta solución cumple con el principio de equilibrio de pistas (ver 3.503.502).

- Mediante una salida de una sola pista, como se esquematiza en la figura B de la Lámina 3.503.305.A. Esta solución está de acuerdo con las excepciones a dicho principio de equilibrio de pistas.

- Manteniendo la pista auxiliar hasta la nariz de la salida y luego haciéndola desaparecer mediante cuña normalizada (3.404.307), como se esquematiza en la figura C de la Lámina 3.503.305.A. Este esquema provee una zona de recuperación a quienes inadvertidamente se mantienen en la pista discontinuada.

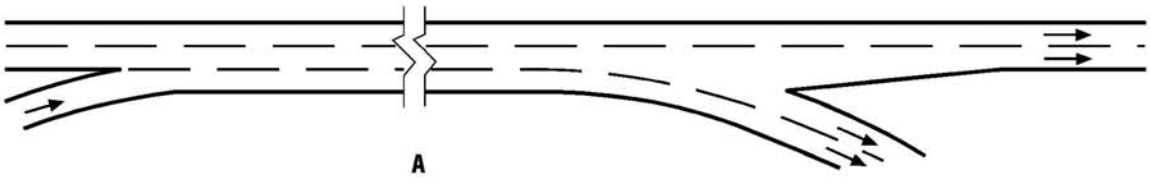
Cuando se aplica estos métodos para hacer desaparecer una pista auxiliar se debe asegurar que la zona de la nariz sea visible desde cualquier punto de dicha pista auxiliar.

Si las maniobras de reingreso a las pistas de paso son recurrentes, la zona de recuperación puede extenderse entre 150 y 300 m despues de la nariz, antes de hacerla desaparecer mediante cuña normalizada (figura D de la Lámina 3.503.305.A). En grandes enlaces, esta longitud puede aumentar hasta 450 m.

Cuando una pista auxiliar se mantiene a través de varios enlaces, puede desaparecer según las especificaciones anteriores o puede desaparecer unos 750 m después de concluida la influencia del último de dichos enlaces (figura D de la Lámina 3.503.305.A).

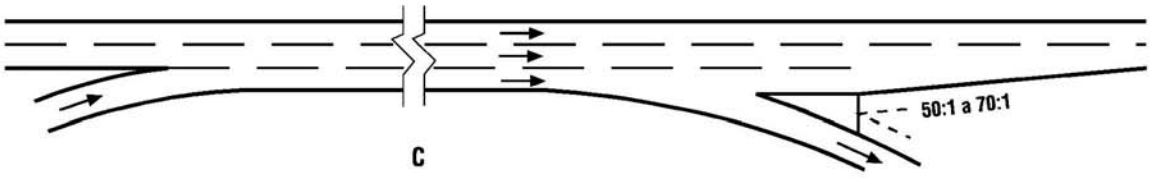
3.503.305(2) Calzadas Colectoras-Distribuidoras. Se denomina así, en el contexto de un enlace, a las calzadas adicionales adyacentes pero separadas de las calzadas principales, con igual sentido de tránsito que éstas, que sirven para conectar dichas calzadas principales a la red local cuando las distancias entre conexiones sucesivas no son suficientes para realizarlas directamente. El trébol completo o con lazos en cuadrante contiguos son los ejemplos típicos en los cuales se debe analizar la implantación de tales calzadas, cuyas principales ventajas son:

FORMAS DE DESAPARICION DE PISTAS AUXILIARES

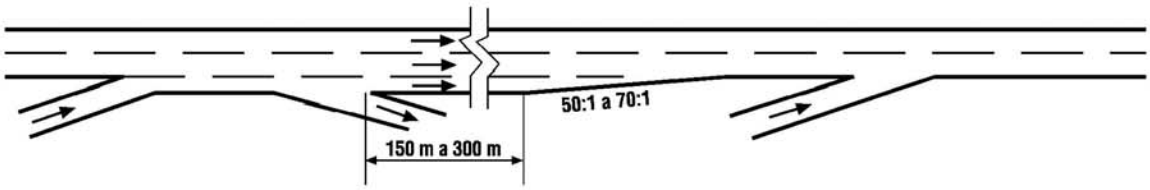


A

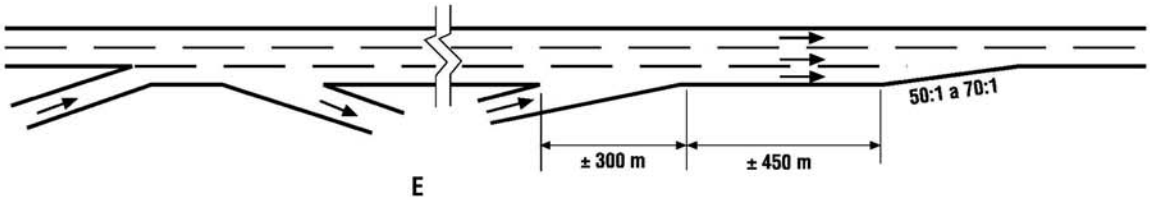
B



C



D



E

- Transfiere a ella las maniobras de trenzado, donde éstas se pueden realizar a velocidades reducidas.
- Permite unificar las salidas en un solo dispositivo de egreso de alta velocidad, uniformar los diseños y otorgar mejor visibilidad para todo el tránsito saliente.
- Simplifica la señalización y los procesos de toma de decisiones.
- Permite localizar la salida antes de la estructura desniveladora, lo cual se acomoda mejor a las expectativas de los usuarios.

Estas calzadas pueden estar constituidas por una o dos pistas, dependiendo de la demanda que sobre ellas se prevé. El equilibrio de pistas (3.503.502) debe mantenerse en las entradas y salidas a y desde la calzada principal, pero no necesariamente en la colectora-distribuidora, puesto que las maniobras de trenzado se dan en ella a velocidades reducidas. Las velocidades de proyecto para estas calzadas varían entre 50 y 80 km/h, pero no deberían ser inferiores en más de 10 y excepcionalmente en más de 20 km/h a la de la carretera principal. También es necesario, para que estas carreteras colectoras-distribuidoras operen bien, que la señalización en ellas sea clara y oportuna, especialmente cuando ellas sirven a más de un enlace.

Como orientación general, se puede decir que para volúmenes de trenzado superiores a 1000 veq/h las calzadas colectoras-distribuidoras son recomendables.

3.503.305(3) Tramos de Trenzado. Se denomina así a tramos de carretera en los que se produce entrecruzamiento de las trayectorias de los vehículos provenientes de accesos que convergen en el inicio del tramo de trenzado y que se dirigen a salidas también contiguas entre sí al final del mismo tramo; esto cuando se tiene orígenes y destinos distintos para dichas trayectorias vehiculares. Esto ocurre entre entradas y salidas sucesivas en enlaces y en segmentos de carreteras que se yuxtaponen.

Es deseable eliminar la ocurrencia de entrecruzamientos, por la pérdida de eficiencia que tales maniobras imponen a la operación de la carretera en los tramos donde éstas se producen. Para conseguirlo se puede recurrir a diseños de enlace en los cuales no se genera trenzados, o trasladarlos a una carretera colectora-distribuidora paralela a la carretera principal. Lo primero presenta como inconveniente los costos generalmente más elevados, producto de la multiplicación de las estructuras. Excepción a esto se tiene en el caso del trébol parcial en cuadrantes opuestos (figuras superiores e inferiores en Lámina 3.503.402(2).C), por lo que éstos son recomendables cuando la estructura de la demanda es coherente con la particular geometría que dichos enlaces ofrecen a cada movimiento.

Cuando se contempla la implantación de enlaces tipo trébol, completos o con lazos en cuadrantes contiguos, se debe considerar la inclusión de tramos colectores distribuidores en la carretera principal (figura B en Lámina 3.503.402(1).A), e incluso en ambas si ello se justificara. Como se dijo, flujos de trenzado del orden de 1.000 veq/h suelen justificar tales dispositivos.

La longitud de los tramos de trenzado y el número de pistas requerido para satisfacer la demanda en uno de estos tramos dentro de los niveles de servicio deseados son materia de estudios especiales de capacidad. La forma de hacer este análisis es materia del Numeral 3.402.305(2). Para abordar casos más complejos se recomienda acudir al Capítulo 4 del “Highway Capacity Manual”, 3ª edición Reporte Especial 209 (Transportation Research Board; National Research Council; Washington DC, 1997).

3.503.4 TIPOS DE ENLACES

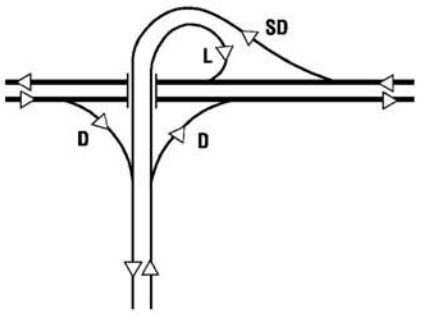
3.503.401 Enlaces de Tres Ramas. Un enlace de tres ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo en ese punto su continuidad.

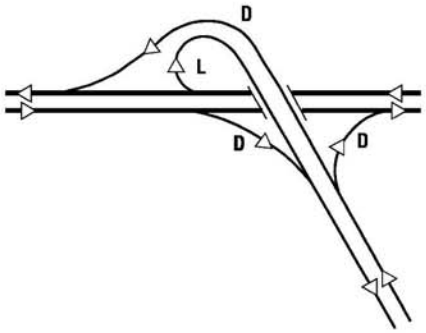
Si los giros, que son sólo cuatro, se resuelven mediante ramales directos o semidirectos, se tiene el caso de los Enlaces Direccionales. Si se utilizan lazos se tiene el tipo trompeta.

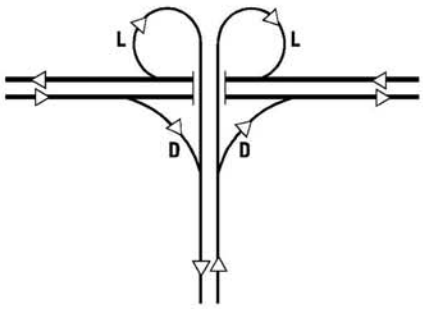
En la Lámina 3.503.401.A se muestra ejemplos de cada caso.

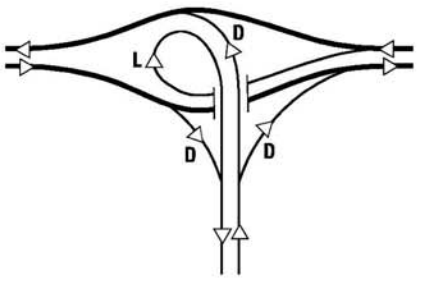
ENLACES TIPO DE TRES RAMAS

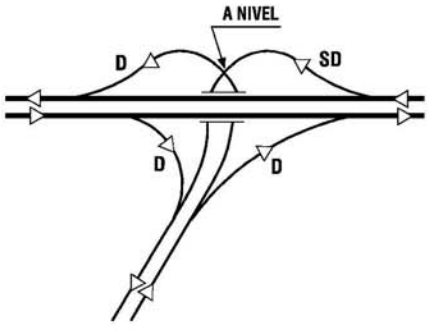
ENLACES DEL TIPO TROMPETA



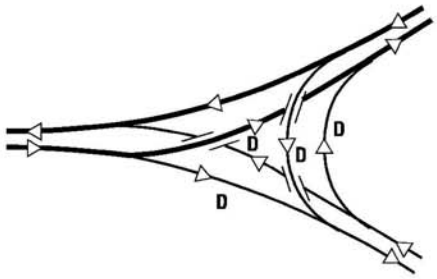


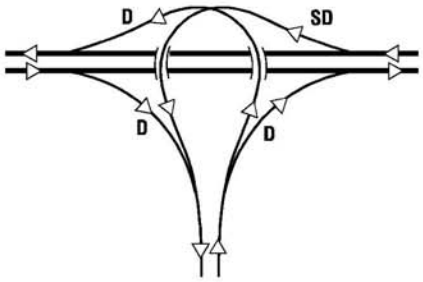


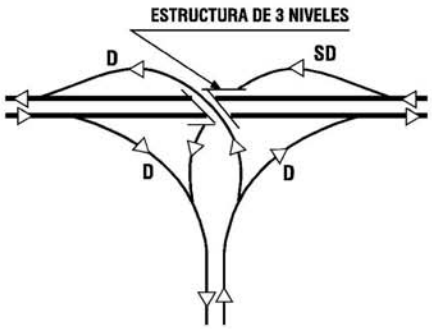


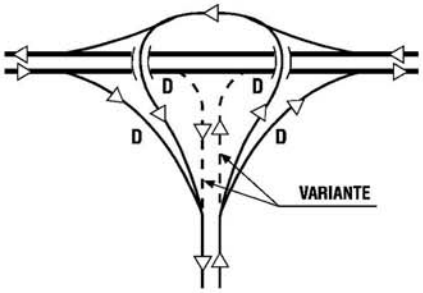


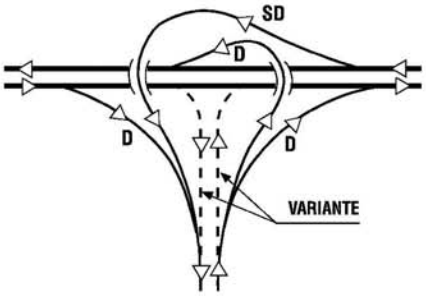
ENLACES DEL TIPO T DIRECCIONAL











NOMENCLATURA
= CARRETERA PRINCIPAL
SD = RAMAL SEMIDIRECTO
D = RAMAL DIRECTO
L = LAZO

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.

3.503.402 Enlaces de Cuatro Ramas.

3.503.402(1) Aspectos Generales. Al tratar los enlaces de cuatro ramas se debe hacer una necesaria clasificación funcional. Se debe distinguir entre los enlaces con condición de parada, o sea aquellos que implican una detención en algunos de los flujos de tránsito, y los enlaces que tienen libre circulación de todos los flujos. En la Lámina 3.503.402(1).A se presentan los dos tipos más característicos, con y sin condición de parada: el enlace Tipo Diamante y el enlace Tipo Trébol.

3.503.402(2) Enlaces con Condición de Parada. En estos enlaces 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.

3.503.402(2) a) Enlaces Tipo Diamantes.

Son aquellos en los que todos los giros a la izquierda tienen condición de parada. Un diamante clásico es un enlace 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.

Ver Capítulo 3.400 referente a intersecciones a nivel para lo tocante a los cruces en los caminos secundarios.

En la Lámina 3.503.402(2).A se presenta 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 ha 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 enlace. Esto implica que la salida debe efectuarse en el enlace anterior y llegar a la intersección por la vía de servicio, a la vez que la entrada tampoco es permitida en el mismo enlace sino que en los adyacentes. Esta solución es adecuada en casos de varios enlaces cercanos, como ocurre cuando una vía principal pasa por un poblado en que las transferencias se pueden hacer en la red urbana.

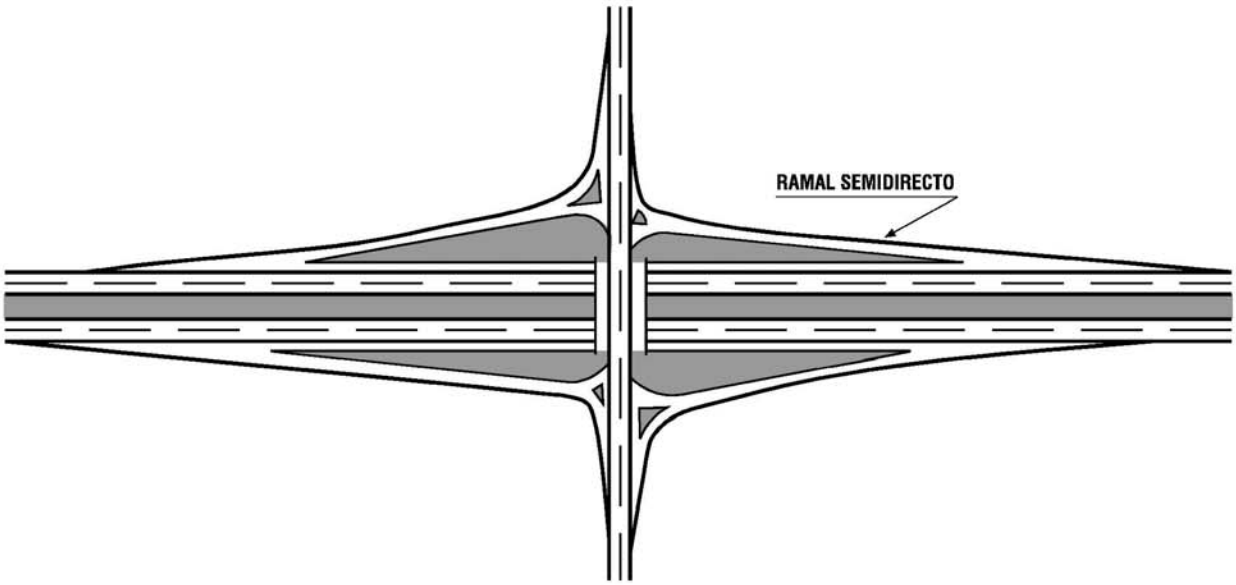
En la Lámina 3.503.402(2).B se muestra algunos arreglos para reducir conflicto en las intersecciones.

En un enlace tipo diamante partido se separa los giros de entrada y de salida desde la carretera principal. Una solución de este tipo se justifica cuando hay posibilidades de tener dos enlaces sobre dos vías secundarias paralelas y a poca distancia. Es más recomendable aún cuando ambas vías secundarias son unidireccionales.

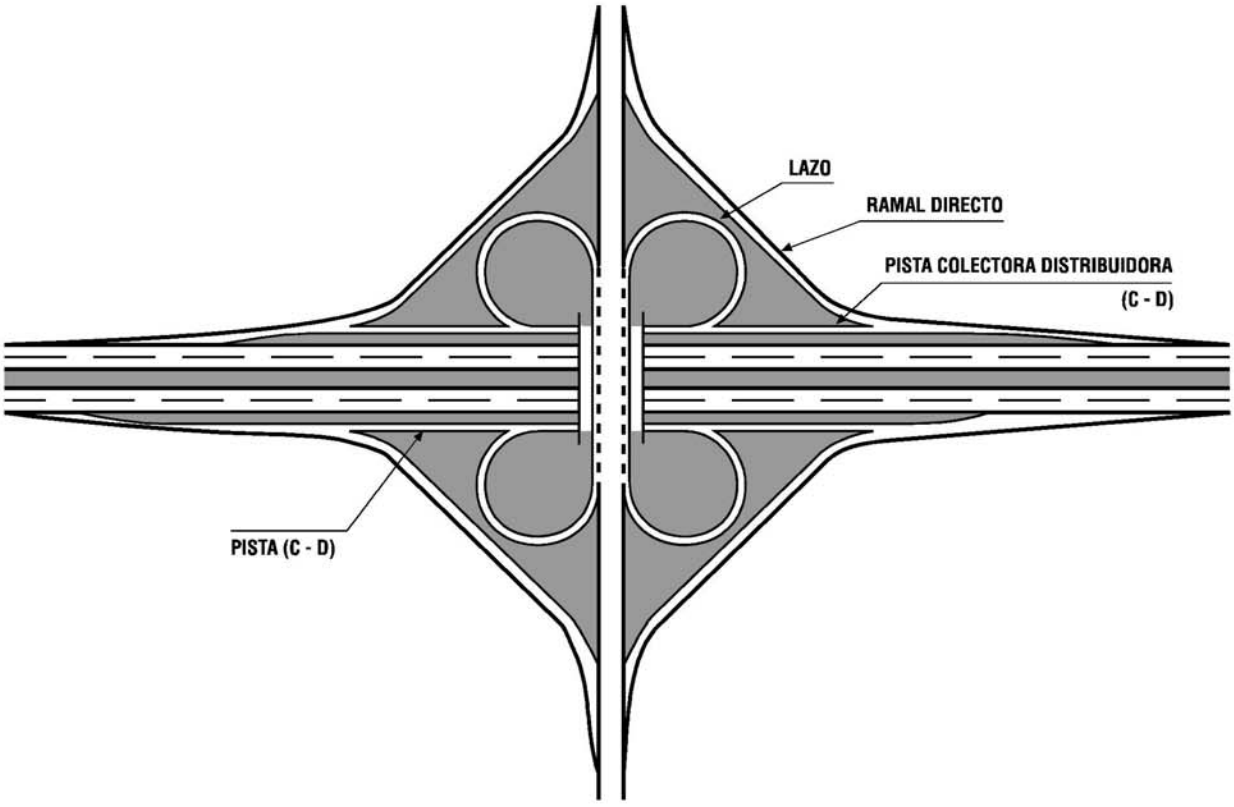
3.503.402(2) b) Enlace Tipo Trébol Parcial.

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 semidirectos 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 Lámina 3.503.402(2).C se indica 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. Sin embargo, los tréboles parciales en cuadrantes opuestos presentan la ventaja de eliminar los tramos de trenzado.

A. DIAMANTE (ELEMENTOS BASICOS)

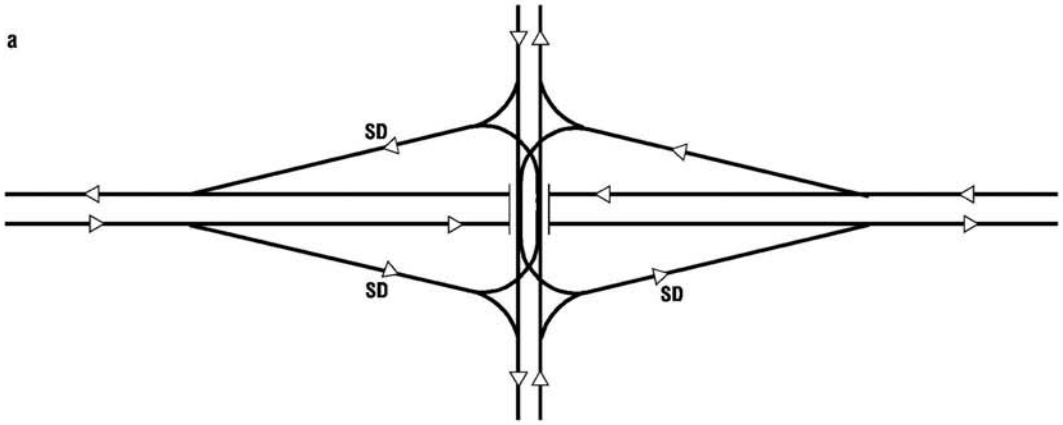


B. TREBOL DE 4 CUADRANTES (ELEMENTOS BASICOS)

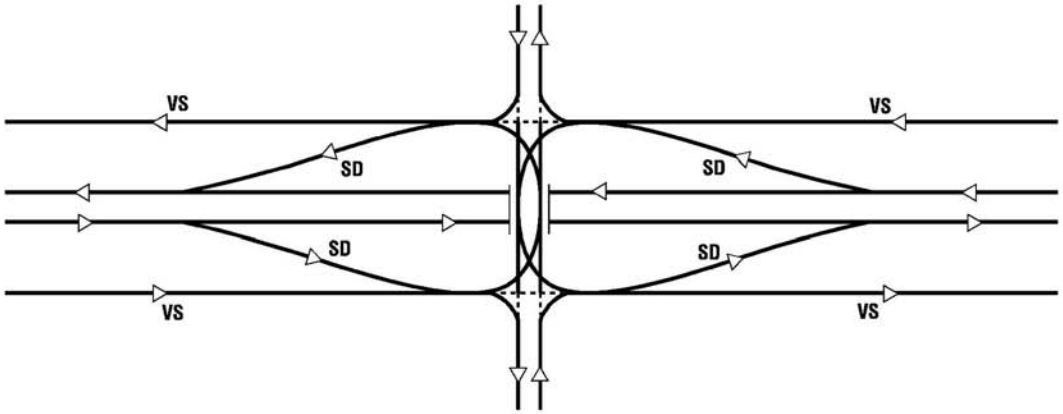


ENLACES TIPO DIAMANTE CLASICO

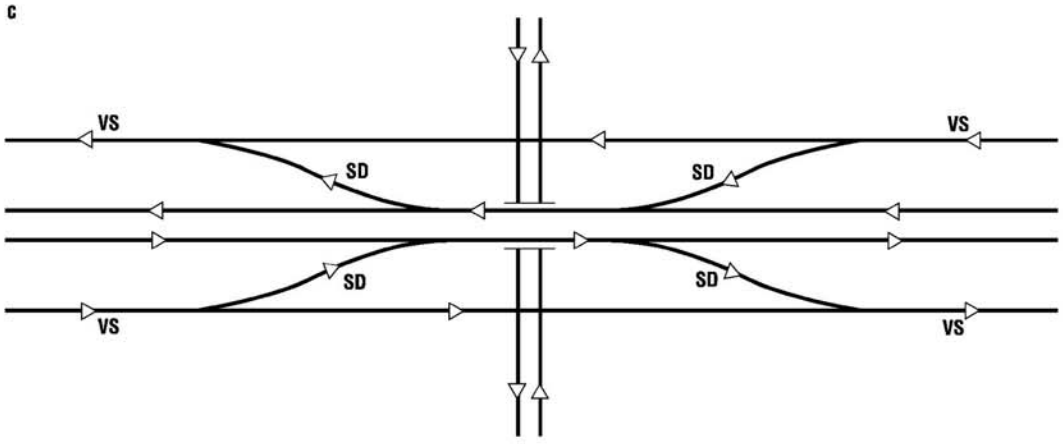
a



b

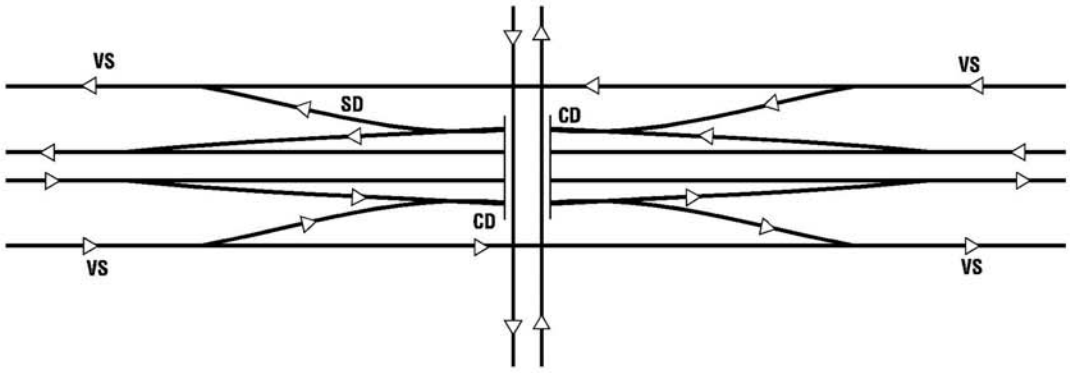


c

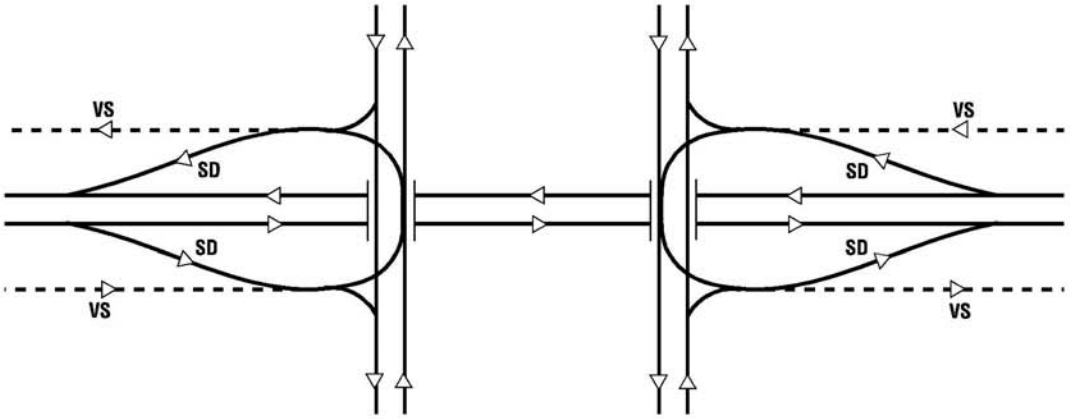


NOMENCLATURA ——— = CARRETERA PRINCIPAL SD = SEMIDIRECTO

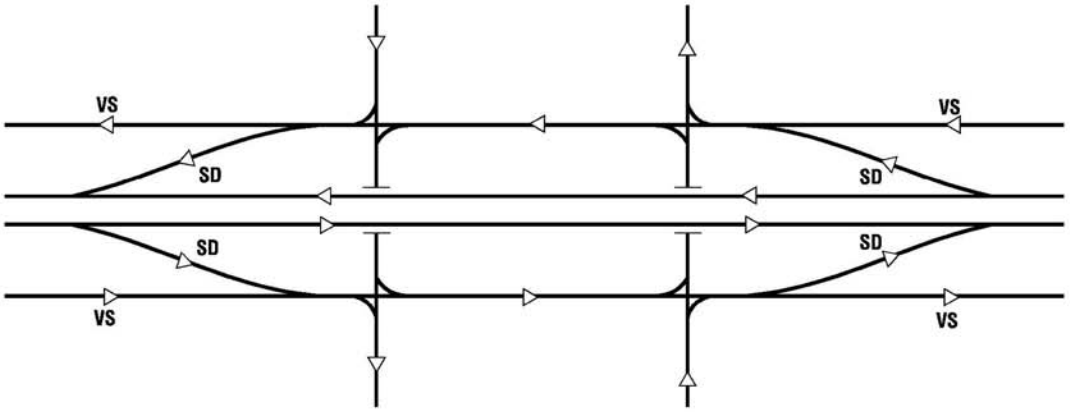
VS = VIA DE SERVICIO



ENLACE TIPO DIAMANTE CON VIAS COLECTORAS - DISTRIBUIDORAS



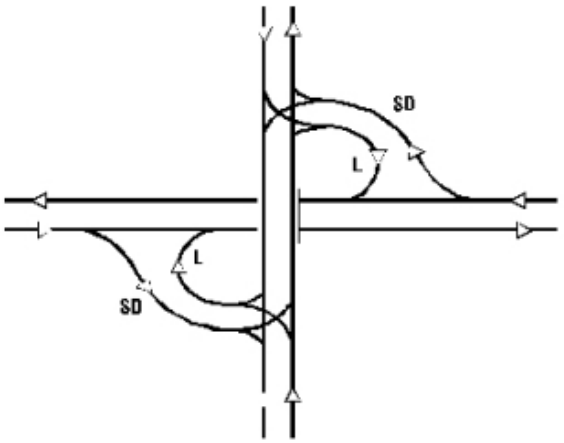
ENLACE TIPO DIAMANTE PARTIDO



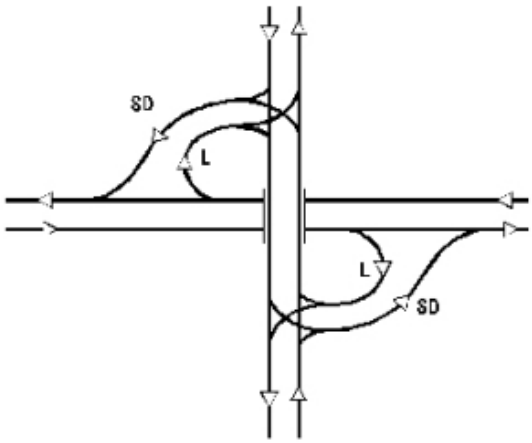
VIAS TRANSVERSALES DE UNA SOLA DIRECCION

NOMENCLATURA ——— = CARRETERA PRINCIPAL
CD = VIA COLECTORA DISTRIBUIDORA
SD = SEMIDIRECTO
VS = VIA DE SERVICIO

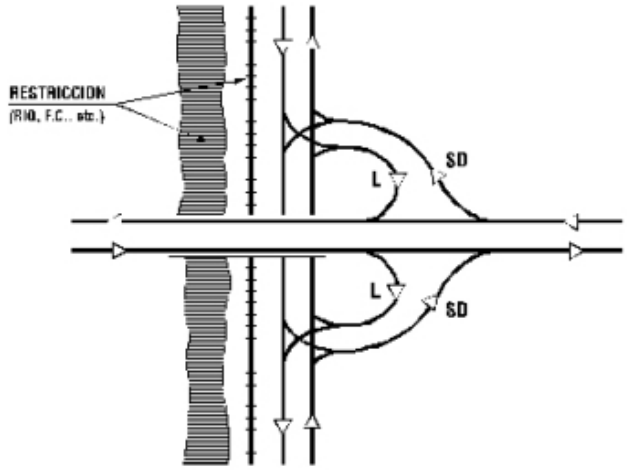
ENLACES TIPO TREBOL PARCIAL



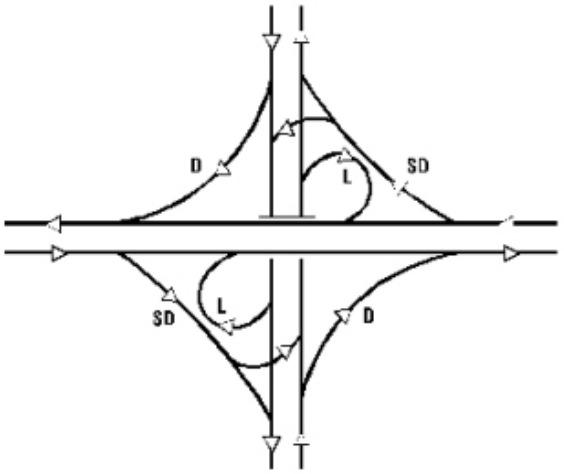
DOS CUADRANTES (A)



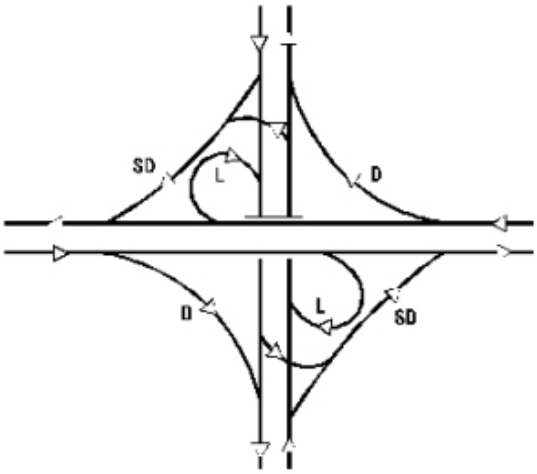
DOS CUADRANTES (D)



DOS CUADRANTES (AD)



CUATRO CUADRANTES (A)



CUATRO CUADRANTES (D)

NOMENCLATURA ——— = CARRETERA PRINCIPAL
L = LAZO
D = RAMAL DIRECTO
SD = RAMAL SEMIDIRECTO

NOTA: LA DESIGNACION A o D DEL TREBOL PARCIAL SIGNIFICA QUE LA SALIDA DE LA CARRETERA PRINCIPAL ESTA ANTES O DESPUES DE LA ESTRUCTURA

3.503.402(3) Enlaces de Libre Circulación. En estos enlaces todos los giros se resuelven sin intersecciones a nivel. El número de combinaciones posibles de realizar en un diseño de enlace de este tipo es tan grande que para establecer criterios generales se debe suponer simetría en la solución de los cuatro cuadrantes.

En la Lámina 3.503.402(3).A se indica 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 enlace 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 semidirectos) 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 (ver Numeral 3.503.305(3)).

En la Lámina 3.503.402(1).A, 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.

3.503.403 Enlaces de más de Cuatro Ramas. Estos enlaces 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.

3.503.404 Rotondas Desniveladas. Las formas más comunes de rotondas desniveladas son las de dos puentes (figura A en Lámina 3.503.404.A) y la de tipo “pesa” o “mancuerna” (figura B en Lámina 3.503.404.A). Esta última puede ser adoptada para reemplazar esquemas de trébol parcial o diamante.

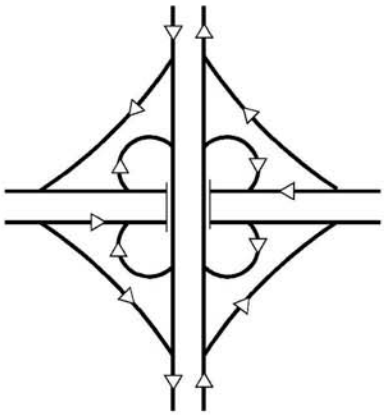
Cuando se tiene el cruce de dos vías importantes y los enlaces de otro tipo no es económicamente conveniente o el suelo necesario no está disponible, podría considerarse una rotonda de tres niveles (figura C en Lámina 3.503.404.A), en la que los movimientos de giro utilizan el anillo para ejecutar las maniobras del caso. No se recomienda el diseño de grandes rotondas de este tipo, por los problemas de acceso que se generan debido a las altas velocidades de los vehículos que circulan por dicho anillo.

3.503.5 NUMERO Y EQUILIBRIO DE PISTAS

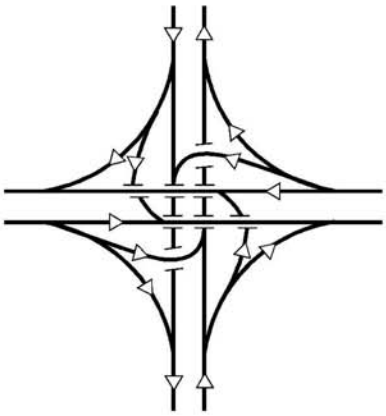
3.503.501 Número Básico de Pistas. Las carreteras deben mantener un número constante de pistas en tramos tan largos como sea posible, excluyendo de la contabilidad las pistas auxiliares que puedan ser necesarias ocasionalmente. Este número constante de pistas es denominado “básico”. Esto significa que no se debe reducir el número de pistas en forma ocasional por reducciones locales de la demanda. En cuanto a la ampliación del número de pistas por aumentos puntuales de la demanda, éstos deben ser resueltos con pistas auxiliares (3.503.305(1)).

3**.503.502 Equilibrio de Pistas.** Para que la operación vehicular sea eficiente en la zona del enlace y posteriormente a él, debe existir un adecuado equilibrio entre el número de pistas de los ramales y de las carreteras de paso. Los volúmenes de diseño y el análisis de capacidad respectivo determinan el número básico de pistas en la carretera y el número de pistas de los ramales. Se reitera la conveniencia de mantener la continuidad del número básico de pistas en zonas de entradas y salidas, aunque entre enlaces puedan aparecer disminuciones locales de flujos, y recurrir a pistas auxiliares para resolver demandas puntuales superiores. Una vez determinado el número básico de pistas en cada carretera, el equilibrio entre las pistas debe ser comprobado sobre la base de los siguientes principios:

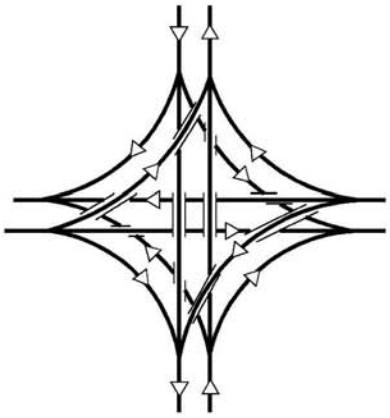
ENLACES SIMETRICOS DE LIBRE CIRCULACION



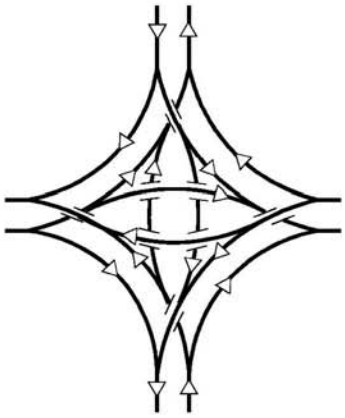
TREBOL



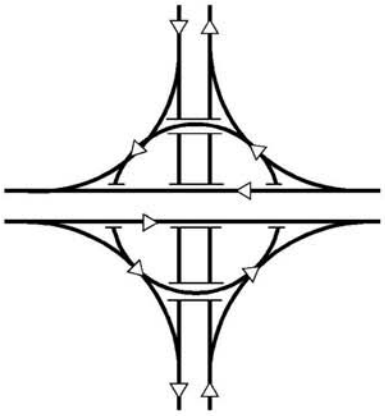
SEMI - DIRECTO
(con una salida)



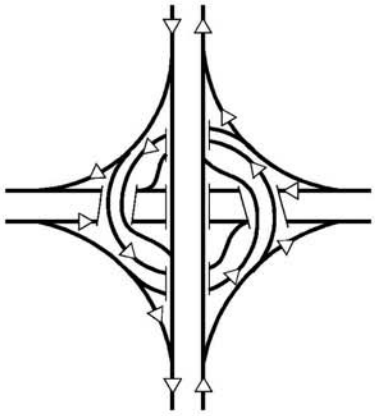
OMNI - DIRECCIONAL



OMNI - DIRECCIONAL
(calzadas transpuestas)



ROTATORIO



TURBINA

En las entradas, el número de pistas que debe existir más allá del ingreso no debe ser inferior a la suma de todas las pistas convergentes menos una.

En las salidas, el número de las pistas de la carretera previas a la salida debe ser igual al número de las pistas de la carretera posteriores a la salida más el número de pistas de salida, menos una. Excepción a esta regla es el caso de tramos con pistas auxiliares entre ingresos y salidas sucesivas distantes menos de 450 m, como ocurre por ejemplo en los tréboles entre lazos en cuadrantes contiguos. En tales casos, la pista auxiliar puede desaparecer tras la última salida (de una pista), y se tendría que el número de pistas de llegada al dispositivo de salida sería igual al número de pistas posteriores a dicha salida más la pista de salida (ver casos señalados con (2) en Lámina 3.503.502.A).

No se debe reducir el número de pistas en más de una a la vez.

En la Lámina 3.503.502.A se ilustra estos principios.

FIGURA A
Rotonda de Dos Puentes

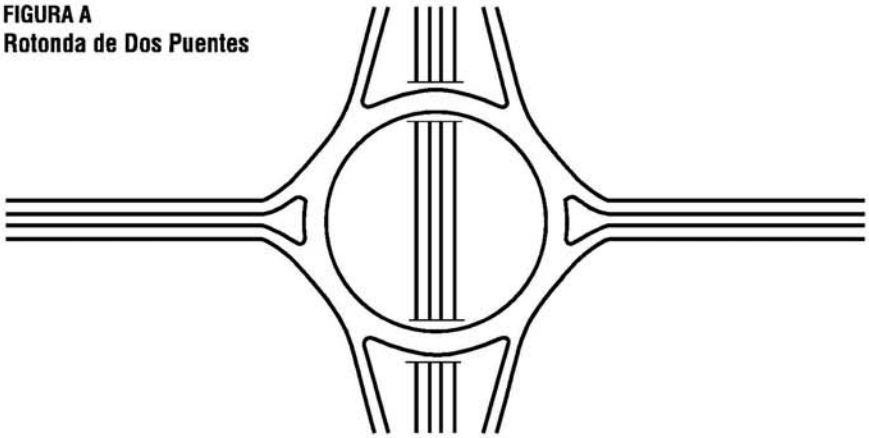


FIGURA B
Rotonda Tipo Pesa

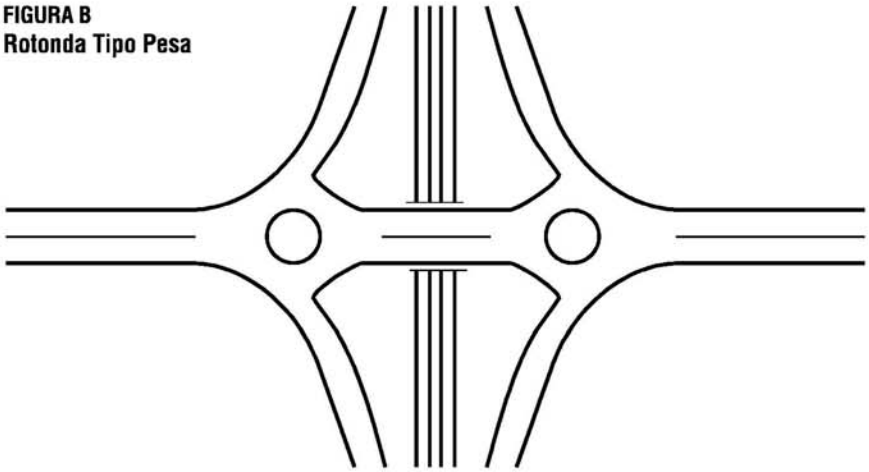
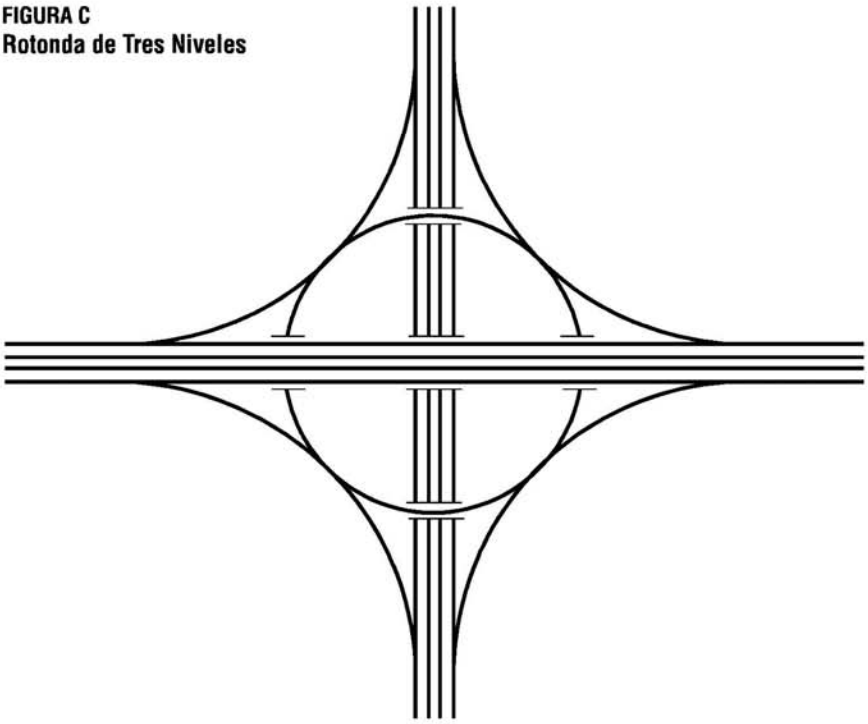
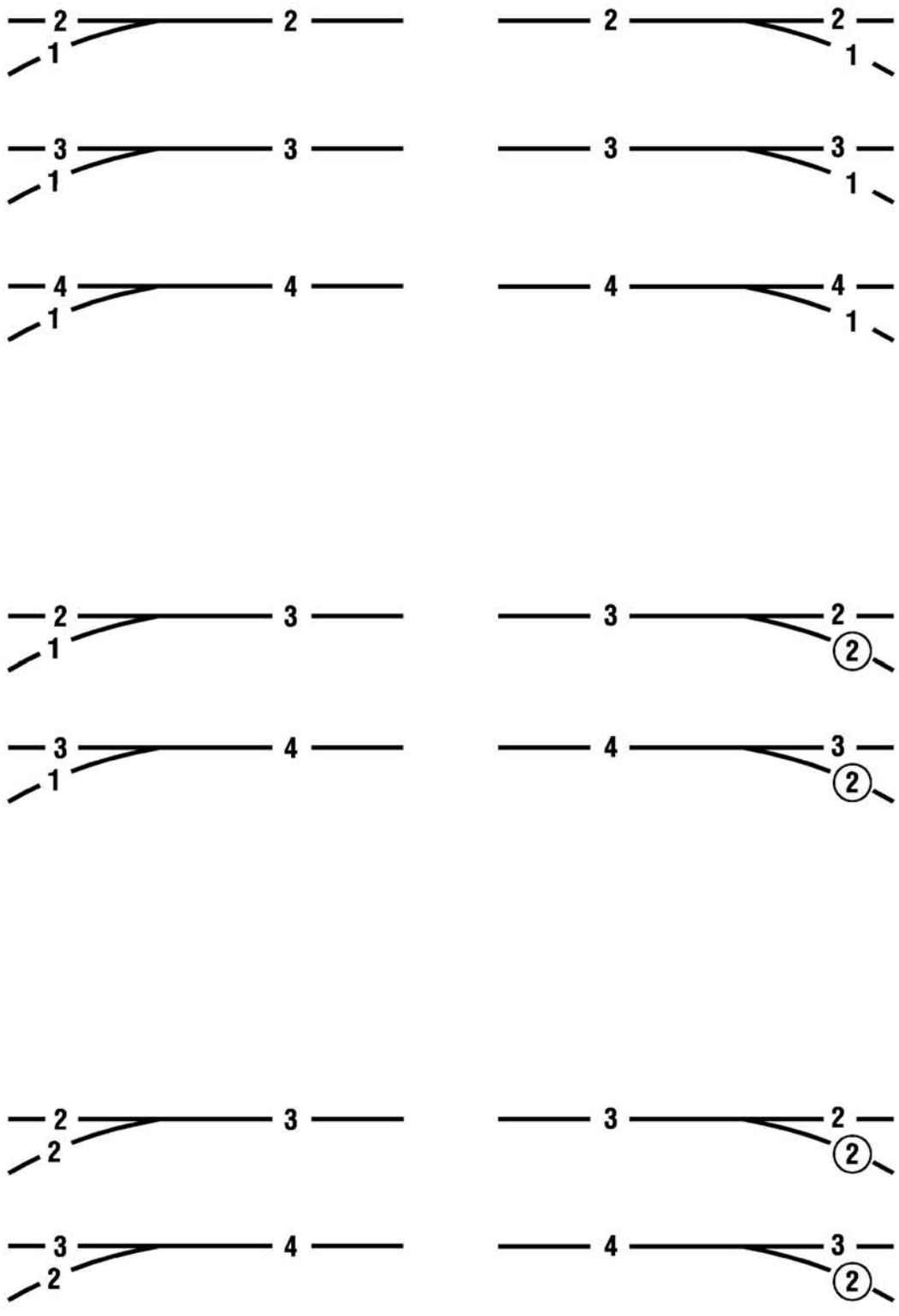


FIGURA C
Rotonda de Tres Niveles



EJEMPLOS DE EQUILIBRIO DE PISTAS



SECCION 3.504 DISEÑO GEOMETRICO DE UN ENLACE

3.504.1 ASPECTOS GENERALES

3.504.101 El Enlace: Una Unidad de Diseño. Las variables que condicionan el proyecto de un enlace serán más mientras mayor sea el número de las vías a enlazar y mientras mayores sean las posibilidades de modificar o proyectar totalmente el trazado de dichas vías. En todo caso, suceda esto o lo contrario -que sería tener que adecuar el enlace a una vialidad existente e inmutable- para una eficiente solución del problema es fundamental abordarlo entendiendo que su diseño abarca toda el área de la construcción, en vez de limitarlo a la definición de cada uno de sus elementos.

No obstante lo anterior, se puede distinguir en un enlace el tronco de la vía, cuya definición geométrica se rige por las normas contenidas en los Capítulos anteriores del presente Volumen N° 3, y los ramales del mismo, para cuyo trazado en planta y elevación se aplica estrictamente la Velocidad de Proyecto.

Para el diseño en planta de ramales de enlace, al igual que en el caso de intersecciones, no se considera la dispersión de las velocidades de operación evidenciadas en la práctica, cuyo análisis condujo a definir la velocidad V85% (Capítulo 3.100). En efecto, en los ramales de enlaces, cuyas longitudes son generalmente cortas y cuyas condiciones geométricas inducen comportamientos conservadores, no son aplicables los criterios que respaldan dicha definición. Consecuentemente, tampoco se adopta las relaciones radio-peralte definidas para el caso del diseño del tronco del camino o carretera, sino que se mantiene el criterio antiguo, que recomienda que la aceleración transversal generada por el desplazamiento de un móvil según una trayectoria circular será compensada en un 25% por el peralte y en un el 75% por la fricción transversal, lo cual genera dinámicas de desplazamiento que no incentivan velocidades superiores a las reglamentarias. Esto sin perjuicio de permitir radios mínimos absolutos calculados con valores máximos de t y p=8% en la expresión $R_{MIN} = V^2/127(t+p)$ para velocidades inferiores a 70 Km/h (ver Tabla 3.504.203(3).A).

Tampoco se aplica para el diseño de ramales de enlace el criterio que llevó a considerar la velocidad V* para la definición de los parámetros de diseño vertical. La velocidad que debe asumirse para dichos parámetros son los correspondientes a la Velocidad de Proyecto.

3.504.102 Esquema del Proceso de Definición Geométrica de un Enlace. En la Lámina 3.504.102.A se presenta una posible secuencia para el conjunto de actividades principales y centrales del diseño geométrico de un enlace. 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 estructurado 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 enlace, 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 enlace 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 enlace, resuelto su emplazamiento y determinada la disposición general de los ramales, con el fin de mostrar el proceso de definición geométrica propiamente tal.

   Cabe hacer notar que aunque se tenga resuelto el tipo y el emplazamiento de un enlace, 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 y todos ellos pueden ser dimensionados según criterios diversos.

Si se desea, el proceso descrito en la Lámina 3.504.102.A 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 levantamientos escala 1:500 ó 1:1000; se establece los elementos que coincidirán con los ejes de replanteo de cada uno de los elementos del enlace (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 estas vías no son modificadas, es necesaria una definición taquimétrica de aquellos 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 las pistas de las calzadas asociadas a cada uno de los ramales del enlace, 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 define analíticamente los ejes en planta de las carreteras -si éstas fueran objeto de trazado- y de los ramales del enlace, 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.

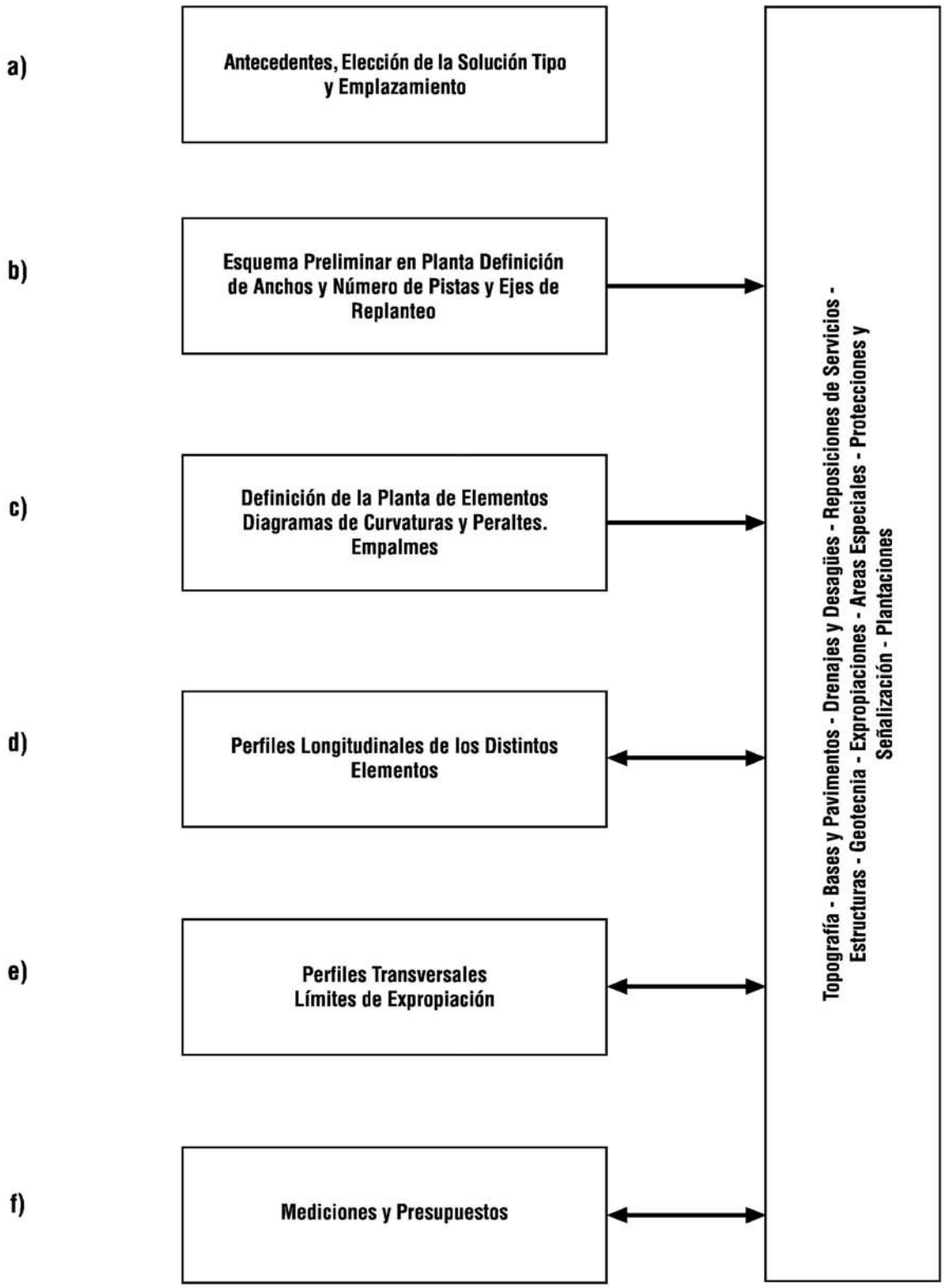
d) Es el momento de ejecutar los perfiles longitudinales de los ramales y carreteras ya definidas en planta. Ahora la flecha es doble, lo que indica que en este momento la interconsulta entre el proyectista y los especialistas es necesaria, puesto que es muy posible que existan condicionamientos, provenientes principalmente de los requerimientos de cotas para las obras de arte en general, que afectan el trazado en elevación. Si no 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) Se ejecuta los perfiles transversales, de los cuales se desprenden los límites de explanación 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 expropiaciones.

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.

3.504.103 Interdependencia de los Trazados en Planta y Elevación. En el caso de un enlace, la planta y la elevación del mismo se condicionan mutuamente en mayor grado que en el caso de las intersecciones a nivel, en las que no existen grandes diferencias de cota a resolver.

ESQUEMA DEL PROCESO DE DEFINICION GEOMETRICA DE UN ENLACE



Esto 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 que dar a la configuración que se proponga.

Esta interdependencia se manifiesta inicialmente en el momento 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 enlace, 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 proceda, se debe estudiar este asunto considerando 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 enlace, 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 mínima.

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) 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 en un punto puede depender no tanto de las condiciones locales como de la planificación del conjunto de la obra. Ejemplo de esto es el caso de vías próximas a ciudades en las que su condición de deprimidas o elevadas es producto de una decisión que no permite excepciones.

k) Se debe tener en cuenta que la construcción del enlace 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 superior de la carretera principal no limita el gálibo a sus usuarios, quedando ésta apta para cargas especiales.

3.504.104 Distancias de Visibilidad. Los valores mínimos de distancia de visibilidad son los mismos que se aplican en intersecciones (Tabla 3.404.205(1).A), 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 distancia mínima de visibilidad por efecto de la estructura en acuerdos verticales cóncavos, úsense los criterios del Numeral 3.204.401(3) letra b) y las fórmulas correspondientes si se desea proveer distancias de visibilidad de adelantamiento en carreteras bidireccionales de dos pistas.

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 amplios en estas zonas.

3.504.2 TRAZADO EN PLANTA

3.504.201 Aspectos Generales. Como en todo trazado vial, la planta de un ramal es el resultado del calce sucesivo de alineaciones rectas y curvas, acordadas entre sí por otras curvas circulares de radio más amplio o por clotoides de transición. Tal sucesión debe constituir un eje cuya tangente sea una función continua de su desarrollo. A continuación se describirá los aspectos normativos que deben regir dichos trazados de las carreteras en la zona de enlace, de los ramales y de sus empalmes con otros elementos del diseño.

3.504.202 Ajuste de las Carreteras que se Enlazan. Con la excepción del caso en que se proyecta enlazar carreteras que no se cruzan, todos los tipos de enlace requieren modificar o rediseñar una de ellas o ambas en la zona del dispositivo a diseñar.

La aparición de pilares, estribos, barreras de protección, cunetas especiales, soleras y otras protuberancias, supone un aumento de los riesgos para los usuarios con respecto a las secciones normales de las carreteras que acceden al enlace. Esto hace que sea necesario respetar los estándares de dichas carreteras en la zona del enlace y, si es posible, mejorarlos.

Se debe evitar las curvaturas horizontales que se inician o terminan cerca de un vértice cóncavo o convexo con pendientes de acceso acusadas.

En un enlace, una carretera de cuatro pistas debe ser de calzadas separadas. Muchas veces es preciso desdoblar una carretera bidireccional de dos pistas para evitar giros indebidos a la izquierda y para permitir la incorporación de pistas de aceleración que no están permitidas en carreteras bidireccionales. Esto aumenta la capacidad en la zona del enlace, afectada por los empalmes de entrada principalmente. También puede servir para ubicar pilares intermedios de la estructura.

Los ensanches de mediana se consiguen de la misma manera establecida para Intersecciones (Numeral 3.404.402(2) y Numeral 3.404.404).

3.504.203 Trazado de los Ramales

3.504.203(1) Aspectos Generales. 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 las pistas de cambio de velocidad que correspondan al caso proyectado, pudiendo los vehículos acceder o salir de ellas por sus lados izquierdo o 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 Proyecto para el ramal, la que a su vez depende del conjunto de circunstancias del proyecto.

A continuación se presentará los criterios que se debe aplicar para dicha elección y se describirá las características de las alineaciones utilizables.

3.504.203(2) Velocidad de Proyecto en Ramales. Cualquier operación de giro en un enlace 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 los desarrollos 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 enlace bien planificado por la eliminación de riesgos, por los aumentos de la capacidad, por una mayor eficiencia en la 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, será aquel que permita mantener la velocidad a los vehículos que se intercambian, en el caso de hacerlo entre dos carreteras de velocidades de proyecto iguales, y aumentarla o disminuirla de acuerdo a los valores de dichas velocidades de proyecto 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 proyecto 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 Proyecto de ramales reducida con respecto a los valores ideales.

Existen diversas maneras de abordar este asunto. Por ejemplo, considerar la Velocidad de Proyecto de la carretera principal y permitir reducciones de ésta según algún criterio normalizador, como lo establece AASHTO en “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets”, o considerar la Velocidad de Proyecto promedio de ambas carreteras y el tipo de ramal, y sobre ese valor aplicar reducciones, como lo especifica el MOP, España, en sus “Recomendaciones para el Proyecto de Enlaces”.

En ninguno de estos casos se contempla las diferencias operacionales que presentan entre sí los casos de los ramales de salida y de entrada desde y a carreteras con diversas velocidades de proyecto.

Estas simplificaciones son válidas, pero si se pretende permitir trazados de menor costo que en los países con mayores medios, se hace preciso aplicar algún criterio que permita afinar la elección de la Velocidad de Proyecto de los ramales.

El presente Volumen del Manual de Carreteras mantiene, en la Tabla 3.504.203(2).A, velocidades de proyecto en función del tipo de ramal, de las velocidades específicas de las carreteras y, muy importante, atendiendo a si éste es de salida o entrada respecto de la carretera principal. Esto último se toma en cuenta 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 Proyecto, pudiéndose dar el caso de desacato a la señalización o de mal uso de las pistas de deceleración.

Por esto la citada Tabla contiene valores para las velocidades de proyecto de ramales distintos para cada par de velocidades específicas de las vías, según sea el sentido del ramal. Esto permite trazados de menor costo en los ramales que discurren desde Vp bajas hacia Vp altas y trazados que son los habituales en otros países para el caso opuesto.

Ejemplo de utilización (con interpolaciones): sea un ramal semidirecto que sale desde una carretera con Vp = 90 km/h y llega a una de 70 km/h.

En la columna de la izquierda (ORIGEN) aparecen los valores 80 y 100 y en la fila superior (DESTINO), para el caso de ramales semidirectos, aparecen 60 y 80. Los valores de VpR (Velocidad de Proyecto del Ramal) entre los que hay que interpolar son: 45, 50, 60 y 60, que aparecen en el recuadro segmentado de la Tabla 3.504.203(2).A.

La VpR mínima deseable será (45 + 50 + 60 + 60) / 4 = 55 km/h, debiendo usarse valores mayores siempre que sea posible. Nótese que el caso contrario, o sea, un ramal que va desde Vp = 70 km/h a Vp = 90 km/h resulta de VpR = 45 km/h.

Si el ramal fuera de doble sentido, se consideraría el sentido 90 - 70 que es el más exigente

Por último, cabe hacer notar que en ramales largos, en los que se pueda efectuar un trazado con distintas curvas, la velocidad VpR puede ser menor, siempre que en la zona próxima a la salida desde la carretera más importante (o de enlace a ella) se respete el trazado mínimo impuesto por esta norma. Esto es particularmente aplicable al caso de un ramal que accede a una intersección a nivel con condición de parada, donde VpR es nula.

En ramales cortos con condición de parada, se utilizan los valores correspondientes a Vp = 40 de la fila superior, proveyendo de la distancia suficiente para detenerse en el punto requerido.

TABLA 3.504.203(2).A
VELOCIDADES DE PROYECTO MINIMAS EN RAMALES DE ENLACE

Vp Carretera de Destino km/h →		Directos Import. entre Autopistas			Directos					Semidirectos					Lazos	
		80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40-80	100-120
Vp Carretera de Origen km/h	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: Si el ramal es de doble sentido, se aplica el valor que corresponde al sentido más exigente.
Nota 2: El cuadro destacado contiene los valores usados en el ejemplo usado en el texto.

Los valores de la Tabla 3.504.203(2).A son valores mínimos que no deben utilizarse en forma independiente de la demanda que se ejercerá sobre los ramales. No considerar en la selección de una Velocidad de Proyecto para un ramal la cantidad y tipo de vehículos que lo solicitarán puede conducir a graves situaciones de congestión. Por ello, la Dirección de Vialidad exigirá un análisis de capacidad cuando estime que las características de la demanda, combinada con la geometría en planta y elevación del ramal, hagan temer la saturación del mismo.

3.504.203(3) Alineaciones en Ramales. El eje en planta de un ramal de enlace, al igual que un ramal de intersección o de una carretera, estará constituido por una secuencia de alineaciones rectas y curvas, empalmadas tangencialmente entre sí mediante curvas de acuerdo circulares de radios intermedios o mediante clotoides.

El trazado en planta de un ramal de enlace se puede asimilar al de un ramal largo de una intersección, puesto que ambos implican trazados en elevación independientes y, por lo tanto, es preciso compatibilizar sus empalmes con las vías de origen o destino atendiendo a sus características individuales.

La Tabla 3.504.203(3).A, resume los valores mínimos absolutos de radios de curvatura de arcos circulares en ramales de enlace para velocidades de proyecto desde 25 km/h hasta 100 km/h. Estos valores provienen de las Tablas 3.404.304.A para velocidades hasta 65 km/h y de la Tabla 3.203.302.B para velocidades iguales o mayores que 70 km/h, siendo estos últimos los correspondientes a caminos y carreteras en campo abierto, habiéndose adoptado en este caso un peralte de 8% para Vp= 70 km/h y la expresión $R_{MIN} = Vp^2/127(p_{máx}+t_{máx})$.

TABLA 3.504.203(3).A
RADIOS MINIMOS ABSOLUTOS CON PERALTES MAXIMOS EN RAMALES DE ENLACE

V_P Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
t_{max} %	31,0	28,0	25,0	23,0	21,0	19,0	18,0	17,0	16,0	14,9	12,2	11,4	10,5
p_{max} %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
$R_{mín}$ adoptado	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	250	330	425

Toda vez que sea posible, resulta conveniente emplear los radios y peraltes deseables que se entregan en la Lámina 3.404.602.A para velocidades menores o iguales que 65 km/h y los conceptos expuestos en 3.203.303 “Curvas Horizontales con Radios sobre los Mínimos” para Vp ≥ 70 km/h.

3.504.203(4) Curvas de Acuerdo. Como se dijo, las alineaciones sucesivas, con distintos radios de curvaturas, deberán ser empalmadas mediante curvas de acuerdo, que podrán ser arcos circulares o clotoides.

Es aplicable, en el caso de ramales de enlace, todo lo dicho en el Numeral 3.404.305 relativo a este tema para el caso de las intersecciones. Sin embargo, al no existir limitaciones prácticas para el uso de clotoides, éstas deberán preferirse a las curvas de acuerdo circulares, por motivos funcionales.

A continuación, en la Tabla 3.504.203(4).A, se resumen los valores de los parámetros mínimos ($A_{mín}$) de las clotoides de transición según sea el caso de su utilización. Estos valores provienen de las Tablas 3.404.305(2).A (Vp ≤ 70 km/h) y para ≥ 70 km/h de la Lámina 3.203.403(1).A considerando Anormal.

La combinación en planta de diversos elementos de trazado pueden dar origen a curvas en ovoides y otras han sido tratadas en 3.203.5.

TABLA 3.504.203(4).A
PARAMETROS MINIMOS DE CLOTOIDES
(A mín - Vp ≤ 60 km/h) y (Anormal - Vp ≥70 km/h)

V_P Ramal (km/h)	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
$R_{mín}$ (m)	25	35	45	60	75	90	120	170	250	330	425
$A_{mín}$ (m)	20	30	35	40	50	60	70	100	130	150	175

3.504.204 Anchos de Calzadas y Bermas. Los anchos de calzada para ramales de enlace son los mismos que para ramales de intersecciones. Véase Tabla 3.404.306(2).A.

Sin embargo, por ser los primeros de longitudes generalmente mayores, es conveniente prever bermas que faciliten detenciones ocasionales o resguardo a los conductores vacilantes que reducen sus velocidades por efecto de cualquier desorientación que les produzca la mayor complejidad del dispositivo que están usando. En la Tabla 3.504.204.A se dan los anchos mínimos de bermas izquierda y derecha para calzadas de una y dos pistas, según sea la Velocidad de Proyecto de las mismas.

Si los terraplenes son altos y/o las lluvias abundantes, el tratamiento de las bermas y la colocación de soleras en sus márgenes externos es recomendable. En general, si el tránsito es importante o la Velocidad de Proyecto elevada, las bermas deberán ser tratadas superficialmente o pavimentadas.

TABLA 3.504.204.A
BERMAS MINIMAS EN RAMALES DE ENLACE

	ANCHO MINIMO (m) EN RAMALES DE 1 PISTA		**ANCHO MINIMO (m) EN RAMALES DE 2 PISTAS**		
	$Vp \leq 70$ km/h	$Vp > 70$ km/h	1 Sentido (Ramales entre Autopistas)	2 Sentidos	
				$Vp \leq 70$ km/h	$Vp > 70$ km/h
DERECHA	1,50 (1,20)	2,00 (1,20)	2,00 (1,20)	1,50 (1,20)	2,00 (1,20)
IZQUIERDA	0,60	1,00 (0,60)	1,00 (0,60)		

(1) Al existir siempre una berma, no rigen las limitaciones de la Tabla 3.404.306(2).A por soleras elevadas.
(2) Los valores entre paréntesis corresponden a los anchos de berma mínimos cuando no se prevén detenciones y se utilizan soleras.
(3) Estos valores no incluyen SAP mínimo de 0,5 m.

3.504.205 Transiciones de Ancho. Es frecuente, dentro de un mismo ramal de enlace, encontrar alineaciones que requieran distintos anchos de pavimento. Cuando esto ocurre, la transición de un ancho a otro se resuelve a lo largo de la curva de acuerdo, en forma lineal.

En caso de presentarse transiciones de ancho correspondiente al paso del caso II ó III de la Tabla 3.404.306(2).A al caso I de la misma, éstas se realizan en distancias que aparecen en la Tabla 3.404.405(3).A.

Las transiciones de anchos en las zonas de empalmes y en las pistas de cambio de velocidad fueron abordadas en los Numerales 3.404.307(2) y (3).

Cuando existe una transición de ancho de calzada conjuntamente con una transición de peraltes, los bordes alejados del eje de giro de peraltes configuran, en elevación, una curva parabólica. Se acepta aproximar esta curva a una recta entre sus valores extremos.

3.504.206 Empalmes de Ramales y Pistas de Cambio de Velocidad. Las pistas de aceleración y deceleración en enlaces presentan las mismas características ya anotadas para intersecciones, en el Numeral 3.404.307.

A continuación se resume las referencias más útiles.

- Formas básicas: Lámina 3.404.307(1).A
- Pista de Aceleración Tipo: Lámina 3.404.307(2).A
- Longitudes de Pistas de Aceleración: Tabla 3.404.307(2).A.
- Correcciones por pendiente para pistas de aceleración: Tabla 3.404.307(2).B.
- Pista de Deceleración Tipo Directa: Lámina 3.404.307(3).A.
- Pista de Deceleración Tipo en Paralelo: Lámina 3.404.307(3).B.
- Angulo de Incidencia de Pista de Deceleración Directa: Tabla 3.404.307(3).A.
- Largos de Cuña de Pistas de Deceleración: Tabla 3.404.307(3).B.
- Longitudes de Zona Deceleración; valores para i = 0: Láminas 3.404.307(3).A y B

Cabe agregar, sin embargo, algunas recomendaciones especialmente válidas para los empalmes y pistas de cambio de velocidad de los enlaces, que por lo general aparecen asociadas a las estructuras de cruce de las carreteras. Es frecuente que existan empalmes de ramales, ya sea de salida o entrada, situados en las proximidades de las estructuras, lo cual produce dos inconvenientes: la visibilidad de los usuarios puede ser limitada por los estribos, pilares y protecciones de las estructuras, o éstas pueden necesitar ampliaciones, en ancho o luz, para prolongar sobre o bajo ellas las pistas de aceleración o deceleración.

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.

En los empalmes posteriores a las estructuras se recomienda dejar una distancia suficiente para que los conductores que pretenden salir de la carretera de paso puedan percibir la singularidad con antelación e iniciar las maniobras pertinentes, o para que los que entran a ella puedan tener suficiente retrovisión para la operación de ingreso.

Las distancias mínimas que se recomiendan son de 80 metros para velocidades de proyecto de la carretera entre 60 y 80 Km/h y 120 metros para velocidades entre 90 y 120 Km/h.

Los empalmes anteriores a las estructuras no tienen que estar tan distantes de ellas, ya que la situación, por lo general, no lesiona la visibilidad. En este caso, la separación se elige según las características del proyecto.

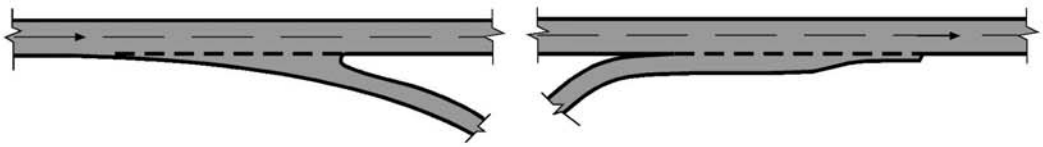
3.504.207 Terminales Sucesivos. Cuando son necesarias entradas y salidas sucesivas en un tramo de carretera se generan interferencias entre las sucesivas pistas de cambio de velocidad y/o dificultades de maniobra tanto para el tránsito de paso como para el que gira. Además, se generan problemas de señalización en el caso de empalmes de salida que se suceden.

En la Lámina 3.504.207.A se muestra distintas soluciones para el proyecto de empalmes sucesivos. Son preferibles aquellas configuraciones en las que salidas y entradas aparecen en este mismo orden (figura **a**). Sin embargo, cuando es necesario lo contrario aparecen una serie de posibilidades para el tratamiento de la situación.

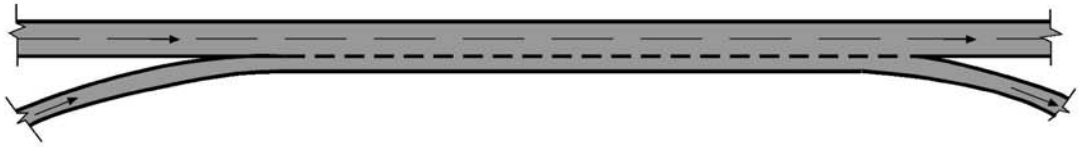
En la figura **b** se muestra el caso relativo a los tramos de trenzado; aquí las pistas de cambio de velocidad empalman entre sí, generando un tramo de ese tipo.

En la figura **c** se muestra una solución cuando la entrada es seguida por una salida muy próxima, al punto que sus pistas de cambio de velocidad deben extenderse hacia cada lado de los empalmes. La isla divisoria dispuesta pretende minimizar las interferencias que produce el insuficiente tramo de trenzado en las pistas de paso. En el ejemplo, la isla (de preferencia con solera) está separada de la pista de paso por una distancia equivalente a la berma, que es lo deseable, y también está distante de la pista auxiliar. Esta última distancia no debe ser inferior a 0,60 m.

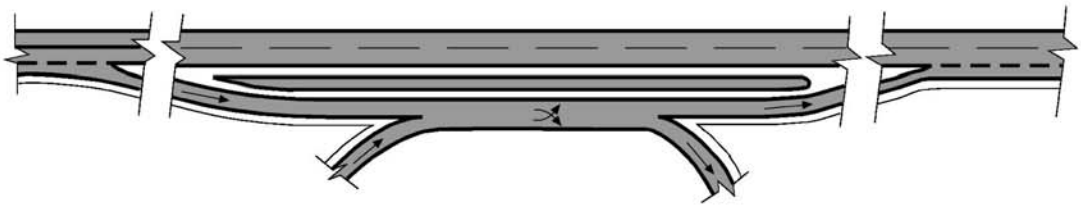
A



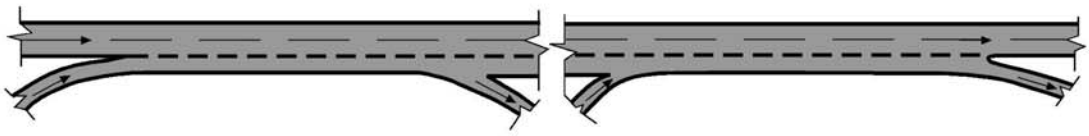
B



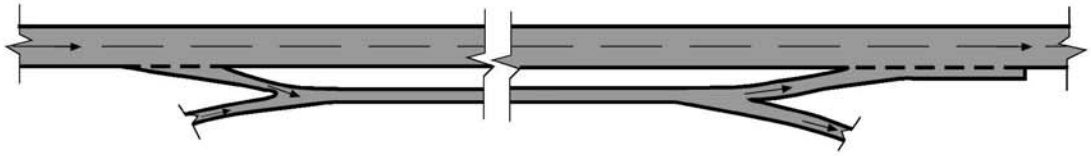
C



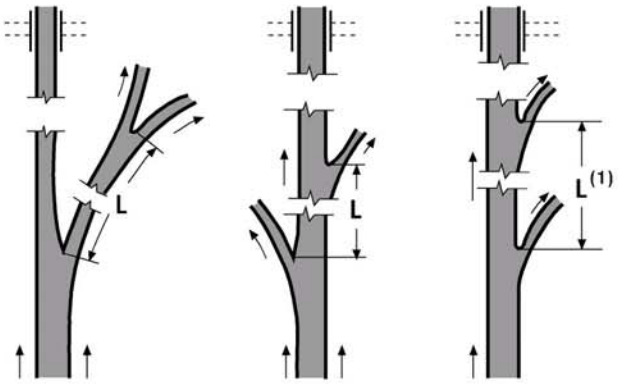
D



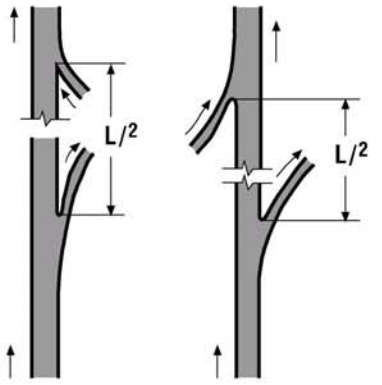
E



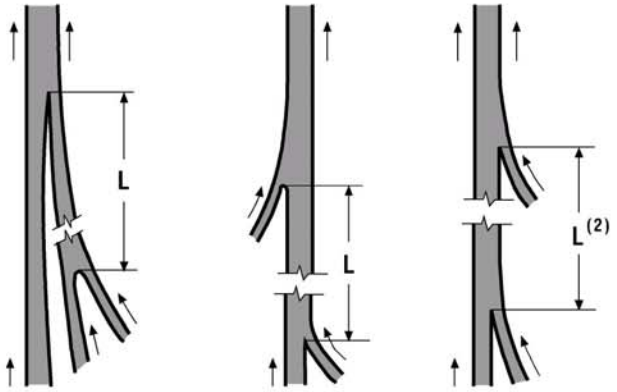
EMPALMES SUCESIVOS DE SALIDAS



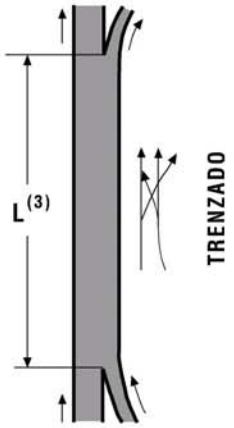
EMPALMES SUCESIVOS DE SALIDA Y ENTRADA



EMPALMES SUCESIVOS DE ENTRADA



EMPALMES SUCESIVOS DE ENTRADA Y SALIDA



(1) L como en la Tabla. No inferior a LT de Tablas 3.404.307(3) A y B
(2) L como en la Tabla. No inferior a LT de Láminas 3.404.307(2) B y C
(3) L como en la Tabla. No inferior a Long. de trenzado (Lámina 3.404.305(2) A)

DISTANCIAS "L" ENTRE EMPALMES SUCESIVOS				
V_P (Km/h) (carretera)	< 60	70 - 80	90 - 110	120
L (m) Mínimo	60	120	150	200
L (m) Deseable	120	200	250	300

En la figura **d** se muestra una sucesión de empalmes (entrada-salida-entrada-salida) en que se han unido las pistas de cambio de velocidad (trenzado) para constituir una pista continua.

Por último, en la figura **e**, se muestra la solución ideal a estos problemas, cual es la provisión de una calzada Colectora-Distribuidora (C-D), a la que se debe acudir cuando grandes volúmenes de tránsito son esperados y no se desea afectar la operación en la calzada principal. Ver Numeral 3.503.305(2).

Las dificultades mencionadas anteriormente, presentes en estos esquemas en mayor o menor grado, así como en otros no detallados en la Lámina 3.504.207.A, deben ser limitadas mediante una separación mínima entre los empalmes sucesivos. En la Lámina 3.504.207.B se diagrama los casos más posibles de terminales combinados y se define las longitudes mínimas entre sus narices.

3.504.3 DEFINICION DE LA ELEVACION

El trazado en elevación de los ramales de un enlace es similar al de los ramales largos de una intersección, tratados en el Numeral 3.404.503, y ejemplificados, en lo relativo a sus empalmes, en Lámina 3.404.503(2).A.

Cabe hacer notar que en los enlaces, por lo general, es preciso resolver diferencias de cota importantes, muchas veces en desarrollos relativamente cortos, cosa que no ocurre normalmente en las intersecciones.

En la Tabla 3.504.3.A se encuentran los valores mínimos de los parámetros de las curvas de acuerdo vertical cóncavas y convexas y sus longitudes mínimas. Asimismo, se da los máximos valores de la pendiente i (+ y -) en ramales de enlace. Todo ello en función de la Velocidad de Proyecto.

TABLA 3.504.3.A
PARAMETROS MINIMOS ABSOLUTOS
PARA EL PROYECTO EN ELEVACION DE RAMALES

Vp (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia (m) De Visibilidad de Parada	20	25	31	38	44	52	60	70	80	90	115	145	175
Kv (m) convexo*	300	300	300	400	525	700	900	1200	1500	1800	3000	4700	6850
Kc (m) cóncavo	300	400	450	500	800	1000	1200	1400	1600	1900	2600	3400	4200
L (m) Mínimo*	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones Máximas de rasante (%)	± 8,0	± 8,0	± 8,0	± 7,0	± 7,0	± 7,0	± 6,5	± 6,0	± 6,0	± 5,5	± 5,0	± 4,5	± 4,0

* Para los acuerdos vecinos a los empalmes se debe usar los valores correspondientes a Vp 10 km/h superiores.
Nota 1: Los parámetros mínimos recomendables para una Vp dada son aquellos correspondientes a Vp 10 km/h superiores.
Nota 2: En lugares donde se prevean formaciones de hielo, las pendientes no deberán exceder el 6%.
Nota 3: En ramales Vp < 40 km/h, en bajada, se aceptará excepcionalmente pendientes de –10% si no es zona de hielo.

Es conveniente evitar los mínimos absolutos y recurrir a los mínimos recomendados (los valores correspondientes a la Vp 10 km/h superior) siempre que se pueda, especialmente en los ramales directos o semidirectos, cuyo desarrollo suele permitirlo.

Se recalca que los parámetros mínimos absolutos para los acuerdos verticales vecinos a los empalmes de salida y entrada son aquellos tabulados para las velocidades de proyecto 10 km/h superiores. Esta exigencia también es válida para las longitudes mínimas absolutas de dichos acuerdos. Con respecto a la visibilidad, es importante que la distancia de visibilidad, hasta la nariz del empalme de salida y desde la nariz del empalme de entrada, sea igual o superior a 1,2 veces la distancia de visibilidad de parada correspondiente a la Velocidad de Proyecto del ramal.

También se insiste que estos valores mínimos absolutos deben ser justificados, y que el número de pistas de los ramales afectados por tales mínimos debe ser analizado desde el punto de vista de la capacidad.

3.504.4 DEFINICION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

3.504.401 Aspectos Generales. Calzadas, bermas, cunetas, soleras 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 medianas que serán tratadas como islas divisorias (3.404.402(3), 3.404.403 y 3.404.404).

De estos elementos, hay que definir las formas, dimensiones, inclinaciones o ubicaciones que se ajusten a los antecedentes del proyecto.

Cunetas y taludes no serán abordados en el presente Capítulo, por quedar fuera de su ámbito de competencia; los anchos de calzada y bermas han sido expuestos en los Numerales 3.504.204 y 3.504.205, por ser necesarios para la definición en planta del enlace.

Por consiguiente, en el presente Tópico se verá aquellos asuntos no tratados anteriormente y se hará las oportunas referencias a otras partes de este Volumen.

3.504.402 Peraltes, sus Transiciones y Aristas entre Superficies. 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 y consignados en la Lámina 3.404.602.A para VP < 65 km/h y en la Lámina 3.203.303(1).A para VP > 65 km/h.

Las transiciones de peraltes en los ramales de enlace se abordan igual que en el caso de las intersecciones, por lo que los valores de la Tabla 3.404.603.A son válidos para las pendientes longitudinales aceptables de bordes de calzadas con respecto a la del eje de replanteo.

De igual manera, rigen para estos ramales los valores de la Tabla 3.404.604.A relativos a la máxima diferencia algebraica entre pendientes transversales de superficies adyacentes, medidas en su arista común.

En los ramales de enlace, al igual que en los de intersecciones, se recomienda que las superficies pavimentadas que anteceden a la nariz de los empalmes (puntas) 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.

Cuando esto se haga, será preciso tener en cuenta, además de los imperativos que se desprenden de las necesidades de pendiente mínima de drenaje (1% en cualquier dirección), que esta zona puede ser invadida por algunos vehículos, lo que obliga a limitar su pendiente a un 8% y a no exceder los valores de la Tabla 3.404.604.A para las aristas entre ella y las pistas adyacentes.

Si la pendiente transversal de la punta no continúa la de la calzada de paso, puede acompañar a la del ramal, o mantener la de alguna de las bermas que llegan a ella. En todo caso, la transición de la pendiente de estas últimas debe hacerse en un mínimo de veinte metros.

En el caso de ramales semidirectos, puede convenir utilizar contraperaltes por razones de drenaje superficial. En tal caso, pueden usarse las relaciones entre Vp y Radios Límite en Contraperalte (RLC) de la Tabla 3.404.703(6).A para velocidades inferiores a 60 km/h y los valores de la Tabla 3.203.303(3).A para velocidades iguales o superiores a 60 km/h.

3.504.403 Secciones Transversales Tipo en Ramales. En la Lámina 3.504.403.A se muestra el tratamiento recomendado para combinar los peraltes de calzada y de las bermas en los distintos tipos de ramales.

Estas secciones son válidas, con los valores de peralte igual a 2% para tramos en recta. No es conveniente usar bombeos, salvo en el caso de un ramal muy largo en el que ello signifique una economía computable, o en el caso de paso por sobre una estructura cuyo tablero deba ser diseñado de tal manera.

Por ser raro el caso de tramos rectos de longitudes significativas en los ramales de enlace, es generalmente más práctico continuar con la inclinación única de una sección a otra, según las normas de transiciones de peralte ya enunciadas.

La sección tipo de un ramal puede contemplar la existencia de soleras y/o barreras de seguridad, a uno o ambos lados exteriores de las bermas. Los anchos de la calzada y bermas según el radio de las curvas y tipo de maniobra prevista, se ajustarán a lo establecido en 3.404.306.

Las soleras son recomendables cuando la zona es lluviosa y el ramal discurre en un terraplén susceptible a daños provocados por el derrame libre del agua por sus taludes. En este caso, ellas conducen las aguas que escurren de la plataforma hacia bajantes especiales, lo cual disminuye la erosión de los taludes y minimiza los gastos de mantenimiento. En tal caso, la berma deberá ser tratada convenientemente.

Los Taludes de los Terraplenes y la oportunidad de uso de Barreras de Contención se regirá por lo establecido en 3.303.3. También son necesarias allí donde se desee proteger elementos externos al ramal. Estas barreras siempre deben ubicarse al exterior de la berma.

3.504.404 Secciones Transversales en Estructura. Los Ramales de Enlace, a su paso sobre estructuras, bajo ellas o por el interior de túneles, pueden ver afectadas sus secciones transversales. Estas alteraciones no deben afectar a las dimensiones de las calzadas. Se permiten reducciones del ancho de las bermas sólo en algunos casos y cuando se tengan puentes y túneles de longitudes superiores a ciertos valores.

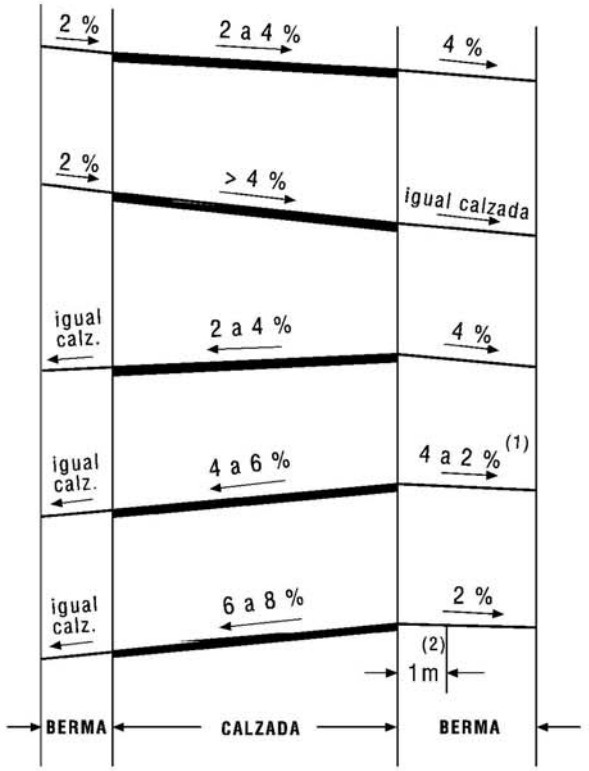
3.504.404(1) Secciones Transversales Tipo en Puentes. Las diversas situaciones se tratan en detalle en el numeral 3.1003.101 del Capítulo 3.1000 “Puentes y Estructuras Afines”, que incluye la Lámina 3.1003.101.A “Secciones Transversales Tipo de Puentes y Pasos Superiores” y la Tabla 3.1003.101.A “Anchos Mínimos de Tableros en Puentes y Pasos Superiores”.

3.504.404(2) Secciones Tipo en Pasos Desnivelados. Las definiciones y características propias de estas estructuras se abordan en el numeral 3.1003.102, distinguiendo:

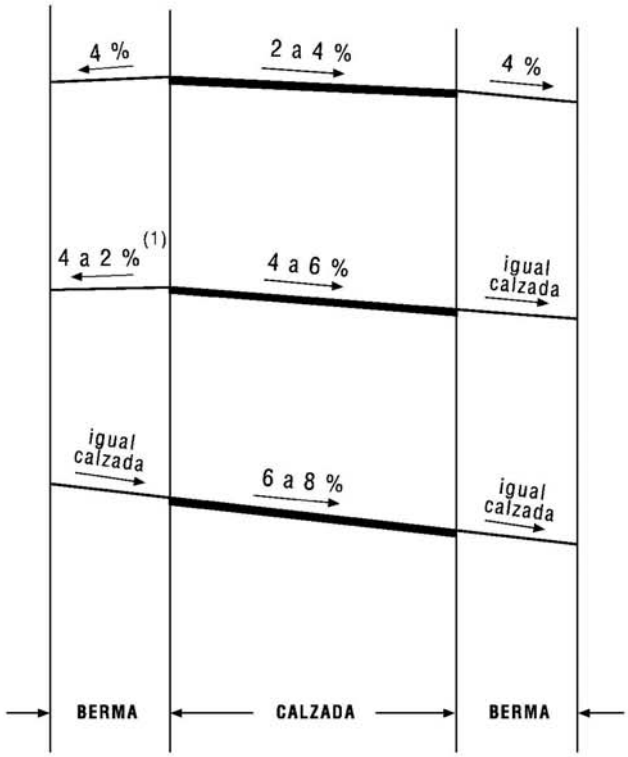
- Pasos Bajo Nivel (3.1003.102(1))
- Pasos Sobre Nivel (3.1003.102(2))

RAMALES DE DOS PISTAS

A. UNIDIRECCIONAL

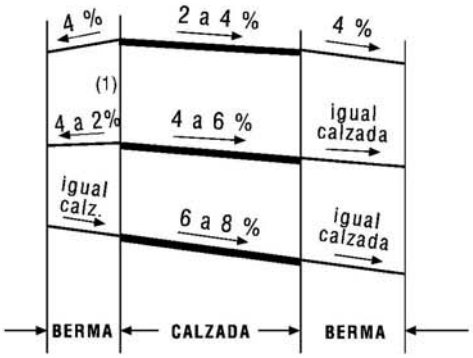


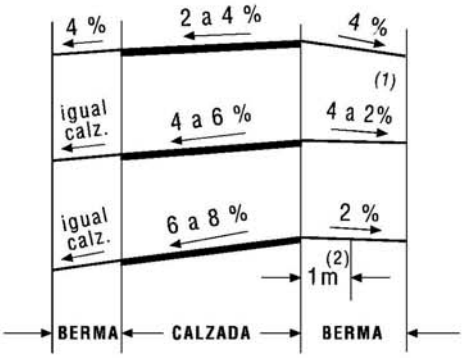
B. BIDIRECCIONAL



ANCHO DE CALZADAS : CASO III TABLA 3.404.306 (2) A
ANCHO DE BERMAS : TABLA 3.504.204 A

RAMALES DE UNA PISTA





ANCHO DE CALZADA : CASO I TABLA 3.404.306(2) A
ANCHO DE BERMAS : TABLA 3.504.204 A

NOTA 1 : Suma de pendientes igual a 8%
NOTA 2 : Redondeo de la Arista