



8.1	INSTALACIONES PARA VEHÍCULOS	1
8.2	INSTALACIONES PARA PEATONES	43
8.3	INSTALACIONES PARA CICLISTAS	48
8.4	CRUCES FERROVIARIOS A NIVEL	79
8.5	SERVICIOS PÚBLICOS	82
8.6	DISEÑOS AMBIENTALES	84
8.7	ALAMBRADOS	87
8.8	PROYECTO Y EJECUCIÓN DE PLANTACIONES	88
8.9	PASOS URBANOS	104
8.10	BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA	117
	8 ANEXO	119



## 8 DISEÑOS ESPECIALES

En algunos proyectos hay elementos especiales significativos, entre los que se destacan instalaciones de servicios para:

- Vehículos
- Peatones
- Ciclistas
- Cruces ferroviarios a nivel
- Servicios públicos
- Diseños ambientales
- Alambrados
- Plantaciones
- Paisajismo
- Pasos urbanos

### 8.1 INSTALACIONES PARA VEHÍCULOS

La construcción de caminos suele crear oportunidades para desarrollar instalaciones de servicios para los vehículos, que respondan a las estrategias, planes y necesidades del transporte local y regional. Entre ellas se incluyen:

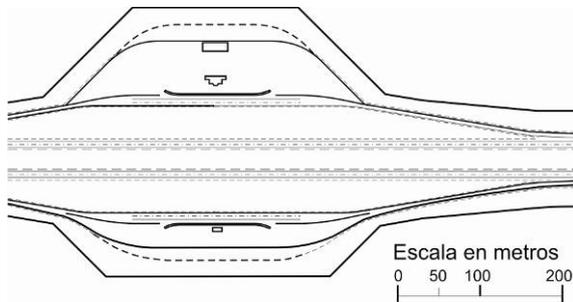
- Estaciones de inspección de vehículos, EIV
- Áreas de descanso seguras, AD
- Apeaderos en lugares históricos y miradores escénicos
- Estaciones de transferencia modal, ETM
- Estaciones de control de cargas
- Estaciones de prueba de frenos
- Ramas de escape
- Paradas y dársenas de ómnibus
- Carriles para vehículos de alta ocupación, VAO
- Paradas de ómnibus en autopistas
- Caminos recreacionales
- Accesos a instalaciones comerciales

Generalmente, las áreas de descanso, miradores y paraderos se prevén en zonas rurales, para dar a los usuarios viales un ámbito seguro donde descansar y refrescarse, u observar paisajes o puntos de interés histórico. En zonas suburbanas y urbanas se instalan estaciones de transferencia modal para facilitar el uso combinado del transporte público (ómnibus, ferrocarril) y privado (autos, bicicletas), y sirven como lugar de encuentro y transferencia de todos los ómnibus que sirven a una zona, e incluyen lugares para estacionar. El diseño de cualquier instalación de tránsito se presenta como una especialidad de 'Diseño', muy similar a la arquitectura o diseño de puentes, la cual requiere los conocimientos y experiencia de expertos familiarizados con el diseño de instalaciones y áreas de servicio. Así, las instalaciones funcionarán sin trabas y eficientemente. Debe haber suficiente espacio para estacionamiento, ser accesible para los peatones y ciclistas, y mostrar una apariencia agradable. La instalación también debe ajustarse o mezclarse con la comunidad local. Las instalaciones de tránsito deben diseñarse según las normas, guías y recomendaciones de la autoridad de tránsito afectada, y los proyectistas deben tener en cuenta los deseos de la comunidad vecina en el diseño de mejoramientos de tránsito relacionados con caminos locales, y consultar a los funcionarios de planificación local en materia de requisitos adicionales específicos.

### 8.1.1 Estaciones de inspección de vehículos (EIV)

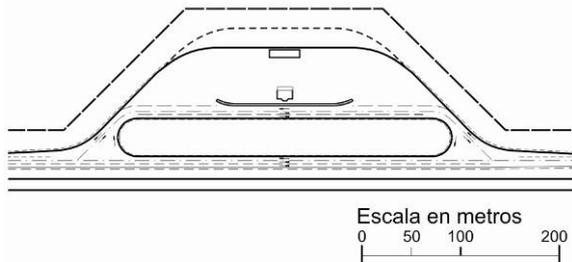
Las estaciones de inspección de vehículos, EIV, son puntos de control establecidos en el sistema de caminos para facilitar el control del cumplimiento de los reglamentos que rigen el tránsito vial. Las EIV se pueden dividir en tres clases generales: A, B y C. Aunque los detalles interiores de las EIV, tales como edificios y zonas de estacionamiento se adaptan a las condiciones de cada lugar, las conexiones con el camino mediante carriles de aceleración y desaceleración tendrán un impacto en el nivel de servicio del camino adyacente.

Las conexiones se deben diseñar sobre la base de las consideraciones indicadas en las normas de diseño geométrico comunes (clasificación funcional, velocidad, camino dividido/indiviso, pendiente, curvatura, volumen de tránsito.), Las ramas de entrada y salida deben ajustarse al diseño normal de cualquier tipo de entrada o salida del camino, incluyendo el no hacer ambos movimientos por la izquierda.



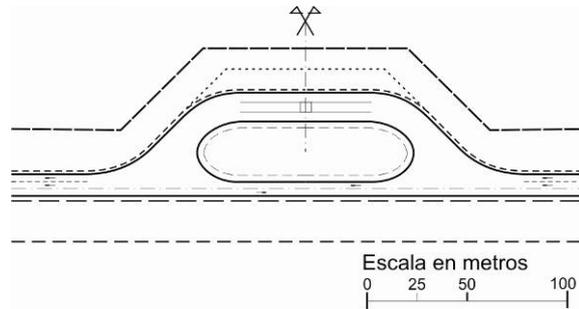
La EIV Clase A es prototípica de las autopistas y autovías. La alta velocidad en la rama y fuera de ella resulta en un impacto mínimo sobre las operaciones de tránsito en condiciones normales. Teniendo en cuenta las ventajas resultantes de desaceleración y aceleración para los camiones, es preferible ubicar las principales EIV cerca de la cima de curvas verticales

convexas suaves. La entrada y salida deben tener buena distancia visual de decisión para facilitar seguras maniobras de convergencia y divergencia.



La EIV Clase B es prototípica de los caminos de dos carriles y dos sentidos. Se prevé una cierta desaceleración y aceleración de los vehículos que utilicen la estación, y se proporciona una vía de circunvalación. La longitud del carril de aceleración paralelo varía según el nivel de servicio del camino.

La EIV Clase C es prototípica de estaciones móviles o portátiles. El diseño incluye carriles de aceleración, desaceleración y derivación, cuyas longitudes depende del volumen de tránsito del camino.



### 8.1.2 Áreas de descanso

Las áreas de descanso, AD, centros de información, y miradores escénicos son elementos funcionales y deseables para el completo desarrollo vial y se proveen para la seguridad y conveniencia de los usuarios. Se emplazan lateralmente con lugares para estacionamiento separados del camino y comodidades para que el usuario se detenga y descanse por cortos períodos. Se provee agua potable, sanitarios, mesas y bancos, teléfonos, información turística, y otros servicios para el viajero. No están destinadas para reuniones sociales o cívicas. Ubicadas convenientemente a lo largo del camino sirven para reducir el número de paradas sobre las banquetas, contribuyendo a mitigar el peligro del obstáculo lateral fijo que significan los vehículos estacionados.

- Un *centro de información* es una obra atendida o no por personas en la zona de descanso para proveer servicios de información al usuario
- Un *mirador o vista escénica* es una zona lateral segura, provista para que los usuarios estacionen sus vehículos, más allá de la banquina, primariamente para contemplar el escenario o para tomar fotografías. Los miradores no necesitan proveer obras para comodidad
- La *selección del lugar seguro* para zonas de descanso, centros de información, y miradores debe considerar las calidades escénicas de la zona, accesibilidad, y adaptabilidad al desarrollo. Otras consideraciones esenciales incluyen una adecuada fuente de agua y un medio para tratar y/o disponer de los desagües
- Los planos del lugar deben desarrollarse durante un detallado proceso de planeamiento, que debe incluir la ubicación de las ramas de acceso, áreas de estacionamiento, edificios, zonas para picnic, abastecimiento de agua, obras de tratamiento de líquidos cloacales, y áreas de mantenimiento. El objetivo es dar la máxima importancia a lo apropiado del lugar, más que al respeto de una separación constante, en longitud o tiempo, entre los lugares. Se alienta el concepto de construir una amplia red de AD en todo el sistema vial para beneficio de la sociedad
- Aunque es difícil calcular los beneficios de la seguridad de las AD desde el punto de vista económico, existen metodologías preliminares para calcular los beneficios resultantes de la disminución de detenciones en la banquina, los choques por fatiga de los conductores y el efecto sobre el turismo

#### **Planificación**

Las AD se programan después de identificar las necesidades en una red vial, sobre la base de distancia, demanda, volumen de tránsito y calidad de los recursos naturales. Se tienen en cuenta los pueblos y ciudades existentes, otras áreas de descanso, y se determina cuáles AD requieren la terminación, rehabilitación o construcción de nuevas instalaciones. Los servicios locales existentes se integran con los desarrollos propuestos de nuevas áreas de descanso, para evitar la duplicación de obras públicas y maximizar los beneficios. La planificación integral también incluye el estudio y establecimiento de prioridades para garantizar que primero se construyan las áreas de descanso más necesarias para los usuarios.

### **Categorías**

Las áreas de descanso se pueden dividir en cuatro categorías:

- *AD Clase I*, con capacidad para automóviles, vehículos de recreación y camiones, y situada a lo largo de las autopistas y autovías existentes o propuestas
- *AD Clase II*, más pequeñas con capacidad para automóviles y vehículos de recreación, generalmente ubicadas a lo largo de caminos de dos carriles
- *AD Clase III (a)*, básicamente para automóviles, vehículos de recreación y desvíos para camiones; ubicadas a lo largo de los caminos primarios. Esencialmente son una ampliación de la banquina; suelen llamarse apeaderos, paraderos o apartaderos
- *AD Clase III (b)*, desvíos en caminos de calzadas divididas. Se destina a todos los tipos de vehículos y su separación desde la calzada aumenta la seguridad

El espaciamiento de las AD Clase I es objeto de numerosos estudios internacionales. Actualmente, la distancia media recomendada por la experiencia internacional en el sistema arterial primario es de aproximadamente entre 80 y 100 km. El espaciamiento óptimo para las AD Clase III se ve afectado por el volumen y tipo de tránsito, por lo que puede variar ampliamente. Normalmente, los desvíos estarán más juntos en caminos de recreo muy pintorescos, y más separados en caminos de turismo o recreacionales de bajo volumen; en general, se considera deseable una distancia promedio de 30 a 40 km. Sólo las clases I y III ofrecen AD para el acceso y estacionamiento de camiones grandes. Las AD Clase II son generalmente adecuadas para los vehículos de pasajeros y recreativos.

### **Diseño preliminar**

El propósito del diseño preliminar es definir la ubicación, geometría aproximada, y determinar si el diseño propuesto es técnica y económicamente viable.

Aspectos que el proyectista debe considerar:

- *Recursos naturales*. Las AD deben resultar lugares atractivos para mostrar a residentes y visitantes. De ser posible, localizarlas como para tomar ventaja de las características naturales (lagos, paisajes, puntos de especial interés estético o histórico)
  - *Geometría*. Elegir lugares lejos de cualquier interferencia, tales como distribuidores y puentes. Preferiblemente, la entrada del área de descanso debe estar a 3 km por lo menos desde el distribuidor más cercano
  - *Medio ambiente*. Ubicar y diseñar el AD para que el derrame superficial y subterráneo de aguas pluviales y cloacales no afecten negativamente a los arroyos, lagos, pantanos, etcétera.
  - *Tamaño*. El AD debe ser lo suficientemente grande como para satisfacer la demanda de estacionamiento, edificios, áreas de picnic, ajardinamiento, y retener las características de la vegetación silvestre
  - *Zona de camino*. El espacio y costo de zona de camino adicional para la futura expansión influye en la elección del lugar
  - *Topografía*. Localizar las ADS donde la topografía natural sea favorable para su desarrollo
  - *Desarrollo*. No ubicar las AD adyacentes a zonas residenciales
-

- **Emergencia.** Considerar la proximidad de servicios de emergencia
- **Agua/Cloacas.** El área debe tener un suministro adecuado de agua. Si no se dispone de plantas comerciales de tratamiento sanitario, el lugar debe ser lo suficientemente grande como para dar servicios de tratamiento de líquidos cloacales
- **Servicios adicionales.** De ser práctico, conviene disponer de otros servicios públicos, tales como telefonía, electricidad, gas domiciliario, televisión, Internet

### **Diseño definitivo**

Para asegurar el diseño adecuado, la seguridad y comodidad, un área de descanso debe contener una combinación de los siguientes componentes:

- Buenas entradas y salidas
- Zonas de estacionamiento para autos, camiones y otros tipos de vehículos
- Edificios con abastecimiento de agua potable, cloacas
- Quinchos, mesas y bancos
- Senderos
- Teléfonos públicos
- Servicios de información
- Iluminación artificial
- Servicios de información, Internet
- Ajardinamiento
- Amenidades locales
- Otros servicios de hotel

Estos componentes de diseño deben incorporarse en la propuesta de desarrollo de manera que los costos a largo plazo, y los requerimientos de mantenimiento y operacionales se reduzcan al mínimo posible. Los estudios sobre la ubicación de las áreas de descanso y los de rehabilitación incluyen un análisis del potencial social, ingeniería, economía, y los impactos ambientales resultantes de la nueva construcción o rehabilitación. Los sitios se seleccionan utilizando reconocimientos de campo y la interpretación de fotografías aéreas de información. Se desarrolla un estudio de diseño conceptual para un lugar existente o para cada nuevo lugar que incluya los siguientes elementos de análisis:

- Geometría de calzada, ramales y zona de estacionamiento
  - Ubicación del sitio con relación a las intersecciones o distribuidores adyacentes, para evaluar posibles problemas de señalización u operacionales
  - Información de suelos y aguas subterráneas
  - Topografía
  - Servicios de agua potable y cloacales
  - Vegetación
  - Características del agua
  - Vistas y paisajes
  - Ubicación de las construcciones
  - Servicios públicos
  - Orientación
  - Valores de los recursos naturales
  - Preservación - conservación
-

Sobre la base de estos factores se formulan juicios relacionados el diseño potencial de cada lugar propuesto y se identifica una alternativa preferida de diseño. Los estudios de la red se presentan al público en reuniones o audiencias de información pública. Antes de que el diseño del sitio preferido sea plenamente aceptable, debe establecerse un servicio de agua potable. Generalmente, un área de descanso se divide en varias etapas de desarrollo, tales como movimiento de suelos y pavimentación, edificios, desarrollo del lugar, sistemas sanitarios, iluminación, señalización y paisajismo. La participación del público, las evaluaciones ambientales, y la documentación del proyecto debe estar en conformidad con el proceso de desarrollo del proyecto.

### **Salidas y entradas**

En general, para garantizar la seguridad en las convergencias y divergencias es conveniente prever carriles paralelos de aceleración y desaceleración. Sin embargo, debido al costo de los carriles adicionales y a la variedad de las condiciones del tránsito puede desarrollarse una guía para promover la mayor efectividad económica; p. ej.:

#### ***Caminos Indivisos Clase III (a)***

- Si  $TMDA < 1000$ , no son necesarios carriles paralelos
- Si  $1000 < TMDA < 3000$ , deben diseñarse carriles normales de aceleración y desaceleración
- Si  $TMDA > 3000$ , el proyectista debe considerar las características de aceleración del vehículo de diseño y la pendiente, y establecer una adecuada combinación de velocidad. La longitud del carril paralelo no debe superar los 600 m

Idealmente, los desvíos de camiones deben estar ubicados cerca de la parte superior de curvas verticales convexas con amplia visibilidad, lo cual ayudará a la desaceleración y aceleración de los camiones que utilicen la instalación y la consecuente reducción de la longitud de carril paralelo.

### **Separación-exterior o de amortiguación**

La separación entre las AD y la calzada del camino principal debe ser lo suficientemente amplia como para disuadir detenerse en la calzada principal y cruzar. Como mínimo, siempre debe haber 10 m de ancho de separación-exterior o zona de amortiguación entre el borde de calzada y las zonas de estacionamiento, aunque es preferible un ancho de 50 m o más.

### **Uso de las áreas de descanso**

Predecir el uso de las AD es el factor clave para determinar la ubicación y el tamaño. Primero, el proyectista debe determinar la proporción del tránsito directo que utilizará la instalación, lo cual depende de numerosos factores: separación entre ADS, duración de viaje, época del año, composición del tránsito, clasificación de caminos, etcétera. Preferiblemente, el proyectista debe utilizar los datos de AD similares cercanas para estimar la probable clientela.

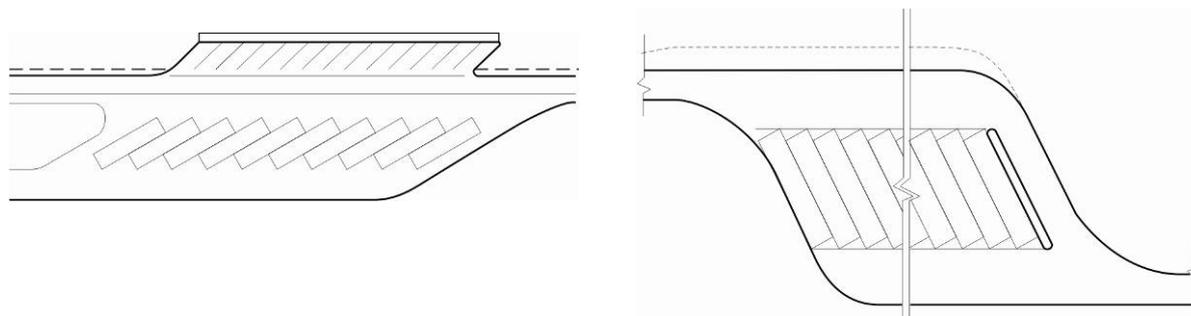
---

En ausencia de datos, debe considerarse:

- *Año de diseño.* El año de diseño típico para proyectar el tránsito es 20 años
- *Características del camino.* Las AD sobre autopistas con actividades recreacionales o referencias históricas tienden a tener menos camiones y un mayor porcentaje automóviles y vehículos de recreación. Cuando el objetivo general del camino es mover tránsito comercial entre ciudades, las AD suelen tener un mayor uso de camiones
- *Duración de viaje.* En las autopistas, donde las longitudes de viaje sean inferiores a unos 150 km (p. ej., entre dos grandes ciudades), existe una reducción significativa en la proporción del tránsito que utiliza la instalación
- *Factores temporales.* En las zonas de recreo y veraneo, el uso de las ADS es más alto durante los fines de semana de verano, con preponderancia de los vehículos de pasajeros. Los camiones tienden a hacer mayor uso nocturno

### **Estacionamiento**

El estacionamiento en ángulo es preferido al paralelo porque requiere menos tiempo para entrar y salir.



*Estacionamiento típico en ángulo de 30° y 45° para automóviles en un sentido*

### **Pavimentos**

Todas las ramas y conexiones deben tener una pendiente transversal del 2%. Las áreas de estacionamiento general deben diseñarse con una pendiente transversal deseable del 2%, y 5% máximo.

### **Cordones**

Deben diseñarse cordones de hormigón para delimitar las zonas de estacionamiento y alrededor de las isletas que separan los estacionamientos de autos y camiones. Los cordones dan una excelente delineación y controlan el drenaje. Las rampas de cordón para uso de las personas con incapacidades se diseñan según planos aprobados y se ubican donde sean adecuados según el trazado de sendas peatonales, que se determina en los planos preliminares.

### **Edificios**

Los edificios y otras estructuras especiales deben cumplir todos los códigos oficiales de construcción. Se debe tomar ventaja del lugar y de sus características, tales como vistas, agua, vegetación. El diseño arquitectónico puede destacar la ubicación de una zona boscosa. Otros componentes incluyen recipientes de residuos, señalización, iluminación de veredas, áreas para mascotas, y otras características especiales del lugar.

### **Drenaje**

El drenaje de las áreas de estacionamiento, caminos y de todo lugar debe tener en cuenta las actividades previstas y los cálculos hidrológicos. De ser posible, deben diseñarse canales de profundidad mínima bien perfilados que se mezclen con el terreno circundante. En la zona de circulación peatonal entre el estacionamiento y el edificio deben evitarse los canales abiertos y capturarse el derrame superficial mediante sumideros y entubamientos con descarga en las cunetas perimetrales.

### **Circulación de peatones**

Las veredas, sendas y caminos forman el sistema de transporte para los usuarios de las ADS. Recogen los visitantes en las zonas de estacionamiento y los ponen en el lugar, edificio e instalaciones. Ayudan a definir áreas de uso mediante su alineamiento, dimensión, material y textura. Vinculan una serie de elementos en una experiencia placentera. Las zonas de utilización se determinan y definen sobre la base de actividades previstas. La organización de los refugios públicos y mesas se define según usos concentrados o esparcidos según los patrones de uso. En el diseño deben incorporarse las zonas de recreo. Las zonas de utilización general se superponen y se unen mediante sendas peatonales.

### **Paisajismo**

El paisaje del AD debe aprovechar las características naturales y vegetación existentes. Los caminos, sendas, veredas y el estilo arquitectónico deben armonizar naturalmente con el entorno existente. Evitar cortes profundos y prominentes rellenos. Se recomienda preservar las características del lugar.



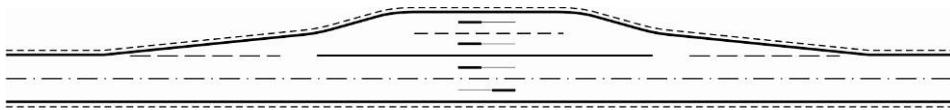
### **Accesibilidad de personas discapacitadas**

El diseño de las AD debe acomodar adecuadamente a las personas discapacitadas, incluyendo los terrenos, áreas de picnic, ramas de acceso a las áreas de picnic, edificios, puertas automáticas, rampas de las aceras y señalización.

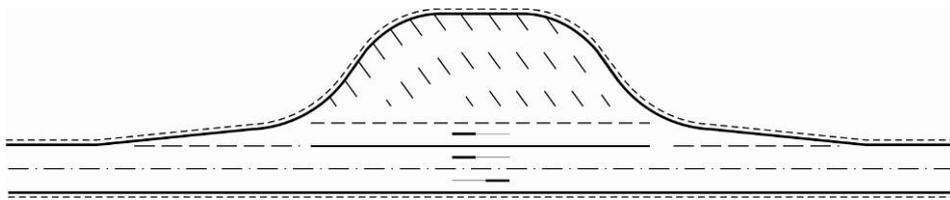
### 8.1.3 Apeaderos en lugares históricos y miradores



Los apeaderos son ensanchamientos de la banquina normal para el estacionamiento de uno o más vehículos fuera de la banquina para poder observar el paisaje o puntos de interés histórico o paradas de emergencia. No se proveen servicios como en las AD. Las figuras ilustran dos tipos de apeaderos pavimentados utilizados en caminos de bajo volumen.



*Apeadero normal en camino de dos carriles*



*Apeadero profundo en camino de dos carriles*



### 8.1.4 Estaciones de transferencia modal

Las estaciones de transferencia modal, ETM, se instalan en zonas rurales o urbanas para estacionar el vehículo y facilitar la continuación del viaje en vehículos de transporte público, ómnibus o trenes. Mediante la localización de estos lotes o puestos de estacionamiento fuera de la zona céntrica de la ciudad, se reducen la congestión, los costos de estacionamiento, y se mejora la accesibilidad. Normalmente, la situación general y el tamaño de la ETM se determinan durante la etapa de planeamiento.

#### **Ubicación**

De ser posible, las ETM deben:

- Ubicarse adyacentes a la calle o camino
- Preferentemente, ser visibles a los viajeros diarios o frecuentes, a quienes se intente atraer
- Contar con entradas y salidas separadas, preferentemente sobre dos o más calles
- Tener la entrada en el lado ‘aguas arriba’ del flujo de tránsito más cercano del lote de estacionamiento, y la salida en el lado ‘aguas abajo’

Si la entrada y salida están juntas, conviene ubicarlas lo más cerca posible de la mitad de cuadra. Preferiblemente, las zonas de estacionamiento deben ubicarse en puntos que precedan a los cuellos-de-botella o puntos donde la congestión de tránsito sea significativa, y tan cerca de las zonas residenciales como sea posible para minimizar el viaje de vehículos con un solo ocupante, y lejos para que los costos del terreno no sean prohibitivos. Otras consideraciones:

- Disponibilidad de lugares públicos o privados
- Accesibilidad a rutas de ómnibus, caminos o ferrocarril
- Acceso de ciclistas y peatones
- Impactos sobre los usos de la tierra circundante
- Visibilidad desde el camino de acceso
- Demanda prevista, capacidad de las conexiones
- Drenaje y condiciones del suelo
- Costos

Los lugares seleccionados deben ser compatibles con los usos actuales y futuros de la tierra circundante.

#### **Diseño**

El *tamaño del terreno* de estacionamiento depende del volumen de diseño, disponibilidad de tierra, y el tamaño y número de los otros terrenos de estacionamiento en la zona. En cada zona de estacionamiento deben proveerse los medios para recoger y bajar pasajeros. Alrededor de cincuenta espacios representa un número razonable. La zona debe comprender bajadas cerca de la entrada a la estación, más una zona de estacionamientos breves para levantar pasajeros. Esta zona debe estar claramente separada de la ETM.

---

- **Entradas y salidas.** Ubicar las entradas y salidas para la menor molestia del tránsito directo, permitir el fácil acceso hacia y desde el estacionamiento, y dar el espacio máximo de almacenamiento en el lote. Separar las entradas y salidas deben ser de al menos 45 m de distancia y 45 m de un cruce de la vía pública. Sería conveniente que, estas distancias deben ser de 100 m. Para los lotes con menos de 150 plazas, estas dimensiones podrán ser reducidas a 30 m. El diseño de todas las entradas y salidas, las distancias visuales, radios de giro, carriles de aceleración y desaceleración, carriles de giro, etc., se diseñarán según los criterios establecidos en los Capítulos 3, 4, 5 y 6. El vehículo de diseño típico será un ómnibus.
  - **Semáforos.** Si se justifica la instalación de semáforos, o se espera en el futuro, la entrada debe estar a más de 400 m desde un semáforo adyacente. Los semáforos se pueden coordinar para facilitar la fluida progresión de los vehículos.
  - **Paradas.** Debe considerarse la ubicación de las paradas de los ómnibus, taxis, bicicletas, y estacionamiento especial para las personas con movilidad disminuida. Preferiblemente, los pasillos de estacionamiento deben ubicarse normal a la calzada para ómnibus, de modo que los peatones no necesiten cruzar las vías de estacionamiento. Las calzadas para ómnibus deben permitir el adelantamiento de vehículos detenidos, lo cual significa que deben tener un ancho mínimo de 6 m. Las zonas de ascenso y descenso de pasajeros para los ómnibus y automóviles deben estar separadas entre sí, y de las zonas de estacionamiento para evitar conflictos de tránsito interno. La circulación debe ser de un solo sentido.
  - **Accesibilidad para personas discapacitadas.** Se analizarán los criterios de accesibilidad para personas discapacitadas.
  - **Circulación del tránsito.** Organizar la circulación del tránsito para dar la máxima visibilidad y conflicto mínimo entre los vehículos pequeños (p. ej., automóviles, taxis) y vehículos grandes (p. ej., ómnibus). Localizar las rutas de mayor circulación por la periferia de la parcela para minimizar los conflictos de los peatones con los vehículos.
  - **Consideraciones de los peatones y ciclistas.** Considerar la posibilidad de peatones y ciclistas en bicicleta. Evitar puntos de entrada y salida en áreas con altos volúmenes de peatones, si es práctico. Dar aceras entre las zonas de estacionamiento y los puntos de transferencia entre modos de transporte. Localizar las zonas de espera de viajeros en una zona céntrica o cerca del final de la instalación. Las distancias máximas a pie hasta cualquier zona de carga no debe exceder los 300 m. Caminar distancias más largas puede requerir más de una zona de carga. Los pasos de peatones debe darse cuando sea necesario y estar claramente marcados y señalizados. Incluir señales y marcas en el pavimento para los peatones y ciclistas, para eliminar movimientos indiscriminados. En las ETM de alto volumen, pueden justificarse vallas, isletas barreras, o ajardinadas para canalizar a los peatones y ciclistas. En los cruces de las rutas de tránsito principales deben instalarse isletas de refugio peatonales para separar las direcciones de viaje. Es común incluir una zona de estacionamiento de bicicletas relativamente cerca de la zona de carga de pasajeros. Si se espera un alto tránsito de bicicletas conviene dar un carril ciclista hacia y desde la zona de estacionamiento de bicicletas.
-

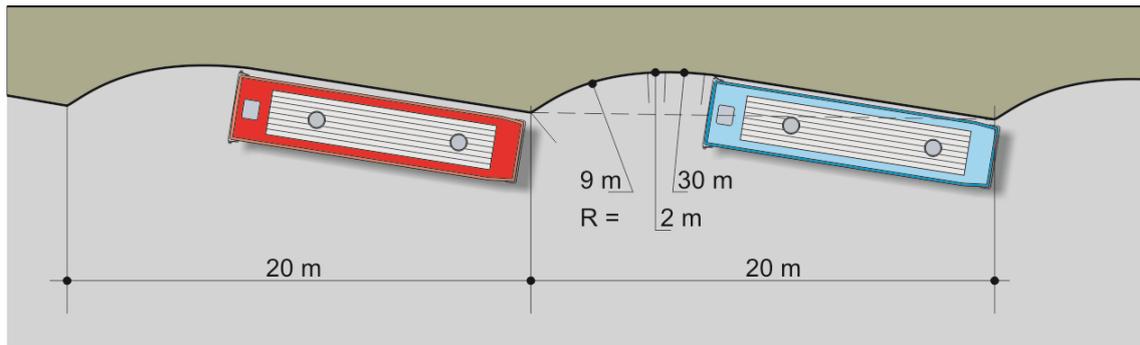


- **Espacios de estacionamientos.** Deben ser de 2,7 por 6 m para vehículos de pasajeros de tamaño-total; donde se provea una sección especial para vehículos subcompactos serán suficientes espacios de 2,4 por 4,5 m. Los requerimientos del estacionamiento para los minusválidos debe estar según las disposiciones legales.
- **Veredas.** Deben ser de 1,5 m de ancho mínimo y las zonas de carga de 3,6 m. Las zonas principales de carga deben proveerse con rampas de corte de cordón. Preferiblemente, los peatones no tendrían que caminar más de 120 m, aunque distancias ligeramente más largas pueden permitirse bajo algunas circunstancias. Las sendas peatonales desde los espacios de estacionamiento hasta las zonas de carga deben ser tan directas como sea posible. Donde sea necesario deben proveerse medios para cerrar con llave las bicicletas.
- **Pendientes de las zonas de estacionamiento.** Pueden ser relativamente empinadas excepto para las vías que acomodan los ómnibus. Las pendientes de las calzadas para ómnibus no deben ser mayores que 7%, y las pendientes de aceleración no mayores que 4%. Los radios de curva de las planeadas trayectorias vehiculares en la zona de estacionamiento deben ser suficientemente grandes para el cómodo movimiento de los vehículos que se intenta servir. Las ETM pueden ubicarse sobre pendientes relativamente empinadas, pero los caminos para acomodar a los ómnibus y camiones no deben tener una pendiente mayor que 7%. Las pendientes de aceleración en bajada no deben superar un 4%. Los radios de curvatura de los caminos en zona de estacionamiento y caminos de acceso deberán ser lo suficientemente grande como para dar cabida a los tipos de vehículos a servir. Los lotes de estacionamiento para los autos de tamaños regulares y compactos tendrán las dimensiones dadas para las AD.
- **Acceso al estacionamiento.** Debe ubicarse donde interfiera lo menos posible al tránsito existente. Preferiblemente, la intersección de los caminos de acceso a los terrenos de estacionamiento debe ubicarse por lo menos a 100 m de otras intersecciones, y debe haber suficiente distancia visual para que los vehículos entren y salgan del estacionamiento. Esto significa que las salidas y las entradas no deben ubicarse en curvas verticales convexas. Los pasillos deben ubicarse perpendicularmente a la calzada de los ómnibus para que los peatones no deban cruzar la vía de acceso. Además, el diseño debe diseñarse para que los peatones no tengan que caminar excesivamente.

Las veredas deben tener un mínimo de 1,5 m de ancho y las zonas de carga de pasajeros deben ser de unos 3,5 m de ancho. Las sendas y zonas de estacionamiento pueden ser pavimentadas o no, y deben cumplir las normas y recomendaciones de diseño oficiales.



- **Distancia visual.** Por lo menos debe haber una distancia visual de 90 m, y una entrada y una salida por cada 500 puestos de estacionamiento y, preferiblemente, ubicar las entradas y salidas en calles diferentes. Es deseable proveer accesos separados para los vehículos de transporte público. Las curvas de los cordones deben tener por lo menos 9 m de radio, aunque los radios de 4,5 m son adecuados para puntos de acceso usados exclusivamente por vehículos de pasajeros.
- **Zonas principales de carga de pasajeros.** Deben proveerse con refugios para proteger del tránsito al público que espera. Como mínimo, los refugios deben ser lo suficientemente grandes como para acomodar los volúmenes de pasajeros fuera de las horas pico, y preferiblemente ser más grandes. El diseño de la zona de *carga de los ómnibus* puede ser paralelo o diente-de-sierra; la mejor disposición depende del número de ómnibus que se prevé usarán la parada. Donde se espere que más de dos ómnibus usen la vía al mismo tiempo, generalmente es preferible la disposición diente-de-sierra, porque es más fácil para los ómnibus adelantarse a uno en espera.



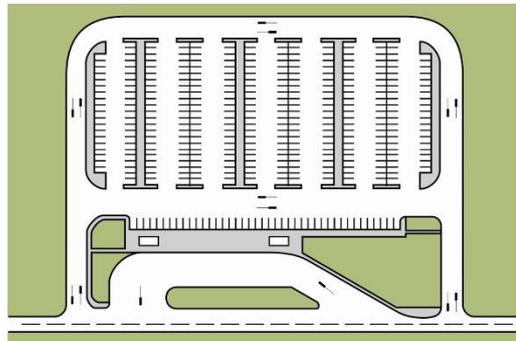
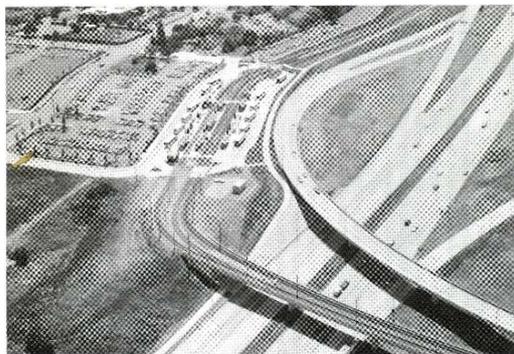
*Zona diente-de-sierra de carga de ómnibus*

La longitud del espacio que debe proveerse para un *diseño paralelo* es de 29 m. Esta longitud permitirá la carga de dos ómnibus. Para cada espacio adicional debe disponerse de 14 m. La zona de carga debe ser por lo menos de 7,3 m de ancho para permitir adelantarse a un ómnibus detenido. La zona que delinea el refugio de pasajeros debe tener cordones para reducir la altura entre el terreno y el primer escalón del ómnibus, y reducir la invasión de los ómnibus. Las zonas de carga de tipo paralelo no deben ubicarse sobre curvas porque se dificulta la maniobra para estacionar de modo que las puertas delantera y trasera queden cerca del cordón. Pueden requerirse diseños especiales para acomodar *ómnibus articulados*, particularmente donde se usa una disposición *diente-de-sierra*.

- **Estacionamiento.** Un terreno para estacionamiento del transporte público bien diseñado incluye una *zona de amortiguación* alrededor del terreno con adecuado tratamiento paisajista y, a menudo, una valla para separar las zonas de tierra. La amortiguación debe ser por lo menos de 3 m de ancho. En el diseño debe tenerse en cuenta la mezcla parque-camino y el ambiente de la comunidad circundante, en particular en las zonas urbanas.
- **Tamaño del lugar y señalización.** Se deben establecer zonas de amortiguamiento alrededor del estacionamiento. Para minimizar los impactos visuales pueden moldearse las formas de la tierra y desarrollar el paisajismo. El diseño puede incluir vallas para separar las áreas de uso de la tierra. Excepto en los terrenos pequeños, todos deben tener iluminación. Generalmente será suficiente un nivel de iluminación de 2,2 a 5,4 lx promedio.
- **Refugios.** Una vez determinado el número de pasajeros que el refugio puede servir, su tamaño puede obtenerse multiplicando un factor de 0,3 a 0,5 m<sup>2</sup> por persona. Dado que el refugio puede expandirse relativamente fácil en una fecha posterior, con tal que inicialmente se instale suficiente coronamiento, la provisión de un refugio en la época de la construcción original para todos los pasajeros no es crítica. Debe proveerse el refugio con iluminación, bancos, información de ruta, receptáculos para residuos y, a menudo, un teléfono.
- **Sistemas de drenaje.** Deben diseñarse de modo que los vehículos estacionados no sean dañados por el agua de lluvia. Bajo ciertas circunstancias, algún estancamiento de agua puede permitirse, o puede ser aun deseable cuando el drenaje se diseña como parte de un sistema de manejo del agua de lluvia.

Generalmente, las profundidades permisibles de agua estancada no deben superar los 7 a 10 cm donde los vehículos de pasajeros se estacionen, y no debe haber ningún estancamiento en las ruta de los peatones y ciclistas, o donde las personas esperan vehículos.

- **Iluminación.** Debe basarse en el tamaño, ubicación y disposiciones reglamentarios. Se recomienda un nivel mínimo de 0,2 a 0,5 lux promedio.



*Típica instalación ETM. Alberta, Canadá*      *Típica instalación ETM. AASHTO (Park and Ride)*

### 8.1.5 Estaciones de control de cargas

Las estaciones de control de cargas pueden ser de peso, dimensiones y carga.

- Las de peso y dimensiones van siempre juntas y corresponden a controles que realiza la DNV sobre el peso y dimensiones de las cargas
- Las de carga están asociadas a puesto de control de agencias de recaudación estatal, controles fitosanitarios, policías provinciales y Gendarmería Nacional

Las estaciones de control de peso y dimensiones no deben imponer inconvenientes ni peligros al tránsito. Sus instalaciones se diseñan en función del TMDA de camiones:

- Para TMDA de camiones superior a 800 deberían incluirse:
  - Dispositivos dinámicos: balanza dinámica de selección y elementos de medición de dimensiones
  - Dispositivos estáticos: balanzas estáticas de peso total y de peso por ejes

Ambos dispositivos funcionan coordinadamente: si los dispositivos dinámicos, menos exactos que los estáticos, no detectaran ninguna infracción, el camión se incorpora nuevamente a la calzada; si acusaran una probable infracción, el camión se desvía hacia la zona de pesaje estático para controlar peso y dimensiones.

- Para TMDA de camiones inferior a 800 son suficientes los dispositivos estáticos solos

El diseño de estaciones de control de peso y dimensiones incluye:

- Carriles de cambio de velocidad para salir de e ingresar a la calzada, diseñados según [Capítulo 5 INTERSECCIONES]

- Zona de pesaje para ubicar balanzas y equipos de medición de dimensiones, cuyas dimensiones son función del equipo a instalar; se recomienda revisar el diseño con los proveedores de balanzas
- Zona de descarga y estacionamiento de la sobrecarga y de los camiones
- Oficinas de control para el personal de la DNV
- Oficinas de la autoridad de apoyo, generalmente Gendarmería Nacional
- Dependencias de servicio

En la Figura 8.1 y la Figura 8.2 se muestran esquemas de diseño.

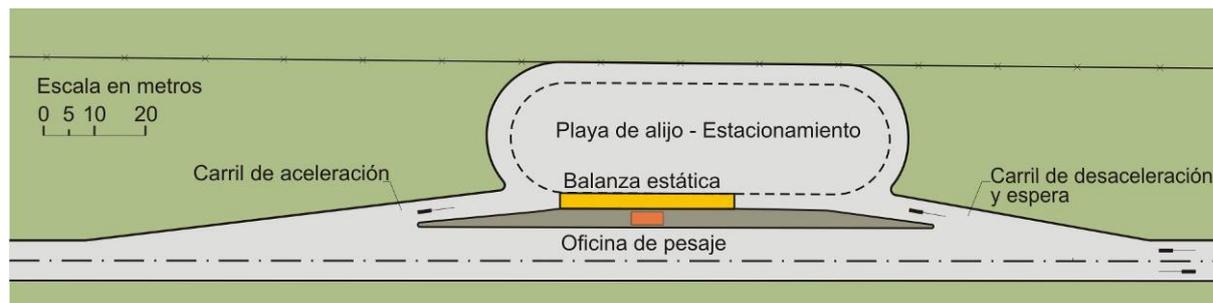


Figura 8.1 Esquema estación de pesaje para balanza estática

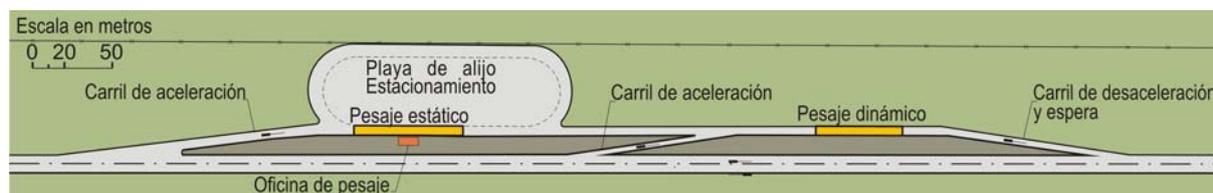


Figura 8.2 Esquema estación de pesaje para balanza dinámica

Se recomienda ubicar las estaciones de control de peso y dimensiones en:

- Lugares donde no exista la posibilidad de evasión por rutas alternativas. Para ello debe analizarse la red en estudio volcando sobre ella el TMDA de camiones y los itinerarios de las cargas.
- Tramos rectos con escasa pendiente

Se elegirá la mejor ubicación en un grupo de opciones. Los lugares a priori adecuados son los accesos a las grandes ciudades, cercanías de los polos industriales, zonas francas y puertos.

### 8.1.6 Estaciones de prueba de frenos

Las estaciones de prueba de frenos se diseñan y construyen en la cresta de largas y empinadas pendientes. Dan a los conductores de vehículos pesados una oportunidad para parar y verificar fuera del tránsito la condición del sistema de frenos de su vehículo y detectar algunos otros problemas mecánicos (olor a quemado, humo). Además se fuerza a los conductores a iniciar su bajada desde una condición de detención, lo cual elimina el riesgo de velocidades iniciales excesivas.

Al estar fuera del tránsito, los conductores de los vehículos pesados pueden informarse sobre la configuración y dificultades de la pendiente. Para que la zona de prueba de frenos cumpla su propósito, la detención debe ser obligatoria.

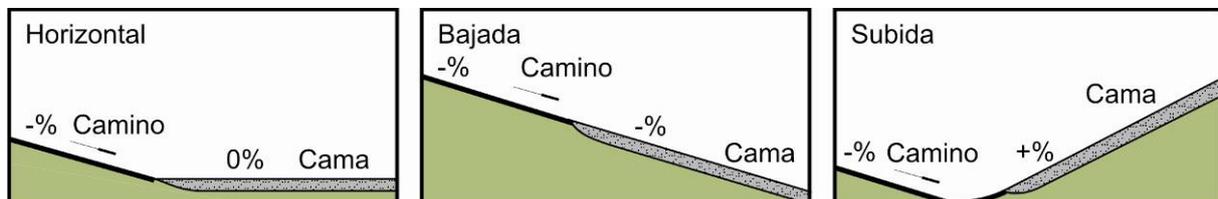


Figura 8.3 Zona de prueba de frenos

### 8.1.7 Ramas de escape

#### **Generalidades**

Las ramas de escape son instalaciones laterales diseñadas para detener vehículos pesados errantes. Se usa material granular redondeado porque opone más resistencia al rodaje y reduce la longitud del lecho. Según el tipo de terreno, el lecho de frenado puede ser horizontal, en subida, o en bajada. Los diseños en subida reducen las distancias de detención, pero obligan a usar material granular, para impedir retrocesos en el coronamiento.



La construcción de una rama de escape debiera considerarse cuando:

- La probabilidad de vehículos descontrolados sea alta (basada en análisis de accidentes y perfiles de temperatura de frenos)
- Los vehículos errantes pudieran causar resultados catastróficos (p. e., antes de la entrada a una villa)

Preferiblemente debieran ubicarse en una sección recta, dado que su ubicación en curvas podría agregar dificultades a la maniobra que enfrenta el conductor de un camión errante.

### **Particularidades**

En zonas de topografía montañosa se suelen diseñar sectores de pendientes fuertes que pueden generar en los vehículos condiciones inseguras de circulación por estar expuestos a constantes cambios de marcha, utilización permanente de los frenos y acción retardadora de los motores al llevarlos en cambio durante largos tramos, medidas que no son siempre suficientes para mantener a los vehículos bajo control, traduciéndose en la posibilidad de accidentes. Las fuerzas que actúan y que afectan la velocidad son las debidas al motor, a los frenos y a la sumatoria de fuerzas que actúan directamente sobre el vehículo. Las fuerzas del motor y de los frenos se ignoran en el diseño considerando el caso más desfavorable: vehículos completamente errante y con los frenos descompuestos.

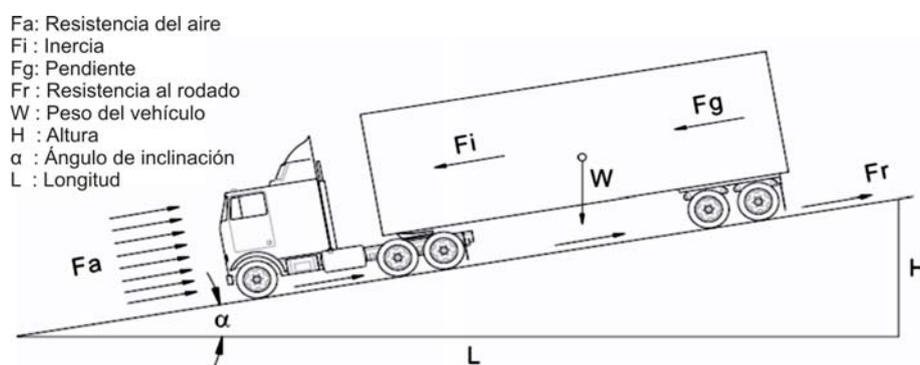


Figura 8.4 Fuerzas que actúan sobre el vehículo

Las fuerzas que actúan sobre el vehículo son las debidas a: la inercia, la resistencia del aire, la resistencia al rodado y las gravitacionales por la pendiente. La inercia se define como una fuerza que se opone al movimiento del vehículo o lo mantiene, a menos que sobre el vehículo actúe una fuerza externa. La inercia podría ser superada por un incremento o una disminución de la velocidad del vehículo. La resistencia al rodado y la pendiente pueden romper la inercia de un vehículo.

La resistencia al rodado es la resistencia al movimiento generado por el rozamiento en el área de contacto entre los neumáticos de los vehículos y la superficie de la carpeta de rodamiento y es aplicable solamente cuando el vehículo está en movimiento. Su influencia depende principalmente del tipo de superficie en la que el móvil se desplace, y del tipo, estado y presión de inflado de los neumáticos.

El efecto de la resistencia del aire se desprecia en la determinación de las longitudes de los lechos de frenado dejándolo como un factor de seguridad adicional.

### **Tipos de ramas de escape**

Las ramas de escape se clasifican según su forma de trabajo en:

- Gravitacionales
- Montículos de arena
- Lechos de frenado

- Las gravitacionales son pavimentadas o de material granular compactado densamente en la superficie. Utilizan la fuerza de gravedad para detener los vehículos. Son de gran longitud, con una empinada pendiente ascendente y requieren un control topográfico continuo y estricto. Un inconveniente es que una vez detenido el vehículo, podría descender marcha atrás hacia el camino, de no contar con su sistema de frenos. Son las de menor uso y las menos recomendadas.

Las ramas de montículos de arena están compuestas de arena suelta y seca, y su longitud normalmente no sobrepasa los 120 m. El funcionamiento es similar a los amortiguadores de impacto de tambores de arena. Las desaceleraciones en los montículos de arena usualmente son muy severas y la arena al aire libre puede ser afectada por el clima. Se reserva su utilización a lugares donde no exista la posibilidad de proyectar un lecho de frenado de longitud adecuada.

Los lechos de frenado son salidas laterales normalmente paralelas y adyacentes al camino. Su superficie de rodamiento es una cama de material granular suelto de espesor variable que aumenta la resistencia al rodado del vehículo y lo detiene.

En función de la topografía, los lechos de frenado pueden construirse en subida, horizontal, o bajada. Los de subida son los más recomendables y cortos porque la detención se debe a la resistencia al rodado y a la fuerza de gravedad. Los horizontales y en bajada utilizan sólo la resistencia al rodado.

Los distintos tipos de ramas de escape son de aplicación en función de las características topográficas y del espacio disponible para su construcción.

### ***Crterios de diseo de ramas de escape***

Para el diseo de las ramas de escape se deben considerar las características físicas y la seguridad de los usuarios.

Una premisa básica es considerar que el conductor del vehículo errante no se encuentra en condiciones de tomar decisiones o realizar maniobras complejas. Un correcto diseo debe proyectar las salidas y su señalización para que se reconozca la existencia de una pista y las maniobras a realizar dando confianza al conductor de ingresar y no continuar por el camino.



### ***Justificación de una rama de escape***

En general, se justificará la instalación de una rama de escape en las siguientes situaciones:

- Lugares con altos índices de accidentes, causados por vehículos pesados errantes o por averías en el sistema de frenos
- Altos volumen total de tránsito y porcentaje de camiones

- Curvas horizontales que generen que la mayoría de los camiones errantes, se salgan antes de llegar a una rama de escape
- Tramos largos de fuertes pendientes de bajada

De encontrarse en una zona con uso del suelo deberá analizarse el riesgo que acarrea la salida del camino del vehículo errante.

### **Ubicación**

La ubicación de una rama de escape involucra una serie de consideraciones, en las cuales se deben tener presente que las ramas:

- Deberían estar ubicadas en un punto de la pendiente que permita interceptar la mayor cantidad de camiones errantes, antes del lugar donde se hayan registrado accidentes por salida del camino
- Deberían ser construidas antes de las curvas que no pueden ser enfrentadas en forma segura por un vehículo errante. No es aconsejable disponer ramas en tramos con fuerte curvatura horizontal
- Deben ser visibles desde una larga distancia de manera que el conductor pueda preparar la maniobra de acceso con antelación. No es aconsejable disponer ramas luego de una curva vertical convexa
- Deben ubicarse preferentemente en el costado derecho de la vía y lo más tangente posible a ésta. Sólo en condiciones extremas de caminos de dos sentidos o cuando sea de un solo sentido, se podrá emplazar una rama en el costado izquierdo, cuidando en todo caso que el lugar tenga una adecuada visibilidad, tanto para el conductor del vehículo accidentado como para los conductores de los vehículos que circulen en sentido contrario en caminos de dos sentidos
- Deben tener una adecuada preseñalización y deben distinguirse perfectamente, especialmente de noche, para evitar que un conductor las pueda confundir con la vía principal. Se aconseja disponer iluminación nocturna en los casos de geometría complicada

### **Acceso y Ancho**

El acceso a la rama no debe ser en un ángulo mayor que 15° y debe ser perfectamente distinguible y estar completamente despejado.

Se recomienda pavimentar las banquetas en el acceso para poder demarcar la zona de salida. El ancho de la rama tendrá como mínimo 5 m y cuando la rama esté ubicada junto a un terraplén alto o una ladera, que involucre un peligro de caída del vehículo errante, se recomienda la instalación de una barrera de hormigón en el costado de riesgo de altura mínima 1,1 m.

### **Longitud**

La longitud se determinará utilizando el modelo desarrollado por AASHTO para el cálculo de ramas de escape:

$$L = \frac{V_i^2}{254(R \pm i)}$$

Donde:

L = Distancia de detención (m).

$V_i$  = Velocidad inicial o de entrada (km/h) =  $V + 20$  km/h

$i$  = Pendiente de la rama, en tanto por uno, (-) pendiente (+) rampa.

R = Resistencia al rodado del material de la rama, expresado como un equivalente de la pendiente, en tanto por uno.

La longitud total del lecho de frenado se adopta por razones de seguridad un 25% más larga que la que sale del cálculo estricto:

$$LT = 1,25 L$$

En general se recomiendan salidas y lechos de frenado en recta, pero son aceptables en curvas amplias.

En la Tabla 8.1 se indican las resistencias al rodado "R" de distintos tipos de materiales, y la pendiente equivalente.

Tabla 8.1 Resistencia al rodado de distintos tipos de materiales, y pendiente equivalente

Material Superficial de la rama	Resistencia al rodado (kg/1000 kg)	Pendiente Equivalente (%)
Concreto con Cemento Pórtland	10	1
Concreto Asfáltico	12	1,2
Grava compactada	15	1,5
Tierra arenosa suelta	37	3,7
Agregado molido suelto	50	5
Grava suelta	100	10
Arena	150	15
Gravilla de tamaño uniforme	250	25

Fuente: *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (AASTHO, 2001)

Para adaptarse a las condiciones topográficas, la pendiente puede ser variable en el lecho de frenado. La velocidad final al término de una pendiente puede calcularse y usarse como la velocidad inicial en la pendiente siguiente.

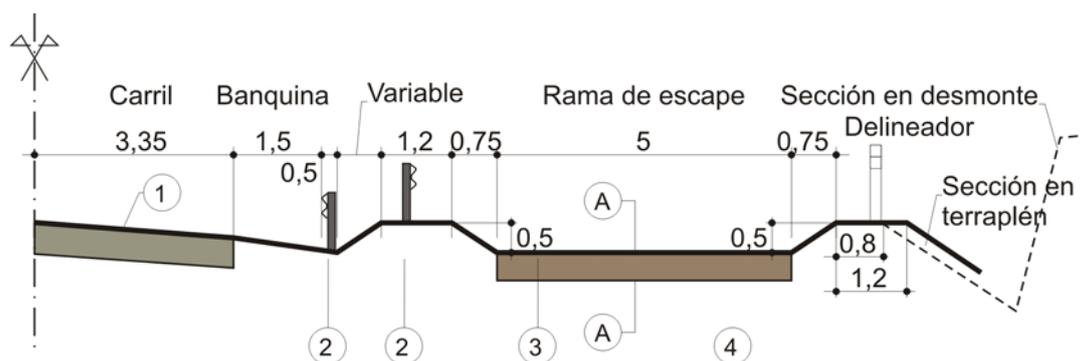
$$V_f^2 = V_i^2 - 254 \cdot L \cdot (R \pm i)$$

Para el primer cálculo, antes de ingresar al lecho de frenado se recomienda adoptar

$$V_i = V + 20 \text{ km/h}$$

Donde el terreno o las condiciones de desarrollo no permitan la provisión de las longitudes deseadas para las ramas, para reducir las distancias de detención pueden usarse disipadores de energía, tales como montículos u otros elementos de contención. En lo posible, los montículos serán del mismo material que el del lecho de frenado, y se ubicarán donde el probable impacto se produzca a una velocidad menor que 40 km/h. Se construirán con una altura de 0,7 m, ancho de lecho de 3 m y talud 1:2.

Si se usan barriles, se recomienda llenarlos con el mismo material que el del lecho, ya que la arena podría accidentalmente contaminar la rama y reducir su resistencia al rodado.

**Referencias:**

- 1 - Estructura calzada principal
- 2 - Barrera metálica de defensa simple.
- 3 - Colchón de frenado en 5 m de ancho y espesor variable de 0,8 a 0,6 m. En  $L_e/4$  y 0,6 m. Uniforme en el resto de la longitud de la rama. Granulometría según la tabla B.
- 4 - Terraplén con compactación especial s/ especificaciones.

**Tabla B**

Material para lecho de frenado	
Tamiz (mm)	% en peso que pasa
1"	100
3/4"	80 - 90
1/2"	0 - 5
3/8"	0 - 3

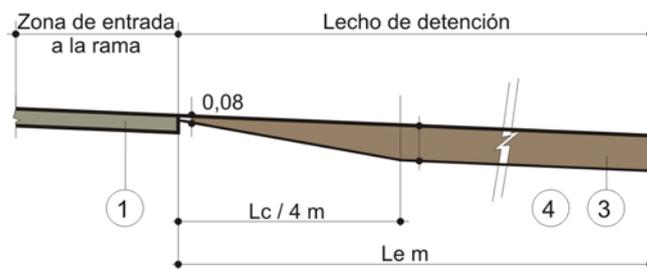


Figura 8.5 Detalles de los lechos de frenado

**Profundidad**

Las ramas de escape se proyectan con profundidades variables para evitar desaceleraciones excesivas. Es recomendable comenzar con una profundidad de 8 a 10 cm en la entrada, hasta la profundidad máxima, considerando una pendiente relativa del fondo entre 1 y 2%. La profundidad máxima será mayor que 0,6 m; 1 m es recomendable y 1,2 máxima.

**Tipos de Materiales**

Los materiales a utilizar en los lechos de frenado deben estar limpios, ser difíciles de compactar y tener un alto coeficiente de resistencia al rodado. Cuando se utilicen áridos, deben componerse de elementos redondeados, predominantemente de un mismo tamaño y lo más limpios posible de partículas y contaminación. El uso de un tipo de material grande de tamaño regular minimizará los problemas derivados de la retención de humedad y congelamiento; y minimizará el mantenimiento requerido. El material recomendado es la gravilla de tamaño uniforme, suave, redondeada y no compactada, cuyo tamaño ideal debe estar comprendido en el rango 6 a 40 mm. Puede utilizarse grava suelta o arena, con las recomendaciones de mantenimiento adecuadas. Para asegurar la durabilidad y resistencia al desgaste del material tipo grava o gravilla en las ramas, debe determinarse el desgaste Los Ángeles, considerándose como máximo un valor de 30%.

**Drenaje**

El drenaje es fundamental en el proyecto de lechos de frenado, ya que el congelamiento del material en zonas frías reduce o anula la resistencia a la rodadura. Un drenaje inadecuado puede permitir la acumulación de partículas finas en los vacíos, compactando los áridos. Una de las medidas es diseñar el fondo de la rama con pendiente, para instalar un dren longitudinal que intercepte y drene las aguas que entren al lecho. En zonas lluviosas se recomienda agregar un sistema interceptor de drenes transversales. Para evitar la colmatación de los drenes y la contaminación del material de la rama se debe impedir la infiltración de material fino desde el suelo natural, para lo cual se recomienda utilizar geotextiles en el contorno y/o pavimentar el fondo.

**Rescate de vehículos**

En el diseño de la rama de escape se deberá considerar una calzada adicional para la circulación de grúas u otros equipos de servicio para las tareas de rescate del vehículo detenido.

La calzada adicional debe diseñarse como para que el conductor del vehículo errante no la confunda con el lecho de frenado, especialmente en circulación nocturna. Tendrá 3 m de ancho mínimo, se proyectará paralela al lecho de frenado y del lado del camino. En el extremo de la rama se recomienda una explanada donde se pueda remolcar a los vehículos rescatados. En particular en zonas lluviosas, se recomienda pavimentar el carril adicional y la explanada. Es aceptable diseñar estabilizados granulares

Donde sea posible, es conveniente que la calzada adicional se conecte con el camino principal para permitir un reingreso fácil a la grúa y al vehículo rescatado.

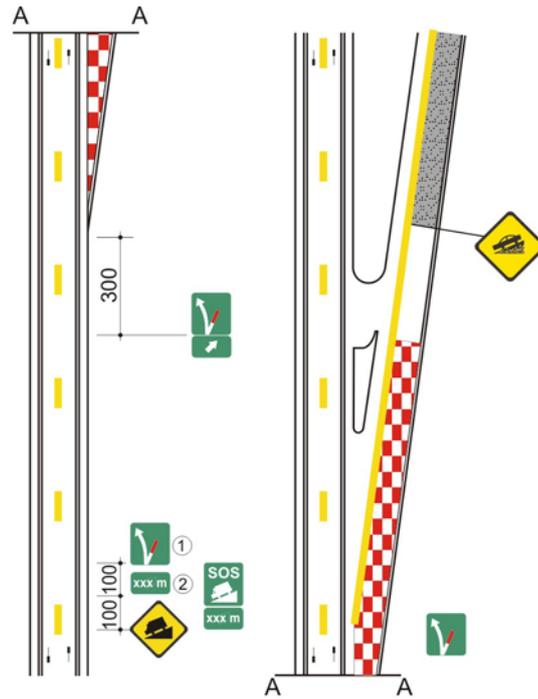
**Señalización anticipada y en la rama de escape**

Deben usarse señales y marcas de advertencia anticipada para identificar la presencia de la rama de frenado y guiar a los conductores de los vehículos errantes. Las señales debieran erigirse para desalentar el uso por parte de otros usuarios (a menudo, las ramas de frenado están en lugares que ofrecen una vista panorámica de los alrededores – una atracción para turistas no familiarizados con este tipo de obra.

Se utilizarán como mínimo dos carteles de preavisos, a 500 y 350 m, y un cartel que indique el punto de salida.

Se complementará con delineadores retrorreflectivos montados en postes de plástico o madera a los costados del acceso y del lecho de frenado, para guiar al conductor.

Por los altos costos de construcción, las ramas de frenado sólo se construyen en un limitado número de pendientes con una historia de accidentes de camiones, después del fracaso de otras medidas menos costosas.



- ① Repetir a una distancia no mayor que 500 m.
- ② La distancia en la señal debe ser igual a la distancia desde la señal hasta el carril de escape

Figura 8.6 Señales y marcas en una rama de frenado

### 8.1.8 Paradas y dársenas de ómnibus

#### Paradas de ómnibus

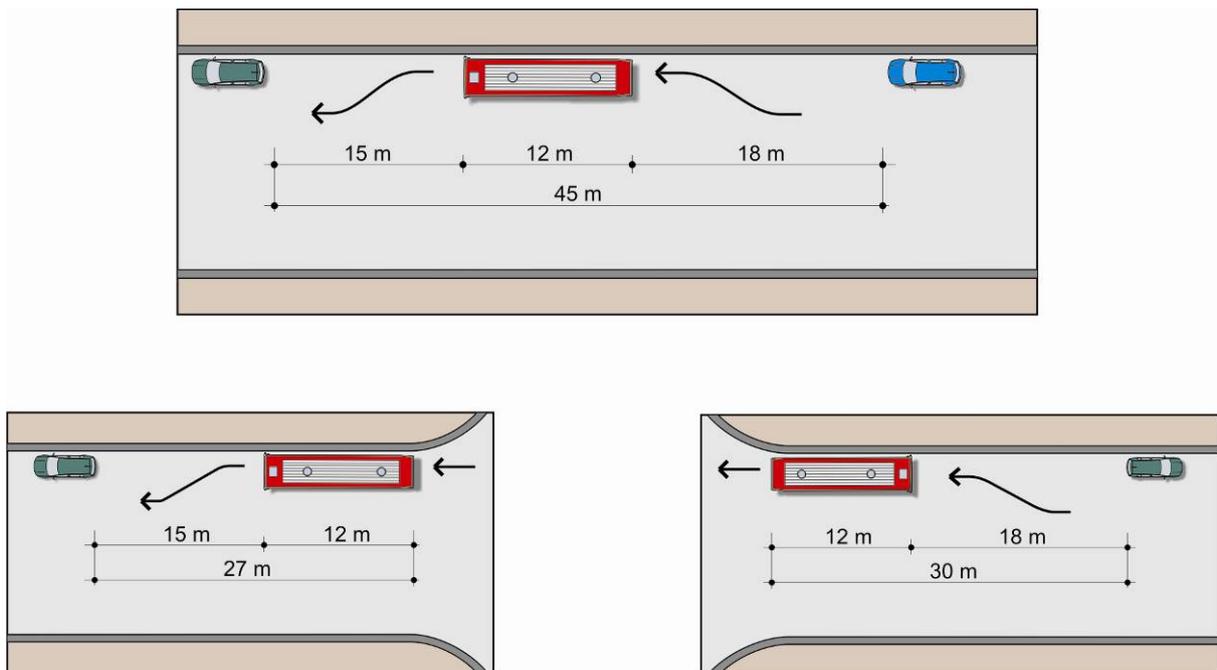


Figura 8.7 Paradas de ómnibus

Si las rutas de ómnibus locales se encuentran en una autopista urbana o suburbana, el proyectista debe considerar su impacto sobre las operaciones de tránsito normal. La ubicación de las paradas de ómnibus es particularmente importante. Hay que considerar la conveniencia de los clientes, el diseño de la intersección próxima y las características funcionales del camino y el entorno. Hay tres diseños básicos de parada de ómnibus en-la-calle; inmediatamente antes o después de una intersección (bocacalle), o a mitad de la cuadra. Cada una tiene sus ventajas y desventajas, como se resume en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2 Comparación de ubicación de paradas de ómnibus

	Ventajas	Desventajas
<b>Paradas DESPUÉS intersección</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizan los conflictos entre ómnibus y vehículos que giran a la derecha.</li> <li>• Proveen capacidad adicional para el giro-derecha al dejar libre el carril de cordón para el tránsito.</li> <li>• Minimizan los problemas de distancia visual cerca de las intersecciones.</li> <li>• Facilitan a los peatones cruzar detrás del ómnibus detenido.</li> <li>• Crean distancias de desaceleración más cortas para los ómnibus porque el ómnibus puede usar el ancho de la intersección para desacelerar.</li> <li>• El conductor del ómnibus puede tomar ventaja de los claros en el flujo de tránsito creados en los cruces semaforizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Múltiples ómnibus detenidos pueden bloquear la intersección durante los períodos pico.</li> <li>• Pueden obstruir la distancia visual para los vehículos que cruzan.</li> <li>• Pueden obstruir la distancia visual de los peatones que cruzan.</li> <li>• Pueden causar una doble detención de ómnibus, primero en el semáforo y luego en la parada, interfiriendo las operaciones de los ómnibus y demás tránsito.</li> <li>• Pueden aumentar el número de choques traseros porque los conductores no esperan que el ómnibus se detenga de nuevo.</li> <li>• Podrían resultar filas en la intersección cuando un ómnibus se detenga en el carril directo.</li> </ul>
<b>Paradas ANTES intersección</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizan las interferencias cuando el tránsito es pesado después de la intersección.</li> <li>• Permiten a los pasajeros subir al ómnibus más cerca del cruce peatonal.</li> <li>• El ancho de la intersección permite una reentrada más fácil en la corriente de tránsito donde se permita estacionamiento de cordón.</li> <li>• Imposibilitan la doble detención.</li> <li>• Permiten a los pasajeros subir y bajar mientras el ómnibus está detenido en una fase roja de semáforo.</li> <li>• Dan al conductor la oportunidad de mirar al tránsito opuesto, incluyendo probables pasajeros desde otros ómnibus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentan los conflictos con los vehículos que giran a la derecha.</li> <li>• Los ómnibus pueden obstaculizar la vista de los dispositivos de control de tránsito y los cruces peatonales.</li> <li>• Se puede obstaculizar la vista de los vehículos detenidos a la derecha del ómnibus.</li> <li>• Durante el período pico las filas de ómnibus pueden bloquear el carril directo.</li> </ul>
<b>Paradas a MITAD de cuadra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizan los problemas de distancia visual de vehículos y peatones.</li> <li>• Pueden resultar en menor congestión peatonal para los pasajeros que esperan.</li> <li>• Deseables si un generador grande está ubicado a mitad de cuadra.</li> <li>• Menos tiempo de espera para los pasajeros donde la distancia entre intersecciones es grande.</li> <li>• Puede ser adecuada donde haya una demanda de transporte público pesado y continuo en toda la cuadra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren distancia adicional para las restricciones de no-estacionar.</li> <li>• Alientan patrones de cruce de calle a mitad de cuadra.</li> <li>• Aumentan la distancia de caminata para cruces peatonales en las intersecciones.</li> </ul>

**Dársenas de ómnibus (apeaderos, bahías)**

La interferencia entre los ómnibus y el resto del tránsito se puede reducir significativamente con dársenas para ómnibus, los cuales proveen un área bien definida para las paradas, separada del tránsito directo. Considerar los apeaderos cuando:

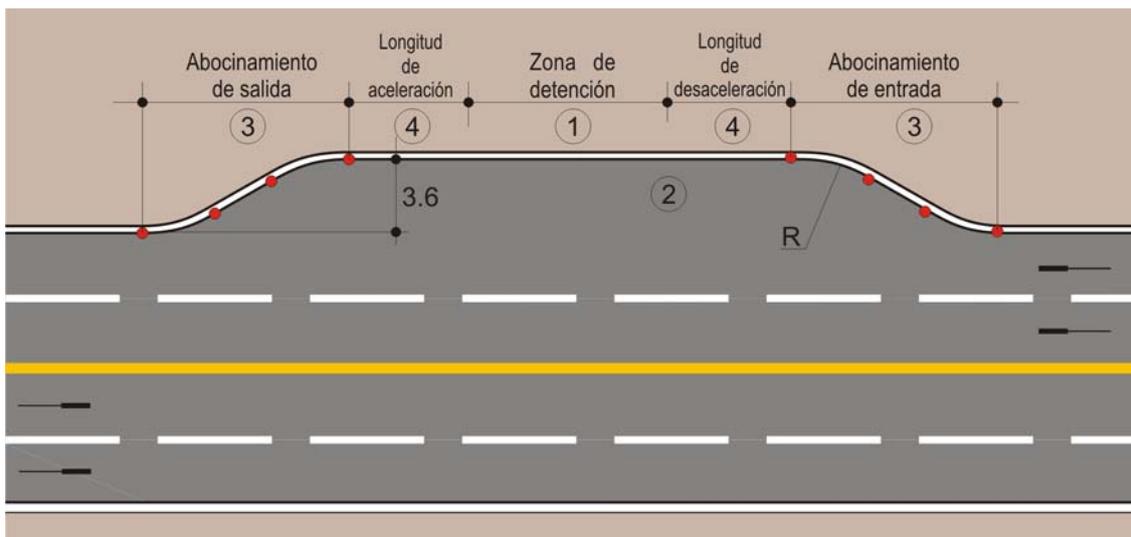
- Las velocidades del servicio en las calles arteriales sean altas (p. ej., registros de 55 km/h o más)
- El volumen de ómnibus supere 10 durante la hora pico
- El volumen de pasajeros mayor que entre 20 y 40 ascensos por hora
- El promedio de permanencia de ómnibus sea superior a 30 s por parada
- Al final de recorrido de ómnibus
- Potenciales conflictos vehículos/ómnibus justifican la separación de las paradas
- Historial de accidentes probablemente solucionables con las dársenas para separar las paradas de ómnibus
- Zona de camino de ancho suficiente para prevenir el efecto adverso sobre los movimientos de los peatones por la vereda
- Falta de distancias visuales para paradas seguras detrás del ómnibus detenido
- Mejoramientos (p.ej. ampliación) previstos del camino principal

**Selección**

En general, el municipio o la autoridad de tránsito local determinarán la ubicación de las paradas de ómnibus. Sin embargo, el proyectista suele tener un cierto control sobre la mejor ubicación de una parada al examinar los detalles de la intersección y los patrones de flujo de tránsito. La mejor práctica recomienda que las paradas de ómnibus deben ubicarse más allá de las intersecciones. Sin embargo, no deben ubicarse más de unos 50 metros desde la intersección más próxima.

**Diseño**

- **Dársenas de ómnibus.** Preferiblemente, la longitud total del ómnibus tipo permitirá diseñar: la amplitud de la entrada, la longitud de desaceleración, la zona de parada, la longitud de aceleración, y la salida de las dársenas de ómnibus. Cuando sea posible, es conveniente diseñar longitudes de desaceleración y aceleración separadas del tránsito directo, tanto en las zonas suburbanas como rurales de los caminos arteriales. Sin embargo, la práctica común es aceptar la desaceleración y aceleración en los carriles directos, y sólo construir la zona de detención con cortas entradas y salidas. Si la frecuencia de servicio de un camino particular es alta; p. e. donde dos o más rutas de ómnibus converjan corriente arriba de la parada, la longitud de la parada debe incrementarse hasta 25 metros para acomodar dos ómnibus. Los destinos de los pasajeros de los ómnibus pueden estar sobre uno u otro lado del camino. La cercana proximidad de la parada a una intersección ofrece a los pasajeros una ruta conveniente para su destino final. Sin embargo, se recomienda no ubicar una parada de ómnibus más cerca de unos 15 m desde la línea de cordón del camino o calle transversal; una separación menor podría dificultar a un ómnibus que gira a la derecha entrar en la parada, y puede invadir el triángulo visual requerido por un conductor en el camino o calle transversal.
-



Notas:

1. La longitud de la zona de detención consta de 15 m para cada ómnibus estándar de 12 m, y 21 m para cada ómnibus articulado.
2. Deseablemente el ancho de dársena es de 3,6 m. Para límites de velocidad señalizados menores que 50 km/h es aceptable un ancho mínimo de 3 m. Estos anchos no incluyen la cuneta de cordón.
3. Abajo se listan las longitudes de abocinamiento propuestas. En un abocinamiento de entrada desde un camino arterial puede usarse un abocinamiento mínimo 1:5, mientras que para el abocinamiento de salida no debe ser más fuerte que 1:3.
4. El diseño mínimo para una dársena no incluye longitudes de aceleración o desaceleración. Abajo se listan las longitudes de aceleración y desaceleración propuestas.

Figura 8.8 Ejemplo de dársena de ómnibus

Tabla 8.3 Dimensiones de dársenas de ómnibus

Velocidad Directriz km/h	Velocidad Entrada km/h	Longitud Aceleración m	Longitud Desaceleración m	Longitudes medias de abocinamiento m
50	35	60	45	45
60	45	105	70	50
70	55	200	105	60
80	65	310	45	70

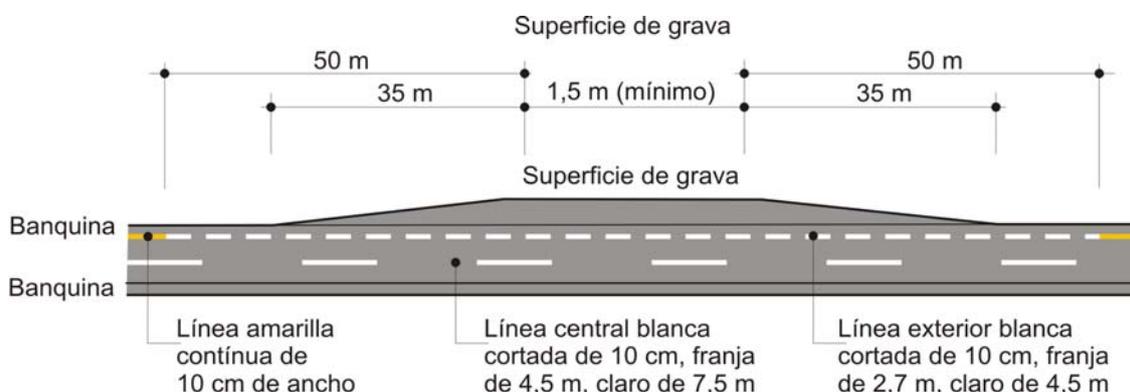
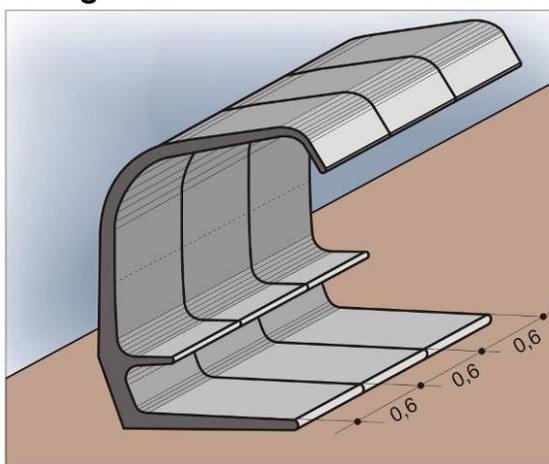




Figura 8.9 Trazados típicos de dársenas de ómnibus

- **Refugios de ómnibus.**



En general, el municipio o la autoridad de tránsito local determinarán la necesidad y ubicación de los refugios de autobús. La autoridad de tránsito local determinará el diseño de la parada de ómnibus. El proyectista debe asegurarse de que el refugio no limite la distancia de visión, el flujo de peatones, la accesibilidad o movilidad.

Figura 8.10 ejemplo de refugio usado por la DNV

### 8.1.9 Carriles para vehículos de alta ocupación

#### **Generalidades**

Los carriles para los *vehículos-de-alta-ocupación* (VAO) forman parte del sistema de transporte público rápido de acceso a grandes ciudades, y pueden proveerse a lo largo de sustanciales distancias. Es discutible si debieran considerarse carriles auxiliares. Los carriles VAO se aplican típicamente en rutas de viajeros diarios para alentar el uso del transporte público, o clubes (*pools*) de transporte colectivo y así reducir la congestión.

La ocupación media de los vehículos de pasajeros (automóviles, camionetas, combis) es del orden de 1,5 personas por vehículo, mientras que un ómnibus puede transportar 80 pasajeros, reemplazando 50 o más vehículos de pasajeros en la corriente de tránsito.

Dado que los ómnibus pueden ser de 2,6 metros de ancho, los anchos de carril angostos pueden ser inadecuados para carriles VAO que, idealmente no deben ser de menos de 3,6 metros, para que permitan un espacio libre de 0,5 m entre los lados del vehículo y las marcas de carril. Los carriles VAO tienen que ser vigilados por la fuerza pública para asegurar que sólo los vehículos calificados por el privilegio los usen. Puede emplearse la semaforización para dar a los vehículos en los carriles VAO prioridad sobre otros usuarios viales. La combinación de fuerza pública y uso prioritario apuntalan la efectividad de los carriles VAO, pero normalmente estos temas operacionales están fuera de los términos de referencia del diseño geométrico.

Importa que el proyectista trace una distinción entre los carriles básicos y los carriles VAO en la sección transversal. El punto esencial de diferencia es que el vehículo de pasajeros usualmente se toma como un vehículo de diseño para los carriles básicos, mientras que los carriles VAO se diseñan para acomodar a los ómnibus. Los radios de cordón y el ancho de los carriles de giro en rutas de ómnibus deben ser tales que los ómnibus puedan maniobrar las curvas sin invadir los carriles adyacentes o las veredas.

Típicamente, las rutas de ómnibus convergen hacia el centro comercial. Los carriles VAO, como parte de la sección transversal normal, que puedan haber servido bien en las zonas marginales o suburbanas, podrían ser inadecuados para acomodar el creciente volumen de tránsito de ómnibus en el centro comercial. Puede ser necesario designar varias calles en el centro como de tránsito exclusivo de ómnibus.

### **Consideraciones generales**

La combinación de vías de transporte público masivo o de vehículos de alta ocupación con la autopista puede ser un medio para obtener servicios de transporte óptimos en las ciudades más grandes. Este mejoramiento puede realizarse mediante el uso conjunto de la *zona-de-camino* (ZC) para incluir tránsito sobre rieles, o coronamientos separados de vías para ómnibus y otros vehículos de alta ocupación. El costo total de ZC será menor que para dos franjas de tierra, y la combinación reducirá el desplazamiento de bienes y personas, y disminuirá el impacto sobre las vecindades. En algunos casos, el tránsito público masivo puede incorporarse a los sistemas existentes de autopistas. Las plataformas de flujo-reverso en la mediana y los carriles reservados funcionarán bien para uso exclusivo de ómnibus y VAO durante las horas pico.

Cuando el transporte público, ómnibus o por riel, ocurra en la mediana de la autopista, generalmente el acceso a los vehículos de transporte público se realiza desde el cruce de vías en las ubicaciones de los distribuidores. Tal disposición no se presta para transferencia intermodal. La transferencia hacia y desde ómnibus o autos privados agrega congestión a la zona del distribuidor, y usualmente el estacionamiento *fuera-de-la-calle* es tan lejano desde las zonas del distribuidor que desalienta al transporte público.



Figura 8.11 Plataforma exclusiva para ómnibus

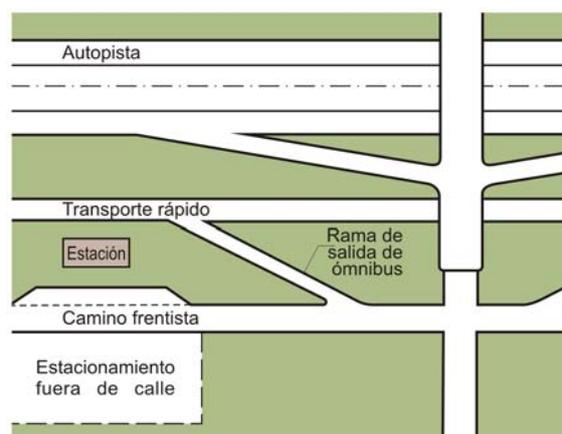


Figura 8.12 Disposición paralela de autopistas y camino frentista con rama de salida para el tránsito rápido

Como se muestran en la Figura 8.11, las plataformas para ómnibus en la mediana son para las operaciones de los servicios rápidos, porque las ramas que permitirían la colección y distribución desde la zona de mediana hacia las calles laterales son costosas u operacionalmente indeseables. Cuando la autopista sea objeto de una reparación importante o una reconstrucción, frecuentemente es necesario construir cruces sobre nivel y desviar temporalmente el tránsito a una plataforma. Donde el transporte público se ubique en la mediana, tal plan no será posible sin una completa interrupción de las operaciones de tránsito.

Cuando la vía de transporte público sea paralela a la autopista, pero ubicada a un lado, más que en la zona de mediana, estas objeciones se superan. La Figura 8.12 muestra una plataforma de ómnibus localizada entre la autopista y un camino frentista paralelo. El acceso a la plataforma de ómnibus se alcanza desde el camino frentista. La estación está desplazada de la zona de congestión del distribuidor, dispone de adecuado espacio para apartaderos de autos u ómnibus, y más fácilmente se puede obtener espacio para estacionamiento fuera de la calle. Todos los factores se combinan para realzar la transferencia intermodal. Las ramas de escape desde la plataforma de ómnibus hasta el camino frentista permiten la colección y distribución, en adición a las operaciones de las líneas, sin interrupción de las operaciones de la autopista. Una disposición similar podría servir al transporte público de trenes livianos, excepto que se omitiría la rama de escape.

### ***Tipos de carriles VAO***

En un corredor de autopista existente, hay tres tipos de carriles VAO:

- Calzadas VAO separadas
- Carriles VAO de flujos concurrentes
- Contracarriles de flujo

## Diseño

Para diseñar carriles VAO se considera:

- Tipos de vehículos de alta ocupación, VAO.
- Criterios de diseño. En general, los mismos criterios de autopistas urbanas.
- Anchos de banquetas. Mínimo deseable 3 m; mínimo absoluto: 0,6 m.
- Distancia visual de detención. En caso de barrera de hormigón separadora se debe prestar especial atención a las restricciones visuales en las curvas.
- Separación. Cuando un carril VAO se encuentra junto a los carriles de autopista sin barrera de mediana, es deseable una separación entre 0,6 y 1,2 m.
- Ramas de acceso. El acceso a los carriles VAO variará según el tipo utilizado y espacio disponible. El acceso puede ser a través de rama compartida, rama dedicada, y/o ramas desde la línea principal o camino transversal. En general, se emplean los mismos criterios que para ramas de distribuidores, teniendo en cuenta el vehículo de diseño y la señalización y marcación del pavimento.
- Gestión de Incidentes. Debe considerarse especialmente el funcionamiento de los carriles VAO después de un accidente.

## Secciones transversales típicas

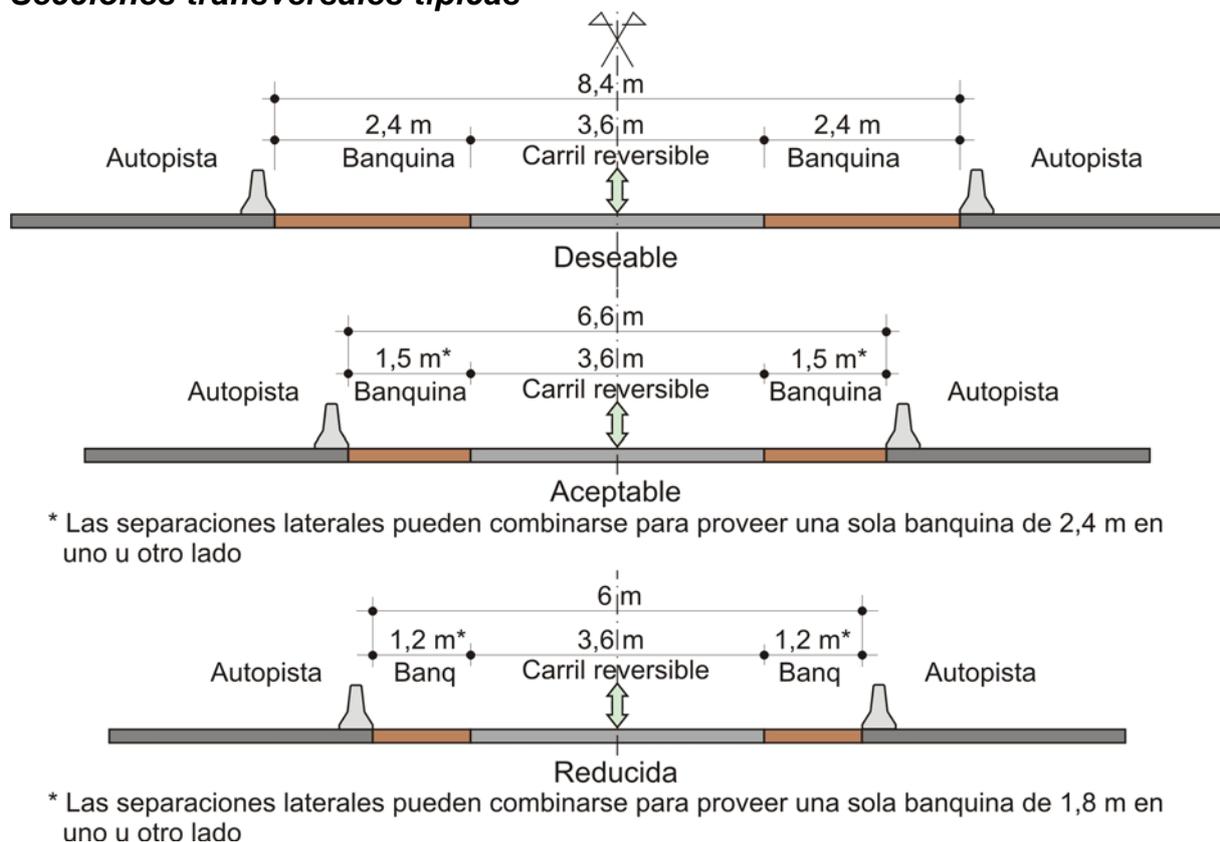


Figura 8.13 Calzadas VAO separadas por barreras  
(Un carril de flujo reversible)

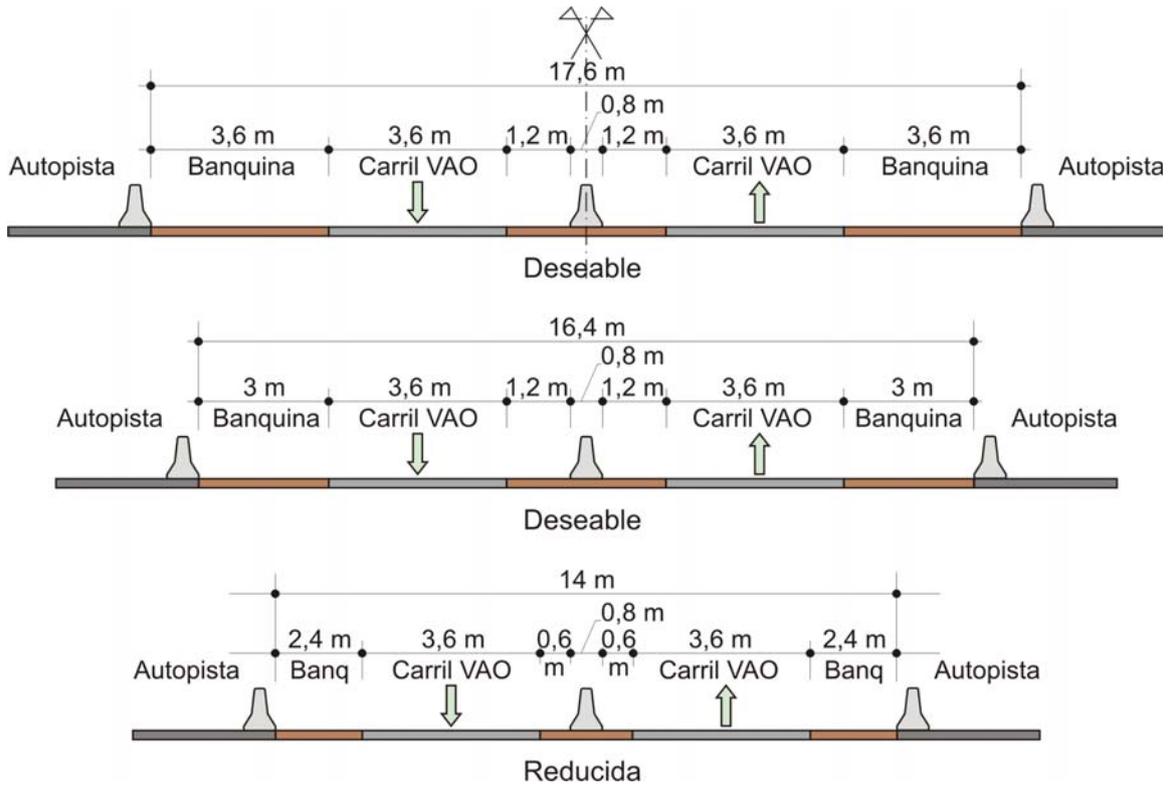


Figura 8.14 Calzadas VAO separadas por barreras (Dos carriles; dos sentidos)

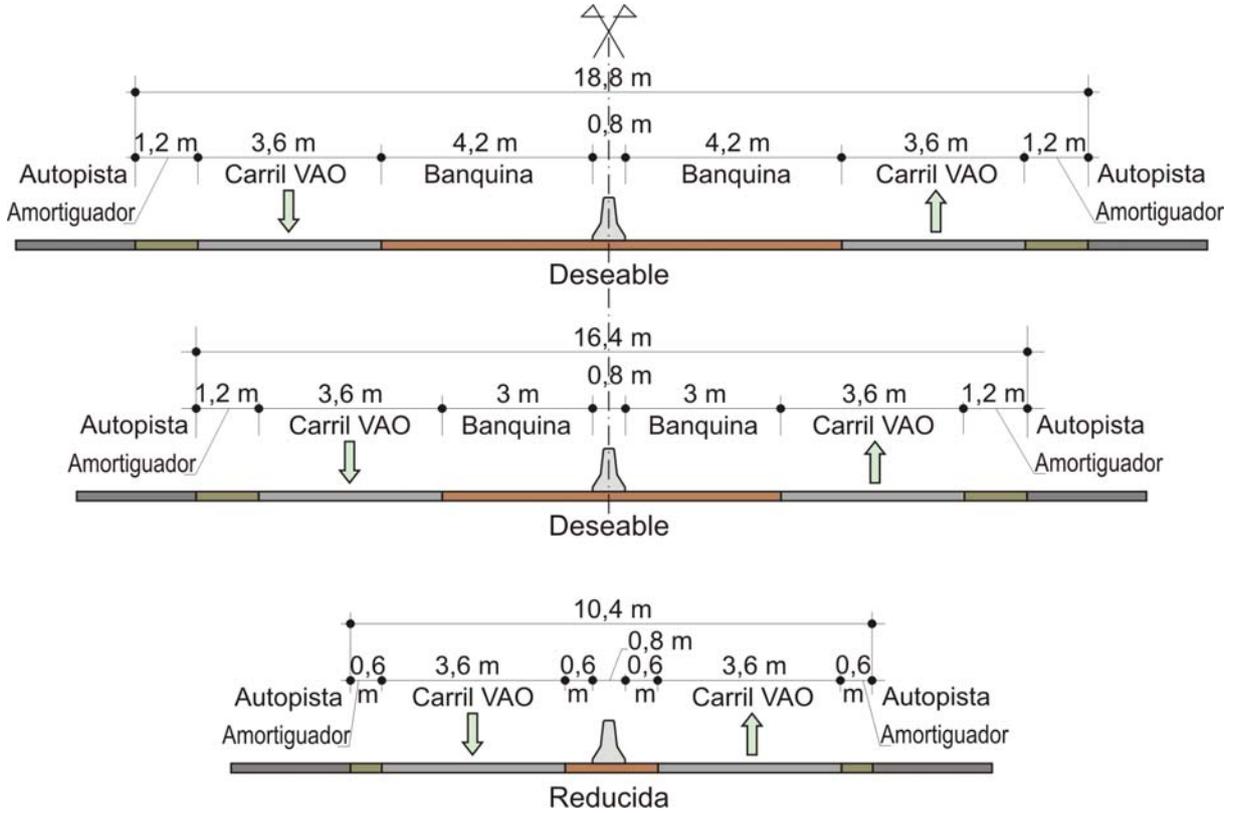


Figura 8.15 Calzadas VAO separadas por línea de pintura del tránsito mixto (Dos sentidos; flujo concurrente)



Carriles VAO separados por barrera + pintura  
Dos carriles dos sentidos



Carriles VAO separados por mediana + pintura  
Dos carriles dos sentidos



Carriles VAO separados por barrera + pintura  
Dos carriles dos sentidos



Calzada VAO separada por barreras  
Dos carriles de flujo reversible

### 8.1.10 Paradas de ómnibus en autopistas

#### **Generalidades**

Un servicio de transporte público verdaderamente rápido por ómnibus sólo tiene limitada aplicación porque usualmente el servicio normal combina la colección y distribución con el transporte *suburbio-a-ciudad* y la mayoría de las calles o caminos para tales rutas de ómnibus no son adaptables a la operación de alta-velocidad. Muchas zonas metropolitanas tienen ómnibus expresos que operan en el sistema de autopistas desde puntos de ascenso suburbanos cerca de la autopista, hasta destinos en la zona comercial céntrica, o hasta otros generadores de tránsito. El número de ómnibus que operan durante las horas pico, el espaciamiento entre las paradas de ómnibus y el diseño de los apartaderos de ómnibus determinan la eficiencia de la operación y su efecto sobre las operaciones del camino. Probablemente, los ómnibus que operan en tramos cortos con frecuentes puntos de carga y descarga se acumularán en las paradas e interferirán en tránsito directo. Por otro lado, la operación de ómnibus expresos con pocas, si alguna, paradas a lo largo de la autopista proporciona un servicio público superior para la zona urbana exterior y afecta menos la operación de la autopista. Cuando la demanda lo justifique, además del servicio expreso deberían considerarse otros medios operacionales para reducir el tiempo de viaje del usuario del transporte público. Una plataforma VAO exclusiva es una vía completamente reservada siempre para el solo uso de ómnibus y otros VAO. Da a ómnibus y VAO un alto nivel de servicio y disminuye el tiempo de viaje de los usuarios.

**Espaciamiento**

En alto grado el espaciamiento de las paradas de ómnibus determina la velocidad general de los ómnibus. Las paradas de ómnibus sobre la autopista deberían espaciarse para permitir a los ómnibus operar en o cerca de la velocidad de tránsito prevaeciente sobre el camino. Normalmente, esta concesión requiere espaciamientos de 3,5 km o más. Usualmente, las paradas de ómnibus se localizan en las intersecciones de calles donde los pasajeros se transfieren hacia o desde otras líneas o automóviles. Los apartaderos de ómnibus deberían ubicarse donde las condiciones del lugar son favorables y, de ser posible, donde las pendientes sobre el carril de aceleración son suaves o hacia abajo. Las paradas de ómnibus pueden proveerse en el nivel de la autopista para lo cual son necesarias escaleras, rampas o escaleras mecánicas, o pueden estar ubicadas al nivel de la calle que los ómnibus alcanzan por medio de las ramas del distribuidor. El diseño de los apartaderos de ómnibus se trata en el [Capítulo 4 AUTOPISTAS].

**Escaleras, rampas y escaleras mecánicas**

Con las paradas de ómnibus a nivel de autopista son necesarias escaleras, rampas, escaleras mecánicas, o combinaciones de éstas, para el acceso de los pasajeros entre los niveles de la autopista y las calles locales. Las vías de transporte público deben ser accesibles a las personas minusválidas. En las paradas de transporte público no se permite el acceso único por escaleras. Las escaleras y rampas deberían ser fáciles de subir y presentar una apariencia acogedora.

Este efecto se logra parcialmente mediante la provisión de barandas y amplia iluminación tanto de día como de noche, y la provisión de descansos cada 1,8 a 2,4 m de cambio de cota. También puede ser deseable una cobertura de las escaleras, rampas y plataformas. Las escaleras deberían ubicarse donde la subida sea mínima, preferiblemente no más de 5,4 a 6 m. Donde se disponga de espacio, la plataforma de ómnibus debajo de la estructura podría elevarse 0,6 a 1,2 m mediante la reducción vertical de la separación a unos 3,8 m, porque sólo los ómnibus han de ser servidos.

La mayoría de los ómnibus intraciudad tienen menos de 3 m de altura. Cuando las escaleras se ubiquen una corta distancia desde el punto de carga y descarga, la senda peatonal de conexión puede inclinarse en alrededor del 4 por ciento y así pueden ganarse en cota otros 0,3 a 0,6 m. De esta forma, en algunos casos será posible reducir la altura de las escaleras a 4,5 m o menos. Probablemente, las escaleras y rampas se ubicarán en las paradas de ómnibus en distritos edificados. Las rampas peatonales se adaptan bien a las paradas de ómnibus en zonas suburbanas o tipo parque.

Las barandas son deseables y usualmente necesarias. En algunas ubicaciones pueden combinarse rampas y escaleras. Si la línea de ómnibus sirve a un gran porcentaje de gente mayor, es en extremo ocupada o el ascenso es extra-largo, debería considerarse el uso de escaleras mecánicas. Se incluyen las provisiones para las personas minusválidas, tales como el uso de rampas, escaleras mecánicas, ensanchamiento de los pasajes y puertas peatonales, y la eliminación de otros obstáculos.

---

**Disposiciones de paradas de ómnibus**

Con las paradas de ómnibus al nivel de la autopista, los ómnibus tardan poco tiempo adicional al de parar, cargar y arrancar; sin embargo, deben proveerse apartaderos, escaleras y, a veces, luces extras en las separaciones de nivel. Los pasajeros deben usar escaleras o rampas. Con las paradas de ómnibus a nivel de calle es necesaria menos construcción extra y los pasajeros no tienen que usar escaleras o rampas. Sin embargo, los ómnibus tienen que mezclarse con el tránsito en las ramas y en los caminos frentistas, y generalmente deben cruzar a nivel la calle transversal.

Donde el tránsito sobre las calles de superficie sea liviano, estas desventajas no son serias, pero donde las calles operan cerca de la capacidad, los ómnibus que las cruzan experimentarán alguna demora. Generalmente, las paradas a *nivel-de-calle* son apropiadas en y cerca de los distritos céntricos, y las paradas a nivel de calle o autopista son apropiadas en las zonas suburbanas o de las afueras. En una autopista pueden usarse combinaciones de los dos tipos.

**Paradas a nivel de autopista**

Lógicamente, las paradas de ómnibus se ubican en los cruces de calles donde los pasajeros pueden usar las estructuras de separación de niveles para tener acceso desde cualquier lado de la autopista. La Figura 8.16 A muestra una disposición en un paso superior de calle sin distribuidor. Los apartaderos y plataformas de carga están debajo de la estructura, por lo que se requieren grandes luces o aberturas adicionales.

Cada escalera debería ubicarse sobre el lado de la calle transversal usada por la mayoría de los pasajeros. Dos escaleras adicionales pueden eliminar cualesquiera cruces de calles de superficie mediante la transferencia de viajeros.

La Figura 8.16 B muestra una disposición en un paso inferior de calle sin distribuidor. Como se indica arriba a la izquierda de la Figura 8.16 B, las salidas y entradas de plataforma pueden conectarse directamente a los desarrollos adyacentes, tales como edificios públicos y grandes almacenes.

A veces, las paradas de transporte público son necesarias en ubicaciones distintas que un paso superior de calles, como en las zonas marginales, en distritos edificados donde no es posible ni deseable proveer paradas en las estructuras de cruce de calles. Preferiblemente, tales paradas deberían ubicarse opuestas a los cruces de calles interceptadas por caminos frentistas o sendas peatonales. Es necesario un paso superior peatonal para que las paradas de ómnibus sean utilizables desde cualquier lado de la autopista. La Figura 8.16 C ilustra en planta dos trazados probables. El apartadero en el nivel de la vía rápida está situado en la mitad inferior bajo la estructura peatonal y se alcanza por escaleras o rampa. En la mitad superior, el apartadero está inclinado hasta el nivel del camino frentista, lo que obvia la necesidad de los viajeros de subir escaleras o rampas

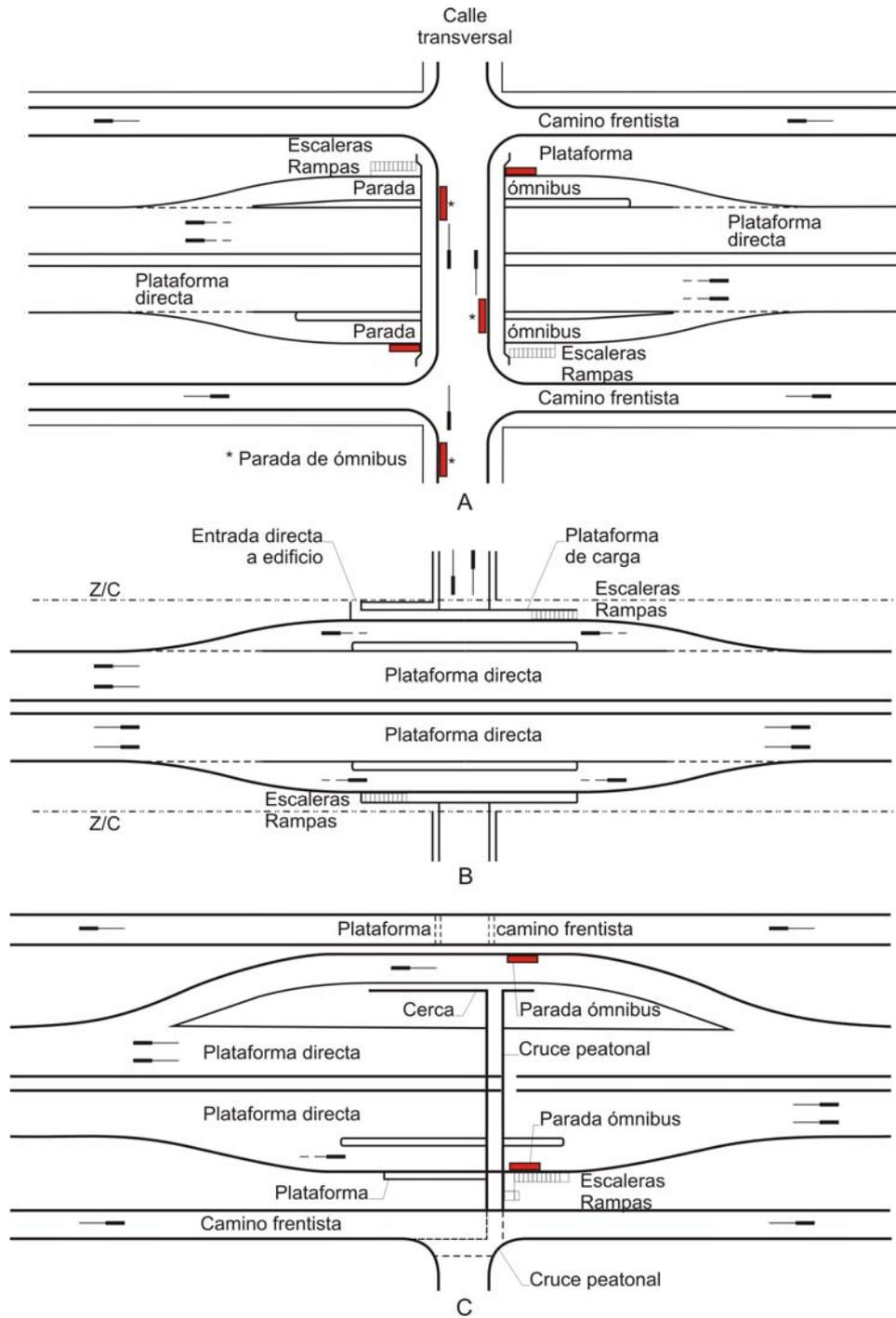


Figura 8.16 Paradas de ómnibus a nivel de autopista

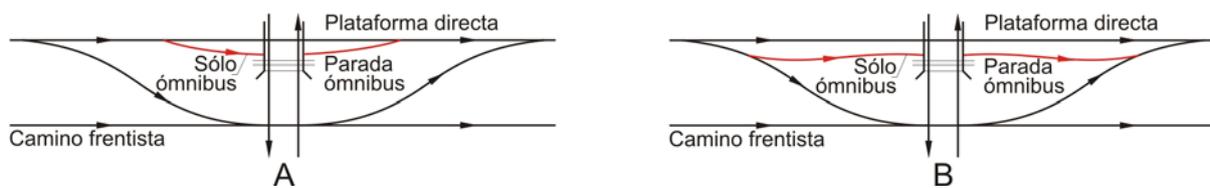


Figura 8.17 Paradas de ómnibus a nivel de autopista en un distribuidor tipo diamante

La Figura 8.17 muestra paradas de ómnibus en el nivel de autopista sobre una sección deprimida en las calles transversales con ramas de un distribuidor tipo diamante que se conectan a caminos frentistas de un sentido. En la Figura 8.17 A, los ómnibus usan la rama de salida de la autopista para entrar en el apartadero. Usualmente, la última parada de ómnibus está ubicada a través de una luz de una estructura separada. Tal consolidación de puntos de acceso mejora la eficiencia del tránsito directo y de rama. Los conductores de los ómnibus se adaptan a la trayectoria reversa necesaria para usar el apartadero de ómnibus. Los ómnibus usan las mismas maniobras cuando dejan el apartadero.

La Figura 8.18 muestra una parada de ómnibus entre la conexión exterior y el rulo de un distribuidor tipo trébol. Es deseable una vía colectora o distribuidora de modo que los apartaderos de ómnibus no se conecten directamente con la plataforma directa. Preferiblemente, para minimizar los conflictos el apartadero de ómnibus debería ubicarse detrás de la estructura.



Figura 8.18 Parada de ómnibus a nivel de autopista en un distribuidor tipo trébol

Cuando el apartadero está ubicado antes que la estructura, los ómnibus deben converger con el tránsito desde el rulo de entrada y entrecruzarse con el tránsito hacia el rulo de salida. También se muestra un apartadero de ómnibus sobre un acceso de servicio próximo de un camino frentista,

conectado al apartadero de ómnibus de la autopista por un paso peatonal sobre y bajo nivel; se provee estacionamiento.

### **Paradas a nivel de calle**

Las paradas de ómnibus a nivel de calle pueden proveerse en los distribuidores. En las ramas tipo-diamante, la parada de ómnibus puede consistir en una zona de banquina ensanchada adyacente a la plataforma de la rama y puede estar sobre una plataforma separada. Generalmente son preferibles las paradas de ómnibus a nivel de calle adyacentes a ramas de entrada. La Figura 8.19 muestra varios ejemplos de paradas de ómnibus a nivel de calle sobre distribuidores diamante. La Figura 8.19A ilustra dos posibles ubicaciones para una parada de ómnibus en un distribuidor diamante simple sin caminos frentistas. La parada de ómnibus puede proveerse en la rama de entrada o en la de salida mediante un ensanchamiento de la rama. La decisión de cuál es mejor depende de un análisis de los conflictos de giro.

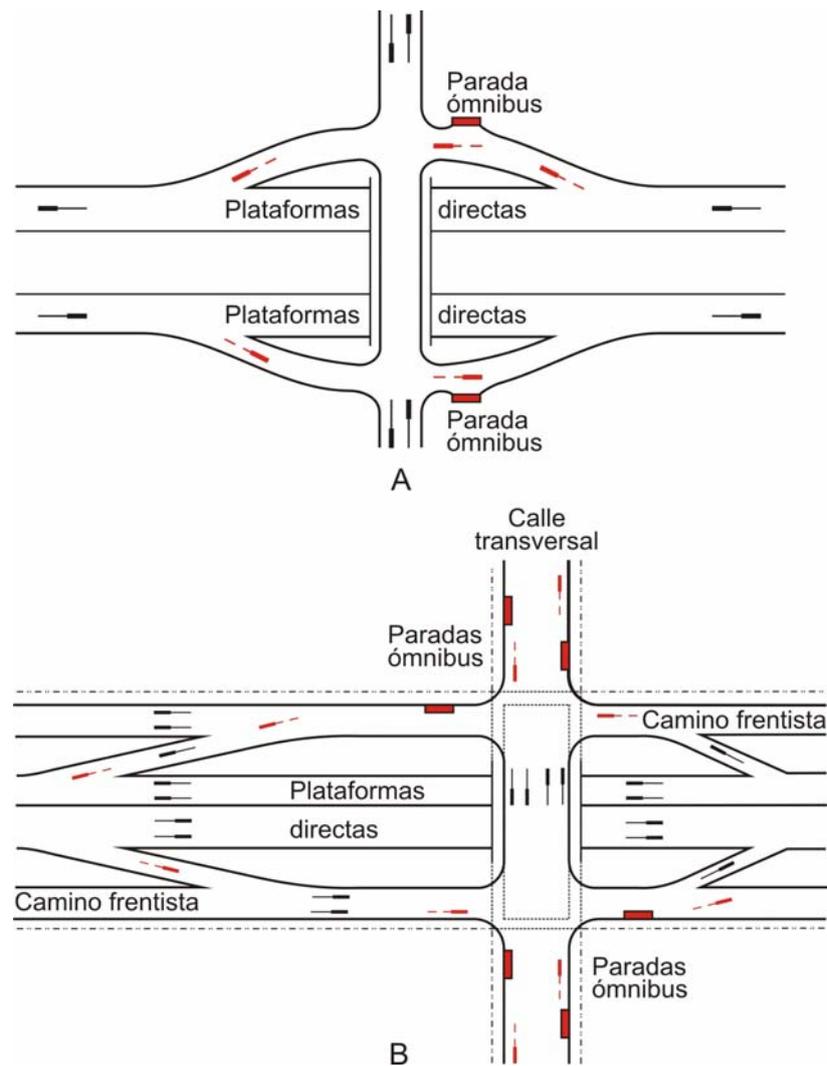


Figura 8.19 Paradas de ómnibus a nivel de calle en distribuidor tipo diamante

La Figura 8.19 B ilustra una parada de ómnibus a nivel de calle sobre una calle frentista de un sentido en un distribuidor tipo diamante. Los ómnibus usan la rama de salida para alcanzar el nivel de superficie, descargar y cargar sus pasajeros en la calle transversal y seguir por la rama de entrada. La distancia de viaje agregada es pequeña y donde el tránsito en la calle transversal es liviano se pierde poco tiempo; sin embargo, donde el tránsito en la calle transversal es pesado y los ómnibus son numerosos, la operación puede ser difícil porque los ómnibus deben entrecruzarse con el tránsito del camino frentista para alcanzar la vereda, cruzar la calle transversal y luego entrecruzarse de nuevo en su camino hasta la rama de entrada. Las paradas de ómnibus a nivel de calle son difíciles de proveer efectivamente en distribuidores tipo trébol o direccional. En tales distribuidores las paradas de ómnibus deberían omitirse, o ubicarse sobre la calle transversal más allá de los límites del distribuidor.

### 8.1.11 Caminos recreacionales

Los criterios de diseño para los caminos recreacionales son aplicables a los caminos a través de parques nacionales, zonas de recreación, bosques nacionales, zonas escénicas por su particular belleza.

El objetivo de este tipo de caminos es dar una vía segura con mantenimiento de los valores estéticos, ecológicos, medioambientales, históricos y culturales de la zona.

En el diseño se recomienda considerar:

- **Criterios de diseño.** El cumplimiento estricto a los criterios de diseño geométrico para este tipo de caminos pueden ser inadecuado. Las velocidades directrices son generalmente bajas y las expectativas de los conductores son tales que la reducción de criterios no produce problemas de seguridad graves. Por lo tanto, el del proyectista debe utilizar criterios técnicos para garantizar los criterios de ajuste del terreno, el uso previsto del camino, y las normas específicas del organismo oficial con jurisdicción en el área.
- **Vehículo de diseño.** Según la naturaleza de las áreas recreativas, el vehículo de diseño más común será una *casa-rodante* con bote remolcado. Para las tareas de mantenimiento y de recolección de basura puede ser adecuado un camión simple. En algunas situaciones, sólo un vehículo de pasajeros puede ser el apropiado. El proyectista debe utilizar criterios técnicos para determinar el vehículo de diseño, con el cual determinar anchos de carril, curvas horizontales, rasante, intersecciones, etcétera.

### 8.1.12 Accesos a instalaciones comerciales

Según VOLANTE Nº 459/70 DNV [Bibliografía Particular C8 (02)]

#### General

*... el diseño de los accesos a instalaciones comerciales, tales como estaciones de servicio, moteles, restaurantes, etc., desde los caminos de jurisdicción de la DNV que tengan vinculación directa con cruces de rutas nacionales entre sí, y/o con caminos provinciales o comunales, deben evitar obstaculizar la visibilidad, causar perturbaciones al tránsito de vehículos o dificultar la habilitación de futuros empalmes a tales intersecciones.*

#### Distancias mínimas

*... los accesos futuros a las instalaciones comerciales deberán emplazarse a las distancias mínimas siguientes:*

- DOSCIENTOS CINCUENTA METROS (250 m) de la intersección con camino de acceso a poblaciones cuyo tránsito diario no supere a los DOSCIENTOS (200) vehículos.
- DOSCIENTOS SETENTA Y CINCO METROS (275) desde la intersección con ruta provincial de 2<sup>o</sup> categoría, o con caminos de acceso a poblaciones cuyo tránsito diario se encuentre comprendido entre los DOSCIENTOS (200) y MIL (1000) vehículos.
- TRESCIENTOS CINCUENTA METROS (350 m) desde la intersección con ruta nacional o provincial de 1<sup>a</sup> categoría, o camino de acceso a poblaciones cuyo tránsito diario supere los MIL (1000) vehículos.

### **Estaciones de Servicio en Autopistas**

Texto adaptado de la Nota Circular N° 2955/97 y Resolución N° 0254/97 de la DNV:

**NORMAS PARA EL INGRESO Y EGRESO A ESTACIONES DE SERVICIO DESDE AUTOPISTAS** [Bibliografía Particular BP C8 (01)], con omisión de las secciones:

**B) ESTACIONES DE SERVICIO A UBICAR ENTRE LAS DOS CALZADAS DE LA AUTOPISTA,**

**C) ESTACIONES DE SERVICIO A UBICAR EN LA ZONA DE CAMINO ENTRE LA CALZADA Y LA COLECTORA y**

**E) PRESENTACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.**

Las estaciones de servicio (ES) sólo podrán ubicarse fuera de la zona de camino, con adecuados accesos según la clasificación funcional del camino; desde la calzada principal a la estación de servicio, o desde la calzada principal a la colectoras y desde la colectoras a la estación de servicio. Particularmente en las autopistas esto significa que *las estaciones de servicio no podrán instalarse en la mediana ni entre calzadas principales y calles colectoras*. El terreno para las instalaciones necesarias será comprado o alquilado por el interesado, bajo su exclusiva responsabilidad, sin ningún compromiso por parte de la DNV.

Todo acceso a estaciones de servicio cercanas a distribuidores debe tener, como mínimo, 600 m desde el fin del carril de aceleración de una rama de entrada a la autopista del distribuidor en cuestión, Figura 8.20

Los carriles de ingreso y egreso de la estación de servicio deben responder al Plano Tipo OB2 de DNV.

Si el ingreso a la estación de servicio se produjera antes de la ubicación del distribuidor no podrá construirse a una distancia inferior a 600 m desde la nariz de la rama de ingreso a la estación de servicio hasta el principio del carril de desaceleración de la rama de salida del distribuidor, y no puede ser menor que 1000 m cuando se trate del final del carril de aceleración del egreso de la estación de servicios con respecto de dicha rama de salida, Figura 8.22 y Figura 8.23. A partir de la finalización del carril de egreso de una estación de servicio no deberá haber una distancia menor que 2500 m hasta el comienzo del carril de desaceleración del ingreso a otra instalación de la misma índole, Figura 8.24. No se autorizarán ingresos ni egresos de estaciones de servicio en sectores en curva, pudiendo materializarse sólo a partir de 100 m desde los extremos de la curva, Figura 8.25.

En general las ramas de entrada y salida se conectarán con la colectoras, preferentemente de un sentido, y desde la colectoras a la estación de servicio los carriles de entrada y salida serán simples, diseñados para la velocidad de la colectoras.

Dada la intensidad luminosa con que se dota a este tipo de explotación, es indispensable prever en el proyecto de iluminación sendas zonas de acostumbramiento visual, las cuales tendrán una longitud mínima de 250 m medidos a partir del punto de comienzo del carril de cada una de las ramas de ingreso o egreso a la colectoras o a la estación de servicio. Como mínimo, el nivel de iluminancia media y el factor de uniformidad serán los siguientes:

- Sobre autopistas: 45 lux       $G1 = 1/2$        $G2 = 1/4$

- Sobre colectoras: 25 lux       $G1 = 1/3$        $G2 = 1/6$

Los valores indicados en "lux" serán obtenidos con un factor de mantenimiento igual a 0,7.

No deberá interrumpirse el escurrimiento de las cunetas, ni volcar aguas servidas o tratadas (lavaderos, playas, etc.) en la zona de camino, debiendo presentarse, en la tramitación aprobatoria, la solución adoptada a tal fin. Todo emprendimiento deberá contar con el correspondiente proyecto de señalamiento, según las Normas vigentes en la DNV y la Ley de Tránsito N° 24449.

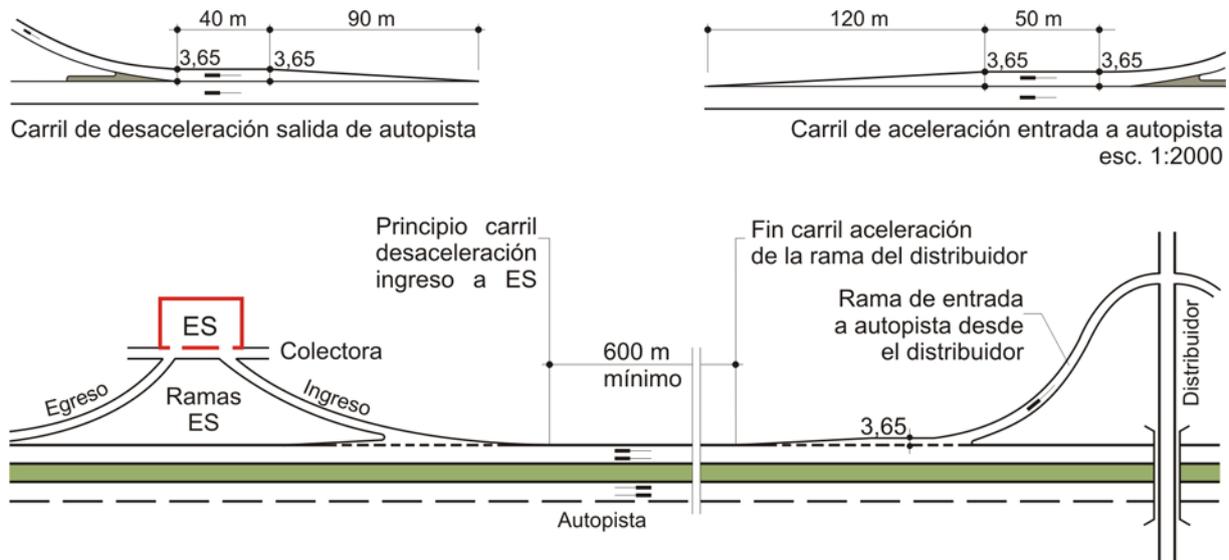


Figura 8.20 Acceso a ES cercanas a distribuidores



Figura 8.21 Ingresos o egresos directos no permitidos en ramas

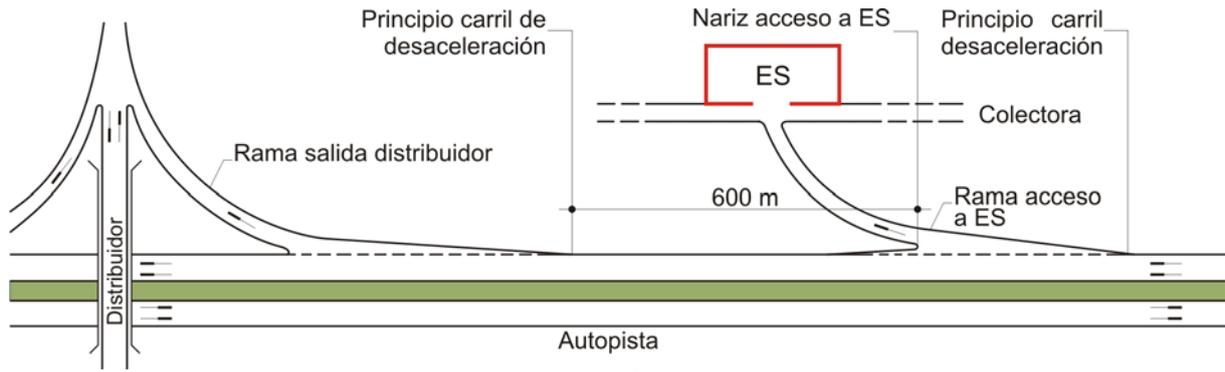


Figura 8.22 Ingreso a ES antes de distribuidor

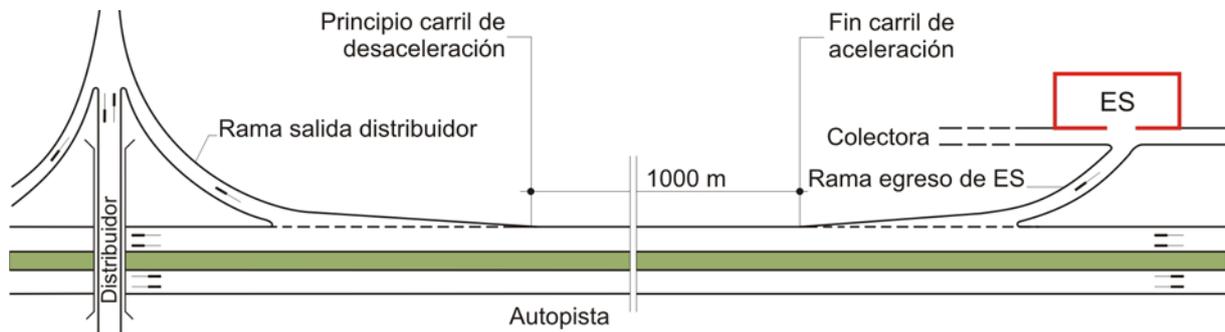


Figura 8.23 Egreso de ES antes de distribuidor

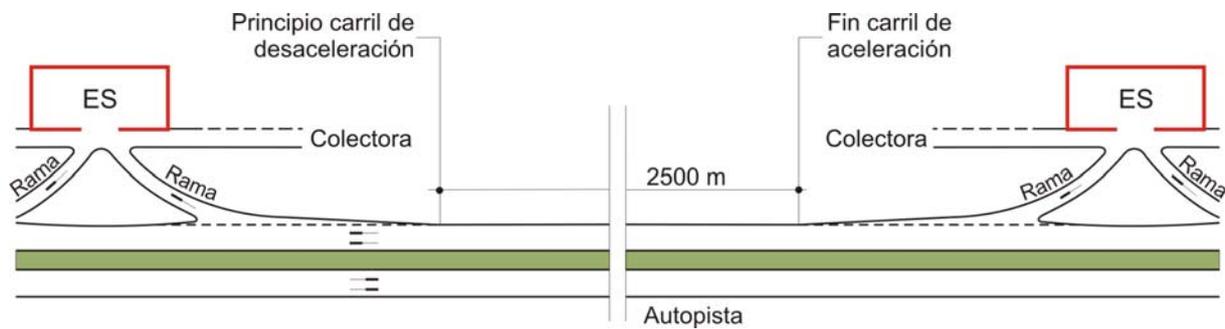


Figura 8.24 Separación entre ES

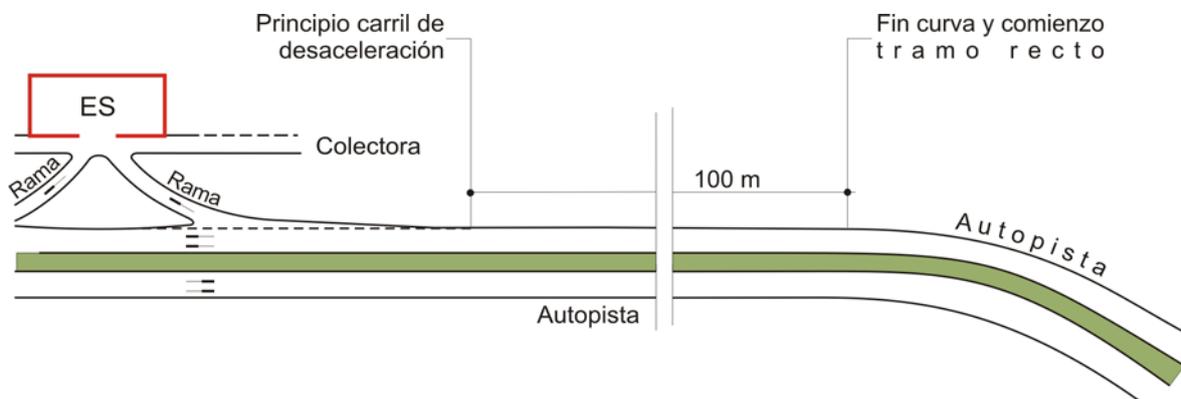


Figura 8.25 Separación entre ES y fin de curva

## 8.2 INSTALACIONES PARA PEATONES

Las vías peatonales deben ser una parte integral de cualquier proyecto vial. Casi todo viaje comienza y termina en un movimiento de peatones, y muchos viajes pueden realizarse totalmente a pie. Por lo tanto, el diseño de los proyectos debe tener en cuenta, alentar e incorporar los movimientos seguros de los peatones. En las zonas rurales, la actividad peatonal puede ser reducida, excepto en lugares como escuelas, centros comerciales, áreas de recreación y desarrollos residenciales. Las vías peatonales incluyen veredas, sendas, cruces, dispositivos de control de tránsito, pasos especiales, y cortes o rampas de cordón.

### 8.2.1 Características salientes del tránsito peatonal

- *Volumen.* Normalmente ocurre el pico alrededor del mediodía
- *Longitud de caminata.* En promedio, no más de 1,5 km hasta el trabajo y poco más de 1 km hasta el ómnibus o ferrocarril. Alrededor del 80% de la distancia recorrida a pie será inferior a 1 km hasta cualquier destino. El límite aceptable de viaje a pie es de unos 3 km
- *Velocidad.* Entre 0,9 y 2 m/s, y promedio de 1,2 m/s, con las personas mayores en el valor más lento del rango
- *Ruta.* El deseo y voluntad de los peatones es elegir la ruta más directa entre dos lugares, según la edad y condición física, lo cual puede implicar cruces a mitad de cuadra

### 8.2.2 Sendas y veredas

Las sendas pueden ser desde suelo natural como las huellas, hasta contar con revestimientos de tipo superior; se las suele incluir en parques, plazas y patios de juegos. Las veredas son caminos paralelos de dos sentidos generalmente revestidos con pavimentos impermeables.

#### **Justificaciones**

Las sendas y veredas aumentan la seguridad del tránsito y su costo es relativamente bajo. En las zonas urbanas es alta la relación beneficio/costo al considerar como beneficios la reducción de los accidentes peatonales.

Las sendas y veredas en zonas rurales y suburbanas se justifican en las inmediaciones de los desarrollos comunitarios tales como escuelas, empresas locales, y las plantas industriales que resultan en una concentración de peatones cerca de los caminos.

Como práctica general, las veredas deberán diseñarse y construirse en todas las zonas urbanas, en las áreas comerciales para el público, y entre todas las paradas de transporte comercial y zonas públicas. Los sendas se ubicarán lo más lejos posible del camino. Deben preverse veredas a lo largo de calles colectoras urbanas dentro de unas cuatro cuadras de escuelas, parques, zonas comerciales y paradas de transporte público, y a lo largo de todos los colectores en las zonas comerciales, sociales, o residenciales de alta densidad.

---

### Tipos

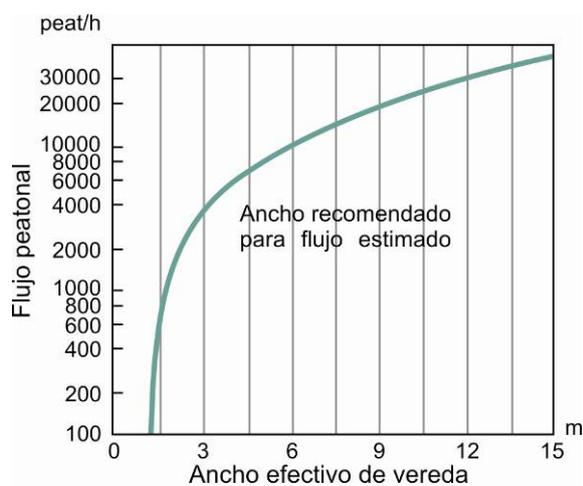
Generalmente las veredas se construyen de hormigón vertido o losetas prefabricadas, o asfalto de mezcla caliente. Las sendas se pueden construir de hormigón vertido, losetas, mezclas asfálticas, piedra, lajas, ladrillo, adoquines, tierra, hierba, madera, etcétera. El material utilizado depende de la intención del diseño y las condiciones del suelo. La pendiente transversal típica es de 2% hacia la cuneta.

### Ubicación

Los peatones inician instintivamente las trayectorias de las sendas según sus necesidades vitales y de comunicación. Las veredas se ubican en la franja fronteriza que separa la calzada de las viviendas y comercios; la ubicación definitiva varía con el propósito del diseño, la disponibilidad zonas de camino, volumen de tránsito peatonal. La separación desde el borde de calzada debe ser del orden de 2,5 a 4 m, con un mínimo de 1,2 m. Sin embargo, las limitaciones pueden no permitir la inclusión de una franja de separación entre calzada y vereda. En las zonas urbanas céntricas de intensa actividad de negocios y comercial, toda la franja entre el camino y los edificios puede ser pavimentada para uso peatonal; aun así, siempre conviene por razones de seguridad intercalar una franja angosta con arbustos de por lo menos 0,6 m de ancho.

### Anchos

Los anchos de vereda varían desde un mínimo de 1,2 m hasta unos 15 m, los cuales



Nota: Ancho mínimo de vereda igual a 1.2 m.

deben coordinarse con los organismos locales (municipios, ciudades, pueblos, villas). Los volúmenes de los peatones pueden ayudar a determinar el ancho eficaz. Sin embargo, la predicción de los volúmenes peatonales puede ser una tarea muy difícil, sencillamente por la frecuente falta de recuento de peatones y métodos probados de estimación de sus proyecciones. El gráfico siguiente puede dar alguna pauta sobre el orden de magnitud del ancho en función de los volúmenes peatonales estimados. Las obstrucciones y accesorios, tales como postes y cámaras de servicios públicos, teléfonos públicos e hidrantes de

incendio deben ubicarse fuera de la vereda, preferiblemente entre la vereda y la calzada. Si tales obstrucciones deben colocarse en la vereda, habrá que ensancharla consecuentemente: 0,8 m por postes de señales y servicios públicos, 1,2 m por cabinas telefónicas y 1,8 m por paradas de ómnibus.

### 8.2.3 Intersecciones a nivel

El adecuado diseño de las intersecciones reduce la gravedad de potenciales conflictos entre vehículos automotores, bicicletas y peatones, al ordenar los movimientos de cruce y de giro de todos los usuarios.

Las intersecciones muy oblicuas resultan en grandes superficies pavimentadas, lo que da lugar a confusiones entre los conductores y crean un peligro real para los peatones.

El diseño del camino debe apaciguar las velocidades máximas de giro a 15km/h a la derecha y 30 km/h a la izquierda.

### **Cruces peatonales**

Los pasos peatonales deben proveerse en todas las intersecciones y seguir la trayectoria más conveniente para el peatón. Debe haber espacio para barras de detención pintadas de 30 a 35 cm de ancho y retirada 1,2 m atrás del cruce peatonal. La marcación y señalización debe ubicarse adecuadamente según las reglamentaciones.

## **8.2.4 Separaciones de nivel**

### **Pasos alto nivel peatonales y ciclistas**

Los pasos elevados peatonales y ciclistas deben instalarse sobre la base de los riesgos de seguridad, los cuales dependen principalmente de las velocidades de los vehículos automotores. Deben instalarse para cruzar autopistas y autovías, en cruces con altos volúmenes de peatones, cruces con frecuente ocurrencia de atropellamientos de peatones y ciclistas.

Dar un puente peatonal/ciclista siempre dependerá de la viabilidad de su instalación en un sitio particular. En algunos lugares, un puente puede ser prácticamente imposible, y un paso subterráneo puede ser más apropiado, mientras que en otros, la topografía puede facilitar un paso elevado. Con la debida consideración a la zona despejada del camino debajo, el diseño del puente peatonal debe procurar minimizar la longitud del puente peatonal y de las veredas de aproximación.

Criterios generales de diseño:

- **Ancho.** El ancho mínimo de un paso superior debe ser igual al de la trayectoria de aproximación más de 0,5 m; el mínimo recomendado es de 3 m, y el mínimo conveniente de 3,5 m. Debe adaptarse a los vehículos de mantenimiento que utilicen el paso. Puede ser necesario un ancho mayor para muy elevados volúmenes de ciclistas.
- **Rampas.** La pendiente máxima de las rampas debe ser de 1:12 (8,3%). Cualquier vía con una pendiente superior a 1:20 (5%) se considera rampa y se proveen según necesidad. [SS8.2.6]
- **Escaleras.** Deben estar previstas en caso necesario y conforme con [SS8.2.7].
- **Características especiales.** Todas las características del paso peatonal elevado deben ajustarse a las disposiciones oficiales para movilidad de las personas discapacitadas.

### **Pasos bajo-nivel peatonales y ciclistas**

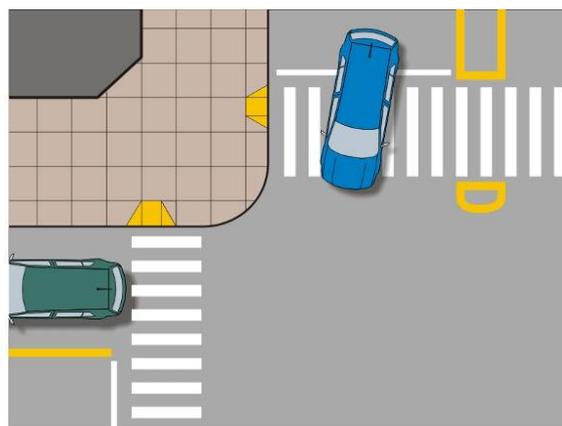
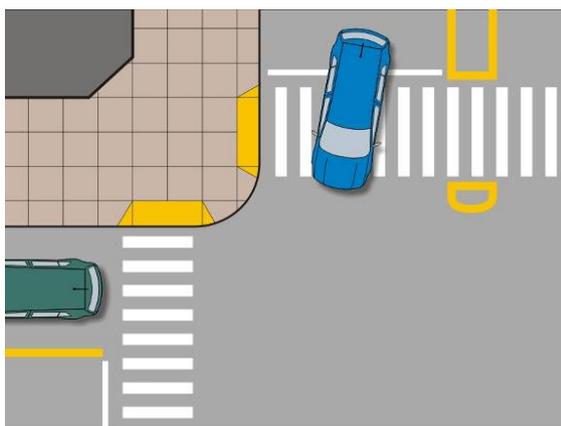
Los túneles y pasos subterráneos para peatones deben instalarse según los volúmenes de tránsito de peatones, ciclistas y vehículos automotores, velocidades de los automotores, riesgos para la seguridad de los peatones y ciclistas.

---

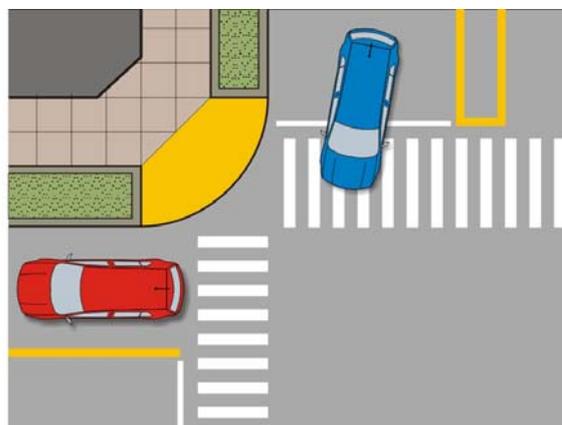
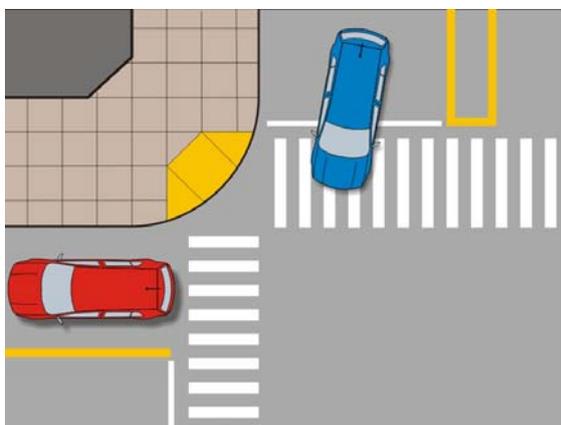
Los criterios de diseño se acuerdan con los organismos locales. Los ciclistas suelen ser reacios a pasar por estrechos espacios confinados, con distancia visual limitada y poca iluminación. Esto puede minimizarse mediante la ubicación del paso subterráneo en línea con la vereda y ciclovía con una rampa suave para permitir la visión continua a través del paso subterráneo. Puede usarse iluminación artificial o si es posible dar iluminación adecuada por medio de aberturas. El ancho mínimo de un paso subterráneo peatonal/ciclista es de 3,6 m; deseable 4,5 m. Puede ser necesario un ancho mayor cuando haya un volumen peatonal frecuentemente alto, como en las zonas céntricas de las grandes ciudades.

### **Rampas de cordón**

Para los peatones y ciclistas, los *cordones* son barreras que impiden o restringen su movilidad. Las *rampas de cordón* permiten cruzar las calles sin saltar para bajar o subir un cordón. La pendiente de rampas no debe ser más pronunciada de 1:12 (8%). Las transiciones desde las rampas a vereda o calle deben ser al ras. El ancho de paso mínimo será de 0,9 m, con exclusión de los abocinamientos. Las rampas de cordón ubicadas donde los peatones deban caminar a través de la rampa tendrán lados abocinados con pendientes inferiores al 10%. Donde el ancho del paso en el tope de la rama sea menor que 1,2 m, los lados abocinados deben tener una pendiente no más empinada que 8%.



*Rampas de cordón en las intersecciones. Se proveen dos rampas en cada esquina, alineadas con las líneas de vereda o de edificación.*



*Intersección con rampas de cordón en diagonal, las cuales deben tener los bordes paralelos a la dirección del flujo de tránsito peatonal.*

En los cruces con marcaciones de pavimento, las rampas de cordón deben estar totalmente contenidas en las marcas, excluyendo cualesquiera lados abocinados. También deben ubicarse o protegerse para impedir su obstrucción por parte de vehículos estacionados. Los postes de semáforos y señales, hidrantes sumideros, etc., no deben ubicarse donde pudieran interferir el acceso a la rampa.

### **Isletas de refugio**

Una isleta de refugio ayuda y protege a los peatones a cruzar una calzada. Puede ubicarse en una intersección, en un acceso a transporte público o a mitad de cuadra de una vía multicarril. Deben ser de por lo menos 2 m de ancho. Usualmente las isletas de canalización del tránsito automotor se usan como isletas de refugio.

Las intersecciones más anchas que 23 m deben tener isletas de refugio sobreelevadas en los cruces; deben proveerse para cruzar múltiples carriles o donde los radios de curva son grandes. Las isletas de refugio deben cortarse al ras con la calle o tener rampas de cordón en ambos lados, y tener un área plana de 1,2 m de largo por 1 m de ancho mínimo en la parte de la isleta atravesada por el cruce peatonal. También deben proveerse donde un peatón caminando a 1 m/s no pueda completar el cruce durante la fase verde de un semáforo.

### **8.2.5 Cruces peatonales a mitad de cuadra**

De ser necesario un cruce peatonal a mitad de cuadra deben proveerse adecuados semáforos y/o dispositivos de advertencia. Normalmente los conductores no están familiarizados con los cruces a mitad de cuadra, por lo que es necesario alertarlos de la situación. Las señales pueden apaciguar el tránsito y proteger a los peatones al advertir a los conductores que se detengan si hay peatones en el cruce peatonal.

### **8.2.6 Rampas**

Una vereda o senda peatonal se considera rampa cuando su pendiente es más empinada que 1:20 (5%) y/o se usa para tener acceso a instalaciones públicas, tales como edificios, sitios históricos, etcétera. La pendiente máxima de una rampa es de 1:12 (8%), preferiblemente menos. Debe proveerse un descanso por 0,75 m de desnivel; con un desnivel mayor que 15 cm o un largo mayor que 2 m deben tener pasamanos. El ancho mínimo libre de una rampa es 0,9 m. Las rampas deben tener descansos planos en el fondo y tope de cada tramo. El ancho del descanso debe ser por lo menos tan ancho como la rampa; la longitud debe ser de 1,5 m mínimo. Tanto las rampas como los descansos deben diseñarse de modo que no se acumule agua en la superficie de paso.

### **8.2.7 Escaleras**

Las escaleras deben tener escalones de huella de ancho mínimo de 28 cm, y contrahuella entre 10 y 18 cm uniformes, y al menos 1 m de ancho. Los pasamanos deben proveerse en todos los tramos, y las superficies de paso deben diseñarse de modo que no se acumule agua sobre ellas.

---

### 8.2.8 Seguridad de los peatones

La seguridad de los peatones es un elemento que debe considerarse en cualquier proyecto, particularmente en zona urbana.

Los más graves conflictos peatón/vehículo se producen cuando las trayectorias se cruzan en ángulos aproximadamente rectos, lo cual ocurre con mayor frecuencia en las intersecciones a nivel. Durante el diseño de cualquier proyecto urbano, el proyectista debe revisar los datos sobre accidentes disponibles para determinar la ubicación, extensión y tipo de accidentes de peatones. Particular atención debe darse a los lugares donde se prevé alto tránsito de peatones vulnerables, como escuelas, áreas recreativas y parques.

Muchos diseños puede mejorar significativamente la seguridad de los peatones, algunos ejemplos:

- Los pasos peatonales deben proveerse en todas las intersecciones para definir claramente la trayectoria preferida del peatón. Sin embargo, los cruces peatonales pueden crear un falso sentido de seguridad al peatón, a pesar de lo cual las ventajas superan a las desventajas en la mayor parte de las circunstancias.
- Las fases de semáforos pueden aumentar la seguridad de los peatones; los tratamientos posibles incluyen:
  - Fase peatonal exclusiva,
  - Semáforo peatonal activado manualmente,
- Si la demora de un peatón en tratar de cruzar una calle es en promedio 10 segundos, usualmente los peatones obedecen el semáforo. Si es de 15 o más segundos, es frecuente que los peatones desobedezcan la señal. La mayoría no esperará más de 30 segundos.
- El peligro para los peatones crece al aumentar el ancho de la intersección. La seguridad mejora significativamente con isletas canalizadas, isletas de refugio e isletas de mediana.
- En algunos lugares el problema de seguridad de los peatones puede ser tan grave que se justifique un puente o túnel peatonal.
- Si los vehículos atropellan a los peatones que caminan al lado del camino hay un grave problema que se puede mitigar reduciendo la velocidad, agregando veredas o reubicándolas más lejos del camino.
- Otras posibles medidas de diseño para aumentar la seguridad de los peatones incluyen iluminación, barreras para canalizar el tránsito, y cambio en las operaciones de tránsito o permisos de estacionamiento.

### 8.3 INSTALACIONES PARA CICLISTAS

Crecientemente, los funcionarios del transporte reconocen a la bicicleta como un modo viable de transporte; cada vez más la gente está reconociendo la eficiencia de energía, economía, beneficios para la salud, aspectos libres de polución, y las muchas otras ventajas del ciclismo. El énfasis puesto en el ciclismo requiere una comprensión de las bicicletas, ciclistas, e instalaciones ciclistas. Si se utiliza adecuadamente, la bicicleta puede jugar un papel importante en todo el sistema de transporte.

---

La selección de una instalación ciclista puede depender de las características del tránsito vehicular y ciclista, uso del suelo adyacente, y los esquemas previstos de crecimiento, y de otros factores.

La conveniente seguridad, y las instalaciones adecuadas son esenciales para alentar el paseo ciclista. La mayoría del ciclismo tendrá lugar en caminos ordinarios sin ningún espacio dedicado a los ciclistas. Pueden preverse ciclistas en casi todos los caminos; y a veces ellos usan aceras como comunes vías compartidas con los peatones.

### 8.3.1 Planificación

Comúnmente, la planificación de obras ciclistas se piensa como un esfuerzo emprendido para desarrollar un separado sistema de vías compuesto de sendas y carriles ciclistas interconectados, y espaciados bastante cerca como para satisfacer todas las necesidades de los ciclistas. En realidad, tales sistemas pueden ser innecesariamente costosos y no satisfacer la vasta mayoría de viajes en bicicleta. A menudo, los caminos existentes, con mejoras relativamente pocos costosas pueden servir como sistema base para satisfacer las necesidades de viaje de los ciclistas. Las sendas y carriles ciclistas pueden aumentar este sistema existente en corredores escénicos o lugares donde el acceso está limitado. Así, la planificación del transporte ciclista es más que planificar vías ciclistas: es un esfuerzo que deberla considerar muchas opciones para dar seguridad y eficiencia al viaje en bicicleta.

La planificación de instalaciones ciclistas debe realizarse con la planificación de otros modos de transporte. A menudo, un mejoramiento que promueva el viaje en bicicleta también beneficiará otros modos de viaje. Inversamente, los mejoramientos viales por medio de una adecuada planificación y diseño puede realzar el viaje ciclista. Los planes para llevar a cabo los proyectos ciclistas deben armonizar con todos los objetivos de la comunidad para los mejoramientos de transporte, lo cual, a su vez, debe estar según todos los objetivos de la comunidad.



Antes de planificar mejoramientos para el transporte ciclista deben comprenderse las diferencias entre las aptitudes y propósitos de los ciclistas para conducir.

En general, los propósitos del viaje ciclista pueden dividirse en dos amplios tipos: utilitarios y recreacionales.

Para un ciclista en un viaje utilitario, el objetivo primario es alcanzar rápidamente, con pocas interrupciones, un destino específico. La bicicleta es simplemente el modo de transporte elegido.

Por otro lado, un ciclista en un viaje recreacional pasea por placer; el destino es de menor importancia. Por supuesto, para una vasta mayoría de viajes, estos propósitos no son absolutos o mutuamente excluyentes. Esto es, la mayoría de los viajes tienen algunos propósitos utilitarios y otros recreacionales. Además, a menudo no se dispone de un medio práctico para obtener datos sobre el propósito del viaje. Por lo tanto, las nuevas instalaciones ciclistas deben diseñarse para acomodar las necesidades de la mezcla prevista de ciclistas.

Los ciclistas difieren ampliamente en sus habilidades y preferencias por ambientes de paseo. Algunos dan gran importancia a la trayectoria más directa hacia su destino y tienen la aptitud de conducir segura y confiadamente en tránsito de alto volumen. A menudo eligen viajar en calles arteriales en lugar de las más calmas, y más estéticamente placenteras rutas alternativas, porque las calles arteriales son más directas y resultan en verdaderos o percibidos ahorros de tiempo.

Otros ciclistas dan más importancia a la calidad del viaje y desean salir de su camino para pasear por calles o sendas residenciales. Dado que existe un rango de habilidades y preferencias ciclistas, sería erróneo planificar o diseñar las obras ciclistas exclusivamente con las necesidades de los ciclistas en cualquier extremo del espectro; las obras deben planificarse y diseñarse para acomodar un amplio rango de ciclistas.

### ***Inventario de condiciones existentes***

La planificación de las obras ciclistas comienza con la observación y recopilación de datos sobre las condiciones existentes del viaje ciclista. Deben identificarse los problemas, deficiencias, asuntos de seguridad, y necesidades de los ciclistas. Deben observarse las vías ciclistas, los caminos donde los ciclistas viajan y donde los ciclistas no viajan respecto de su adecuación al ciclismo.

Por su efecto sobre el ciclismo, deben considerarse las obstrucciones e impedimentos en los caminos existentes, tales como rejas inseguras, basura, fajas sonoras en banquetas, carriles angostos, accesos a propiedad, pavimento rugoso, alta velocidad o alto volumen de tránsito, alto volumen de camiones, estacionamientos con cordones, juntas de expansión de puentes, tableros de puentes de rejas metálicas, y señales de tránsito insensibles a los ciclistas. Debe examinarse la ubicación del estacionamiento de bicicletas.

Las zonas próximas a generadores de tránsito ciclista, tales como centros principales de empleo, escuelas, parques y centros de compra, deben revisarse para identificar viajes en bicicleta, existentes o potenciales. Deben verificarse los accesos convenientes para los ciclistas a estaciones de tránsito masivo y otros puntos de transferencia intermodal. Deben identificarse y examinarse las barreras, tales como ríos y autopistas, por sus efectos sobre el ciclismo.

Deben investigarse los lugares de accidentes ciclistas para identificar cualesquiera obstrucciones físicas que puedan contribuir a los accidentes. Deben recogerse datos sobre la cantidad de viajes recreacionales en comparación con los utilitarios, y sobre las edades y experiencias de los ciclistas.

---

La participación pública es esencial durante el inventario de las condiciones existentes. Serán útiles las observaciones y relevamientos de los ciclistas activos y potenciales, como también las opiniones del público no-ciclista. Las actitudes y necesidades de los ciclistas de destino-orientado y tolerantes del tránsito diferirán grandemente de los ciclistas casuales e intolerantes con el tránsito. También pueden ser buenas fuentes de información los comités consultivos de ciclistas, y los grupos e individuos responsables de planes de recreación. Así, debe buscarse una amplia variedad de opiniones. Las opiniones de estos varios grupos deben sopesarse entre sí y moderarse con el sano juicio profesional.

Además del inventario de los factores físicos que afectan el transporte ciclista, debe examinarse la efectividad de la educación, leyes existentes que afecten el ciclismo, y los programas de aplicación obligatoria.

### ***Análisis de mejoramientos***

Los objetivos del uso de la bicicleta deben estar en armonía con toda la política de transporte de la comunidad o estado. El inventario de las condiciones existentes da una oportunidad para modificar y/o refinar los objetivos del uso de la bicicleta. Con los objetivos establecidos en mano, las condiciones existentes se analizan y se desarrolla un plan.

Los programas y proyectos para estimular el uso de la bicicleta, los reglamentos, educación, y mejoramientos se complementan una con otra y son todas las opciones que se deben considerar. El resultado final es un plan de obras propuestas para el viaje en bicicleta. Debe considerarse un amplio rango de mejoramientos en la parte de mejoramiento de una instalación de un plano. También los mejoramientos y mantenimiento de la calzada, vías ciclistas y estacionamientos para bicicletas.

El coronamiento del camino y su mantenimiento pueden reducir los conflictos entre los peatones, ciclistas y conductores, y pueden corregir las condiciones inseguras para el paseo ciclista. Los mejoramientos de las rejillas de drenaje, los cruces a nivel ferroviarios, superficies de pavimentos, semáforos, señalización y marcas serán beneficiosos.

Las rutas ciclistas pueden proveer continuidad a otras obras ciclistas o rutas preferidas diseñadas. Los carriles ciclistas, las señales y marcas del pavimento, pueden mejorar las condiciones de los corredores donde haya significativo o potencial demanda ciclista mediante la delineación de la intentada o prevista trayectoria de viaje y mediante el estímulo de la separación de las bicicletas y los vehículos automotores. Los carriles también pueden ayudar a incrementar las capacidades totales de los caminos que llevan tránsito mixto ciclista y automotor.

Las sendas ciclistas pueden proveer agradables oportunidades recreacionales como también deseables rutas al viajero diario. Las sendas ciclistas pueden crear oportunidades no provistas por el sistema vial.

---

Generalmente, las aceras no son aceptables para el ciclismo, sin embargo, en una pocas limitadas situaciones tales como en largos y angostos puentes y en otros casos donde las aceras tienen las mismas características que una senda ciclista de un sentido y los ciclistas son usuarios incidentales o infrecuentes la designación de la acera como una instalación alternativa puede ser beneficiosa.

Las obras de estacionamiento ciclista son esenciales para alentar el ciclismo utilitario. Para ser efectivo, el estacionamiento debe ofrecer protección de robos y vandalismo. Deseablemente, también debe proveerse protección de los daños por mal tiempo. En general, deben considerarse las provisiones para el estacionamiento en todos los principales generadores de tránsito, especialmente donde se provee estacionamiento de vehículos automotores, y en las estaciones de tránsito masivo para alentar el viaje intermodal.

### **Selección de una instalación**

Cuando se desee mejorar una instalación, deben considerarse su propósito primario (p. ej., utilitaria o recreacional) y los factores siguientes para determinar su tipo, ubicación, y prioridad:

- **Barreras.** En algunas zonas, hay barreras físicas para el viaje en bicicleta, causadas por las características topográficas, autopistas u otros impedimentos. En tales casos, la provisión de una obra para superar una barrera puede crear nuevas oportunidades para el ciclismo.
  - **Accidentes.** A lo largo de las rutas, es ineludible reducir o prevenir los accidentes ciclistas (accidentes bicicleta/vehículo automotor, bicicleta/bicicleta, bicicleta/peatón y bicicleta sola). Debe evaluarse la posibilidad de aliviar los problemas de los accidentes por medio de mejoramientos de una instalación. Deben revisarse los planos para eliminar la introducción de nuevos problemas de accidentes.
  - **Dirección.** Para los viajes ciclistas utilitarios, las obras deben conectar los generadores de tránsito y ubicarse a lo largo de una línea directa conveniente para los usuarios.
  - **Acceso.** En la ubicación debe considerarse proveer frecuentes y convenientes accesos, especialmente en zonas residenciales; y adecuados accesos para emergencias, mantenimiento y vehículo de servicio.
  - **Atracción.** El valor escénico es esencial a lo largo de una obra destinada a servir un propósito recreacional.
  - **Seguridad.** Debe considerarse la posibilidad de actos criminales contra los ciclistas, especialmente a lo largo de remotas sendas ciclistas, y la posibilidad de robo o vandalismo en los estacionamientos.
  - **Demoras.** Los ciclistas tienen un inherente fuerte deseo de mantener el impulso. Si son requeridos a detenerse frecuentemente, tienden a evitar la ruta y desatender los controles de tránsito.
  - **Conflictos de uso.** Los diferentes tipos de obras introducen diferentes tipos de conflictos. Las instalaciones sobre el coronamiento del camino pueden resultar en conflictos entre los ciclistas y los automovilistas. Las sendas ciclistas pueden comprender conflictos entre ciclistas, operadores de ciclomotores, patinadores y peatones en la instalación y entre los ciclistas y automovilistas en las intersecciones de caminos y accesos a propiedad.
-

- **Mantenimiento.** A menudo, una senda ciclista impropriadamente mantenida será rehuida por los ciclistas en favor de un camino paralelo.
  - **Calidad de la superficie de pavimento.** Para atraer y satisfacer las necesidades de los ciclistas, las sendas deben estar libres de protuberancias, baches y otras irregularidades superficiales. Las tapas de cámaras de servicios públicos y las rejillas de drenaje deben estar a nivel y, de ser posible, fuera de la trayectoria de viaje prevista. Los accesos a los cruces ferroviarios a nivel deben mejorarse tanto como fuere necesario para cruces ciclistas seguros.
  - **Tránsito de camiones y ómnibus.** Por su efecto aerodinámico y ancho, las altas velocidades de los camiones, ómnibus, casas rodantes, y remolques pueden causar problemas especiales a los ciclistas. Donde las detenciones de los ómnibus se ubican a lo largo de la ruta, también pueden ser problemáticos los conflictos entre la carga y descarga de los ómnibus y los deterioros del pavimento.
  - **Estacionamiento de vehículos automotores en la calle.** El movimiento y densidad de un estacionamiento en la calle puede afectar la seguridad ciclista (p. ej., la apertura de puertas y los automóviles que dejan espacios de estacionamiento en ángulo).
  - **Volúmenes y velocidades del tránsito.** Para instalaciones ciclistas en el coronamiento de los caminos, los volúmenes y velocidades del tránsito deben considerarse con el ancho del coronamiento. Frecuentemente, los ciclistas de viaje diario usan calles arteriales porque ellas minimizan las demoras y ofrecen continuidad para los viajes de varios kilómetros. Puede ser más deseable mejorar las calles de alta velocidad muy transitadas, que las calles adyacentes, si se dispone de ancho adecuado para todos los vehículos en la calle más transitada. Cuando esto no es posible, puede mejorarse para los ciclistas una calle paralela cercana, si las detenciones son mínimas y son adecuadas las otras condiciones de ruta. Cuando se mejora una instalación paralela tal, debe cuidarse que el tránsito automotor no se desvíe. En general, los ciclistas inexpertos no circularán por calles arteriales de alta velocidad densamente transitadas; preferirán calles más tranquilas. Las rutas preferidas por los ciclistas pueden cambiar con el tiempo, a medida que su nivel de aptitud cambia.
  - **Costo/inversión.** Normalmente, la selección de la ubicación comprenderá un análisis de costos de opciones. Los fondos disponibles pueden limitar las opciones; sin embargo, una falta de fondos no debe resultar en una obra pobremente diseñada o construida; es más conveniente posponer una obra ciclista que construirla pobremente planeada o diseñada. La decisión para poner en práctica un plan ciclista debe hacerse con un consciente compromiso de largo plazo para un adecuado nivel de mantenimiento. Si se dispone de escasos fondos, debe ponerse énfasis en los mejoramientos de bajo costo (p. ej., estacionamiento de bicicletas, remoción de barreras y obstrucciones para el viaje ciclista, mejoramientos del coronamiento del camino, y no construir proyectos costosos).
  - **Leyes locales.** Los programas ciclistas deben reflejar las leyes y ordenanzas locales. Las instalaciones ciclistas no deben alentar o requerir que los ciclistas operen en una forma incoherente.
-

### 8.3.2 Diseño

Hay un amplio rango de mejoramientos de las sendas que pueden realzar el transporte ciclístico. Los mejoramientos pueden ser simples y comprender una mínima consideración de diseño (p. e., cambios en las rejas de sumideros de drenaje) o pueden comprender un diseño detallado (p. e., proveer una senda ciclista). La característica de control de diseño de cada senda ciclista es su ubicación (es decir, si está en el coronamiento del camino o en un alineamiento independiente). Los mejoramientos del coronamiento del camino tales como carriles ciclistas dependen del diseño del coronamiento. Por otro lado, las sendas ciclistas se ubican en alineamientos independientes; consecuentemente, su diseño depende de muchos factores, incluyendo las capacidades de comportamiento de los ciclistas y de la bicicleta.

#### **Mejoramientos del coronamiento**

En medida variable, las bicicletas se usarán en todas las caminos donde se permitan. Todos los caminos nuevos, excepto donde las bicicletas están legalmente prohibidas, deben diseñarse y construirse suponiendo que serán usadas por los ciclistas. Para evitar la necesidad de costosos mejoramientos subsecuentes, deben seguirse las prácticas de diseño ciclista-seguro descritas en esta guía. Dado que la mayoría de los caminos no se diseñaron considerando el ciclismo, a menudo hay muchas formas en que los coronamientos deben mejorarse para acomodar con más seguridad al tránsito ciclista. Deben examinarse las condiciones del coronamiento y, donde fuere necesario, deben proveerse seguras rejas de drenaje y cruces ferroviarios, pavimentos suaves, y señales sensibles a los ciclistas. Además, debe considerarse la deseabilidad de instalaciones adicionales, tales como carriles ciclistas, mejoramientos de banquetas, y amplios carriles de cordón.

- **Rejas de drenaje.** Los sumideros de rejas y las tapas de los servicios públicos son potenciales problemas para los ciclistas. Cuando se diseña un coronamiento nuevo, todas las rejas y tapas tales deben mantenerse fuera de la trayectoria prevista de los ciclistas. En una construcción nueva donde se permita el ciclismo, deben usarse sumideros de cordón dondequiera que sea posible para eliminar completamente la exposición de los ciclistas a los sumideros de reja. Se recomienda ajustar las rejas y tapas de servicios públicos, al ras con la superficie, especialmente después de una repavimentación. Los sumideros de drenaje, de rejas con barras paralelas pueden atrapar la rueda delantera de un bicicleta causando la pérdida del control de conducción y, a menudo, el espaciado entre barras es tal que pueden facilitar que las ruedas de la bicicleta caigan dentro de las rejas, resultando en serios daños de la rueda y cuadro de la bicicleta y/o lesiones del ciclista. Estas rejas deben reemplazarse por otras seguras para el ciclismo e hidráulicamente eficientes. Cuando esto no es inmediatamente posible, debe considerarse soldar planchuelas transversales de acero, o barras perpendiculares a las barras paralelas para dar una máxima abertura segura entre las planchuelas. Esto debe considerarse una corrección provisional. Aunque en algunas situaciones podría ser aceptable identificar una reja con marcas de pavimento, los sumideros de rejas de barras paralelas merecen atención especial.
-

Por las serias consecuencias de un ciclista que no repare en las marcas de pavimento en la oscuridad o que sea forzado sobre tal sumidero de reja por otro tránsito, estas rejas deben corregirse físicamente, como se describió arriba, tan pronto como sea práctico después de identificadas.

- **Cruces ferroviarios.** Idealmente, los cruces ferroviarios a nivel deben ser normales a los rieles. Cuanto más se desvían de este cruce ideal, crece la posibilidad de que la rueda delantera de una bicicleta quede atrapada en los rebordes, causando la pérdida del control de conducción. El coronamiento de aproximación debe estar al mismo nivel que los rieles. Deben considerarse los materiales de la superficie de cruce, y la profundidad y ancho de los rebordes de los rieles. Si el ángulo de cruce es menor que aproximadamente 45 grados, debe considerarse ensanchar el carril banquina, o carril ciclista exteriores para darle a los ciclistas adecuado espacio para cruzar las vías en ángulo recto. Cuando esto no es posible, rellenos de rebordes comercialmente disponibles pueden realzar la seguridad ciclista. En algunos casos, las vías abandonadas pueden retirarse. Las señales de alarma y las marcas de pavimento deben instalarse según los reglamentos aprobados.
  - **Pavimentos.** Las irregularidades de la superficie del pavimento pueden hacer más que causar un andar desagradable. Los resquicios entre las losas de pavimento o desniveles en las capas paralelas a la dirección de viaje pueden atrapar una rueda de bicicleta y causar la pérdida de control; los agujeros y baches pueden causar que los ciclistas zigzagueen en la trayectoria del tránsito automotor. Así, hasta la extensión practicable, las superficies de pavimento deben estar libres de irregularidades, y el borde del pavimento debe ser de ancho uniforme. En pavimentos viejos puede ser necesario rellenar las juntas, ajustar las tapas de los servicios públicos a, en casos extremos, recapar el pavimento para adecuarlo al ciclismo.
  - **Dispositivos de control de tránsito.** En las intersecciones donde exista o se prevea tránsito ciclista, las bicicletas deben considerarse en la adjudicación de tiempos de ciclos de semáforos, como también en los dispositivos de detección de tránsito. Normalmente, un ciclista puede cruzar una intersección bajo la misma disposición de fase de señal que para los automotores; sin embargo, en calles multicarriles no deben usarse intervalos cortos. De ser necesario, puede usarse un intervalo de separación todo-rojo. Para verificar el intervalo de separación, debe usarse una velocidad ciclista de 15 km/h y un tiempo de percepción/reacción/frenado de 2,5 segundos. Los semáforos con detectores accionados por el tránsito deben ser sensibles a los ciclistas, y deben ubicarse en su trayectoria prevista, incluyendo carriles de giro a la izquierda. En algunas situaciones, el uso de botones accionadas por los peatones puede ser una opción preferida al uso de detectores, con tal que no requieran que los ciclistas desmonten o se inclinen peligrosamente. Donde se usen cabezales de semáforos de visibilidad programada, deben verificarse para asegurar que son visibles a los ciclistas que están adecuadamente posicionados en el camino.
-

- **Banquinas.** Usualmente, los anchos carriles de cordón y los carriles ciclistas son preferidos en condiciones urbanas restringidas y, generalmente, la banquina ensanchada será más servicial en circunstancias rurales. Donde se pretenda que los ciclistas circulen por las banquetas, deben proveerse suaves superficies pavimentadas, y mantenerlas, como se muestra en la Figura 8.26. Las líneas de borde de pavimento suplementan la textura de la superficie en la delineación. Los cordones pueden ser un disuasivo para el ciclismo en banquetas, y sus beneficios deben sopesarse contra la probabilidad de que los ciclistas circulen por los carriles del tránsito automotor.



Figura 8.26 Suave banquina pavimentada disponible para uso ciclista

Cuando la banquina se destina al tránsito ciclista, el ancho debe ser por lo menos de 1,2 m. Normalmente, los caminos con banquetas de menos de 1,2 m de ancho no se señalizan como sendas ciclistas. Si la velocidad de los automotores supera los 55 km/h, si el porcentaje de camiones, ómnibus, y vehículos recreacionales es alto, o si existen obstrucciones estáticas en el lado derecho, entonces es deseable ancho adicional.

A menudo, en zonas rurales, el mejoramiento de las banquetas puede ser la mejor forma de acomodar a los ciclistas, y también puede ser beneficioso para el tránsito automotor. Donde los fondos estén limitados, el agregado o mejoramiento de las banquetas en secciones onduladas primero dará lento movimiento ciclista necesario maniobra de espacio y menores conflictos con el tránsito automotor más rápido.

- **Carriles de cordones anchos.** En secciones de caminos sin carriles ciclistas, un carril derecho más ancho que 3,6 m puede acomodar mejor las bicicletas y los automotores en el mismo carril y así es beneficioso para ambos tránsitos. En muchos casos donde haya un carril de cordón ancho, los motoristas no necesitarán cambiar carriles para pasar un ciclista. Además, se provee más espacio de maniobra cuando los conductores están saliendo desde los accesos a propiedades o en zonas con limitada distancia visual. En general, es deseable un ancho útil de carril de 4,3 m. Normalmente, el ancho útil sería desde la cara del cordón hasta la raya de carril, o desde la línea de borde hasta la raya de carril, pero se necesitan ajustes por rejillas de drenaje, estacionamiento, y cordoncillos longitudinales entre las secciones de pavimento y canaletas.

Los anchos mayores que 4,3 m pueden alentar la indeseable operación de dos vehículos apareados en un carril, especialmente en zonas urbanas, y debe considerarse al rayado como carril ciclista cuando existan anchos mayores. También puede considerarse la remarcación para proveer carriles de cordón anchos en algunas vías existentes multicarriles, angostando los restantes carriles de viaje y de giro izquierda. Esto sólo debe realizarse después de revisar cuidadosamente las características del tránsito a lo largo del corredor.

- **Rutas ciclistas.** Puede ser ventajoso señalar algunos coronamientos viales urbanos y rurales como rutas ciclistas. Cuando se provee continuidad hacia otras sendas ciclistas, una ruta ciclista puede ser relativamente corta. Sin embargo, una ruta de turismo ciclista puede ser muy larga. Para largas rutas ciclistas, puede usarse un marcador estándar de ruta ciclista con una designación numérica, en lugar de una señal de ruta ciclista. El número puede corresponder a un camino paralelo, indicando así que la ruta es una opción alterna preferible para los ciclistas. A menudo es deseable usar placas suplementarias con señales de rutas ciclistas o marcadores para dar información adicional, tal como los cambios de dirección en la ruta y rango de distancias intermedias e información de destino. La señalización de la ruta ciclista no debe terminar en una barrera. Debe proveerse información que dirija a las ciclistas alrededor de la barrera.

En general, la decisión de proveer o no una ruta ciclista debe basarse en la conveniencia de alentar el uso de la bicicleta en un camino particular, en lugar de sobre caminos paralelos y adyacentes. Al determinar la posibilidad de una ruta ciclista deben considerarse el ancho del coronamiento, con factores tales como el volumen, velocidad, y tipo de tránsito, condiciones de estacionamiento, pendiente, y distancia visual.

Generalmente, el tránsito ciclista no puede ser desviado a una ruta alterna menos directa, a no ser que los factores favorables para los ciclistas superen los desfavorables. Siempre, antes de identificar un coronamiento como una ruta ciclista deben considerarse sus mejoramientos, tales como adecuado ancho de pavimenta, rejillas de drenaje, cruces ferroviarios, suavidad de pavimento, esquemas de mantenimiento, y semáforos sensibles a los ciclistas.

- **Carriles ciclistas.** Pueden considerarse las carriles ciclistas cuando es deseable delinear el espacio de camino disponible para el uso preferencial de ciclistas y motoristas, y para facilitar movimientos más predecibles de cada uno. Las marcas de los carriles ciclistas pueden aumentar la confianza del ciclista en que el motorista no se desviará hacia su trayectoria de viaje. Del mismo modo, es improbable que los motoristas se desvíen hacia la izquierda de su carril para evitar a los ciclistas sobre su derecha. Siempre, los carriles ciclistas deben ser vías de un sentido y llevar tránsito en el mismo sentido que el carril automotor adyacente. Los carriles ciclistas de dos sentidos sobre un lado del coronamiento son inaceptables por que promueven la circulación contra el flujo del tránsito automotor. La circulación a contramano es la causa principal de accidentes ciclistas.



- **Anchos de carriles ciclistas.** En condiciones ideales, el ancho mínimo de carril ciclista es 1,2 m. Sin embargo, ciertas condiciones de borde dictan un ancho de carril ciclista adicional. Para examinar el requerimiento de ancho para los carriles ciclistas, las figuras siguientes muestran tres ubicaciones usuales para tales vías en el coronamiento: La Figura 8.28(a) describe los carriles ciclistas de una calle urbana con cordones, donde se provee un carril de estacionamiento. Para esta ubicación, el ancho de carril ciclista recomendado es de 1,5 m. Los carriles ciclistas deben siempre ubicarse entre el carril de estacionamiento y los carriles de los vehículos automotores.



Los carriles entre el cordón y el carril de estacionamiento pueden crear obstáculos para los ciclistas por a las puertas abiertas de los coches y pobre visibilidad en las intersecciones y accesos a propiedad, y prohíben a los ciclistas girar a la izquierda; por lo tanto, no debe considerarse esta ubicación.

Donde el estacionamiento está permitido pero no se provee un carril de estacionamiento, el carril combinación, destinado para el estacionamiento de los automotores y el uso ciclista, debe ser como mínimo de 3,6 m. Sin embargo, si fuere probable que el carril combinación se use como un carril adicional para los vehículos automotores, es preferible diseñar carriles de estacionamiento y ciclistas separados, como se muestra en la Figura 8.28 (a). En ambos casos, si el volumen de estacionamiento es sustancial o el movimiento alto, para una operación ciclista segura es deseable un adicional de 0,3 ó 0,6 m.

Figura 8.27 Marcas de carriles ciclistas

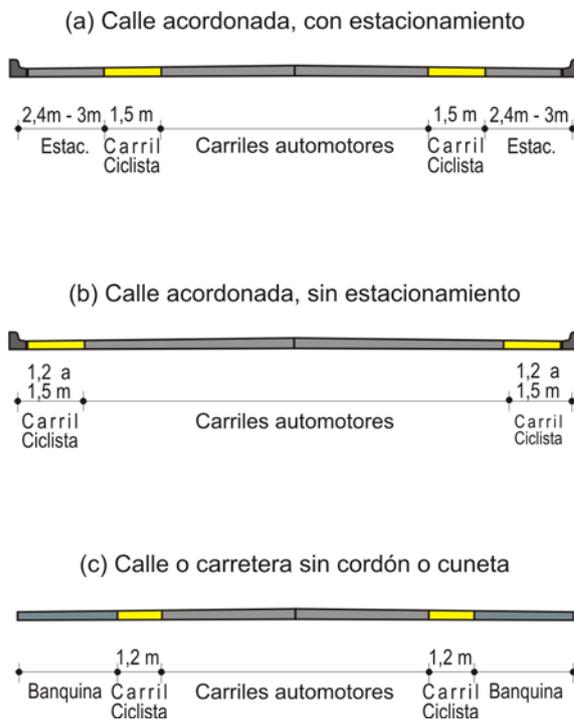


Figura 8.28 Secciones Transversales Típicas de Carril Ciclista

motor y las banquetas del coronamiento. Donde la banquina puede proveer ancho adicional de maniobra, los carriles ciclistas pueden tener un ancho mínimo de 1,2 m. Es preferible un ancho de 1,5 m o mayor; donde haya sustancial tránsito de camiones son deseables anchos adicionales, o donde las velocidades de los vehículos supere los 55 km/h.

- **Intersecciones con carriles ciclistas.** En las intersecciones, los carriles ciclistas tienden a complicar los movimientos de giro de los ciclistas y de los motoristas. Dado que ellos alientan a los ciclistas a mantenerse a la derecha y a las motoristas a mantenerse a la izquierda, ambos operadores son algo desalentados de convergir antes de los giros. Así, algunos ciclistas comenzarán los giros a la izquierda desde el lado derecho del carril ciclista y algunos motoristas comenzarán los giros a la derecha desde la izquierda del carril ciclista. Ambas maniobras son contrarias a las Reglas de tránsito, y resultan en conflictos.



Figura 8.29 Marcas para convergencia de carril Ciclista antes de una intersección

La Figura 8.28 (b) describe carriles ciclistas a lo largo de las partes exteriores de calles urbanas con cordones donde el estacionamiento está prohibido. Generalmente, los ciclistas no circulan cerca de un cordón por la posibilidad de basura, de chocar un pedal contra el cordón, de una junta longitudinal despareja, o de una pendiente transversal más empinada. Los carriles ciclistas en esta ubicación deben tener un ancho mínimo de 1,5 m desde la cara del cordón. Si la junta longitudinal entre la batea de la cuneta y la superficie del coronamiento es despareja y cae en los 1,5 m de la cara del cordón, debe proveerse un mínimo de 1,2 m entre la junta y los carriles para el tránsito motor.

La Figura 8.28 (c) describe carriles ciclistas en un camino sin cordón o cuneta. Los carriles ciclistas deben ubicarse entre los carriles de los vehículos

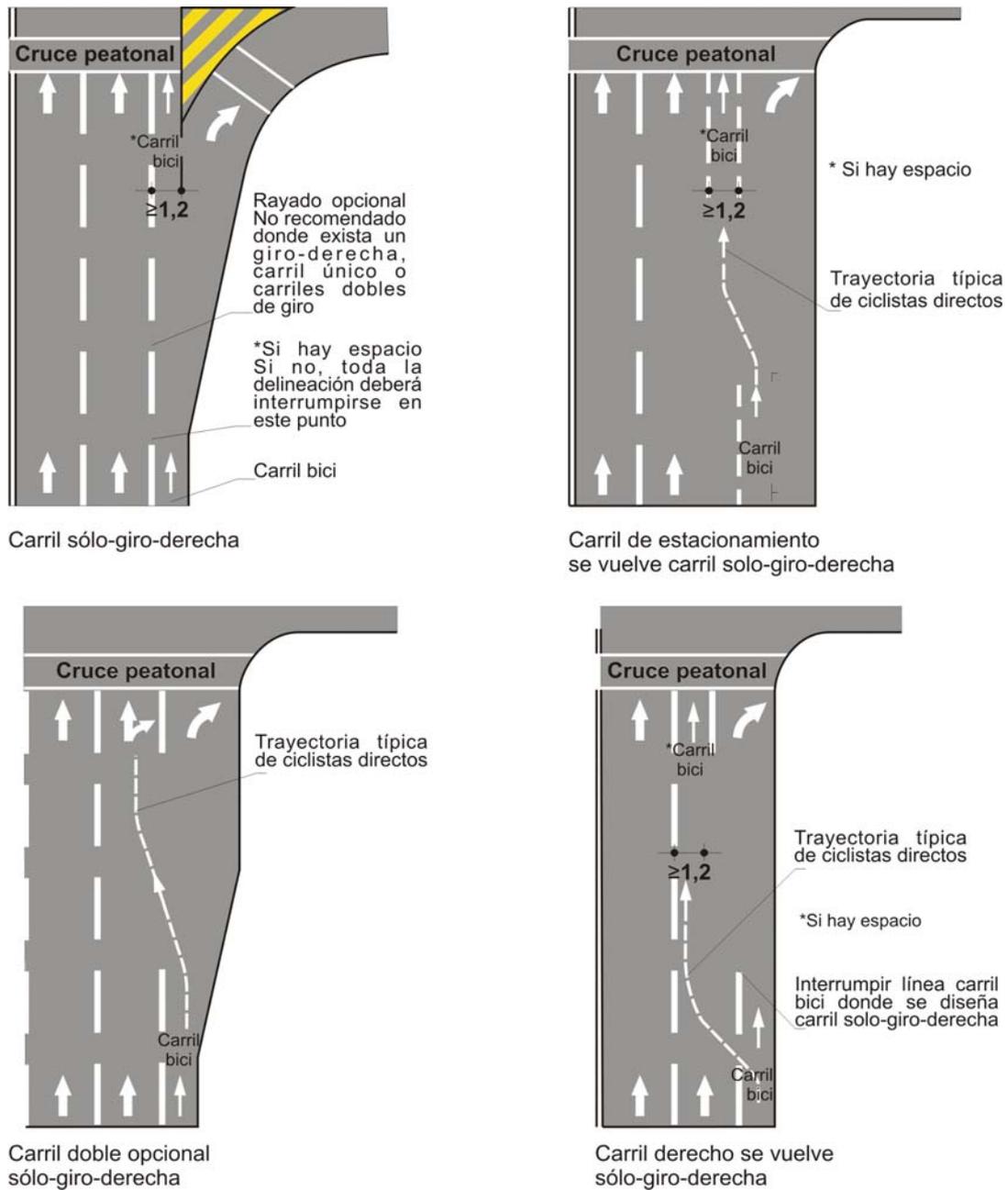


Figura 8.30 Carriles ciclistas que se aproximan a carriles vehiculares de sólo-giro-derecha

En las intersecciones, los ciclistas que siguen derecho y los motoristas que giran a la derecha deben cruzar sus trayectorias. Las configuraciones del rayado de la calzada y la señalización que alienten estos cruces con anticipación a la intersección, en forma de convergencia, son preferibles a las que fuerzan el cruce en la vecindad inmediata de la intersección. Un ejemplo de tal configuración se da en la Figura 8.29.

En menor medida, lo mismo es cierto para los ciclistas que giran a la izquierda; sin embargo, en esta maniobra, la mayoría de los códigos de tránsito vehicular dan a los ciclistas la opción de hacer ya sea un giro a la izquierda en "estilo vehicular" (donde el ciclista converge hacia la izquierda hasta el mismo carril usado por los vehículos automotores para giros a la izquierda) o un giro izquierda de "estilo peatonal" (donde el ciclista sigue derecho a través de la intersección, gira a la izquierda en el lado lejano, entonces sigue a través de la intersección de nuevo sobre la calle transversal).

La Figura 8.30 muestra ejemplos de detalles sobre marcas de pavimentos para carriles ciclistas que se aproximan a carriles de sólo-giro-derecha. Donde haya numerosos ciclistas que giren a la izquierda, debe considerarse un carril separado para giro izquierda. Para reducir el número de conflictos, el diseño de los carriles ciclistas debe incluir también la señalización adecuada en las intersecciones. En el diseño de carriles ciclistas siempre debería proveerse adecuada superficie de pavimento, sumideros de rejillas seguras para los ciclistas, cruces ferroviarios seguros, y semáforos de tránsito sensibles a los ciclistas. Las marcas de pavimento sobreelevadas y las barreras sobreelevadas pueden causar a los ciclistas dificultades de manejo, y no deben usarse para delinear los carriles ciclistas.

- **Sendas ciclistas.** Las sendas ciclistas son instalaciones en zona-de-camino exclusivas y con mínimo flujo transversal de los vehículos automotores. Pueden proveer al ciclista de viaje diario o frecuente con un atajo a través de una vecindad residencial (p. e., una conexión entre das calles *cul-de-sac*). Ubicadas en un parque, pueden proveer una oportunidad de recreacional disfrute.



Las sendas ciclistas pueden ubicarse a lo largo de abandonadas líneas ferroviarias, en las barrancas de ríos, y otras zonas similares. Las sendas ciclistas también pueden proveer acceso a zonas que de otra forma sólo son servidas por limitados accesos viales cerrados a los ciclistas. Las ubicaciones adecuadas pueden identificarse durante el proceso de planificación. Las sendas ciclistas deben pensarse como extensiones del sistema vial, destinadas para el exclusivo o preferencial uso de los ciclistas, en casi la misma forma en que las autopistas están destinadas para el exclusivo uso preferencial de los vehículos automotores.

Hay muchas similitudes ente los criterios de diseño para las sendas ciclistas y para las caminos (p. e., al determinar el alineamiento horizontal, los requerimientos de distancia visual, señalización, y marcas). Por otro lado, algunos criterios (p. e., gálibos horizontal y vertical, requerimientos de pendientes, y estructura del pavimento) son dictados por las características de operación de las bicicletas que son sustancialmente diferentes de los de los vehículos automotores. El proyectista siempre debe ser consciente de las similitudes y de las diferencias entre las bicicletas y los vehículos automotores, y de cómo estas similitudes y diferencial influyen sobre el diseño de las sendas ciclistas. Las secciones siguientes dan guías para diseñar una senda ciclista segura y funcional.

- **Separación entre sendas ciclistas y caminos.** Cuando las sendas de dos sentidos se ubican inmediatamente adyacentes a un camino, pueden ocurrir algunos problemas operacionales. Algunos problemas con las sendas ciclistas ubicadas inmediatamente adyacentes a los caminos son los siguientes:
  - A no ser que estén apareadas, ellas requieren un sentido del tránsito ciclista que circule contra el tránsito de los vehículos automotores.  
Cuando una senda ciclista termina, los ciclistas que van contra el tránsito tenderán a continuar el viaje a contramano por la calle. Asimismo, los ciclistas que se aproximan a la senda ciclista a menudo circulan a contramano por la calle para llegar a la senda. La circulación a contramano de los ciclistas es una causa frecuente de accidentes bicicleta/automóvil y deberla desalentarse.
  - En las intersecciones, los motoristas que entran o cruzan el camino a menudo no advertirán los ciclistas que vienen desde su derecha, mientras ellos no esperan vehículos en contramano. Incluso los ciclistas que vienen desde la izquierda a menudo pasan inadvertidos, especialmente cuando la distancia visual es pobre.
  - Cuando se la construye en coronamientos de angosta zona-de-camino, a menudo la banquina es sacrificada, disminuyendo por ello la seguridad de los motoristas y ciclistas que usan el coronamiento.
  - Muchos ciclistas usarán el camino en lugar de la senda ciclista porque lo encuentran más seguro, más conveniente, o mejor mantenida. A menudo, los ciclistas que usan el camino están sometidos a hostigamiento por los motoristas quienes, en todos los casos, sienten que los ciclistas deben circular por la senda ciclista.

- Generalmente, los ciclistas que usan la senda ciclista son requeridos a detenerse o ceder el paso en todas las calles transversales y accesos a propiedades, mientras que los ciclistas que usan el camino usualmente tienen prioridad sobre el tránsito transversal, dado que tienen el mismo derecho de vía que los motoristas.
- El tránsito de automotores detenido en una calla transversal, o los vehículos que salen de calles laterales o accesos a propiedad pueden obstruir el cruce de la senda.
- Por el cierre del tránsito automotor al opuesto tránsito ciclista, a menudo las barreras son necesarias para mantener los automotores fuera de las sendas ciclistas fuera de los carriles de tránsito. Estas barreras pueden representar una obstrucción para los ciclistas y motoristas, pueden complicar el mantenimiento de la instalación, y pueden causar otros problemas también.

Por las razones anteriores, los carriles ciclistas, los anchos carriles, de cordón o los coronamientos pueden ser la mejor forma de acomodar el tránsito ciclista a lo largo de corredores viales, según las condiciones del tránsito.

- **Ancho y gálibos.** Los anchos pavimentado y de operación requeridos por una senda ciclista son las consideraciones primarias de diseño. Bajo la mayoría de las condiciones, un ancho recomendado para una senda ciclista de dos sentidos toda pavimentada es de 3 m. Sin embargo, en algunos casos puede ser adecuado un mínimo de 2,4 m.

Este mínimo debe usarse sólo donde prevalecen las condiciones siguientes:

- Se prevé un tránsito bajo, incluso en los días pico o durante horas pico,
- Salvo ocasionalmente, no se prevé el uso peatonal de la senda,
- Habrá buenos alineamientos horizontal y vertical que proveerán seguras y
- Frecuentes oportunidades de adelantamiento,
- La senda no estará sometida a las condiciones de carga de los vehículos de mantenimiento que podrían dañar los bordes del pavimento.

Bajo ciertas condiciones puede ser necesaria o deseable incrementar el ancho de una senda ciclista a 3,6 m; p. ej., por el sustancial volumen de bicicletas, probable uso compartido con trotadores y otros peatones, el uso por parte de grandes vehículos de mantenimiento, empinadas pendientes y donde los ciclistas circulen de a dos, una al lado del otro.

El ancho mínima de una senda ciclista de un sentido es de 1,5 m. Sin embargo, debe reconocerse que a menudo las sendas ciclistas de un-sentido a menudo serán usadas como vías de dos sentidos, a menos que se tomen medidas efectivas para asegurar la operación de un-sentido. Sin tal coerción, debe suponerse que las sendas ciclistas serán usadas como vías de dos sentidos, y diseñadas debidamente.

A ambos lados adyacentes al pavimento deben mantenerse superficies gradadas de 0,6 m de ancho mínimo; sin embargo, 0,9 m o más es deseable para separar la senda de árboles, postes, muros, cercos, barandas de defensa, o sus obstrucciones laterales. Una zona gradada más ancha en cualquier lado de la senda ciclista puede servir como una senda separada para gimnastas.

Es deseable una ancha separación entre una senda ciclista y el camino adyacente para confirmar a ambos, el ciclista y el motorista, que la senda ciclista funciona como una vía independiente para las bicicletas. Cuando esto no sea posible y la distancia entre el borde del camino y la senda ciclista sea menor que 1,5 m, puede considerarse un adecuado separador físico. Tales divisores sirven a ambos, para impedir que los ciclistas hagan movimientos inconvenientes entre la senda y la banquina del camino y para reforzar el concepto de que la senda ciclista es una vía independiente.

Donde se use, el divisor debe ser como mínimo de 1,4 m de alto, para impedir que los ciclistas pasen sobre él, y debe diseñarse de modo que no se vuelva una obstrucción. La separación vertical a las obstrucciones debe ser de 2,4 m como mínimo. Sin embargo, puede necesitarse una separación mayor para permitir el paso del vehículo de mantenimiento y, en los cruces inferiores y túneles, es deseable una separación de 3 m para la adecuada distancia vertical de sobresalto.

- **Velocidad directriz.** La velocidad a que viaja un ciclista depende de varios factores, incluyendo el tipo y condición de la bicicleta, el propósito del viaje, la condición y ubicación de la senda ciclista, la velocidad y dirección del viento, y la condición física del ciclista.

Las sendas ciclistas deben diseñarse para una velocidad seleccionada que sea al menos tan alta como la velocidad preferida de los ciclistas más veloces. En general, debe usarse una velocidad mínima de 32 km/h; sin embargo, cuando la pendiente supera el 4%, o cuando prevalece un fuerte viento de cola, es aconsejable una velocidad de 48 km/h.

En sendas sin pavimentar, donde los ciclistas tienden a viajar más lentamente, puede usarse una velocidad directriz de 24 km/h. Similarmente, donde gobiernan las fuertes pendientes o vientos prevalecen, puede usarse una velocidad más alta de 40 km/h.

Dado que los ciclistas tienen una tendencia mayor a patinar sobre las superficies sin pavimentar, el diseño de la curvatura horizontal debe tomar en cuenta los coeficientes más bajos de fricción.

- **Alineamiento horizontal y peralte.** El mínimo radio de curvatura transitable por una bicicleta depende de la tasa de peralte de la superficie de la senda ciclista, el coeficiente de fricción entre los neumáticos y la superficie de la senda ciclista, y la velocidad de la bicicleta. El radio de curvatura mínimo de diseño puede deducirse de la fórmula siguiente:

$$R = \frac{V^2}{127(e + ft)}$$

Donde: R = Mínimo radio de curvatura (m)  
 V = Velocidad directriz (km/h)  
 e = Peralte (m/m)  
 ft = Coeficiente de fricción transversal.

Para la mayoría de las aplicaciones de sendas ciclistas, la tasa de peralte variará desde un mínimo de 2% (el mínima necesario para facilitar el adecuado drenaje) hasta un máximo de aproximadamente 5% (más allá del cual pueden esperarse dificultades de maneja para las ciclistas lentos y tri-ciclistas adultos.

La tasa mínima de peralte de 2% será adecuada para la mayoría de las condiciones y simplificará la construcción. El coeficiente de fricción depende de la velocidad; tipo, rugosidad y condición de la superficie; tipo y condición de las cubiertas; y si la superficie está húmeda o seca. Los factores de fricción usados para el diseño deben seleccionarse sobre la basa del punto a la cual la fuerza centrífuga causa que los ciclistas reconozcan un sentido de incomodidad e instintivamente actúen para evitar una velocidad mayor.

Extrapolando los valores usados en el diseño de caminos, puede suponerse que los factores de fricción de diseño para sendas ciclistas varían desde 0,30 a 24 km/h hasta 0,22 a 48 km/h. Aunque no hay ningún dato disponible para superficies sin pavimentar, se recomienda reducir al 50% los factores de fricción para proveer un razonable margen de seguridad.

Sobre la base de una tasa mínima de peralte (e) del 2%, el mínimo radio de curvatura puede seleccionarse de la Tabla 8.4.

Tabla 8.4 Radio mínimo para sendas ciclistas pavimentadas

Radio mínimo para sendas ciclistas pavimentadas (e = 2%)		
Velocidad directriz V (km/h)	Factor de fricción ft	Radio mínimo R (m)
30	0.281	24
35	0.264	34
40	0.247	47
45	0.231	63
50	0.214	84
55	0.198	109
60	0.181	140
65	0,165	180

Cuando por consideraciones de zona-de-camino, topográficas u otras, en las sendas ciclistas deban usarse curvas de radios subestándares, deben instalarse señales de alarma y marcas suplementarias del pavimento.

Los efectos negativos de las curvas subestándares también pueden superarse parcialmente mediante el ensanchamiento del pavimento a lo largo de las curvas.

- Pendientes

Las pendientes de las sendas ciclistas deben mantenerse en valores mínimos, especialmente en distancias largas. Las pendientes mayores que 5% son indeseables porque las cuestas son difíciles de ascender para muchos ciclistas, y las bajadas causan que algunos excedan las velocidades a las cuales son competentes. Donde el terreno lo indique, las pendientes mayores del 5% y de menos de 150 m de longitud son aceptables cuando se usa una alta velocidad directriz y se provee ancha adicional. Las pendientes más empinadas que 3% pueden no ser prácticas para las sendas ciclistas con superficies de piedra partida.

- Distancia visual

Para proveer a los ciclistas una oportunidad para ver y reaccionar ante lo inesperado, una senda ciclista deberla diseñarse con adecuadas distancias visuales de detención. La distancia requerida para llevar una bicicleta a una detención controlada total es función del tiempo de percepción y reacción del ciclista, de la velocidad inicial de la bicicleta, el coeficiente de fricción entre los neumáticos y el pavimento, y la aptitud de frenado de la bicicleta.

La Figura 8.31 indica la distancia visual de detención mínima para varias velocidades directrices y pendientes, basada en un tiempo total de percepción y reacción de 2,5 segundos y un coeficiente de fricción de 0,25 para tener en cuenta las pobres características de frenado en tiempo húmedo de muchas bicicletas. Para sendas ciclistas de dos sentidos, la distancia visual en bajada, esto es, donde "G" es negativa, controlará el diseño.

La Figura 8.32 se usa para seleccionar la longitud mínima de curva vertical necesaria para dar mínima distancia visual de detención a varias velocidades directrices sobre curvas verticales convexas. La altura del ojo del ciclista se supone de 1.4 m y la altura del objeto se supone ser cero para reconocer que los impedimentos para el viaje ciclista existen a nivel de pavimento.

La Figura 8.33 indica la separación mínima que debe usarse hasta la línea de visión a obstrucciones en las curvas horizontales. La separación lateral se obtiene entrando en la Figura 8.31 con la distancia visual de detención de la Figura 8.31 y el radio de curvatura horizontal propuesto.

Frecuentemente, las ciclistas viajan apareados, uno al lado del otro en las sendas ciclistas y, en sendas angostas, los ciclistas tienen una tendencia a circular cerca del medio de la senda.

---

Por estas razones, y por las serias consecuencias de un accidente frontal, las separaciones laterales en las curvas horizontales deben calcularse sobre la base de la suma de las distancias visuales para los ciclistas que viajan en sentidos opuestos alrededor de la curva.

Donde esto no es posible, debe considerarse el ensanchamiento de la senda a lo largo de la curva, la instalación de una raya central amarilla, instalación de señales de alarma antes de la curva, o alguna combinación de estas opciones.

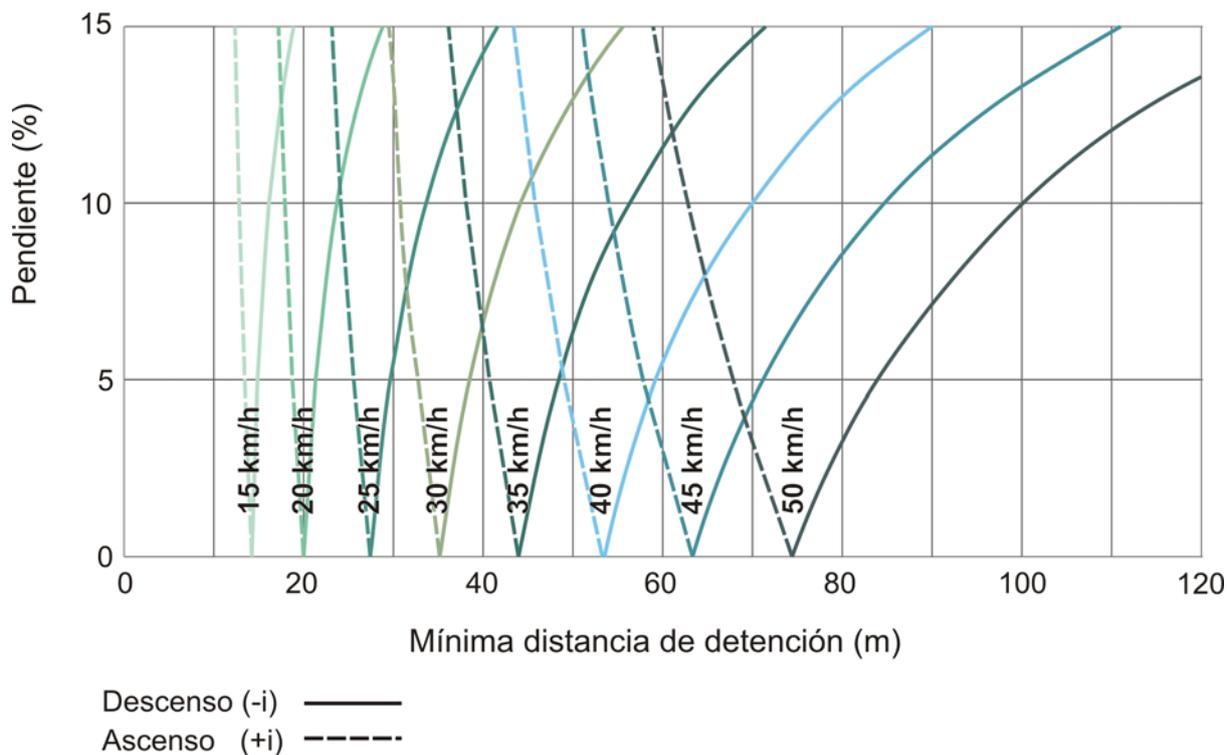


Figura 8.31 Distancia visual de detención mínima

$$D = \frac{V}{1,44} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Donde:

D = Mínima distancia visual de detención, m.

V = Velocidad, km/h.

f = Coeficiente de fricción (use 0,25).

i = Pendiente en m/m, (subida / bajada).

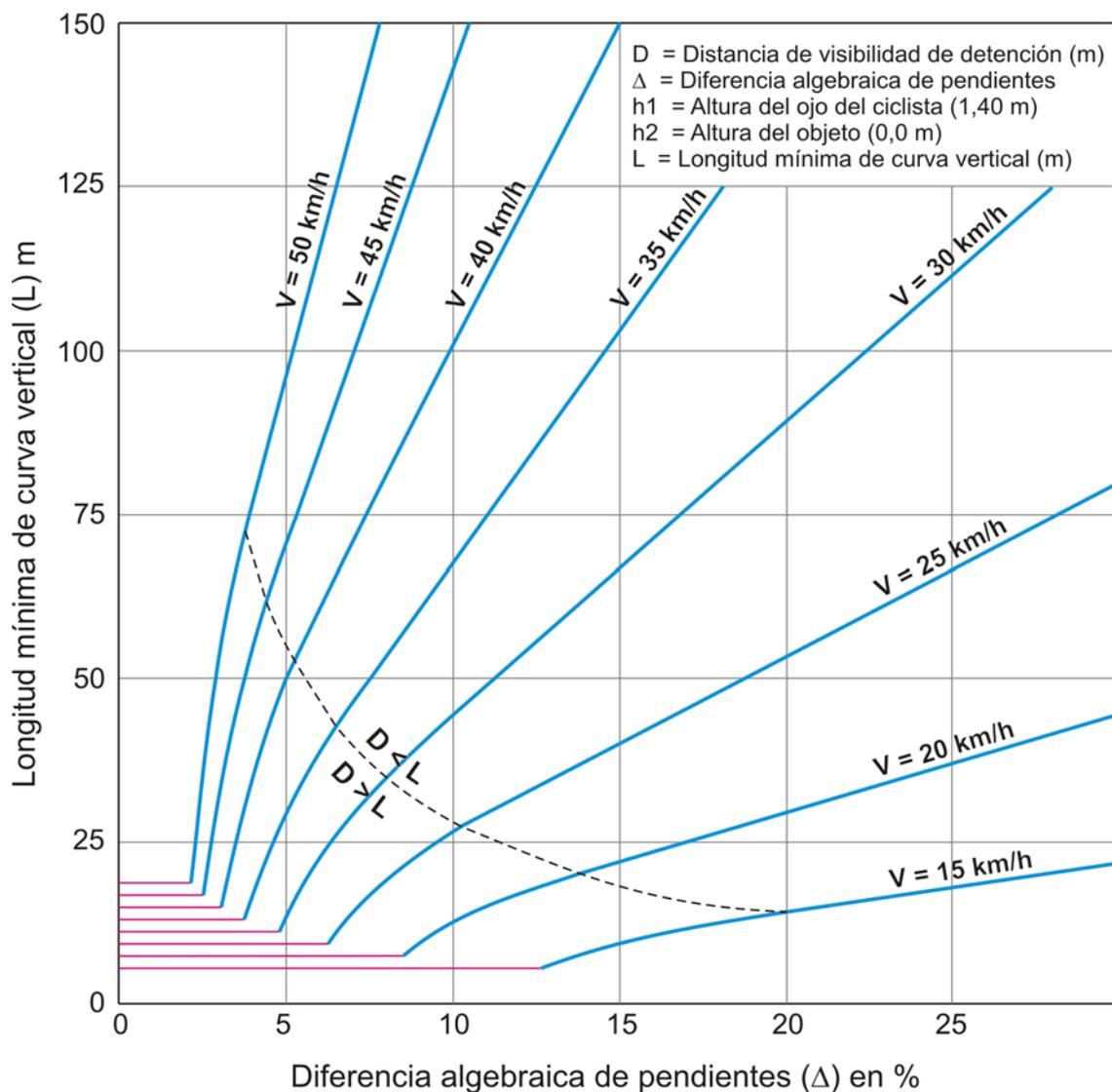
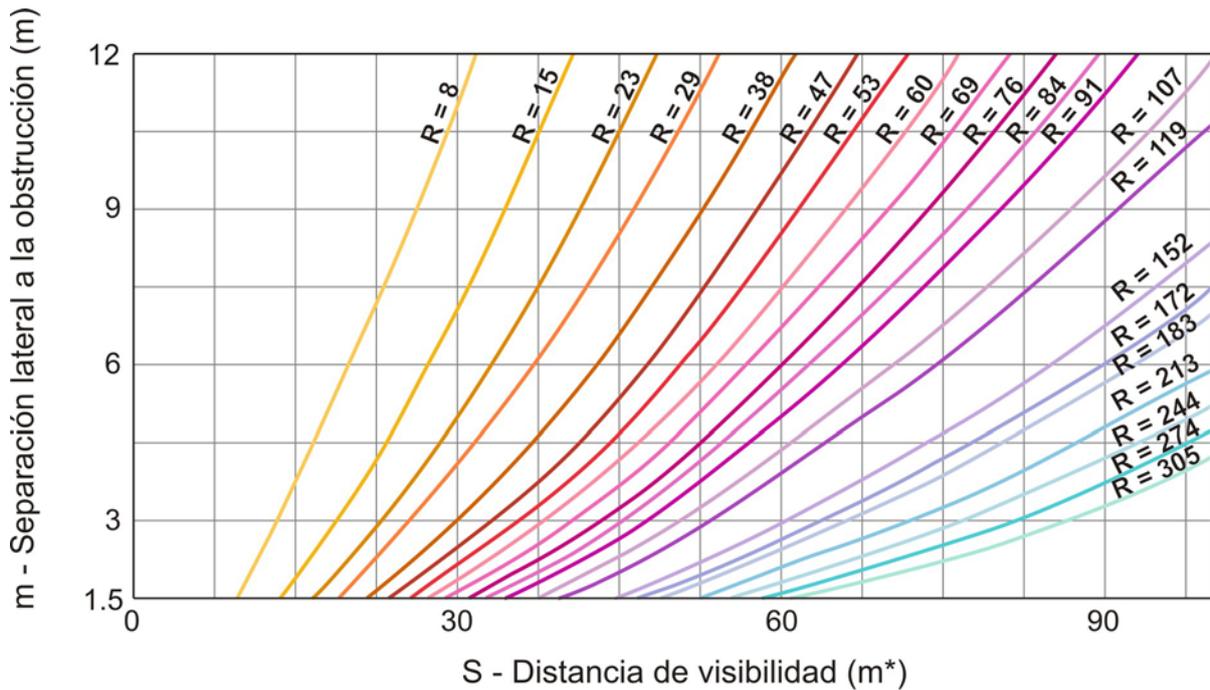


Figura 8.32 Longitud mínima de curvas verticales

$$L = 2D \cdot \frac{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{\Delta} = 2D \cdot \frac{280}{\Delta} \quad \text{cuando } D > L$$

$$L = \frac{\Delta}{100 (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} = \frac{\Delta D^2}{280} \quad \text{cuando } D < L$$

$$L_{\min} = .38V$$



\* Las separaciones laterales en las curvas horizontales deberían calcularse basadas en la suma de las distancias de visibilidad de detención para los ciclistas que viajan en sentidos opuestos alrededor de la curva.

Figura 8.33 Separaciones laterales mínimas en curvas horizontales

S = Distancia visual de detención, m.  
 R = Radio de carril interior, m.  
 m = Distancia desde carril interior, m.  
 V = Velocidad directriz para S, km/h.

$$m = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{28,65S}{R} \right)^{\circ} \right]$$

$$S = \frac{R}{28,65} \left[ \sec \left( \frac{R - m}{R} \right)^{\circ} \right]$$

La fórmula se aplica sólo cuando S es igual o menor que la longitud de la curva.

- **Intersecciones.** Al diseñar sendas ciclistas, deben considerarse particularmente las intersecciones con los caminos. Si se dispone de ubicaciones opcionales para una senda ciclista, debe seleccionarse la de condiciones de intersección más favorables. Para cruzar autopistas y otras arterias de altas velocidades y volumen, el único posible o práctico tratamiento puede ser una separación de niveles. A menos que se prohíba a los ciclistas cruzar el camino, debe considerarse la provisión de los movimientos de gira. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el costo de una separación de niveles será prohibitivo.

Cuando las intersecciones son a nivel, una consideración principal es el establecimiento del derecho-de-paso. El tipo de control de tránsito a usar (semáforo, señal de pare, señal de ceda el paso, etcétera). El tipo, tamaño y ubicación de la señal también deben estar de acuerdo la reglamentación aprobada. Debe tenerse cuidado para asegurar que las señales de la senda ciclista se ubiquen de modo que los motoristas no se confundan con ellas, y que las señales del camino se ubiquen de modo que los ciclistas no se confundan con ellas.

Es preferible que el cruce de una senda ciclista y un camino esté en una ubicación fuera de la influencia de las intersecciones con otros caminos. En tales intersecciones, el control de los movimientos de los vehículos es realizado más fácil y seguramente mediante la aplicación de los dispositivos estándares de control de tránsito y las Reglas de tránsito normales. Cuando restricciones físicas prohíban tales intersecciones independientes, los cruces pueden estar en o adyacente a los cruces peatonales. Debe asignarse el derecho-de-paso y debe proveerse distancia visual de modo de minimizar la posibilidad del conflicto por movimientos de giro no convencionales. En los cruces de caminos arteriales multicarriles de alto volumen donde no se justifiquen semáforos, debe considerarse la provisión de una zona de refugio para los ciclistas en el cantero central.

Cuando las sendas ciclistas terminan en caminos existentes, es necesario integrarlas en el sistema vial. Debe tenerse cuidado en diseñar adecuadamente los terminales para facilitar la transición del tránsito en una situación segura de convergencia o divergencia. Es necesaria la señalización adecuada para alertar y dirigir a los ciclistas y motoristas sobre estas zonas de transición.

Las intersecciones de la senda ciclista y los accesos deben estar sobre pendientes relativamente planas. Debe verificarse la distancia visual en las intersecciones y se debe dar adecuada alerta para permitir que los ciclistas se detengan antes de alcanzar la intersección, especialmente en las bajadas.

Las rampas de cortes de cordón en las intersecciones deben ser del mismo ancho que el de la senda ciclista. Los cortes de cordón y las rampas deben proveer una suave transición entre las sendas ciclistas y el camino.

- **Señalización y marcación.** Las adecuadas señalización y marcación son esenciales en las sendas ciclistas, especialmente para alertar a los ciclistas sobre potenciales conflictos y para transmitir mensajes reguladores para los ciclistas y motoristas en las intersecciones viales. Además, deben usarse las señales guía, tales como las que indican sentidos, destinos, distancias, números de rutas y nombres de las calles transversales, en la misma forma en que se usan en las caminos. En general, la aplicación uniforme de los dispositivos de control de tránsito tenderá a alentar el comportamiento adecuado de los ciclistas.
-

El proyectista debe considerar una raya central amarilla de 10 cm de ancho para separar los sentidos opuestos de viaje. Esta es particularmente beneficioso en las circunstancias siguientes:

- Para altos volúmenes de bicicletas,
- En curvas con restringida distancia visual, y
- En sendas no iluminadas donde se espera circulación nocturna. Las líneas de borde también pueden ser muy beneficiosas donde se prevea tránsito ciclista nocturno.

Debe tenerse cuidado en la elección de los materiales para las marcas de pavimento. Algunos materiales son resbaladizos cuando se humedecen y deben evitarse en favor de materiales más resistentes al resbalamiento.

- **Estructura de pavimento.** El diseño y selección de las secciones de pavimento para sendas ciclistas son en muchas formas similares a los de las secciones de pavimento de caminos. Deben investigarse las capacidades de soportar cargas de los suelos nativos y la necesidad de especiales provisiones. Las investigaciones no necesitan ser elaboradas, pero deben hacerse por, o bajo la supervisión de un calificado ingeniero. Además, hay varios principios básicos que deben seguirse para reconocer algunas diferencias básicas entre las características de operación de los ciclistas y las de los automotores. Mientras que las cargas en las sendas ciclistas serán sustancialmente menores que las de los caminos, las sendas deben diseñarse para sostener sin daño las cargas de rueda de ocasionales vehículos de emergencia: patrulla, mantenimiento, y otros que, se espera, usen o crucen la senda.

Debe darse especial consideración a la ubicación de las cargas de las ruedas de los automotores sobre la senda. Cuando los automotores sean conducidos sobre sendas ciclistas, usualmente sus ruedas estarán en o muy cerca de los bordes. Dado que esto puede causar el daño del borde que, a su vez, resultará en la disminución del ancho efectivo de operación de la senda, debe proveerse adecuado soporte de borde.

El soporte de borde puede ser en la forma de banquetas estabilizadas o en la construcción de ancho adicional de pavimento. Donde el derecho-de-vía y otras condiciones lo permitan, la construcción de un típico ancho de pavimento de 3,6 m elimina los problemas de deshilachadura de bordes y da otras dos ventajas adicionales sobre la construcción de banquetas.

Primero, permite espacio adicional de maniobra para los ciclistas, y segundo, el costo adicional de construcción puede ser menor que el de las banquetas porque se elimina la operación de construcción separada.

Se recomienda construir y mantener una suave superficie de circulación en las sendas ciclistas. Los pavimentos deben tenderse a máquina; donde sea necesario deben usarse esterilizantes para impedir que la vegetación invada el pavimento; y, en los pavimentos de hormigón, las juntas transversales necesarias para controlar el fisuramiento, deben aserrarse para proveer un suave andar.

---

Por otro lado, no deben sacrificarse las cualidades de resistencia al resbalamiento en beneficio de la suavidad. Por ejemplo, los terminados de las superficies de hormigón a escoba o arpillera son preferibles a los terminados a llana.

En zonas donde los climas son extremos, los efectos de los ciclos de congelamiento-descongelamiento deben preverse en la fase de diseño. En caminos no pavimentados o cruces de accesos a propiedad de las sendas ciclistas, el camino o acceso debe pavimentarse en un ancho mínimo de 3 m a cada lado del cruce para reducir la cantidad de grava desparramada a lo largo de la senda por los automotores. La estructura de pavimento en el cruce debe ser adecuada para soportar las cargas previstas en esa ubicación.

Usualmente, las superficies de pavimento duro, aptas para todo tiempo son preferidas sobre las de piedra partida, arena, arcilla, o suelo estabilizado, porque estos últimos materiales proveen un mucho menor nivel de servicio.

Las estructuras de pavimento de buena calidad pueden construirse de asfalto u hormigón. Por las amplias variaciones de suelos, cargas, materiales y prácticas de construcción, no es práctico presentar específicas o recomendadas secciones estructurales típicas que sean aplicables en toda la nación.

Es necesario atender las condiciones preponderantes locales y los principios reseñados arriba. La experiencia en pavimentos viales, y el sano juicio ingenieril, pueden ayudar en la selección y diseño de una adecuada estructura de pavimento para senda ciclista, y pueden identificar las prácticas de conservación de energía, tal como el uso de asfalto sulfurado, emulsiones asfálticas y sobrantes refundidos.

- **Estructuras.** Para proveer continuidad a una senda ciclista puede ser necesario un paso superior, uno inferior, un puentecito, una obra de drenaje o una instalación especial en un puente vial. En la Figura 8.34 se muestra un ejemplo de estructura de puentecito usada para proveer continuidad a una senda ciclista. En la Figura 8.35 se muestra una instalación especial sobre una estructura vial.

En las estructuras nuevas, el ancho mínimo de separación debe ser el mismo que en la senda ciclista pavimentada de aproximación; y el ancho de separación deseable debe incluir las áreas de 0,6 m de ancho mínimo de separación.

Llevar las separaciones a través de las estructuras tiene dos ventajas, primero, se provee una distancia de sobresalto horizontal mínima desde la baranda o barrera, y segundo, se provee el necesario espacio de maniobra para evitar conflictos con los peatones y otros ciclistas detenidos sobre el puente. Al establecer las separaciones de diseño de las estructuras sobre las sendas ciclistas debe considerarse el acceso de vehículos de emergencia, patrulla y mantenimiento.

Similarmente, el gálibo vertical puede estar dictado por ocasionales vehículos automotores que usen la senda. Donde sea práctico, es deseable un gálibo vertical de 3 m para la distancia vertical de sobresalto adecuada.

---

Las barandas, cercos, o barreras sobre ambos lados de una estructura de senda ciclista debes ser como mínimo de 1,4 m de alto. A la altura del manillar 1,1 m, deben agregarse a las barreras, barandas de suave rugosidad. Los puentes diseñados exclusivamente para el tránsito ciclista pueden diseñarse para carga viva de peatones. En todo tablero de puente, debe tenerse especial cuidado en asegurar que se usen juntas de expansión seguras para el ciclismo. Donde sea necesaria instalar una senda ciclista sobre un puente vial existente, deben considerarse varias opciones sobre lo que permitirá la geometría del puente.

Una opción es llevar la senda ciclista por un lado del puente. Esto debe hacerse donde:

- La vía sobre el puente se conectará a la senda ciclista en ambos extremos
- Existe ancho suficiente sobre ese lado del puente o puede obtenerse mediante ensanchamiento o repintado de carriles
- Se toman medidas para separar físicamente el tránsito ciclista del automotor, según se trató.

Una segunda opción es proveer, ya sea amplias carriles de cordón, o carriles ciclistas sobre el puente.



Figura 8.34 Ejemplo de puente para ciclo vía

Esto puede ser aconsejable donde:

- La senda ciclista se convierta gradualmente en carriles ciclistas en un extremo del puente
- Exista ancho suficiente o puede obtenerse mediante ensanchamiento o repintado

Una tercera opción es usar las veredas existentes como vías de uno o dos sentidos. Esto puede ser aconsejable donde

1. los conflictos entre ciclistas y peatones no superarán los límites tolerables y
2. las veredas existentes son adecuadamente anchas. Debido al gran número de factores involucrados en instalar vías ciclistas en puentes existentes, a menudo es inevitable comprometer los criterios de diseño deseables. En consecuencia, el ancho a proveer es el que mejor puede determinar el proyectista, en una base caso-por-caso, después de considerar exhaustivamente todos los factores.

- **Drenaje.** Para un drenaje adecuado la pendiente transversal mínima recomendada es 2%. La inclinación en un sentido en lugar del bombeo a dos aguas es preferible, y usualmente simplifica la construcción del drenaje y la superficie. Una superficie suave es esencial para impedir el estancamiento del agua y la formación de hielo.

Donde se construya una senda ciclista en la ladera de una colina, hacia el lado d arriba debe ubicarse una zanja de dimensiones adecuadas para interceptar el drenaje de la ladera. Tales zanjas deben diseñarse de tal modo que no obstaculicen indebidamente a los ciclistas.

Cuando sea necesario, deben proveerse cámaras con desagües para llevar el agua interceptada debajo de la senda. Las rejillas de drenaje y las tapas de las cámaras deben ubicarse fuera de la trayectoria de los ciclistas. Para colaborar en el drenaje de la zona adyacente a la senda ciclista, el diseño debe considerar la preservación de la cubierta de suelo natural. En los planos de diseño debe incluirse sembrado, pajote y cubrimiento con césped de los taludes, cunetas y otras zonas erosionables adyacentes.

- **Iluminación.** La iluminación de fuente fija reduce los conflictos a lo largo de las sendas y en las intersecciones. Además, la iluminación permite a los ciclistas ver la dirección de la senda ciclista, las condiciones de la superficie, y los obstáculos. Se recomienda la iluminación de sendas ciclistas donde se espera circulación nocturna, tal como en las sendas que sirven a los estudiantes de los colegios y a los usuarios diarios, y en las intersecciones viales. Además, la iluminación debe considerarse en pasos bajo nivel o túneles, y cuando la seguridad nocturna podría ser un problema. Según la ubicación, deben considerarse niveles medios de iluminación permanente de 0,15 metro-candela (5 lux) a 0,6 metro-candela (22 lux). Donde existan problemas especiales de seguridad, pueden considerarse niveles de iluminación más altos. Los postes de iluminación deben cumplir con las separaciones horizontal y vertical recomendadas. Las luminarias y postes deben estar en una escala adecuada para una senda peatonal o ciclista.
  - **Restricción del tránsito de vehículos automotores.** A menudo, las sendas ciclistas necesitan alguna forma de barrera física en las intersecciones viales para impedir que los vehículos automotores no autorizados usen las instalaciones.
-

Pueden hacerse provisiones para emplazamientos de postes removibles para permitir la entrada de los vehículos autorizados. Los postes deben estar permanentemente retrorreflectorizados para visibilidad nocturna, y pintados de un color brillante para mejorar la visibilidad diurna. Cuando se use más de un poste, es deseable un espaciamiento de 1,5 m. Un espaciamiento más ancho puede permitir la entrada de vehículos automotores, mientras que uno más angosto podría impedir la entrada de los triciclos para adultos y las bicicletas con remolques.

Otro método de restringir la entrada de los vehículos automotores es dividir la entrada en dos secciones de 1,5 m separadas por un cantero bajo. Los vehículos de emergencia todavía pueden entrar si es necesario pasando sobre el cantero. Sin embargo, antes de seleccionar este método opcional deben evaluarse los altos costos del mantenimiento del cantero.

- **Multiuso.** En general, las sendas multiuso son indeseables; los peatones y los ciclistas no se mezclan bien. De ser posible, deben proveerse sendas separadas; caso contrario, para minimizar los conflictos debe usarse ancho adicional, señalización y pintado de rayas separadoras.

La provisión de una vereda de senda ciclista es insatisfactoria por una variedad de razones. Típicamente, las veredas se diseñan para velocidades y maniobras peatonales, y no son seguras para el uso ciclista de mayor velocidad.

Los conflictos son comunes entre los peatones que circulan a bajas velocidades (en salidas de comercios, autos estacionados, etc.) y los ciclistas, mientras haya conflictos con objetos fijos (p. e., parquímetros, postes de servicios públicos, dársenas de ómnibus, árboles, hidrantes contra incendios, buzones de correo, etcétera). Caminadores, trotadores y patinadores pueden y a menudo lo hacen cambiar su velocidad y dirección casi instantáneamente, dando a los ciclistas poco tiempo para reaccionar y evitar colisiones. Similarmente, a menudo los peatones tienen dificultad en predecir qué dirección tomará un ciclista de sentido opuesto.

A menudo en las intersecciones, los motoristas no ven a los ciclistas (que circulan a velocidades mayores que los peatones) que ingresan en la zona de cruce, particularmente cuando los motoristas están girando. A menudo, las distancias visuales son obstaculizadas por edificios, muros, cercos de propiedad, y matorrales a lo largo de veredas, especialmente en los accesos.

Los ciclistas que circulan en las veredas pueden encontrarse en las zonas residenciales con niños pequeños. Con velocidades ciclistas más bajas y menores velocidades de los vehículos automotores, los conflictos potenciales disminuyen algo, pero todavía existen. Este tipo de uso ciclista de la vereda es generalmente aceptado, pero puede ser inapropiado señalar una vereda como senda o ruta ciclista, si hacerlo significara prohibir el uso ciclistas de una vía alternativa que sirviera mejor a sus necesidades.

El desarrollo de veredas extremadamente anchas no necesariamente contribuye a la seguridad del tránsito ciclista. Donde sea necesario hacerlo así, la vía debe diseñarse para tener en cuenta las mayores velocidades de operación de los ciclomotores y sus adicionales requerimientos de maniobra, y la mayor frecuencia de maniobras de adelantamiento.

Muchas de las guías de diseño prescritas en Sendas Ciclistas (p. e., anchos, velocidades, alineamientos horizontales, pendientes, etc.) podrían ser inadecuadas para instalaciones destinadas al uso de los ciclomotores, los cuales también contribuyen a disminuir la calma y relajada experiencia que la mayoría de los ciclistas desean en las sendas ciclistas.

El uso de una senda para ciclistas y caballos crea una insatisfactoria y posiblemente peligrosa mezcla. Los caballos se espantan fácilmente y pueden cocear si perciben a los ciclistas como un peligro. Las sendas ciclistas y de hipismo también son incompatibles en sus requerimientos de diseño de la superficie. Las bicicletas funcionan mejor en superficies duras; los caballos funcionan mejor en superficies blandas. Un compromiso para acomodar a ambos resultará en una menos que adecuada superficie para ambos.

Durante los meses de invierno, donde haya insuficiente tránsito ciclista como para justificar el barrido de la nieve, los usuarios de las sendas ciclistas pueden permitir que sean usadas por patinadores.

- **Instalaciones suplementarias.** La provisión de instalaciones para estacionamiento de bicicletas es un elemento esencial en el esfuerzo general para promover el ciclismo.

La gente se desalienta del ciclismo a menos que se disponga de adecuado estacionamiento. Las instalaciones de estacionamiento ciclista deben proveerse en el origen y en el destino del viaje, y deben ofrecer protección contra robo y daño.

La amplia variedad de dispositivos para estacionamientos de bicicletas cae en dos categorías de necesidades del usuario: viajero diario o estacionamiento largo, y estacionamiento de conveniencia o de corto término. Estas necesidades mínimas para cada uno difieren en su ubicación y protección. El estacionamiento de largo término es necesario en ubicaciones tales como centros de empleos, estaciones de tránsito o subterráneos, y albergues multifamiliares.

---

Deben proveerse instalaciones que aseguren el cuadro, ambas ruedas y los accesorios, y que ofrezcan protección contra el mal tiempo.

Las cerraduras de bicicletas y la atención de zonas de almacenamiento son buenos ejemplos de las instalaciones de estacionamiento de largo término. El estacionamiento de corto término es necesario en ubicaciones tales como centros de compra, bibliotecas, zonas de recreación, y oficinas de correo.

Las instalaciones deben ser muy convenientes, y estar cerca de las entradas de los edificios, u otras zonas altamente visibles que sean auto protectoras. La instalación debe diseñarse de modo que las bicicletas no se dañen (aros doblados son comunes con soportes que sólo sostienen una rueda).

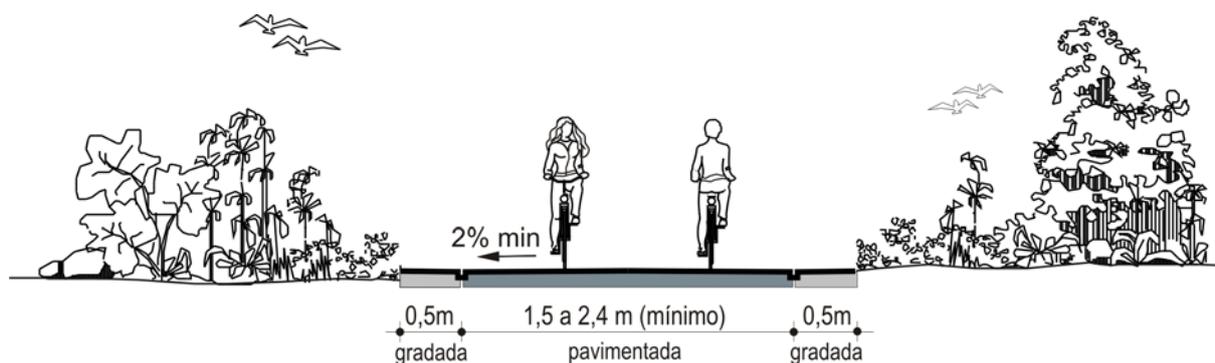
Si el estacionamiento de bicicletas no está adecuadamente proyectado y ubicado, los ciclistas usarán árboles, barandas, y otros accesorios. Esta práctica puede dañar los accesorios y crear una obstrucción para los peatones. Al planificar y proveer instalaciones para estacionamiento de bicicletas deben considerarse varios factores. Debe tenerse cuidado al seleccionar la ubicación, para asegurar que las bicicletas no serán dañadas por los vehículos automotores.

Las instalaciones de estacionamiento no deben interferir con el flujo peatonal normal. Además, las instalaciones deben diseñarse de modo que las personas que estacionen sus bicicletas no molestarán otras bicicletas estacionadas. La cantidad de seguridad necesaria para impedir robos debe evaluarse para cada zona. Las instalaciones deben ser capaces de acomodar un amplio rango de formas y tamaños de bicicletas, incluyendo triciclos y remolques si se usan localmente.

Finalmente, las instalaciones deben ser simples de operar. Si fuere posible, deben colocarse señales que describan cómo opera la instalación. Además del estacionamiento para bicicletas, hay varias otros mejoramientos que complementan las sendas peatonales y las instalaciones ciclistas del camino. Por ejemplo, en sendas ciclistas largas, ininterrumpidas, pueden proveerse apeaderos o zonas de descanso. Debe relacionarse la interconexión del viaje en bicicleta con el transporte público, tales como soportes para bicicletas en los ómnibus, ómnibus convertidos para llevar bicicletas a bordo, o permitir las bicicletas en los trenes. La impresión y distribución de mapas de rutas ciclistas es un proyecto de alto beneficio y bajo costo, que se puede realizar fácilmente.

Los mapas pueden ayudar a los ciclistas a ubicar las vías para bicicletas, instalaciones de estacionamiento, e identificar la aptitud relativa de diferentes segmentos del sistema vial. Además, los mapas pueden ayudar a los ciclistas a evitar caminos de alta velocidad o alto volumen, calles de un sentido, barreras, y otros problemas. Además, los mapas pueden proveer información sobre las Reglas de tránsito, información sobre seguridad ciclística, y la interconexión con el transporte público.

---



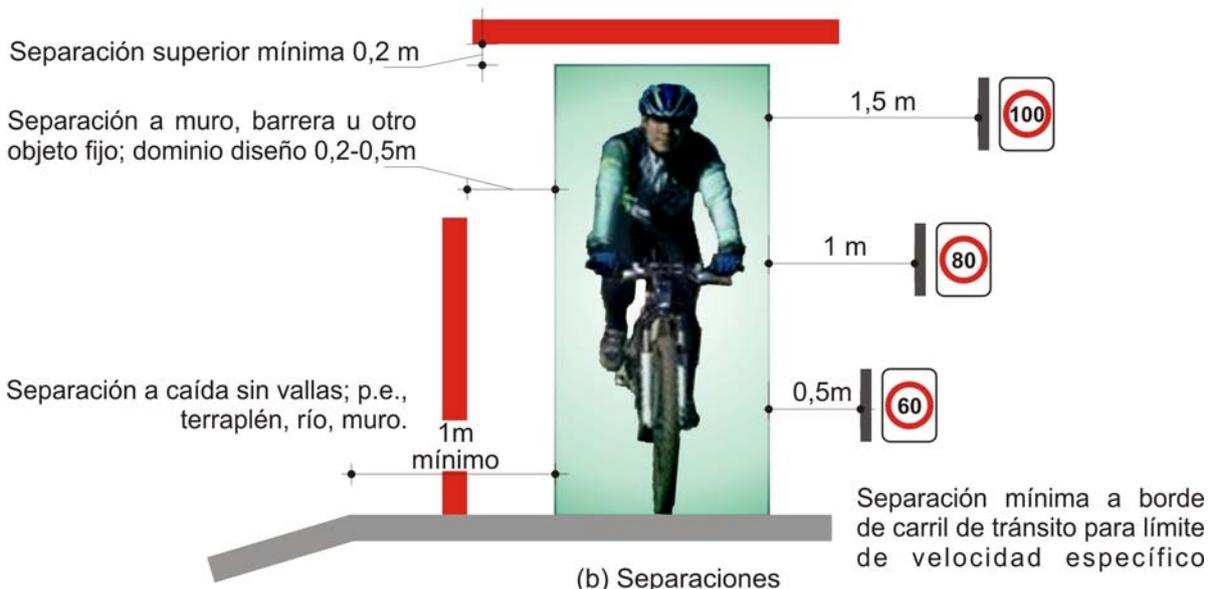
Un sentido: ancho= 1,5 m

Dos sentidos: ancho = 2,4 m

**Nota:** la longitud de la bicicleta puede tomarse como de 1,75 m.



(a) Envoltura de diseño de bicicleta



(b) Separaciones

Figura 8.35 Envoltura y separaciones de la bicicleta

## 8.4 CRUCES FERROVIARIOS A NIVEL

Un cruce vial de un ferrocarril, como cualquier intersección camino-camino, comprende una separación de niveles o un cruce a nivel. La geometría del camino y de la estructura en un cruce ferroviario sobre o bajo nivel son sustancialmente las mismas que para separaciones de nivel viales sin ramas. La geometría horizontal y vertical de un camino que se aproxima a un cruce ferroviario a nivel debe construirse de modo que no necesite una desatención de las condiciones del camino por parte del conductor.

### 8.4.1 Geometría del camino

El diseño geométrico de un cruce a nivel ferroviario comprende los elementos del alineamiento horizontal, rasante, distancia visual y sección transversal.

Los requerimientos pueden variar con el tipo de dispositivos de alarma a usar.

#### ***Alineamiento horizontal***

De ser posible, el camino debe cruzar las vías en un ángulo recto sin intersecciones o accesos en las proximidades. Este trazado realza la visión del conductor del cruce y vías, reduce los movimientos vehiculares conflictivos desde caminos transversales y accesos, y es preferido por los ciclistas. Los cruces no deben ubicarse en curvas del camino o el ferrocarril. La curvatura del camino inhibe al conductor la visibilidad de un cruce adelante, y la atención del conductor puede estar dirigida a maniobrar la curva en lugar de mirar por un tren. La curvatura del ferrocarril puede inhibir al conductor la visibilidad de las vías desde una posición de parada en el cruce, y en la aproximación del cruce. Los cruces ubicados en curvas viales y ferroviarias tienen problemas de mantenimiento y pobre transitabilidad vial, por los peraltes en conflicto.

Donde las señas y marcas del pavimento sean los únicos medios de alarma, el camino debe cruzar el ferrocarril en ángulo recto, o casi. Aun cuando se usen luces destellantes o barreras automáticas, deben evitarse los pequeños ángulos de intersección. La distancia visual es una consideración primaria en los cruces sin dispositivos de alarma activados por el tren.

#### ***Alineamiento vertical***

Es deseable que la intersección del camino con el ferrocarril se haga tan a nivel como sea posible desde el punto de vista de la distancia visual, transitabilidad, distancias de detención y aceleración. Las curvas verticales deben ser de longitud suficiente para asegurar una adecuada visibilidad del cruce.

En algunos casos, el alineamiento vertical del coronamiento puede no tener una geometría aceptable para una dada velocidad directriz por las restricciones topográficas o limitaciones de zona de camino. La geometría necesaria para impedir que los conductores de los vehículos de baja altura vertical se atasquen en las vías daría una superficie de cruce en el mismo plano que el tope de los rieles por una distancia de 0,6 m hacia el exterior de los rieles.

Además, la superficie del camino no debe estar más de 7,5 cm más alta o 15 cm más baja que el tope del riel más cercano en un punto a 9 m del riel, a menos que el peralte de las vías dicte otra cosa, como se muestra en la Figura 8.36

Deben usarse curvas verticales para acordar la pendiente del camino con el nivel plano en los rieles.

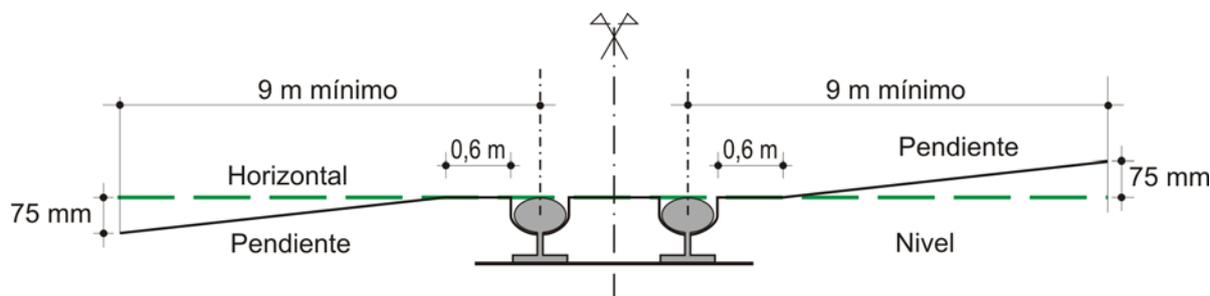


Figura 8.36 Cruce vial-ferroviario a nivel.

### **Dispositivos de alarma**

El diseño geométrico de los cruces a nivel ferroviarios debe hacerse con la determinación de los dispositivos de alarma a usar. Cuando sólo se usan dispositivos de alarma pasivos, tales como señales y marcas del pavimento, los conductores viales son alertados sobre la ubicación del cruce, pero deben determinar si hay o no trenes en movimiento por los cuales deberían detenerse.

Los dispositivos de alarma activos, tales como semáforos destellantes o barreras automáticas, dan al conductor una positiva indicación de la presencia o aproximación de un tren. Al determinar el tipo de dispositivos de alarma a instalar en un cruce ferroviario a nivel, deben considerarse innumerables variables significativas. Para ciertos cruces de caminos de bajo volumen donde no se dispone de adecuada distancia visual, puede ser necesario instalar señalización adicional para proveer un cruce seguro.

Algunas de las consideraciones para evaluar la necesidad de dispositivos activos de alarma en un paso a nivel incluyen:

- Tipo de camino,
- Volumen del tránsito vehicular,
- Volumen del tránsito ferroviario,
- Velocidad máxima de los trenes,
- Velocidad permisible del tránsito vehicular,
- Volumen del tránsito peatonal,
- Registro de accidentes,
- Distancia visual
- Geometría del cruce.

La investigación internacional desarrolló numerosas fórmulas de índices de peligrosidad para evaluar el peligro potencial de un cruce ferroviario a nivel sobre la base de varias combinaciones de sus características. Aunque ninguna fórmula tiene aceptación universal, cada una tiene sus propios valores al establecer un índice que cuando se usa con sano juicio ingenieril provee una base para seleccionar el tipo de dispositivos de alarma a instalar en un cruce dado.

Como en el caso de una intersección vial, hay varios sucesos que pueden ocurrir en una intersección a nivel ferroviario sin dispositivos de alarma activados por el tren.

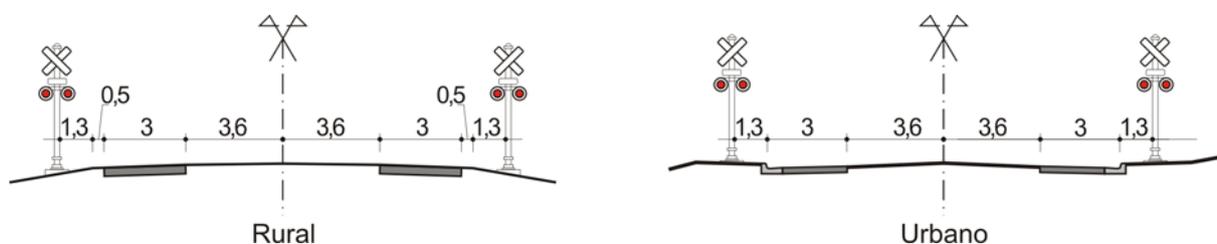
Dos de estos sucesos relacionados con la determinación de la distancia visual son:

- El conductor del vehículo puede observar el tren que se aproxima en una línea visual que le permitirá pasar con seguridad por el cruce a nivel antes del arribo del tren al cruce.
- El conductor del vehículo puede observar el tren que se aproxima en una línea visual que le permitirá detenerse antes de invadir la zona del cruce.

En terrenos no planos, puede ser necesario confiar en señales y dispositivos de control de velocidad y basar la distancia visual en una velocidad de operación reducida del vehículo. Donde haya obstrucciones a la visibilidad, puede ser necesario instalar dispositivos de control de tránsito activos que lleven a todo el tránsito a una detención antes de cruzar las vías, y alerten oportuna y automáticamente a los conductores si un tren se acerca. Por seguridad, el conductor de un vehículo detenido en un cruce debe ver bastante de las vías del ferrocarril para ser capaz de cruzarlas antes de que un tren alcance el cruce, aunque el tren pueda comenzar a verse inmediatamente después que el vehículo inició el cruce.

### **Calzada y sección transversal**

La calzada del camino en un cruce ferroviario debe construirse en una longitud adecuada con superficie apta en todo tiempo. A través del cruce debe llevarse una sección de coronamiento equivalente a la sección transversal actual o propuesta del coronamiento de aproximación. La superficie del cruce debe tener una cualidad de transitabilidad equivalente a la del coronamiento de aproximación. Si la superficie del cruce está en pobre condición, la atención del conductor puede desviarse a elegir la trayectoria más suave sobre el cruce. Este esfuerzo bien puede reducir la atención dada a la observación de los dispositivos de alarma, o aun al tren que se acerca.



*Sección típica – Banquinas de pavimento asfáltico reforzado*

## 8.4.2 Resumen de normas para los cruces entre caminos y vías férreas aprobadas por la Resolución SETOP 7/81

### Capítulos

Las normas constan de 13 capítulos, cuyos títulos describen concisamente sus contenidos:

- 1 ALCANCE
- 2 FUNDAMENTOS
- 3 DOCUMENTACIÓN PARA LA GESTIÓN Y TRATAMIENTOS DE LOS CRUCES
- 4 CLASIFICACIÓN DE LOS CRUCES
- 5 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.
- 6 SOLUCIÓN DE LOS CRUCES
- 7 CONDICIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS CRUCES A DISTINTO NIVEL
- 8 CONDICIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS CRUCES A NIVEL
- 9 RESPONSABILIDADES
- 10 REGISTRO, RELEVAMIENTO E INSPECCIÓN DE LOS CRUCES
- 11 PRIORIDADES DE ADECUACIÓN DE LOS CRUCES EXISTENTES
- 12 REVISIÓN DE LAS NORMAS
- 13 ANEXOS

Los capítulos de los títulos destacados se relacionan particularmente con los aspectos técnicos de los cruces ferroviarios, y su resumen se incluye en [8 ANEXO].

## 8.5 SERVICIOS PÚBLICOS

### 8.5.1 Espacio para servicios públicos

A menudo, los servicios públicos de superficie y subterráneos se ubican en el derecho de vía. Se trata de los servicios públicos no directamente relacionados con el camino. Sin embargo, para el conductor, la presencia de un poste es un peligro criminal a evitar y si el poste lleva una línea de energía o de iluminación callejera es indistinto. Dado este amplio enfoque de los servicios públicos, los de superficie, típicamente ubicados en el derecho de vía incluyen:

- Líneas de transmisión eléctrica;
- Líneas telefónicas;
- Iluminación callejera;
- Postes SOS
- Postes de semáforos, y
- Hidrantes de bomberos.

Los servicios subterráneos incluyen:

- Desagües pluviales y cloacales;
  - Suministro de agua potable;
  - Líneas telefónicas enterradas;
  - Tuberías de gas, y
  - Cables de transmisión eléctrica.
-

La mayoría de las autoridades urbanas tienen guías para la ubicación de los servicios públicos. Se promueve y alienta usar un proceso integrado en la planificación y ubicación de caminos y servicios para evitar o al menos minimizar los conflictos.

Como regla, los servicios subterráneos deben ubicarse en los bordes o bulevares. El acceso a estos servicios es por medio de cámaras, que si están abiertas constituyen un innecesario peligro para los peatones. En zonas municipales antiguas, a veces los servicios se ubicaron bajo la calzada.

Esta práctica debe desalentarse firmemente por el peligro que significa para trabajadores y vehículos pasantes. Cada vez que se repavimente el camino, es necesario remover las cámaras y reemplazarlas en el nuevo nivel. Esta operación significa un elemento de riesgo pero, si no se realiza, la cámara quedará en un nivel más bajo que la superficie del camino y la caída podría ser suficiente como para que un conductor pierda el control del vehículo. El nivel más bajo de la cámara podría, durante tiempo lluvioso, conducir a la creación de una acumulación de agua que podría drenar lentamente hacia los conductor del servicio enterrado, posiblemente ocasionando la interrupción del servicio a proveer.

### 8.5.2 El problema de los postes

El problema con los servicios de superficie es que se llevan por líneas con postes que pueden ser golpeados por un vehículo errante. La investigación indica que la frecuencia de choques es función de la densidad de postes por kilómetro, y el retiro medio del poste desde la calzada.

Típicamente, la frecuencia de choques es del orden de 0,1 choques por kilómetro por año, con un espaciamiento de postes de menos de 20 postes por kilómetro y un retiro de ocho metros. Cuando la densidad de postes es mayor que 30 postes por kilómetro, y el retiro menor que un metro, el índice de choques se eleva hasta 1,5 choques por kilómetro por año.

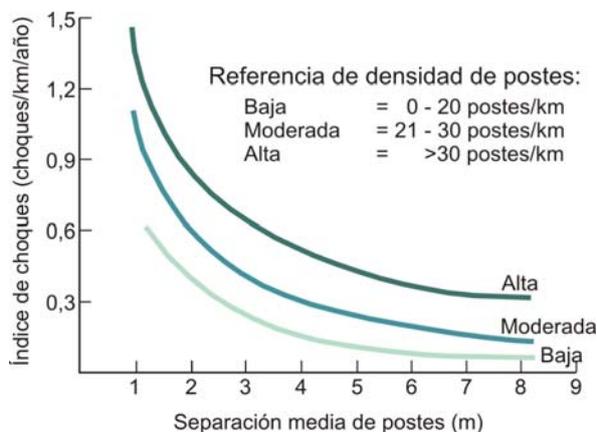


Figura 8.37 Índice de choques

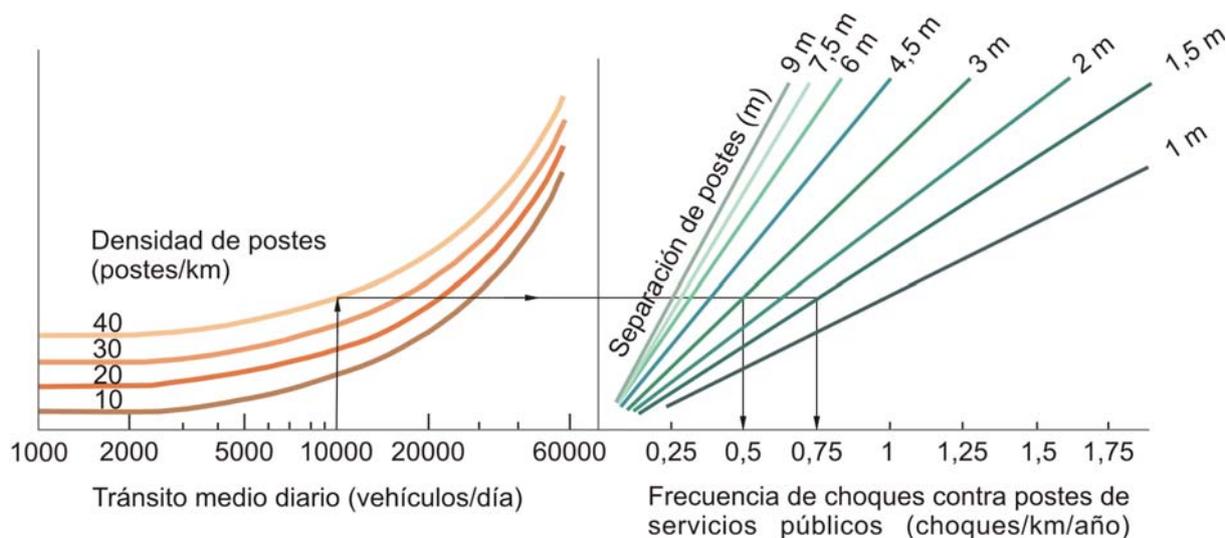


Figura 8.38 Frecuencia de choques contra postes en función del TMDA

El ejemplo de la Figura 8.38 muestra que un camino con un TMD de 11 000 vehículos y una densidad de 40 postes por kilómetro experimentará 0,75 choques por kilómetro por año, si el retiro medio del poste es 1,5 metros. Si el proyectista incrementara el retiro de postes a 3 metros, el índice podría reducirse a 0,5 choques por kilómetro por año, con un mejoramiento del 33%.

## 8.6 DISEÑOS AMBIENTALES

Los diseños especiales para la preservación del ambiente resultan de las conclusiones de la evaluación ambiental para proyectos de caminos, según los documentos oficiales. El propósito es dar medidas que reduzcan la contaminación, o sus efectos, a valores iguales o por debajo de niveles aceptables. Para las consideraciones de aire, ruido y agua, las medidas se inician con la observación y predicción de los especialistas en ecología y las indicaciones de receptores automáticos sensibles; los organismos oficiales establecen los niveles máximos aceptables. Los impactos inaceptables sobre lugares históricos y arqueológicos se determinan en función de la importancia y ubicación de los objetos y sobre las opciones disponibles para mitigar el impacto. El director de los proyectos viales debe trabajar con los especialistas para obtener la necesaria orientación y asistencia. Para que el proceso de evaluación ambiental no altere los planos de construcción del diseño final, debe iniciarse con la planificación y terminarse durante el trazado vial en coordinación con la oficina de servicios ambientales para garantizar el cumplimiento de los requisitos más actuales.

### 8.6.1 Calidad del aire

Los diseños para mitigar los impactos de calidad del aire se centran sobre los receptores más sensibles, tales como escuelas, hospitales y zonas residenciales. Los receptores deben investigarse con antelación suficiente para prever la zona de camino necesaria para cambios del alineamiento horizontal que aseguren un aire con aceptables niveles contaminantes.

Los proyectistas deben incluir un plan de control de polvo para evitar la generación potencial de partículas transmitidas por el aire asociada con la construcción de caminos. El riego es eficaz durante períodos de hasta varias horas. Petróleo, asfalto diluido y emulsiones asfálticas y cloruro de calcio a niveles apropiados pueden ser eficaces para evitar el polvo por más tiempo, sin otros efectos nocivos. Otras medidas pueden incluir el barrido para evitar la generación de polvo en el aire por el tránsito, la revisión y modificación de los procedimientos de demolición para evitar las emisiones de amianto, y la prohibición de la quema de basura.

### **8.6.2 Calidad del agua**

Las modificaciones de los alineamientos horizontal y/o verticales pueden ser eficaces en evitar los lugares donde el flujo de agua o problemas de calidad del agua se pueden anticipar en aguas superficiales, subterráneas o la recarga de agua subterránea. Además, diseños especiales pueden ofrecer otras opciones para mitigar los impactos negativos en las áreas de flujo de agua y calidad del agua.

La prevención de la erosión y control de sedimentos son estrategias utilizadas para garantizar que los proyectos de construcción de caminos no afecten negativamente las aguas receptoras. Prevención de la erosión se logra a través de prácticas y de dispositivos tales como la siembra de pasto, mantas, pajotes, revestimientos de piedra y otros materiales. El control de sedimentos se logra mediante el desvío de las corrientes potencialmente contaminadas desde la zona del proyecto hacia una cuenca de sedimentación, o vallas o cortinas de contención de sedimentos, u otros dispositivos que filtran o asientan las partículas de suelo.

### **8.6.3 Barreras de ruido**

Las pantallas acústicas se construyen para interceptar el ruido creado por los vehículos en los caminos, reduciendo así la molestia del vecindario adyacente. Las pantallas acústicas pueden tomar una serie de formas más eficaces que los muros, mediante los montículos de tierra o una combinación de montículos y muros.

Si bien la función principal de una barrera es reducir el ruido, la estética y la seguridad también deben considerarse. Los proyectistas deben comunicarse con la oficina de servicios ambientales a principios de la etapa de planificación para iniciar los planes conceptuales y los finales para el diseño final de ajardinamiento y tratamiento de barreras especiales.

Las recomendaciones sobre barreras de ruido distinguen varios diseños básicos: tablonés de madera, contrachapado de madera, bloques de hormigón, paneles prefabricados de hormigón y paneles de madera laminada encolada.

#### ***Aspectos de seguridad de las barreras de ruido***

Aunque la función principal de las barreras de ruido es disminuir o eliminar el molesto efecto sobre los vecindarios adyacentes al camino, deben ser estéticamente agradables y seguras. Un número de factores deben considerarse en la seguridad:

- A lo largo de la línea principal
-

- Ubicación de la barrera a lo largo de la línea principal del camino.
- Laderas de montículos de tierra.
- Muros y terminales de montículos de tierra.
- En las bifurcaciones
  - Distancia visual en las intersecciones.
  - Plantaciones.
  - Transiciones a otras estructuras.
  - Barreras de muros.
  - Barrera de protección.

Para garantizar la seguridad de los automovilistas, el diseño de las barreras de ruido deben incorporar todos los elementos de seguridad utilizados en el diseño de un camino. Las características de seguridad tales como la ubicación para dar la zona despejada necesaria, taludes laterales de los montículos, distancias visuales en las terminales en las intersecciones, extremos terminales peligrosos, las plantaciones, y todas las transiciones deben estudiarse y diseñarse.

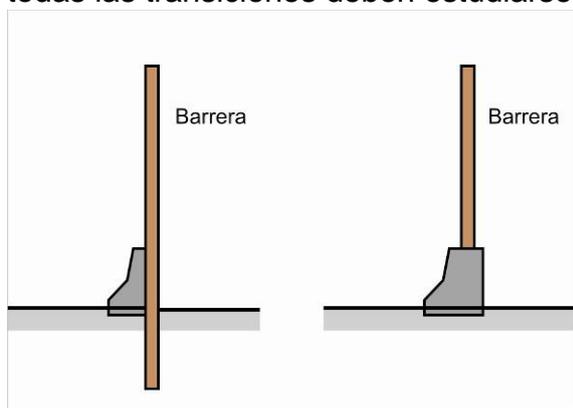


Figura 8.39 Barrera antirruído de hormigón integrada con barrera de perfil New Jersey

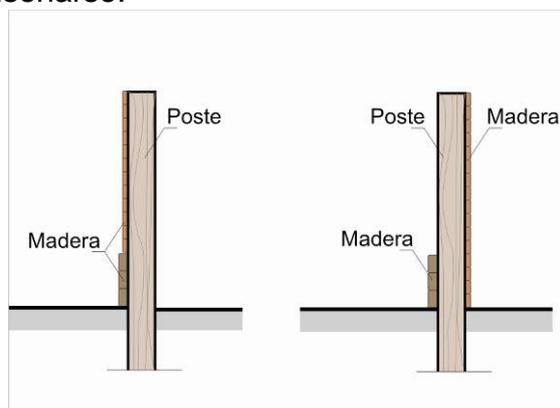


Figura 8.40 Barrera antirruído de placas de madera

#### 8.6.4 Impactos históricos y arqueológicos

Los impactos sobre los sitios históricos, arqueológicos, arquitectónicos y culturales deben evaluarse como parte del proceso ambiental para proyectos de caminos de conformidad con las disposiciones oficiales.

La evaluación tiene lugar durante la fase de diseño preliminar y es responsabilidad del director del proyecto. Las oficinas técnicas correspondientes de la DNV orientan y se conectan con los organismos interesados, y trabaja con el personal de diseño vial para lograr un proyecto aceptable, y/o medidas para mitigar los efectos sobre las propiedades de valor histórico, arqueológico, arquitectónico o cultural. Los diseños especiales en la vecindad de lugares históricos y arqueológicos son muy variables y específicos del lugar. Las medidas preferidas son las que consiguen evitar cualquier contacto o efecto. A menudo consisten en modificar los alineamientos horizontal o vertical o los taludes laterales.

Donde sea imposible evitar estos lugares, la invasión de los taludes de corte y terraplén pueden a veces minimizarse con muros o estructuras de contención. A veces, otro método consiste en obtener la aceptación donde el impacto o invasión sea inevitable, mediante la provisión de medidas para mitigar los efectos. Tales medidas son específicas de cada lugar y pueden ser muy costosas.

A veces, las medidas de último recurso consisten en la modificación o reubicación de la propiedad histórica, o la excavación para pruebas científicas del lugar arqueológico.

## 8.7 ALAMBRADOS

Las principales razones para construir alambrados a lo largo de los caminos son el control de acceso y la seguridad. Evitan la intrusión peligrosa y no autorizada de vehículos, maquinaria, personas y animales en la camino, e impedir que los vehículos salgan desde el camino por lugares no autorizados. Otra función es delinear físicamente el límite de la zona de camino.

Excepto cuando se justifique por razones viales, el alambrado es de responsabilidad del dueño de la propiedad colindante. Si un proyecto de camino nuevo afecta alambrados privados, su reubicación suele convenirse como parte del acuerdo para adquirir los derechos de propiedad de la zona de camino.

### 8.7.1 Tipos

Los tipos de alambrados se basan en varios factores:

- Tipo de camino
- Naturaleza de los terrenos colindantes
- Políticas oficiales

Los tipos más usados de hilos de alambres son:

- De púas
- Lisos
- Tejidos

Para fines especiales pueden utilizarse otros tipos que deben detallarse en los planos. En ocasiones, las condiciones locales pueden requerir modificaciones de la norma. Los detalles de materiales e instalación de los alambrados comunes en zona rural se indican en los planos tipo (DNV H2840 I A, B, C y D, según el número y tipo de hilos, postes y varillas).

### 8.7.2 Uso

En la selección de tipos de alambrados para proyectos se aplican las siguientes recomendaciones:

#### ***Alambre de púas***

En zonas rurales para controlar el paso de animales grandes. Consta de hilos de acero trenzados recubiertos de zinc o aluminio.

---

**Alambre tejido**

En zonas rurales o suburbanas para controlar el paso de animales pequeños, domésticos y peatones. En separaciones entre camino principal y caminos frentistas. Consta de hilos de acero tejidos, recubiertos de zinc o aluminio.

**8.7.3 Alambrados en puentes**

A menudo, los alambrados de tipo tejido romboidal o similar son necesarios a lo largo de las barandas peatonales de los puentes de paso a desnivel con veredas peatonales; sin ellos, los niños pueden subir a la baranda y caer, o podrían caer objetos sobre el tránsito abajo. En cada caso se necesita una evaluación específica sobre la base de:

Uso regular de niños de las veredas del puente en su recorrido a la escuela, parques infantiles, u otras instalaciones.

Frecuentes caídas de objetos que pongan en riesgo el tránsito de abajo.

En general, la necesidad del alambrado de barandas de puente se desarrolla de la experiencia en los puentes existentes. Sin embargo, cuando se puede prever que una valla será necesaria, debe facilitarse el momento de la construcción inicial.

Los detalles del alambrado son objeto de diseños especiales por las variaciones en las barandas de puente.

**8.8 PROYECTO Y EJECUCIÓN DE PLANTACIONES****8.8.1 Generalidades**

Estas son recomendaciones básicas para proyectar y realizar nuevas plantaciones al costado del camino para alcanzar los objetivos funcionales y estéticos que se pretenden, teniendo en cuenta, además de lo considerado en [SS7.3.3]:

- Distribución de plantas en el espacio
- Criterios de elección de especies
- Condicionantes de ejecución de plantaciones
- Medidas constructivas auxiliares que se precisan
- Características del mantenimiento de las diferentes especies

Considerados correctamente, estos aspectos conducirán a proyectar y ejecutar las plantaciones satisfactoriamente.

**8.8.2 Distribución de plantas en el espacio**

La distribución de plantas en el espacio se realizará según los objetivos funcionales y estéticos que se quieran conseguir. No es fácil establecer una normativa concreta a aplicar en cada caso, por lo que en primer lugar se definirá qué se considera «espacio plantable», y se describirán las recomendaciones prácticas que hay que tener en cuenta. Se trata de fijar los límites de las plantaciones a lo largo de los caminos en función de la seguridad del tránsito y demás principios generales.

---

Por contraposición al espacio plantable se define como espacio libre del considerado como no plantable, que debe de permanecer desprovisto de plantaciones. Las consideraciones que delimitan ambos espacios son:

- Necesidades del tránsito
  - Seguridad
  - Distancias visuales en curvas
  - Cambios de rasante y cruces
  - Visibilidad de las señales
  - Estrechamiento óptico de la calzada
  - Deslumbramiento
- Conservación
  - Garantizar la eliminación de la nieve
  - Lucha contra los incendios
- Influencias del tiempo
  - Insolación suficiente para impedir al máximo la formación de hielo en invierno,
  - Goteo de las plantaciones y la caída de hojas sobre la calzada.
- Propiedad privada
  - Limitaciones por servidumbres.

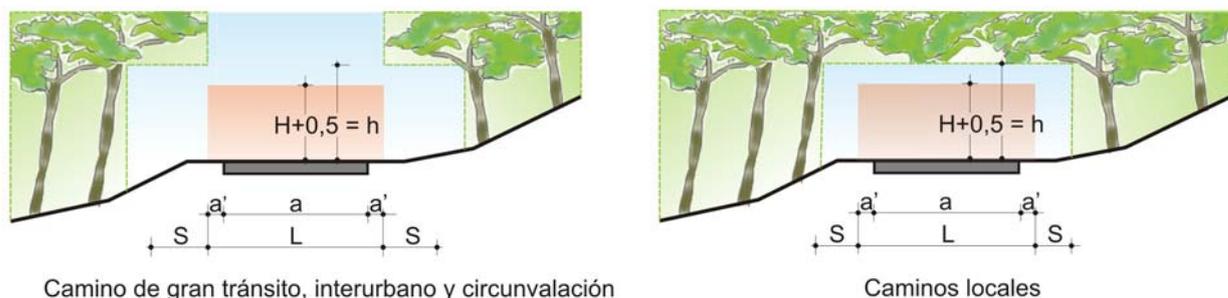
#### Límites del espacio plantable

Elementos aislados y pequeños grupos: en función de la clasificación del camino, y según las características del tránsito se recomienda, Figura 8.41:

	Espacio libre suplementario, S (m)
Camino de gran tránsito	4
Camino interurbana	4
Circunvalación	2
Camino local	2

El espacio libre suplementario S indica las distancias entre el gálibo de espacio libre «L» y los límites del espacio plantable para los diferentes tipos de caminos.

La altura libre suplementaria será de 0,50 m. para todos los tipos de camino.



$L = \text{ancho}$   
 $H = \text{altura}$  } del gálibo de espacio libre  
 $L = a + 2a' (a' > 1\text{m})$   
 $a = \text{ancho de calzada}$

Los árboles aislados pueden sobrepasar encima del gálibo del espacio libre a lo largo de las circunvalaciones

Figura 8.41 Espacio plantable

Cuando se trate de plantaciones a lo largo de los caminos, en las que se sigue la disposición en bosque las recomendaciones enunciadas anteriormente variarán al tener en cuenta la mayor incidencia de goteos, caída de hojas, etc., y sobre todo la mayor probabilidad de caída de árboles. Así, para árboles que han llegado al término de su crecimiento en altura, el gálibo de plantación podrá ser según Figura 8.42.

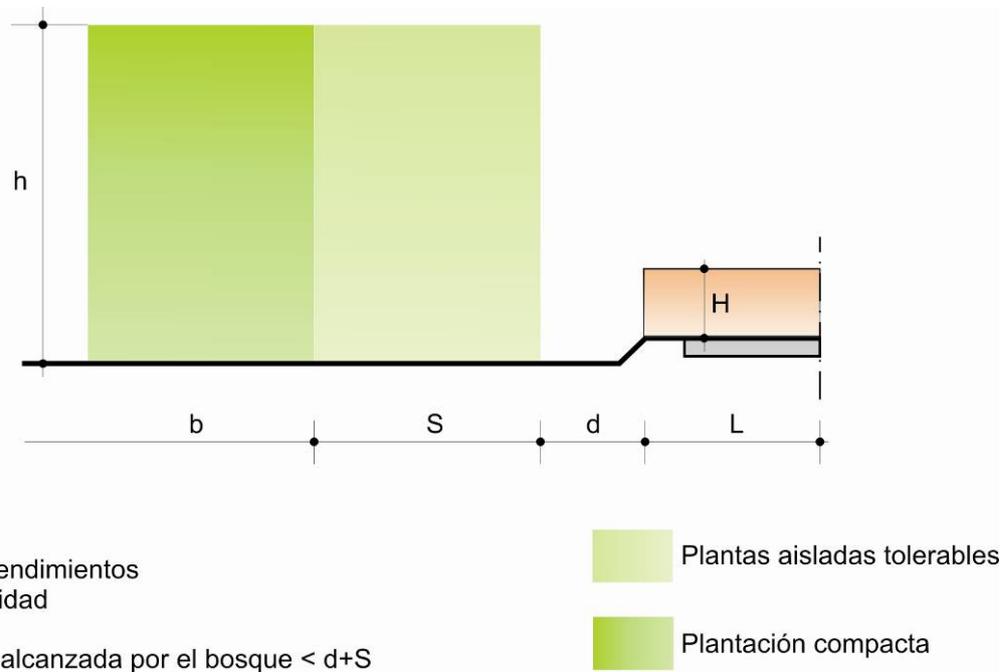


Figura 8.42 Espacio plantable en bosque (Estado final crecimiento en altura)

- **Zona de desprendimiento «d».** Contribuye a la seguridad y fluidez del tránsito, garantizando la llegada de la menor cantidad posible de desprendimientos sobre el camino.

	Zona de desprendimiento, "d" (m)
Camino de gran tránsito	7
Camino interurbana	4
Circunvalación	2
Camino local	2

Normalmente, la zona «d» quedará sin plantar, pudiendo establecerse césped o praderas en su superficie.

El borde que limite esta zona 'd' no debe ser forzosamente rectilíneo, sino dar una impresión más natural, mediante un trazado algo sinuoso y circunstancialmente remarcado por un sotobosque adecuado.

Las copas de los árboles se introducirán lo mínimo posible en estas zonas de desprendimiento. Si se trata de caminos de servicio, las copas podrán reunirse por encima del gálibo de espacio libre.

- **Zona de seguridad 'S'.** Esta zona constituirá la transición entre el espacio libre, reservado al camino, y el bosque propiamente dicho. Su anchura será equivalente a la altura máxima de los árboles cuando hayan completado su desarrollo, restando la anchura de la zona de desprendimiento «d» ( $S = h d$ ). En la zona «S» será tolerable la plantación de árboles aislados, no la plantación compacta.
- **Mediana.** Teniendo en cuenta todas las restricciones impuestas por la seguridad (barreras de seguridad, colectores y canalizaciones, cunetas, conductos para electricidad y teléfono, paneles de señalización, etc.), el espacio plantable y el espacio a respetar entre éste y el gálibo de espacio libre de la calzada, podrán ser los que se determinan en la Figura 8.43. Para la plantación de la mediana es necesario tener en cuenta las exigencias, muchas veces contradictorias, impuestas por las distancias visuales y el deslumbramiento. En función de estos factores se indica una altura máxima 1,20 a 1,50 m por encima de la calzada, Figura 8.43. Si en la mediana se colocan alineaciones de plantas aisladas, conviene plantarlas a distancias variables, para evitar el silbido por el aire en el caso de alternancia regular.

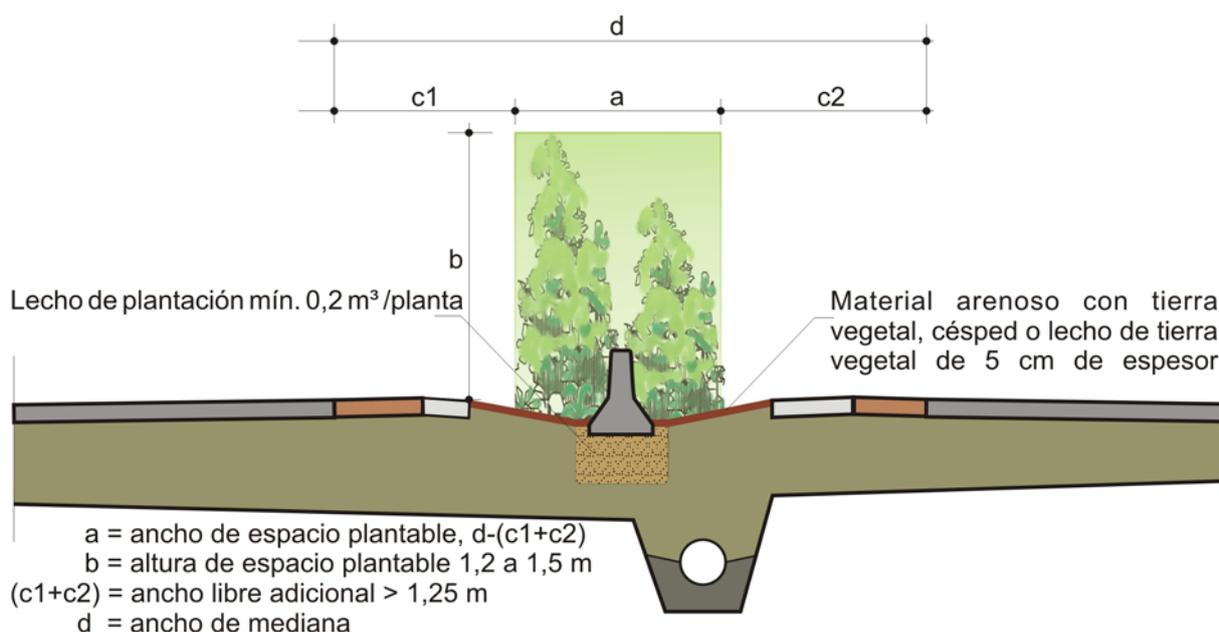


Figura 8.43 Espacio plantable en mediana

- **Recomendaciones prácticas.** Sobre la base de los criterios generales, funcionales y estéticos enunciados, se exponen recomendaciones prácticas a tener en cuenta al proyectar plantaciones en el entorno del camino.

### Criterios funcionales

- **Seguridad del tránsito.** La plantación nunca debe ocultar las *señales de tránsito*. En toda distribución se tendrá en cuenta que la visibilidad de las señales no sea interceptada por plantaciones.  
Se evitará que las plantas dañen los sistemas de drenaje, pavimento, conductos de todo tipo (agua, electricidad, etc.), los cimientos, barandas de defensa, etcétera. También se evitará que las plantaciones impidan o dificulten el acceso a otras vías, explotaciones agrícolas o forestales, núcleos de viviendas aisladas, cañadas, servidumbres de paso, etcétera.  
En ningún caso la situación de las plantas impedirá el drenaje de la subbase y la evacuación de las aguas superficiales.
- **Protección contra la erosión.** Antes de realizar tratamientos vegetales con tales fines, es conveniente:
  - Preparar el terreno a tratar
  - Encauzar el agua de escorrentía, lo cual a veces será suficiente para evitar erosiones
  - Comenzar prontamente el tratamiento vegetal de los terrenos expuestos a erosión. Es aconsejable recurrir a una siembra con especies de primera implantación o precultivo, basada en semillas de rápida germinación y arraigo que cubran el terreno con una primera capa protectora, a la espera de posteriores tratamientos vegetales. Este precultivo evita erosiones, impide el crecimiento de especies no deseadas, amortigua el efecto de temperaturas y humedades extremas, favorece el desarrollo de seres vivos en el suelo, etcétera.
  - En las obras para construir o modificar caminos, antes de llevar a cabo los movimientos de suelos que se precisen es conveniente almacenar las capas de suelo superiores para luego extenderlas una vez finalizados los movimientos. Es una garantía para el buen desarrollo posterior de la vegetación y una fuente de economía, ya que se evitan posteriores aportes de tierra vegetal procedente de préstamos.

### Comodidad y orientación óptica

- **Cambios de rasante.** Especialmente los ejemplares arbóreos esbeltos (chopos, olmos, etc.) marcan o señalizan la dirección de la vía. Lo aconsejable es comenzar la plantación antes de llegar al punto más alto, para que no se produzcan contrastes de modo brusco, y así señalar por dónde irá la calzada detrás del cambio de rasante, si en línea recta, o en curva. La altura de las plantas irá disminuyendo con aproximación al punto más alto, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Puede plantarse a uno o ambos lados de la calzada.



Figura 8.44 Plantación en cambio de rasante

- **Curvas.** Es aconsejable disponer vegetación en la parte exterior de la curva. Cuanto más cerrada sea la curva, tanto más densa deberá ser la vegetación, Figura 8.45.

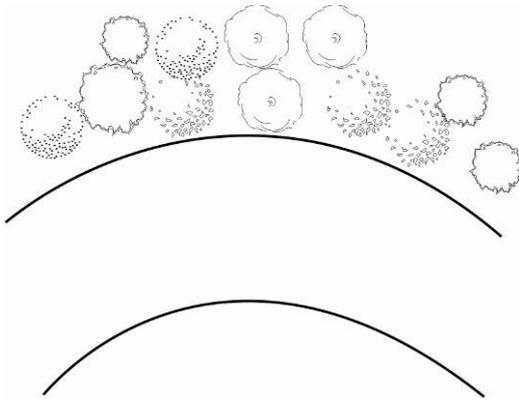


Figura 8.45 Plantación en curva

- **Tramos conflictivos.** La conducción nocturna puede ser más cómoda y segura si se implanta vegetación adecuada, separando los dos sentidos opuestos de circulación en los puntos que pueden confundir al conductor, p. ej..

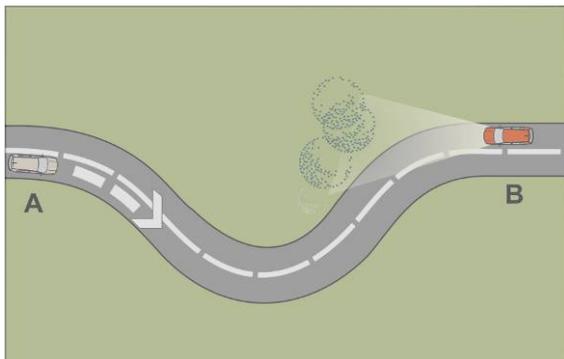


Figura 8.46 Dos alineaciones rectas interrumpidas por curva y contracurva

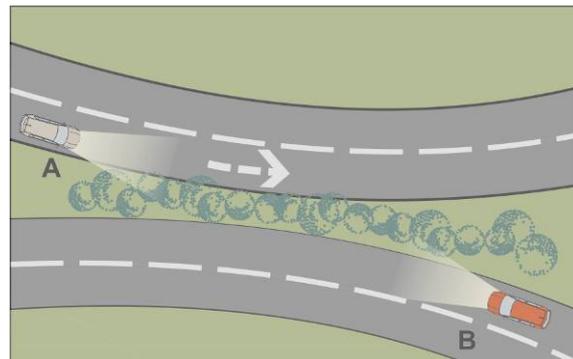


Figura 8.47 Vía de circulación paralela a la derecha del usuario

En los tramos modificados, donde la vegetación preexistente del tramo abandonado pueda inducir a confusiones peligrosas para el usuario, será conveniente delinear el nuevo trazado con vegetación.

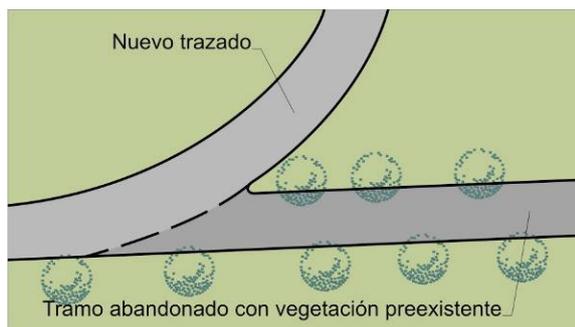


Figura 8.48 Trazado que induce a errores

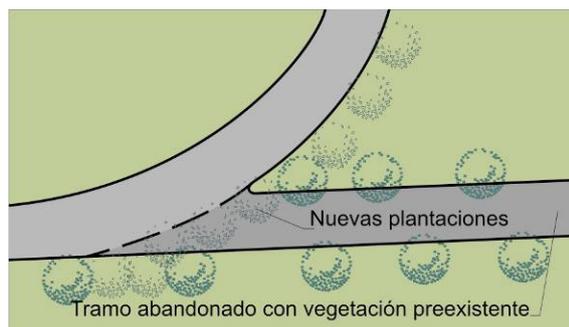


Figura 8.49 Trazado delineado con vegetación

- **Intersecciones.** Los elementos vegetales que destaquen las intersecciones facilitarán la identificación rápida y eficaz.



Figura 8.50 Delineación de un cruce con vegetación conspicua

Para ello se dispondrán grupos arbustivos o arbóreos de hoja perenne que identifiquen el punto desde larga distancia. Para que no obstaculizar la visibilidad, estas plantaciones se interrumpirán antes de la intersección, como mínimo a una distancia igual a la de detención hasta el primer punto de conflicto. Por seguridad, en los cruces las plantaciones no deberán obstruir las visuales del conductor y no sobrepasar los 50 cm. de altura. Las plantas se distribuirán en función del tránsito y las velocidades.

- **Cruces al mismo nivel. Ejemplo.** Para una intersección con velocidades directrices: 40 y 80 km/h, el triángulo de visibilidad [SS5.3.2] que deberá dejarse libre de plantaciones, será el triángulo determinado por las respectivas distancias visuales de detención:  $d_1$  y  $d_2$  m. Si se aplican estas recomendaciones a una intersección, resultan definidas dos zonas: una libre y otra con plantación.

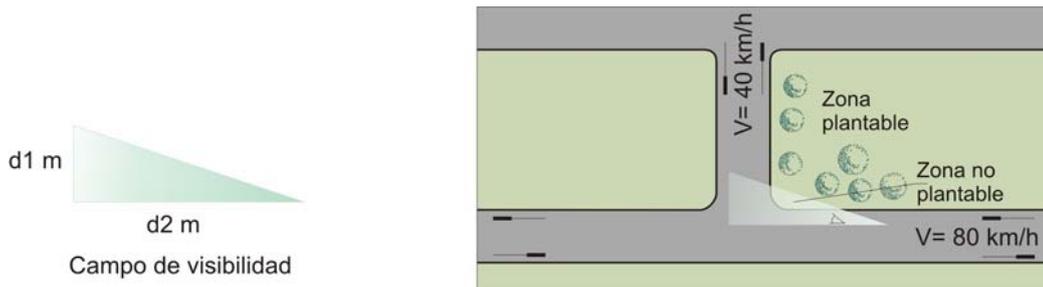


Figura 8.51 Zonas de plantación según el campo de visibilidad

- **Cruces a distinto nivel.** En los cruces a distinto nivel deben mantenerse los criterios anteriores para las zonas de incorporación a la vía principal, mientras que en el interior de las asas-de-jarro, al no existir problemas para la circulación, es conveniente plantar grupos de árboles y arbustos de gran tamaño.

Para cruces a nivel y a distinto nivel se establecen croquis de diseño en planta.

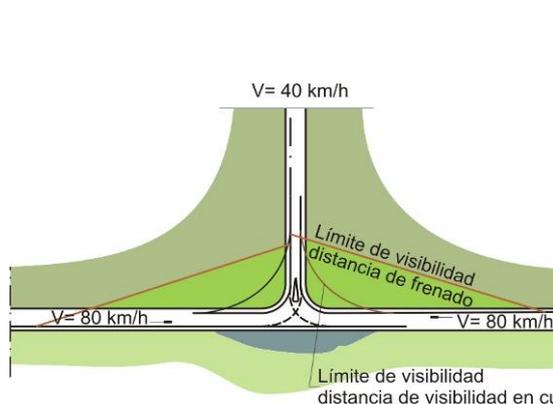


Figura 8.52 Intersección a nivel

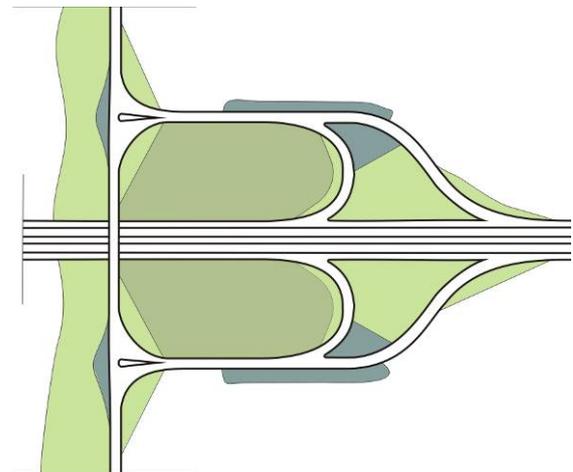


Figura 8.53 Intersección a distinto nivel

Notas de Figura 8.52 y Figura 8.53:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| Guiado óptico               | Vegetación abusiva   |
| Zona libre para visibilidad | Césped o plantas trepadoras, altura máxima, 30 cm              |
| Libre disposición           | Césped con posibilidad de plantar árboles o arbustos en grupos |
| Pantalla óptica             | Grupos compactos de árboles o arbustos                         |

- **Bifurcaciones.** En las bifurcaciones, las dos direcciones propuestas se apreciarán mejor si se separan con una masa vegetal convenientemente distribuida y que no signifique un peligro para la circulación.

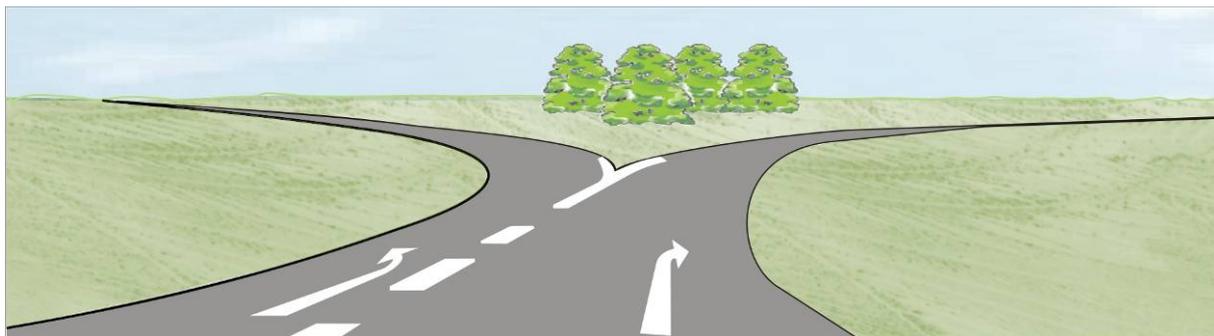


Figura 8.54 Separación visual de dos direcciones divergentes

- Pasos urbanos.** En las entradas a una población la vegetación debe facilitar la visión del camino interurbano y tender a reducir la velocidad. Esto se puede conseguir, p. ej., mediante el efecto ‘Puerta’, mediante el cual el arbolado produce un efecto de estrechamiento en la calzada que tiende a bajar la velocidad del tránsito.

En las zonas urbanas, donde se dispongan conjuntamente pistas ciclistas y peatonales adosadas a la calzada, la separación entre los tránsitos conviene realizarla con plantaciones (árboles y arbustos) que delimiten las zonas.

Donde puedan producirse errores de dirección, las plantaciones pueden servir de delineador vivo.

#### *Protección contra los agentes atmosféricos*

- Soleamiento.** Las especies de hoja caduca protegen el pavimento de los rayos solares en el verano y a la vez dejan pasar el sol en invierno, evitando la formación de zonas muy frías que pueden facilitar la aparición de hielo. En pasos urbanos proporcionan sombra y protección tanto al tránsito rodado como al peatonal.

Para evitar el «efecto túnel», a la entrada o a la salida de una zona de sombra compacta, se pueden atenuar los contrastes de luminosidad colocando una pantalla vegetal, con densidad progresiva si se trata de entrada, y decreciente si es de salida.

Sobre el deslumbramiento producido por el sol al atardecer, en puntos singularmente peligrosos, como pueden ser tramos de curvatura en cambios de rasante, una solución aceptable puede ser el disponer especies arbóreas de gran frondosidad en la parte exterior de las curvas.
- Agua.** En las zonas áridas es muy conveniente aprovechar al máximo las escasas lluvias; por ello, las plantaciones se situarán en las zonas a las cuales vieran las aguas que fluyen de las calzadas. Sin embargo, donde las nevadas sean frecuentes y se empleen fundentes que puedan resultar perjudiciales para las plantas, tal ubicación puede resultar desaconsejable, salvo que el agua, precedente de la calzada tratada con fundentes, pueda ser drenada convenientemente. Aunque casi todas las especies vegetales resultan afectadas por las sales, algunas muestran una cierta resistencia frente a las sales fundentes.

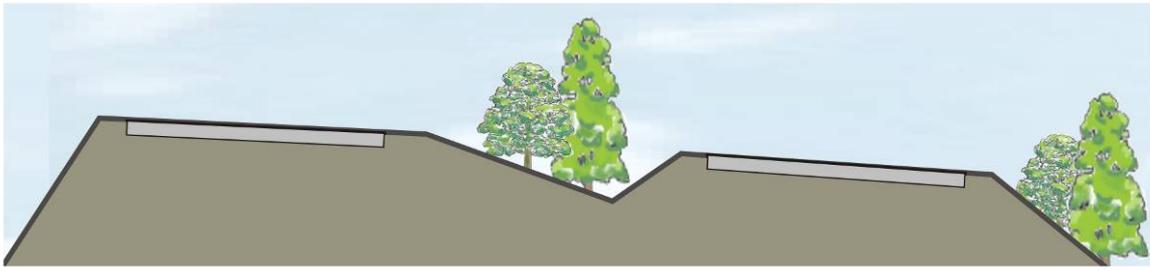


Figura 8.55 Plantación según las vertientes de aguas

- **Viento.** Los puntos más expuestos a la acción del viento lateral son: los terraplenes elevados, los viaductos y los pasos de desmante a terraplén. Siempre que sea posible, se intentarán suavizar sus efectos, Figura 8.56 y Figura 8.57. Debe tenerse en cuenta que en los tramos provistos de plantaciones en hilera (setos o especies arbustivas), cuando se trate de eliminar el monótono efecto continuo abriendo 'ventanas' que permitan contemplar el paisaje circundante, esto puede ser motivo de súbitas ráfagas de viento lateral.

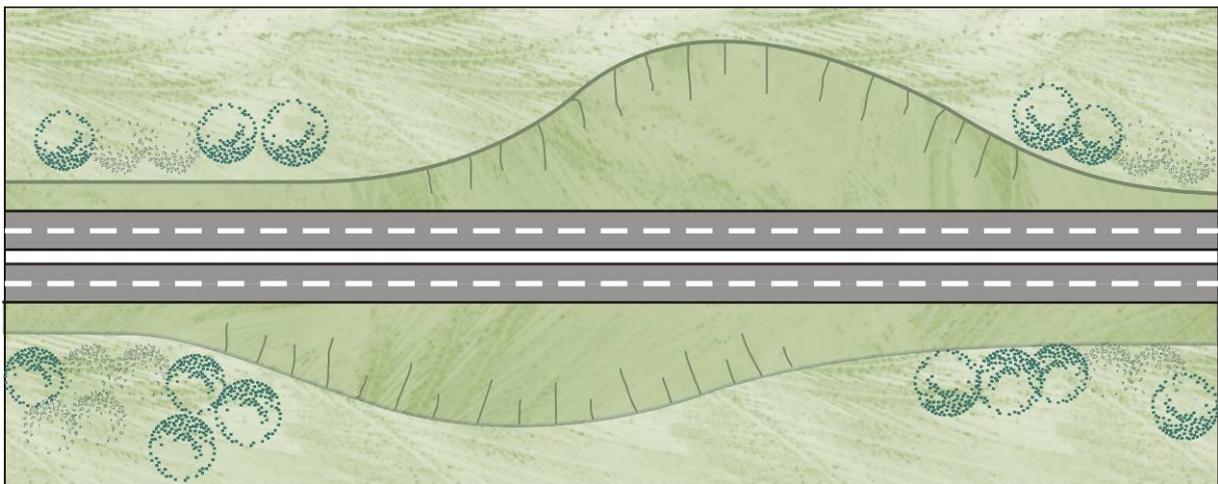


Figura 8.56 Plantaciones para contravientos (planta)



Figura 8.57 Cortavientos a la salida de un desmante

- **Nieve.** En las plantaciones contra los efectos de la nieve, la anchura de la zona de sedimentación se puede estimar entre 8 a 15 veces la altura de la barrera vegetal, cuando ésta alcanza su pleno desarrollo. Es aconsejable colocar la vegetación escalonada, 2 ó 3 hileras a distancias regulares entre sí, entremezclando árboles y arbustos formando sotobosque. Se dispondrán perpendiculares al viento principal Figura 8.58.

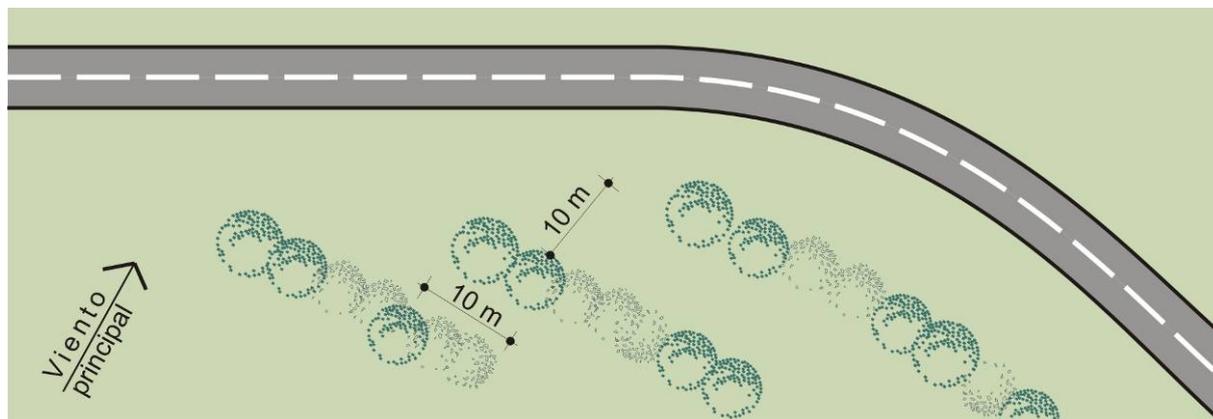


Figura 8.58 Barreras antinieva formadas por setos vegetales compactos

En algunas ocasiones las plantaciones que son aconsejables para alguno de los fines expuestos pueden no serlo para la nieve. P. ej.:

- En las curvas, el guiado óptico mediante vegetación se situará en la parte exterior y al estar el otro lado abierto, se puede producir una acumulación de a nieve al ser frenada por la barrera vegetal.
- Las plantaciones que evitan el encandilamiento de la mediana central pueden cumplir su objetivo, pero también pueden facilitar la acumulación de nieve en la calzada.

### *Protección contra el deslumbramiento*

Cuando se pretenda formar pantallas antideslumbrantes, la altura de la vegetación deberá ser tal que cubra la visual del conductor, bien entendido que el caso más desfavorable será la incidencia de los faros de camiones y autocares, por su posición más elevada.

Para limitar al máximo los efectos que produce la sombra sobre la calzada y facilitar el mantenimiento, la altura se situará, normalmente, alrededor de 1,50 m., decreciendo paulatinamente hasta llegar a un máximo de 0,50 m. a la distancia de parada del punto donde se interrumpa la mediana por cambio de sentido, o giro a la izquierda. Normalmente, la colocación será paralela a los carriles, porque exige menos espacio. En algunos casos puede situarse en sentido transversal. En la mediana los setos antideslumbrantes estarán formados con especies arbustivas de hoja perenne, con ramificación muy desarrollada desde la base, poco espinosas y que soporten bien la poda y, en tramos urbanos que soporten bien los gases.

La eficacia antideslumbrante de estos setos en la mediana depende de la separación entre las plantas y de su densidad de follaje. Cuando se trate de setos discontinuos, para que el tramo desprovisto de planta no deje pasar la luz de los faros e impida el deslumbramiento, deberá tener unos máximos, según Tabla 8.5:

Tabla 8.5 Separación entre setos función del ancho de mediana y ángulo de deslumbramiento

L	$\alpha = 3^\circ$			Radio de la curva	$\alpha = 7^\circ$		
	M = 4 m	M = 8 m	M = 12 m		M = 4 m	M = 8 m	M = 12
	16 m	33 m	48 m	500 m	15 m	30 m	45 m
	22 m	45 m	66 m	1000 m	16 m	36 m	54 m
	30 m	60 m	90 m	2000 m	20 m	45 m	64 m
	40 m	80 m	120 m	5000 m	23 m	50 m	75 m
	57 m	134 m	210 m		24 m	56 m	88 m

Donde:

$\alpha$  = Ángulo de deslumbramiento

M = Anchura de la mediana

L = Separación entre setos

Para valores intermedios de M y de R se pueden calcular interpolaciones.

### Protección acústica

Para obtener una máxima reducción acústica, la regla fundamental es acercar lo más posible la 'pantalla' a la fuente de sonido (la calzada).

Siempre que se disponga de espacio suficiente puede ser muy práctica la construcción de montículos o «diques» de tierra, que actúen como amortiguador del impacto acústico producido por el tránsito. Este parapeto de tierra, que deberá tener un perfil suave y una base ancha tipo artesa invertida, podrá completarse con el correspondiente tratamiento vegetal, que aísle aún más, Figura 8.59.

Si no fuera factible la ejecución del talud de tierra, la propia pantalla vegetal puede aislar en parte del ruido, bien entendido que deberán emplearse, preferentemente, especies de hoja perenne, para lograr eficacia durante todo el año; además se mezclarán en grupos tupidos árboles y arbustos.

Una disposición, a modo de ejemplo, de este tipo de pantallas podría ser:

- Separación entre dos filas, unos 3 metros
- Distancia entre árboles consecutivos en la misma fila, 12 metros
- Disposición, empezando en el lado de la fuente de producción de ruido (camino)

### *Primer Nivel Arbustivo*

A base de especies densas y compactas que se ramifiquen desde la base.

Después, dos filas de coníferas.

Seguirán dos filas de frondosas de crecimiento rápido.

A continuación tres filas de frondosas de copa compacta.

Por último, una fila con frondosas más bajas y compactas.

Utilizando adecuadamente vegetación sobre diques de tierra, se consiguen amortiguaciones mayores que con la simple vegetación, al tiempo que una mejor tolerancia visual. Esta característica es aplicable a la combinación de la vegetación con muros, pantallas artificiales, etc., de aplicación en pasos urbanos.

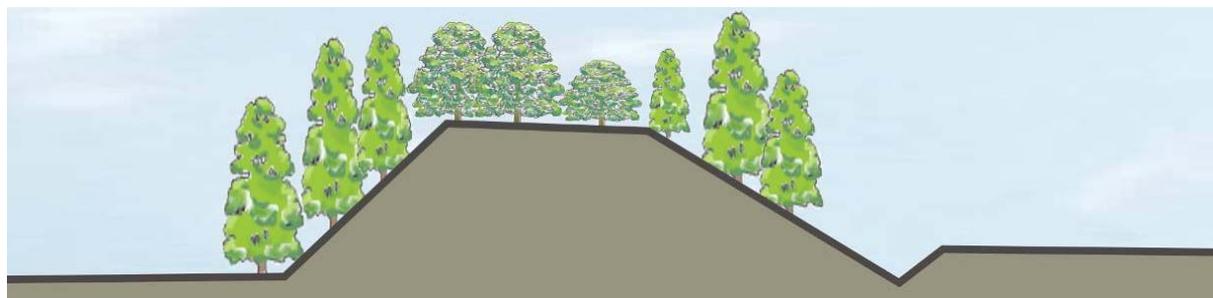


Figura 8.59 Pantalla acústica

### *Protección contra polvo y gases de escape*

El efecto benéfico que las plantaciones producen como protección contra el polvo y los gases de escape, puede ampliarse si en la elección de especies se recurre a las consideradas resistentes al aire contaminado.

### *Mecanización de la conservación*

Para facilitar la utilización de medios mecánicos en los trabajos de conservación de los caminos, la distribución de plantas en el espacio debe dejar despejadas las zonas a conservar; así esta precaución debe tenerse en cuenta en la franja de 2 ó 3 m de anchura próxima a la cuneta del camino, para permitir una correcta mecanización de las siegas y desbroces, al evitar riesgos de incendios.

### *Criterios estéticos*

En toda distribución de plantaciones, y como regla general, se procurará lograr el mayor realce de las mismas mediante una adecuada economía de medios. Para ello se tendrán en cuenta los aspectos que a continuación se exponen:

La *irregularidad*, conscientemente buscada, dará mejor la sensación de asociación vegetal natural. Generalmente, los pequeños grupos «golpes» de árboles, arbustos o matas resultan más estéticos que las superficies totalmente cubiertas.

En las masas arbóreas a lo largo de la vía de comunicación, y para no provocar un antiestético borde o lindero del bosque, que resulte excesivamente rectilíneo, se tratará de imitar en lo posible a la naturaleza, y para ello se realizará un borde más o menos sinuoso, e incluso se emplearán arbustos que hagan el efecto de sotobosque y sirvan de enlace suave entre el bosque y la calzada.

Es conveniente realizar el *replanteo*, previamente a la plantación definitiva, para comprobar que se consigue el efecto estético perseguido, llegando incluso a situar la planta «in situ».

En las proximidades de bosques o plantaciones de árboles frutales, será mejor el situar arbustos o matas semejantes a las del sotobosque que plantar árboles.

Las visuales de los ocupantes de un vehículo no son iguales a las de un peatón. Esto debe tenerse muy en cuenta, sobre todo cuando en una plantación a lo largo de un camino se pretende abrir una 'ventana' para que el usuario aprecie un paisaje lejano, una vista monumental, etcétera. El peatón que se desplace a unos 4 km/h, con una 'ventana' entre 5 y 10 m. tendrá espacio suficiente para apreciarlo, pero el usuario del camino precisará una 'ventana' de al menos unos 500 m. para poder apreciar iguales vistas. (20 segundos a 90 km/hora).

Se procurará que las plantas no intercepten entre sí las visuales del usuario, evitando que se vea un solo ejemplar donde realmente hay más. Así, en medianas, isletas, áreas de servicio, etc., la situación de plantas al trespelillo hará que las posibilidades de interceptación sean menores, Figura 8.60.

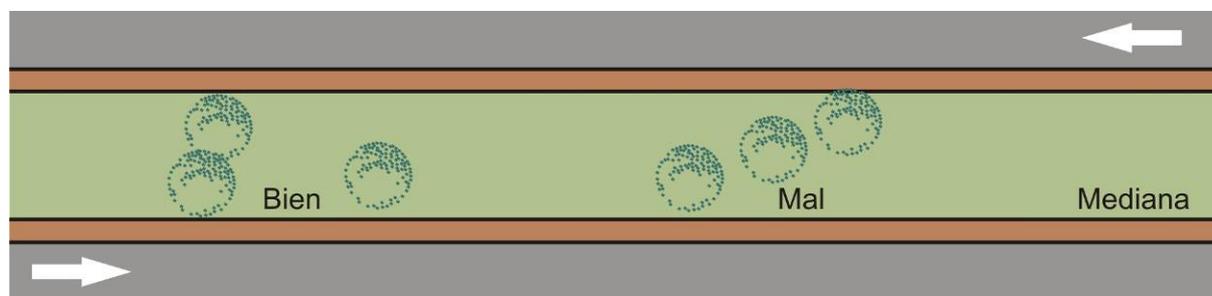


Figura 8.60 Disposición de las plantas en mediana

En terraplenes, cuando se planten árboles, se procurará que el usuario solamente vea las copas, sin llegar a divisar los troncos; en el caso de arbustos, normalmente, no sobrepasarán la cota del coronamiento en más de 0,80 m, salvo que su función se la de la ocultación o defensa.

En las zonas que, pese a carecer de vegetación, presenten aspectos dignos de contemplar, se deberá cuidar al máximo la posible plantación, de manera que armonice sin resaltar en el paisaje.

### *Equilibrio de masas*

Normalmente, no se recurrirá a criterios geométricos, procurando no buscar simetrías de las plantaciones a ambos lados del camino.

### *Reposición del paisaje circundante*

En los acopios de tierra vegetal y demás elementos procedentes de los desmontes, se realizará una sencilla siembra que impida posteriores erosiones y estabilice los acopios, además de contribuir a la integración en el paisaje.

### *Ocultaciones paisajísticas*

En las pantallas vegetales que se empleen para ocultaciones paisajísticas serán preferibles para tal objetivo las especies de hoja perenne, que cumplen con su función durante todo el año. La barrera o pantalla vegetal, para estar correctamente implantada, no debe identificarse como tal.

### *Creación de nuevos paisajes*

En los muros de contención, sobre todo en zonas urbanas, pueden emplearse plantaciones de especies trepadoras a pie del muro, o bien planta colgante en la coronación, con ello se trata de compensar el carácter monótono y antiestético que normalmente presentan estos muros.

### *Áreas de servicio y zonas de descanso*

Es muy conveniente que estas áreas y zonas cuenten con plantaciones que, con criterios funcionales y estéticos mejoren la obra civil e inviten a los usuarios a entrar en ellas. Las plantaciones en zonas de estacionamiento deben proyectarse de manera que, arrojen la mayor superficie de sombra sobre los vehículos estacionados. Las especies arbóreas deberán disponerse de tal manera, con respecto de los puestos de estacionamiento, que la radiación principal del sol se vea interceptada por las copa de los árboles.

El sombreado de los estacionamientos para camiones sólo resultará adecuado si se disponen isletas para plantación de ancho suficiente. El ancho óptimo de las isletas oscilará entre 4 y 6 m.

Como regla fundamental, cuanto más ancho sea el espacio vital para una plantación de sombra, tanto más sano será su crecimiento. En la zona ocupada por las raíces, la tierra debe acondicionarse, en una profundidad de al menos 1 m. y sin compactar. Para automóviles, al ancho de la isleta no precisa dimensionamiento para camiones, pero con frecuencia el construir isletas con menos de 4 m. de ancho no supone un gran ahorro y sí un inconveniente para la vida de la planta, en competencia con el pisoteo de los peatones, las señales, mobiliario urbano (papeleras, etc.). Por ello, es altamente recomendable 4 m de ancho mínimo.

Como regla empírica, si la orientación es adecuada un ejemplar arbóreo que alcance unos 10 m de altura, de copa amplia (tipo pino piñonero) que sobrepase los 7 m de diámetro en la copa puede proyectar sombra sobre unos 10 puestos de estacionamiento de automóviles.

---

En los estacionamientos y zonas provistas de agua potable, etc., la implantación de vegetación cumplirá con la función de crear zonas de descanso para los viajeros.

### Setos y Pantallas

Este tipo de disposición tiene mucha importancia por sus múltiples aplicaciones: cortavientos, antideslumbrantes, nieve, acústicos, etcétera.

Para la plantación de setos y pantallas se efectuará una excavación en zanja continua, que permite un trabajo más rápido, menos costoso y que además favorece el crecimiento de las plantas. La colocación de una capa filtrante es necesaria para los setos y pantallas de coníferas, y aconsejable para los demás si el suelo es poco permeable. En el relleno posterior a la plantación se procurará que la parte superior de la zanja quede ligeramente más alta que el terreno contiguo, para evitar que los asentamientos posteriores, dejen un surco, más o menos continuo, a lo largo de la mediana.

Las dimensiones de la zanja pueden variar desde 40 cm. de anchura por 40 cm. de profundidad, hasta 1 m. por 1 m.; la sección más corriente es la de 60 cm. de lado. La plantación de setos puede hacerse en una o dos filas. Esta segunda posibilidad exige un anchura mínima de la zanja, de al menos 60 cm. de forma que las plantas puedan colocarse separadas de la pared de la zanja al menos 20 cm. En ambos casos se cuidará mantener la alineación requerida, Figura 8.61.

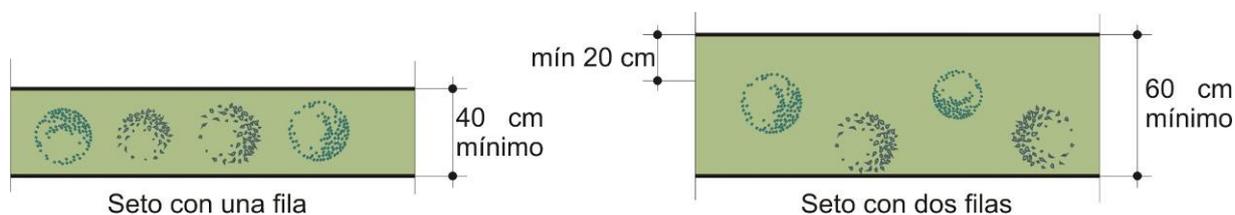


Figura 8.61 Zanjas para plantación de setos

En la mediana debe tenerse en cuenta que las especies espinosas pueden provocar la retención de papeles, plásticos, etc., que por efecto del viento o del propio tránsito son empujados hacia la mediana. Asimismo, estos setos espinosos resultan siempre más complicados para la conservación y mantenimiento. Sin embargo, cuando se trate de setos de cerramiento pueden resultar muy adecuados. Además, y referido a la seguridad, los setos espinosos pueden representar un potencial peligro, en caso de accidente, para los usuarios de los caminos, particularmente a motoristas y acompañantes.

Se recomienda usar especies arbóreas autóctonas.

## 8.9 PASOS URBANOS

***“Un camino de la red troncal no debe cruzar una zona poblada”.***

Pascual Palazzo, 1930

### 8.9.1 Pasos Urbanos y Seguridad Vial

Siempre, el paso de caminos nacionales por pueblos y ciudades genera problemas para los usuarios del camino y la población urbana.

Para los usuarios, los pasos por zona urbana rompen la continuidad del viaje con disminución de la velocidad, demoras y retenciones, y son un potencial foco de conflicto: incomodidad e inseguridad (numerosos accesos a la vía, presencia de peatones, etcétera).

Para la población, la ruta en el sector urbano suele ser la calle principal. Su uso como vía interurbana tiene consecuencias ambientales negativas; p. ej., como generadora de ruido, especialmente si hay alto porcentaje de vehículos pesados. El principal peligro es la alta velocidad, tanto para los peatones como para vehículos locales que circulan a velocidades menores. El riesgo mayor para los peatones es el atropello, al cruzar el camino o circular junto a él. Para los vehículos, los riesgos mayores están en las intersecciones.

El paso urbano implica una solución de compromiso entre los intereses contrapuestos de los conductores de paso y de los pobladores.

#### ***Definición***

La expresión más extendida para definir un paso urbano es la de ‘tramo de ruta que atraviesa una zona urbana’. Tradicionalmente, este concepto se relaciona con un camino de dos carriles indivisos que atraviesa un núcleo urbano, pero las áreas urbanas también pueden ser atravesadas por otro tipo de vías, como autopistas, caminos multicarriles, circunvalaciones o variantes, etcétera. Todas estas se relacionan con el término más general de ‘rutas urbanas’, siendo los pasos urbanos el nombre convencional de un tipo singular de ruta urbana.

En cualquier caso, las ‘rutas urbanas’ se distinguen de las rutas fuera de poblado porque:

- Al menos son utilizadas parcialmente por el tránsito urbano
- Atraviesan zonas urbanas o calificadas así en el planeamiento urbanístico
- Generan impactos ambientales sobre el medio urbano atravesado

Para diferenciarlas de las calles urbanas, se considera que las rutas objeto de este estudio canalizan movimientos de paso o de acceso provenientes del exterior de la ciudad cuya intensidad, si bien puede ser inferior a la de los vehículos estrictamente urbanos, no deja de ser apreciable.

---

### **Clasificación de los caminos urbanos**

Los criterios para clasificar los caminos son:

- Por el ámbito de viaje de los vehículos:
  - Internacionales
  - Interprovinciales
  - Provinciales
  - Locales, etcétera
- Por la condición de operación del tránsito:
  - Vías de circulación continua o interrumpida
  - Vías de circulación discontinua o interrumpida
- Por la compatibilidad o incompatibilidad con otros modos de transporte

Ver clasificación funcional [Capítulo 2 CONTROLES DE DISEÑO]

### **8.9.2 Estrategias posibles en pasos urbanos existentes**

El paso de rutas por áreas urbanas es un caso excepcional del diseño vial rural. Es un tema que se encuentra en la frontera entre el Planeamiento y el Trazado Vial Técnico.

Según la tradición de la DNV, acorde con Palazzo:

*“Un camino de la red troncal no debe cruzar una zona poblada”*

Las opciones ante un paso urbano existente son:

- Construcción de variante
- Acondicionamiento y traspaso de jurisdicción

Los pasos urbanos en los que no se justifica la construcción de una variante por tener baja intensidad de tránsito y escasos problemas de transitabilidad pueden acondicionarse; p. ej.: remodelar intersecciones, mejorar las características superficiales de la calzada, ampliar o construir veredas para facilitar los movimientos peatonales, etcétera.

### **Criterios de evaluación para definir la oportunidad de la variante**

La construcción de una variante debe decidirse en función de criterios objetivos:

- Magnitud del tránsito total. A partir de ciertos umbrales, un paso urbano tiene graves problemas de ruido y peligrosidad, agravados si la proporción de vehículos pesados es alta. Se propone como indicador el TMDA del corredor donde se ubica el paso urbano, considerando necesaria la variante si es superior a 5000 vpd.
  - Alta presencia de tránsito de mercaderías peligrosas, combinado con la ausencia de itinerarios alternativos. Se propone como indicador el TMDA de camiones que transportan mercaderías peligrosas, con un umbral mínimo de 25 camiones.
  - Las características del corredor donde se encuentra el paso urbano también se considera determinante. Todas las localidades incluidas en corredores de auto-vías y autopistas, más los corredores internacionales deben ser considerados como itinerarios con circulación continua, y por lo tanto requieren la construcción de variantes de poblaciones.
-

- Historial de accidentes vehiculares, peatonales, ciclistas. Se propone adoptar como criterio para la construcción de una variante más de tres accidentes con víctimas en los últimos dos años. Pero este criterio solo no presupone la realización de la variante: debe sumarse a alguno de los tres anteriores.
- Condicionamientos ambientales, topográficos, geométricos (ancho disponible, radios mínimos, longitud del paso) y económicos, necesidad de obras especiales (túneles, viaductos, cobertizos, grandes cortes en roca). Los efectos producidos por el ruido, la contaminación del aire y otras molestias pueden justificar que se considere a un paso urbano como conflictivo.  
Como se trata de un criterio bastante subjetivo, se propone utilizar como indicador la longitud del tramo urbano, con un umbral de 3 km.

### 8.9.3 Criterios para rediseñar pasos urbanos existentes

#### ***Elección de la velocidad máxima en el paso urbano***

La velocidad es el factor principal que determina las características del acondicionamiento de los pasos urbanos existentes. Para fijar la velocidad máxima permitida se considera una variable suficientemente eficaz y sencilla de medir: la separación entre el borde exterior de la calzada y la línea de fachada. Cuando no hay vías de servicio o colectoras, la limitación de velocidad se aplica a la calzada principal, y cuando las hubiere, la velocidad más restrictiva se aplica a la vía colectora en beneficio de la calzada principal. Según que la zona urbana atravesada sea compacta o dispersa, será más o menos restrictiva la limitación de velocidad, según la Tabla 8.6.

Tabla 8.6 Velocidad máxima

					SEPARACION *				
					< 3 m	3 – 6 m	6 – 20 m	20 – 50 m	> 50 m
Calzada urbana convencional o paso	Zona urbana compacta	Con población en un costado	Con vía colectora	Colectora	40	60	60,80	80	80
				Calzada principal	80	80	80	NL	NL
			Sin vía colectora	40	60	60, 80	80, 100	NL	
		Con población en ambos costados	Con vía colectora	Colectora	40	60	60, 80	80	80
				Calzada principal	60	80	80	80	NL
			Sin vía colectora	40	60	60, 80	80, 100	NL	
	Zona urbana dispersa	Con población en un costado	Con vía colectora	Colectora	40	60	80, 100	NL	NL
				Calzada principal	NL	NL	NL	NL	NL
			Sin vía colectora	40	60	80, 100	NL	NL	
		Con población en ambos costados	Con vía colectora	Colectora	40	60	80, 100	NL	NL
				Calzada principal	NL	NL	NL	NL	NL
			Sin vía colectora	40	60	80, 100	NL	NL	

VELOCIDAD MÁXIMA

\* Es la separación entre el borde exterior de la calzada principal, o de la vía colectora si la hubiere, y la línea municipal

NL: No limitar específicamente. Se mantendrá la velocidad máxima permitida antes de llegar a la zona urbana.

### **Definición del tratamiento según el entorno**

La definición del tratamiento se realiza según las condiciones del entorno (ubicación de la población respecto de la ruta y presencia o no de colectoras):

- Con población en un solo costado
  - Con calle colectora o frentista.
  - Sin calle colectora o frentista.
- Con población en ambos costados
  - Con calle colectora o frentista.
  - Sin calle colectora o frentista

### **Con población en un solo costado**

Este esquema urbano principalmente genera incorporaciones y salidas, o movimientos locales a baja velocidad.

- Con calle colectora o frentista  
La presencia de la vía colectora sirve para separar la zona urbana del camino principal. La zona de conflicto entre ambas, se reduce a los accesos o conexiones, y los movimientos locales a baja velocidad se producen en la vía de servicio o colectora, Figura 8.62.

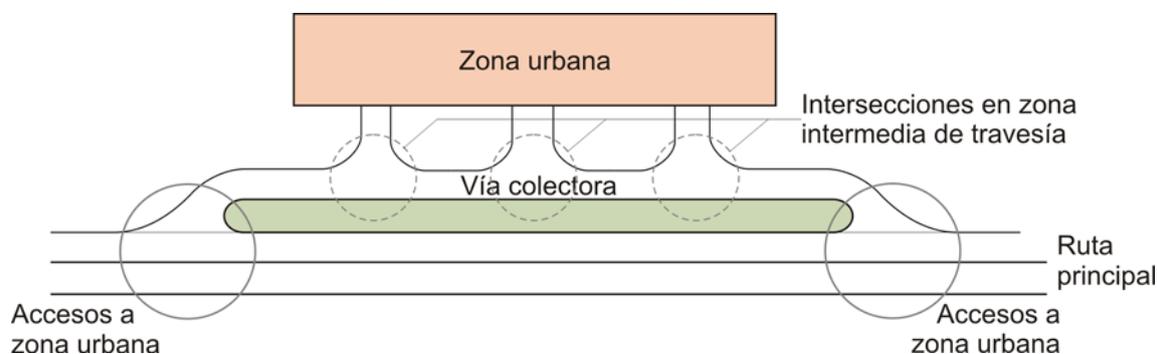


Figura 8.62 Población en una margen - Con calle colectora o frentista

- Sin calle colectora o frentista.  
La ausencia de vía colectora o de servicio causa que la zona de conflicto entre el camino principal y la zona urbana se desarrolle en toda la longitud del paso. En estos casos, la presencia de un medio urbano debe destacarse con los equipamientos más adecuados, en función de las limitaciones de velocidad impuestas a la ruta principal.

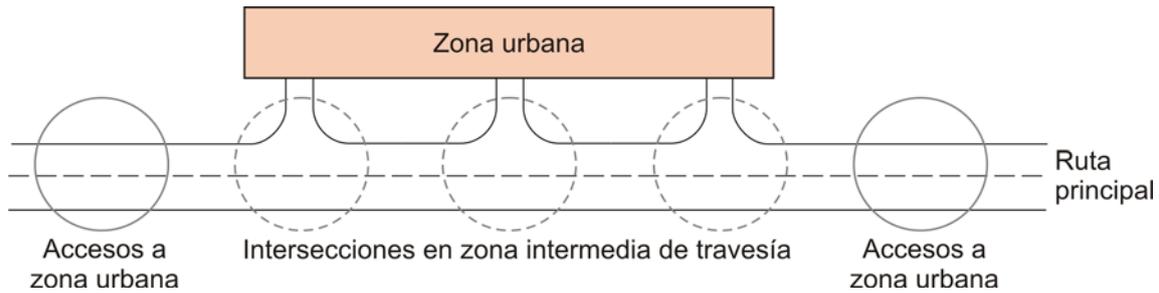


Figura 8.63 Población en una margen - Sin calle colectoras o frentistas

### **Con población en ambos costados**

Este esquema urbano, además de incorporaciones y salidas y movimientos locales a baja velocidad, genera múltiples cruces y aumenta la peligrosidad de las intersecciones por ser de cuatro ramas en lugar de tres.

- **Con calle colectoras o frentistas**

Este esquema viario tiene como inconveniente para los usuarios urbanos el efecto barrera que se produce entre ambos márgenes de la población atravesada, dificultando la fluidez de conexión entre ambos. Tiene como ventaja la separación de los movimientos urbanos o de baja velocidad, de los interurbanos o de velocidad elevada.

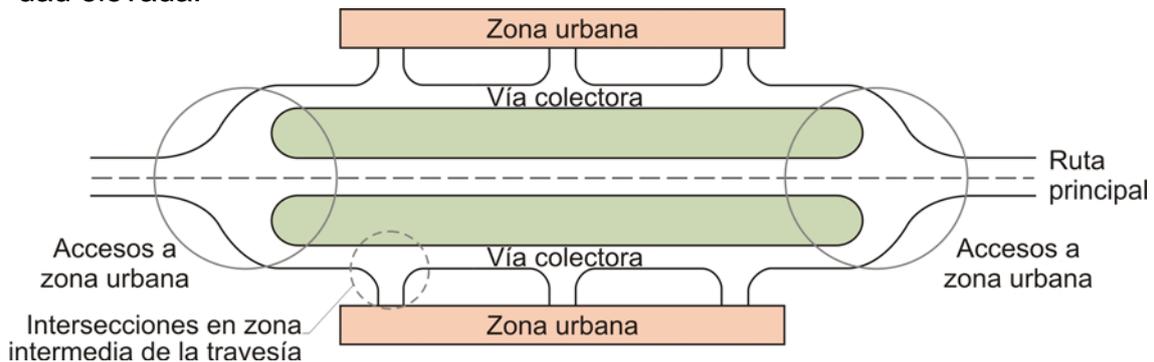


Figura 8.64 Población en ambas márgenes - Con calle colectoras o frentistas

- **Sin calle colectoras o frentistas.**

Es el caso de paso urbano más convencional, donde el conflicto entre el tránsito interurbano y el urbano y el peatonal es mayor.

Cuando la velocidad del paso urbano es elevada, p. ej. porque las edificaciones están alejadas de los bordes de la calzada, será la zona urbana la que debe adaptarse a las restricciones impuestas por el camino pasante. Cuando la velocidad sea baja, p. ej. cerca de las edificaciones, el tránsito interurbano deberá ajustar su velocidad a las características singulares del tramo por el que circula.

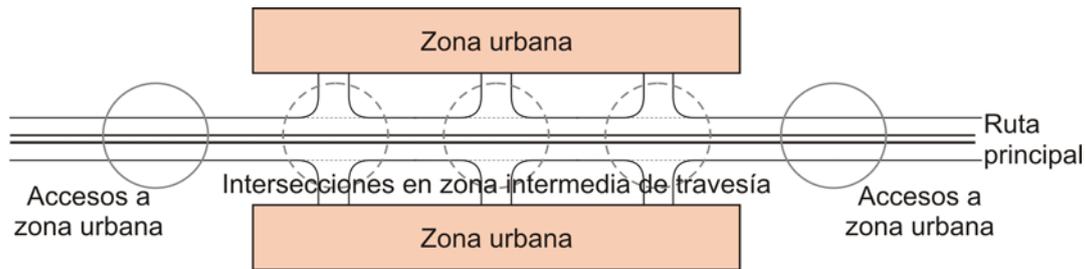


Figura 8.65 Población en ambos costados del paso - Sin calle colectora o frentista

## 8.9.4 Técnicas de apaciguamiento del tránsito para pasos urbanos

### Generalidades

Se conoce como *Apaciguamiento del Tránsito (AT)* a los métodos para reducir la velocidad y volumen vehicular, y compartir más equitativamente el uso de las calles entre vehículos, peatones, ciclistas y otros usuarios. Generalmente se refiere a medidas físicas y cambios en el diseño vial, pero también pueden componerlo la fuerza pública y la educación.

Las medidas físicas de apaciguamiento del tránsito se dividen en dos categorías generales, que predominantemente consideran el volumen o la velocidad del tránsito:

- Los *dispositivos de control de volumen* desvían el tránsito a otra vía, limitando o eliminando el tránsito directo en una zona. Ejemplos: clausura total de calle, clausura parcial de calle, desviador diagonal, desviador parcial.
- Los *dispositivos de control de velocidad* usan las fuerzas de aceleración y freno para lentificar a los vehículos. Comprenden tres subcategorías: cambio vertical, cambio horizontal y angostamientos.
  - Los dispositivos de cambio vertical usan las fuerzas de las subidas y bajadas aceleradas para desalentar la velocidad. Esta subcategoría genera el mayor desagrado de quienes usan las calzadas con frecuencia. La creciente aceleración y frenado necesarios para atravesar estos impedimentos verticales causan interrupciones de la velocidad al transitarlos.
  - Los dispositivos de cambio horizontal usan las fuerzas centrífugas sobre el vehículo, debidas a pronunciados desvíos de la trayectoria para desalentar la velocidad. Las rotondas y las chicanas son ejemplos comunes.
  - Los dispositivos de angostamiento -en lugar de fuerzas físicas- usan un sentido psicológico de encierro para desalentar los excesos de velocidad. Por ejemplo, mediante extensiones de cordón pueden crearse bulbos, y con ellos, ahogadores y guillotinas. En general, las calzadas anchas alientan el desarrollo de velocidades más altas de los vehículos; inversamente, los anchos menores se traducen en menores velocidades. Son los más caros entre todos los dispositivos de control de velocidades.

Hay una gran variedad de dispositivos AT, adecuados para diferentes condiciones de la calle y aplicaciones.

### **Dispositivos de control de volumen**

Las clausuras totales (cul-de-sacs, calles ciegas o sin salida) son barreras a través de una calle para cerrarla completamente al tránsito directo, dejando usualmente las veredas abiertas. Probablemente es el dispositivo más drástico para que se limite el uso de la calles, en beneficio casi exclusivo de los residentes; son medidas excepcionales, sólo permitidas si otros controles de volumen fallan.

- **Clausuras totales.** Las barreras pueden ser isletas, muros, portales, postes, mojones, de lado a lado, o cualesquiera otras obstrucciones que dejen una abertura más pequeña que el ancho de un automóvil pequeño. Las clausuras parciales (clausuras de un sentido) son barreras que bloquean por una corta distancia el movimiento en un sentido, en calles de otra forma de dos sentidos.



- **Desviadores diagonales.** Los desviadores diagonales (desviadores totales, clausuras diagonales) son barreras ubicadas diagonalmente a través de una intersección, que bloquean el movimiento directo. Dado que no hay tránsito opuesto, pueden aumentar las velocidades de los motoristas



- **Barreras de mediana.** Las barreras de mediana (desviadores de mediana, isletas desviadoras) son isletas elevadas, ubicadas a lo largo del eje de una calle y que continúan a través de una intersección para bloquear el movimiento directo de una calle transversal.



- **Isletas de giro forzado.** Las isletas de giro forzado (canalizaciones de giro forzado, chuletas de lechón, isletas de giro derecha) son isletas elevadas en los accesos a una intersección que bloquean ciertos movimientos. Impiden o fuerzan giros, según se desee.



### Dispositivos de control de velocidad

- **Cambios verticales.** Los lomos de burro (ondulaciones, rompemuelleres), tablas de velocidad e intersecciones elevadas son los tipos más comunes encontrados en las comunidades con programas de apaciguamiento del tránsito. En términos generales, los lomos de burro son superficies elevadas redondeadas ubicadas a través de la calzada (bache invertido); es el tipo más económico y a menudo el más utilizado. Particularmente los servicios de ambulancias y bomberos objetan estos dispositivos, por cuanto contribuyen a demorar los tiempos de respuesta a las emergencias. También pueden incrementar el ruido y la contaminación del aire. Sin duda, es el dispositivo AT más controvertido.

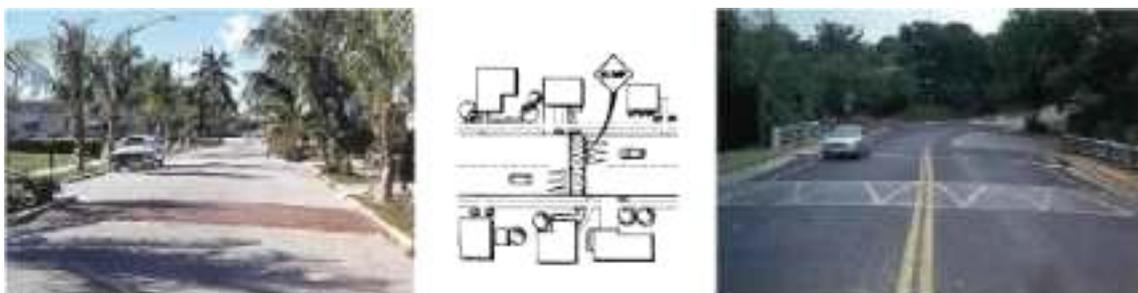


Figura 8.66 Lomos de burro

Las tablas de velocidad (lomos trapezoidales, mesetas) son lomos de burro de dorso plano largo, a menudo construidos de ladrillo u otro material texturado en la sección plana; típicamente, su longitud permite que un automóvil descansa en el tope. Si se las marca para cruce peatonal, se llaman cruces elevados, los cuales amenizan excelentemente el entorno peatonal y son efectivos para controlar la velocidad en las intersecciones.



Figura 8.67 Tablas de velocidad



Figura 8.68 Cruces peatonales elevados

Las intersecciones elevadas (empalmes elevados, lomos de intersección) son superficies planas elevadas que cubren intersecciones enteras, con rampas en todos los accesos, a menudo de ladrillos u otro material texturado en la sección plana. Usualmente se elevan hasta el nivel de vereda, o ligeramente debajo para proveer un resalto para los ciegos.



Figura 8.69 Intersecciones elevadas

- **Cambios horizontales.** Las minirrotondas y las isletas de intersección son isletas elevadas, ubicadas en las intersecciones, alrededor de las cuales circula el tránsito. Usualmente son circulares y con tratamiento paisajístico. A menudo tienen anillos interiores -delantal o platea de camiones- montables para los vehículos más grandes.



Figura 8.70 Minirrotondas

Las rotondas se usan en intersecciones de altos volúmenes para asignar el derecho de paso entre movimientos competitivos. Primariamente se usan en calles arteriales o colectoras. Son más grandes que las minirrotondas y tienen isletas partidoras para canalizar el tránsito que se aproxima.

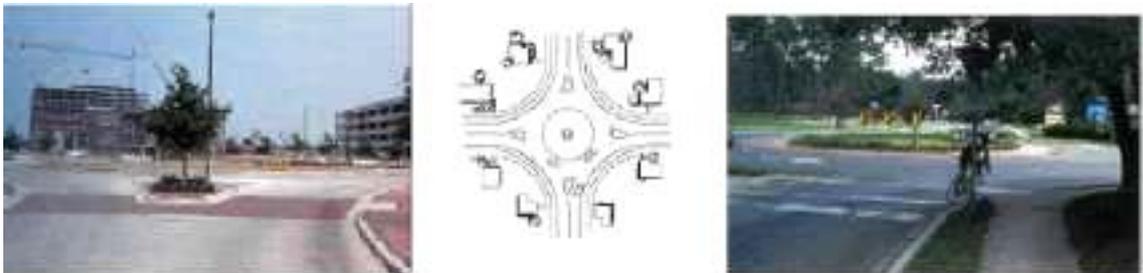


Figura 8.71 Rotondas

Los cambios laterales son extensiones de cordón en calles de otra forma rectas, que curvan los carriles de viaje hacia uno y otro lado de la dirección original de viaje. Son unos de los pocos dispositivos aptos en colectoras y aun arteriales, donde los altos volúmenes y velocidades señalizadas impiden medidas más abruptas.



Figura 8.72 Cambios laterales

Las chicanas (serpentinan) son extensiones de cordón alternadas de un lado al otro de la calle formando curvas reversas. Serpentean las trayectorias de viaje, de modo que la calle deja de ser recta. Esto se logra mediante la instalación de extensiones de cordón (bulbos de vereda, o isletas) entre las intersecciones. La mayoría de los residentes en el sector de chicanas pierde oportunidades de estacionar en la calle, a menos que el dispositivo se cree temporal y aleatoriamente, mediante el permiso alternado de estacionamiento en la calle.

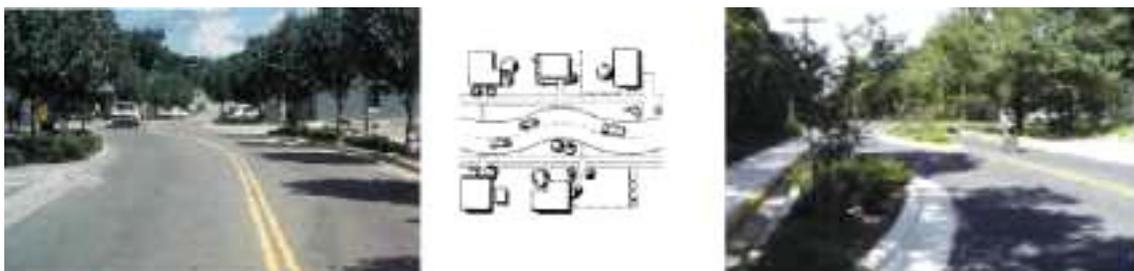


Figura 8.73 Chicanas

Las intersecciones realineadas son cambios en el alineamiento que convierten las intersecciones T con accesos rectos en calles curvas que se encuentran en ángulos rectos.

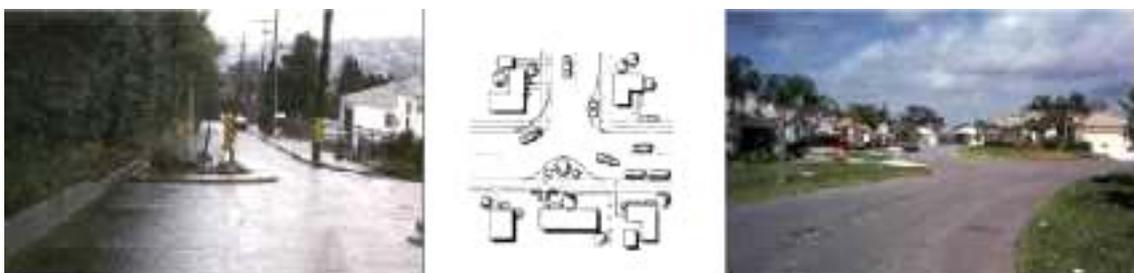


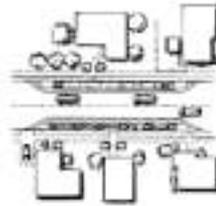
Figura 8.74 Intersecciones realineadas

### Angostamientos

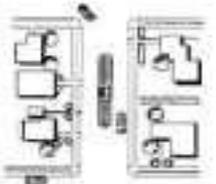
- **Guillotinas.** Angostamiento, nudo, bulbo; son extensiones de cordón en las intersecciones, que reducen el ancho cordón a cordón de la calzada. Si se combinan con cruces peatonales, son llamadas cruces seguros. Cuando se las ubica en la entrada de una vecindad, con pavimento texturado entre las extensiones de cordón, se las llama portales. Su efecto sobre las velocidades de los vehículos es limitado por la ausencia de un pronunciado cambio vertical u horizontal. Su propósito primario es peatonalizar las intersecciones.



- **Ahogadores.** Angostamiento a mitad de cuadra, pellizco; son extensiones de cordón o isletas laterales a mitad de cuadra que angostan una calle en esa ubicación. Si se marcan como cruces peatonales, también pueden llamarse cruces seguros.

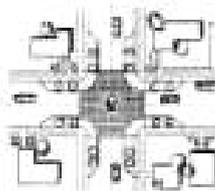


- **Isletas centrales.** Medianas a mitad de cuadra; son isletas elevadas ubicadas a lo largo del eje de una calle, que la angostan en esa ubicación. Ubicadas en la entrada a una vecindad, a menudo con superficie texturaza a cada lado, se llaman portales. Pueden tratarse paisajísticamente para dar un aspecto ameno e identificadorio, a la par de una modesta reducción de velocidad.



### **Medidas Combinadas**

La búsqueda de medidas óptimas de apaciguamiento del tránsito puede conducir a varias combinaciones de dispositivos en un punto de lenificación. Los dispositivos individuales pueden combinarse en varias formas.



PÁGINA DEJADA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

---

## 8.10 BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA

Sitios Web: Consultados durante la Actualización 2009-10

### 8.10.1 En español original o traducciones

- 01 DNV Circular 2955 1997  
**Normas para el Ingreso y Egreso a Estaciones de Servicio desde Autopistas**
  - 02 DNV Volante 459 1979  
**Distancias Mínimas Accesos**
  - 03 DNV – Argentina 2007  
**Manual de Diseño Vial Seguro**
  - 04 DNV – Argentina 2007  
**Manual de Prácticas Inadecuadas de Seguridad Vial - Propuesta de Mejoras**
  - 05 DNV – Argentina 2007  
**Diseño de Travesías Urbanas**
  - 06 SETOP. Resolución 7/81 – Argentina  
**Normas para los cruces entre caminos y vías férreas**
  - 07 XIV CAVyT - Argentina 2005  
Monografía: **Apaciguamiento del Tránsito**
  - 08 MOPT - España 1992  
**Manual de Plantaciones en el Entorno de la Carretera**
  - 09 AASHTO – EUA 1991\*-1999  
**Guide for the Development of Bicycle Facilities**  
[http://www.sccrtc.org/bikes/AASHTO\\_1999\\_BikeBook.pdf](http://www.sccrtc.org/bikes/AASHTO_1999_BikeBook.pdf)  
\*Traducción autorizada EGIC (DNV-UBA)
  - 10 AASHTO – EUA 2000  
**A Guide for the Development of Rest Areas on Major Arterials and Freeway, 3rd Edition**
  - 11 IOWA DOT – EUA 2000  
**Guide to Design Trails**
  - 12 MINNESOTA DOT - EUA  
**Road Design Manual C11 Special Design**  
<http://www.dot.state.mn.us/design/rdm/metric/11m.pdf>
  - 13 MONTANA DOT – EUA  
**Road Design Manual C18.4 Rest Areas**  
[http://www.mdt.mt.gov/other/roaddesign/external/montana\\_road\\_design\\_manual/18\\_special\\_design\\_elements.pdf](http://www.mdt.mt.gov/other/roaddesign/external/montana_road_design_manual/18_special_design_elements.pdf)
  - 14 PORTLAND City  
**Cicleways Design**
  - 15 GOVERNMENT OF ALBERTA – Canadá 1999  
**HGDG CF Roadside Facilities**  
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/chap-f.pdf>
  - 16 MAIN ROADS QSL – Australia 2002  
Road Planning and Design Manual C20: **Roadside Amenities**
-

### 8.10.2 En español – Archivos pdf en DVD Actualización 2010 C8 Bibliografía Particular de Consulta

-  01 DNV Circular2955 In-Eg ES'97.pdf
  -  02 DNV Volante 459'1970).pdf
  -  05 DNV TravesíasUrbanas.pdf
  -  07 XIVCAVT ApaciguamientoTránsito.pdf
  -  08 MOPT España - Plantaciones.pdf
  -  09 AASHTO'91- EGIC GuíaCiclista.pdf
  -  10 AASHTO'00 C1-5 ÁreasDescanso.pdf
  -  11 IOWA DOT GuíasDiseñoSendas'00.pdf
  -  12 MINNESOTA DOT RDM C11 D°Especiales.pdf
  -  13 MONTANA DOT RDM C18.4 ÁD°.pdf
  -  14 PORTLAND City - Ciclovías.pdf
  -  15 ALBERTA GuíaDiseño CF CDC.pdf
  -  16 MAIN ROADS C20 AmenidadesLaterales.pdf
-

## 8 ANEXO

### **8.4.2.A Resumen de Normas para los cruces entre caminos y vías férreas aprobadas por Resolución SETOP 7/81**

#### 1 Alcance

1.1 *Estas normas rigen para todos los cruces entre caminos y vías férreas existentes en el ámbito del país, o que se proyecten construir, cualquiera que sea su responsable, patrimonial o jurisdiccionalmente.*

#### 2 Fundamentos

2.1.2 *Las disposiciones serán aplicadas indistintamente a los cruces existentes y futuros; cualesquiera que sean las jurisdicciones para ellos, rigiendo para los acuerdos entre el ferrocarril y la persona real o jurídica responsable del camino.*

2.2.2 *El ferrocarril tiene siempre prioridad de paso en los cruces ferroviarios*

2.2.3 *El ferrocarril puede siempre circular a las velocidades máximas que resulten de las condiciones constructivas de las vías o del uso previsto para ellas y hasta el límite que fija la Ley N° 2873.*

2.2.5 *La circulación de vehículos carreteros debe hacerse en forma ceñida a la derecha del camino, en especial al cruzarse vías férreas.*

2.2.7 *En el país sólo pueden circular normalmente vehículos carreteros que tengan una longitud total (unidad motora, remolque y saliente de carga) de hasta 21,50 m como máximo.*

2.2.9 *Los cruces particulares sólo son forzosos si tuvieren origen en la traza original del ferrocarril y si su establecimiento constara como servidumbre en la escritura de dominio de los terrenos afectados.*

2.3.1 *En los pasos a nivel, los vehículos carreteros circulan a una velocidad de 10 km/h.*

2.3.2 *En las zonas urbanas es prohibido a dichos vehículos circular a más de 40 km/h, salvo que expresamente se autorizara una velocidad mayor, mediante señales fijas o semáforos coordinados,*

2.3.3 *Las distancias estipuladas para visibilidad y detención de vehículos carreteros, son las necesarias para que sus conductores puedan proceder responsablemente ante la vista de un tren, cruzando sin riesgo las vías si ya se hubiera iniciado el paso.*

2.3.4 *Los criterios de señalización aplicados, son los necesarios y suficientes para advertir a los conductores viales en relación al cruce de las vías férreas.*

2.3.5 *Los criterios para ubicar las señales satisfacen los requisitos físicos para graduar la velocidad sin riesgo al acercarse a cruces a nivel.*

2.3.6 *Las señales y semáforos que se utilizan, reúnen todas las exigencias específicas y serán de aplicación uniforme en todo el país.*

---

### 3 Documentación para la gestión y tramitación de los cruces

*El ente que solicite la apertura de un nuevo cruce ferroviario o la modificación de uno existente, deberá confeccionar la documentación técnica que a continuación se detalla, la que se ajustará a las pautas que fija la presente norma. Previamente se definirá si el cruce es rural o urbano para lo cual se aplicará lo indicado en el punto 4.1*

*La metodología de desarrollo será:*

- *Determinación de los requisitos de la técnica vial y ferroviaria*
- *Análisis de la circulación de trenes y vehículos automotores t*
- *Estudio técnico*
- *Documentación a presentar*

#### 3.1 Determinación de los requisitos de la técnica vial y ferroviaria.

*3.1.1 Deberán observarse en los proyectos de los cruces ferroviarios, los requisitos y exigencias técnicas tanto en el aspecto vial como ferroviario en lo que se refiere a las condiciones estructurales de la vía y del camino; desagües, señalización y obras complementarias*

*3.1.2 Se establece que para cruces rurales la distancia mínima entre dos sucesivos, será aquella en la que no se superpongan los rombos de visibilidad*

#### 3.2 Análisis de la circulación de trenes y vehículos automotores

##### 3.2.1 De la circulación de trenes

*Los datos necesarios para complementar este tema serán obtenidos en los ferrocarriles: categoría del ramal, cantidad máxima diaria de trenes, velocidad máxima de circulación permisible en el cruce, datos complementarios, composición del tránsito ferroviario y su variación anual, distancia del cruce a la estación más próxima, clasificación del ramal, existencia de proyectos de modificación de vías en la zona del cruce.*

##### 3.2.2 De la circulación de vehículos automotores

*En cruces rurales: análisis, de la circulación de vehículos automotores en la zona de influencia del cruce: zonas de influencia, características de la red vial y su vinculación con los cruces de la zona de influencia, TMDA y su proyección probable por efectos de la apertura del cruce, composición y características del tránsito, fundamentos de la apertura de un nuevo cruce.*

#### 3.3 Estudio técnico

*Levantamiento planialtimétrico de detalle, proyecto de drenaje, índice de riesgo, propuesta de solución del cruce, proyecto completo de las obras a realizar, documentación técnica*

### 4 Clasificación de los cruces

*4.1 Los cruces de caminos con vías férreas, se clasifican por su ubicación en:*

- a) *Cruces rurales*
- b) *Cruces urbanos*

*4.2 Por las características altimétricas de la intersección de los ejes del camino y las vías férreas, tanto los cruces rurales como urbanos pueden ser:*

*Cruces a nivel, cuando los ejes tienen un punto común*

*Cruces a distinto nivel, cuando los ejes no se interceptan.*

*4.3 Los cruces a distinto nivel son denominados:*

---

*Cruce en alto nivel, cuando el camino pasa sobre la vía férrea*  
*Cruce en bajo nivel cuando el camino pasa debajo la vía férrea*

4.4 Los cruces rurales y urbanos a nivel se clasifican según las características del camino en la zona del cruce con el ferrocarril, en:

- a) A nivel con camino de tierra
- b) A nivel con camino pavimentado

Según la accesibilidad pública que tuvieran los caminos que cruzan las vías férreas, se clasifican en:

- a) Cruces públicos, cuando el uso del camino no tiene restricciones
- b) Cruces particulares, cuando el camino, es de uso restringido

## 5 Metodología de evaluación

Para los casos en que no se definieran directamente en el Capítulo 6, las soluciones de cruce que deben aplicarse y fuera necesaria una evaluación de condiciones existentes para regular la definición, se aplicarán los procedimientos que se detallan a continuación según el tipo de cruce.

### 5.3 Cruces rurales

Para cruces rurales se verificará la visibilidad y si resultara satisfactoria se calculará el índice de riesgo.

#### 5.3.1 Visibilidad

- La visibilidad es siempre insuficiente donde el camino cruce con más de dos carriles a las vías férreas, entendiéndose que un camino de dos carriles tiene siempre ambos sentidos de circulación habilitados

- Para determinar la visibilidad en caminos de dos carriles y dos sentidos, se constatará la ausencia de obstáculos fijos y temporarios en el rombo que determinan los siguientes vértices:

a) Sobre el camino y a cada lado del cruce, colocándose el observador a la distancia de la línea de detención de:

60 m en caminos de tierra

120 m en caminos pavimentados

b) Sobre la vía, donde la visual del observador según a) intersecte a la vía, según las distancias que se indican en la tabla I.

- Determinados los vértices del rombo de visibilidad, se la verificará considerando la altura normal de visión del conductor de un automotor bajo y la necesidad de ver los vehículos ferroviarios más pequeños. Para ello se considera suficiente 1,2 m sobre el camino y 1 m sobre los rieles.

- Se determina satisfactoria la visibilidad si:

a) El ángulo de intersección del camino con el ferrocarril (considerando todo el tramo de camino que esté en el rombo de visibilidad) es de 60° o más.

b) No existen obstáculos permanentes a la visión sobre el plano de observación, ni los habrá transitorios por razones de uso del área.

c) No existen otros caminos en el rombo de visibilidad.

d) La distancia máxima de separación entre rieles a cruzarse, es de 15 m

e) En las vías a cruzarse no pueden circular más de dos trenes a la vez.

f) El sector de vías comprometido en la visibilidad no está destinado a la detención de vehículos ferroviarios o para maniobras (ida y vuelta sin llegar a otra estación).

### 5.3.2 Índice de riesgo

El índice de riesgo se rige por la expresión:

$$R = V \cdot T \cdot \operatorname{cosec} \varphi \cdot A \cdot B \cdot C$$

donde:

R:	Índice de riesgo
V:	Cantidad diaria de vehículos carreteros
T:	Cantidad diaria de trenes
cosec:	Valor natural de la función cosecante
$\varphi$ :	Ángulo de cruce ;
A:	Factor por curva en camino.
B:	Factor por curva en vía.
C:	Factor condicional

El procedimiento, para determinar las distintas variables se estipula en la norma.

## 6 Solución de los cruces

### 6.1 General

6.1.1 Los cruces ferroviarios deberán ser modificados, trasladados o anulados, en cumplimiento de estas normas. En caso de que existieran o se efectuaren convenios en relación con ellos, sólo se los reconocerá válidos en la parte que no se oponga a las condiciones aquí establecidas, recomendándose tales acuerdos para optar por gradaciones de seguridad mayores que las aquí fijadas como mínimo exigible.

6.1.5 En los cruces ferroviarios, el ferrocarril mantiene la disponibilidad de los terrenos de su propiedad afectados con el paso y podrá utilizarlos para su explotación específica u otra que le estuviera permitida. Los cruces a distinto nivel deberán modificarse cuando fuera necesario al ferrocarril, si con tales construcciones se hubiera ocupado terreno de propiedad del ferrocarril, alcanzando la obligación hasta el límite de dicho dominio como máximo.

6.1.7. Los cruces particulares sólo se admiten cuando tuvieren razón en servidumbre asentada en el título de propiedad de los terrenos, o fueran establecidos con carácter precario sobre vías con tránsito ferroviario exclusivo a la demanda o uso industrial. Cuando no tuvieren carácter de servidumbre, los cruces particulares son prohibidos en las vías férreas con servicio público diagramado.

6.1.8 Los organismos viales no concederán accesos particulares sus caminos, cuando los predios a beneficiar no fueran linderos a la zona de camino y con tales accesos se cruzaran vías férreas con trenes diagramados.

6.1.9 Como única excepción a lo establecido en 6.1.7/8, podrán existir pasos particulares precarios en vías con servicio público diagramado, si estuvieran aplicados al uso exclusivo de las fuerzas armadas del país, y sólo mientras tengan tal condición.

6.1.10 No se permiten cruces particulares uniendo calles públicas que existieran contiguas en ambos lados de la propiedad ferroviaria.

6.1.11 Los cruces particulares no pueden ser considerados como salida útil para terrenos que se parcelaran. Cuando se fraccionaran predios, los cruces ferroviarios eventualmente convenientes deberán tratarse con carácter de uso público por los organismos intervinientes al autorizarse el parcelamiento, ajustándose el trámite a las presentes normas.

6.1.12 Cuando en un cruce a nivel, existente o proyectado, fuere necesario instalar señalización activa, y por razones físicas u operativas propias del lugar o por carencia de energía eléctrica de red pública, a criterio responsable del ferrocarril no pudiera obtenerse la fiabilidad imprescindible en el funcionamiento de las barreras, la exigencia de estas normas en tal sentido queda cambiada a obligación de realizar el cruce en distinto nivel.

6.1.13 Todos los cruces públicos rurales o urbanos y los particulares, se ajustarán a las disposiciones especiales que se establecen en este capítulo, según el tipo de cruce que se trate. Se determina que satisfecho dicho ordenamiento y los requisitos que se dan en los capítulos 7 y 8 para la construcción y señalización, quedan dadas las condiciones necesarias y suficientes para designar satisfactoria la seguridad del paso.

### 6.3 Cruces rurales

6.3.1 Se aceptan a nivel y con señalización pasiva solamente, los cruces con vías férreas que se usen exclusivamente para servicio a la demanda o se apliquen a uso industrial, donde la marcha de los vehículos ferroviarios se efectúe a precaución en el cruce.

6.3.2 En las vías de la red troncal especial (RTR 1) definida en el anexo 13.6, los cruces futuros deberán ser a distinto nivel. En los cruces existentes a nivel en dicha red, deberá instalarse señalización activa o transformarlos a distinto nivel según estudio técnico-económico a realizarse.

6.3.3 Para vías férreas no comprendidas en 6.3.1/2 se aplicará el procedimiento previsto en 5.3., y según los resultados que se obtengan se establece:

- En los cruces existentes a nivel en que sea satisfactoria la visibilidad y menor que 12.000 el índice de riesgo, es suficiente la señalización pasiva. En caso que no se cumpla con alguno de dichos requisitos, deberá proveerse señalización activa o transformarse el paso a distinto nivel.
- En los cruces proyectados, cuando el índice de riesgo sea menor que 12.000 y la visibilidad sea satisfactoria sin que la zona correspondiente para ello se superponga con la de otro paso contiguo, podrán ser implantados a nivel con señalización pasiva solamente. Si no se cumplieran en totalidad los requisitos enunciados, el cruce deberá hacer se a distinto nivel.

## 7 Condiciones para la construcción de cruces a distinto nivel

7.1 Los cruces a distinto nivel mantendrán la misma cantidad de vías preexistentes en el lugar y contemplarán además la instalación de otras nuevas cuyo proyecto ya estuviere aprobado

7.2 Las calzadas caminos tendrán la misma cantidad de carriles de circulación que en el tramo de camino anterior y —posterior al cruce en distinto nivel

7.3 Cuando el trazado del camino a cruzarse en distinto nivel, incluyera el servicio de calzadas colectoras, éstas últimas deberán salvar las vías también en distinto nivel, o empalmarse inmediatamente antes del cruce, o derivarse para unión entre ellas antes de la propiedad ferroviaria, o interrumpirse antes do dicho limite y en ningún caso los cruces de tales calzadas colectoras serán considerados como independientes del camino principal.

7.4 Cuando un camino cruzara sobre el ferrocarril, deberá dejarse como mínimo una altura libre sobre las vías, según se indica en la tabla III.

7.5 En correspondencia con 7.4, deberá dejarse una distancia libre mínima entre el borde interno de paramento y el eje de vía más próximo a aquel, según se indica en la tabla IV respetando los edificios e instalaciones del ferrocarril o terceros existentes en el lugar, en sus características y funciones, o bien modificándolas por acuerdo expreso.

7.6 En caso de que la obra de arte a construirse fuera en alto nivel y ocupara parcialmente el ancho de la zona de vías, los accesos que lleguen a ella deberán tener una rasante horizontal que permita construir, sin cambio de pendiente, ampliaciones hasta el límite de la propiedad ferroviaria.

7.7 Si la obra de arte a construirse fuera para un paso en bajo nivel, deberá preverse que en el futuro el ferrocarril podrá ampliar el puente de su uso, hasta el límite de la propiedad ferroviaria.

7.8 Cuando un camino rural cruzara, por debajo del ferrocarril, deberá dejarse como mínimo una altura libre de 5,10 m entre la calzada y la obra de arte para uso del ferrocarril. Si el camino a cruzar debajo del ferrocarril fuera urbano, podrán dejarse alturas menores

## 8 Condiciones para la construcción de los cruces a nivel

### 8.1 General

8.1.1 Las condiciones constructivas que se establecen son obligatorias para todos los cruces nuevos y adecuación de los existentes

8.1.2 Las conducciones de energía eléctrica que crucen en los «.payos, se ajustarán a las normas establecidas por el Decreto N° 9254/72.

8.1.3 Los desagües del camino se harán normalmente fuera de la propiedad ferroviaria a cruzarse. Las tuberías para dicho propósito deberán contar con la conformidad del ferrocarril si estuvieran en su propiedad.

8.1.4 Aun cuando los cruces ferroviarios tengan señalización activa deberá cuidarse que en el camino no existan obstáculos para la correcta visibilidad de las señales

### 8.2 Calzadas

8.2.1 La calzada del cruce será de tierra o pavimentada, a igualdad de la característica que presente el camino concurrente al cruce.

8.2.2 Cuando el camino sea de tierra, se protegerán las vías con una cama de rieles, que resguarde la estabilidad de aquellas y facilite el cruce carretero.

8.2.3 En camino pavimentado, será a opción del ferrocarril el tipo de pavimentación que aplicará en el ancho de durmientes para cada vía cruzada. El resto del camino en la zona-de-dominio del ferrocarril, será pavimentado como en los tramos anteriores al cruce.

8.2.4 En cruce rural, la calzada del camino no tendrá pendiente mayor que 3% en 60 m a cada lado del paso si es camino de tierra o en 120 m si es camino pavimentado.

8.2.5 En cruce urbano, la pendiente del camino será según lo indicado en 8.2.4 pero sólo hasta 30 m a cada lado del cruce.

---

8.2.6 En los casos 8.2.4/5 se entenderá que la calzada debe siempre respetar la ubicación de los rieles a cruzar.

8.2.7 Cuando el cruce sea rural, el eje del camino deberá mantener una inclinación de 60° como mínimo, con respecto de las vías. Dicha condición se deberá cumplir en toda la extensión del camino comprendida en la zona de visibilidad.

8.2.8 En el caso de cruce urbano, la calzada seguirá la traza de la calle beneficiada con el paso. Se recomienda elegir en lo posible un ángulo de cruce de 90°.

8.2.9 En los cruces rurales, los caminos pavimentados tendrán sus carriles de circulación de 3,65 m como máximo. Dicho módulo de ancho (u otro menor según el caso) será multiplicado por el número de carriles, para obtener el ancho de calzada útil en el paso.

8.2.10 Además del ancho según 8.2.9, el pavimento de la calzada podrá ocupar hasta un metro más a cada lado, en la propiedad ferroviaria.

8.2.11 Las banquetas no podrán estar pavimentadas entre las líneas de detención de vehículos, ni tampoco existirán en la propiedad ferroviaria.

8.2.12 Los caminos rurales de tierra, tendrán un ancho de 9,50 m como máximo, en el cruce de la propiedad ferroviaria.

8.2.13 Los caminos urbanos cruzarán la propiedad ferroviaria con el ancho que en cada caso tuviera la calzada

8.2.14 En los cruces particulares, el camino tendrá como máximo/ un ancho de 6 m al pasar la propiedad ferroviaria.

8.2.18 La calzada de caminos rurales pavimentados será tratada a 300 m antes del cruce, aplicando un riego de liga en todo el ancho del pavimento y en una extensión de 15 m. En dicha zona se incorporará un agregado pétreo de granulometría comprendida entre 10 y 15 mm, compactándolo y efectuando riego adicional.

### 8.3 Aceras

8.3.1 En correspondencia con cada paso carretero en zona urbana, habrá una zona destinada al cruce de peatones, adecuadamente diferenciada de la calzada.

### 8.4 Defensas

8.4.1 El acceso a la propiedad ferroviaria desde un cruce ferroviario será impedido físicamente en la mejor forma posible para cada caso, tratando de que el ingreso a la zona de operaciones del ferrocarril sea un acto consciente. Por lo menos se cercará la zona vedada en las proximidades del cruce.

8.4.2 Cuando hubiera partes en movimiento correspondientes a la señalización activa que pudieran alcanzar o ser alcanzadas inadvertidamente desde un paso peatonal, se colocarán defensas para impedirlo. En tal caso será suficiente en orden de mínima exigencia, asegurar una distancia prudencial.

---

## 9 Responsabilidades

9.1 Para efectuar los tramiten por actuaciones incluidas en estas normas, se asignan las siguientes representaciones:

*Caminos de jurisdicción Nacional: DNV*

*Caminos de jurisdicción Provincial: Dirección de Vialidad de la Provincia.*

*Red vial de la Ciudad de Dueños Aires: Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.*

## 13 Anexos

### Anexo 13.6. RTR1 Red Troncal Especial

1. *Línea Roca:* *Glew Mar del Plata*  
*Ezeiza Las Flores – Olavaria – Pringues Bahía Blanca*
  
  2. *Línea Mitre:* *J. L. Suárez – Rosario*  
*Rosario – Córdoba*  
*Rosario Tucumán*
  
  3. *Línea San Martín* *Pilar – J. Daract – Beazley – Mendoza*  
*J. Daract – V. Mercedes*
  
  4. *Línea Sarmiento* *Moreno – Suipacha – Bragado – Olascoaga*
  
  5. *Línea Urquiza* *R. Darío – Zárate – Basabilbaso*  
*Concordia – Paso de los Libres*
-