



6.1	GENERALIDADES	1
6.2	PRINCIPIOS DE DISEÑO	3
6.3	DISEÑO DE RAMAS	8
6.4	TERMINALES DE RAMAS Y CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD	15
6.5	BIFURCACIONES Y CONFLUENCIAS	19
6.6	SOLUCIONES TÍPICAS	20
6.7	VÍAS COLECTORAS-DISTRIBUIDORAS	32
6.8	ILUMINACIÓN	34
6.9	BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA	35

6 DISTRIBUIDORES

6.1 GENERALIDADES

6.1.1 Introducción

En estas intersecciones, por lo menos el cruce principal es a distinto nivel.

Las intersecciones a nivel acomodan los movimientos de giro en las calzadas del cruce, o por medio de calzadas de giro. Los movimientos de giro en los distribuidores se desarrollan en ramas. Las ramas reemplazan el lento giro a través de un ángulo de esviaje aproximadamente igual a 90° por maniobras de convergencia y divergencia de alta velocidad en ángulos relativamente abiertos.

En [S6.6] se ilustran varios tipos de distribuidores. Cada forma básica se divide en subtipos. P. ej., un distribuidor Diamante puede ser convencional o partido.

El desarrollo más reciente en la forma del Distribuidor Diamante es el de Punto Simple, también referida como Distribuidor Urbano.

6.1.2 Separaciones de nivel y distribuidores

Separaciones de nivel

Las separaciones de nivel sólo separan espacialmente los movimientos de cruce; no incluyen calzadas para movimientos de conexión. Son cruces puros.

Algunas justificaciones para los distribuidores son válidas para los cruces puros. Otras serían:

- Acceso a zonas no servidas por colectoras frentistas.
- Cruces con vías de otro tipo: ciclistas, férreas, peatonales, etcétera.
- Presencia de cruces muy cercanos que dificulten el correcto diseño de las ramas de entrada y salida. Se elegirá cuáles de ellos deben ser distribuidores y cuáles quedarán como cruces puros.

Distribuidores

- Por decisión de diseño: por planeamiento del tipo de vía a ejecutar. P. ej., cuando se proyecta una autopista, que por definición no tiene cruces a nivel.
 - Por los volúmenes de tránsito. Con volúmenes crecientes, se alcanzará un punto donde todas las opciones de separación temporal de movimientos conflictivos en una intersección a nivel estarán agotadas.
 - Para reducir cuellos de botella o puntos de congestión: la falta de aptitud de una intersección a nivel para mantener la capacidad adecuada justifica desarrollar un distribuidor.
-

- Mejoramiento de la seguridad: algunas intersecciones a nivel tienen una tasa desproporcionada de accidentes serios. La inexistencia de métodos de bajo costo para reducir los accidentes puede justificar una separación de niveles o un distribuidor. Los índices de choques tienden a ser altos en las intersecciones en caminos arteriales rurales muy transitados, con franjas laterales con urbanización en desarrollo.
- Topografía del lugar: puede ser tan complicada que una intersección a nivel con parámetros de diseño adecuados resulte de costo igual o mayor que el de un distribuidor.
- Beneficios del usuario: para reducir los costos del usuario por las demoras en intersecciones a nivel congestionadas.

6.1.3 “Sobre” vs. “Bajo”

En cualquier ubicación, las condiciones que gobiernan qué camino debería pasar sobre el otro corresponden son:

- La influencia dominante de la topografía, y el diseño que deba ajustarse a ella.
- La topografía no favorece ninguna disposición,
- Los controles de diseño planialtimétrico de uno de los caminos son suficientemente importantes como para subordinar los del otro, y para justificar un diseño distinto al que más se adapta a la topografía del lugar.

En terreno llano, donde la topografía no gobierna, deben considerarse los factores:

- *Económicos*: se levantará el camino de más baja categoría y de más bajos parámetros de diseño, tendiendo a reducir el movimiento de suelos. Para seleccionar la velocidad directriz del camino secundario se tendrá en cuenta su categoría. Se recomienda no reducir el parámetro de la curva vertical con la idea controlar la velocidad mediante señalización reglamentaria.
 - *De percepción*: en un cruce bajo nivel el conductor percibe mejor la cercanía de una estructura, y eventualmente de la existencia de ramas de salida.
 - *Tránsito*: Donde el tránsito que gira es importante, la existencia de rampas en las salidas favorecen a la desaceleración, al tiempo que facilitan la aceleración en las entradas.
 - *Construcción*: Un paso por encima ofrece mejores condiciones para una construcción por etapas.
 - *Interferencias*: Donde un camino nuevo cruce uno existente, una solución sobre nivel por parte de la primera causaría menos interferencias al tránsito de la ruta existente, y puede no ser necesario un desvío.
 - *Gálidos verticales*: Los puentes sobre nivel no tienen limitación de gálibo vertical, por lo que pueden ser ventajosos en casos de rutas con frecuentes cargas especiales.
 - *Ambiente*: Frecuentemente, el tipo de cruce está determinado por el diseño del camino en su conjunto; p. ej., donde se deprime el camino para reducir el impacto visual y del ruido del tránsito.
-

6.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO

6.2.1 Capacidad

La capacidad de una autopista depende de la capacidad de sus elementos individuales siguientes:

- Sección básica de autopista sin distribuidores.
- Empalmes o terminales autopista/rama.
- Zonas de entrecruzamiento.
- Ramas.
- Intersección rama/camino secundario.

El objetivo operacional del distribuidor es proveer suficiente capacidad y evitar cortes que puedan afectar a la autopista. La capacidad del distribuidor debe ser igual o similar a las características operacionales de la sección básica de autopista. Para mantener un flujo ininterrumpido en la autopista, se debe evitar el atascamiento operacional del empalme rama-autopista.

6.2.2 Características deseables del diseño

Algunas de las consideraciones fundamentales para el diseño son:

- Mínimo entrecruzamiento: las secciones de entrecruzamiento reducen notablemente la velocidad y capacidad. Además, a alta velocidad y con altos volúmenes de tránsito, causan fuertes incrementos de accidentes y congestión. En general, la distancia entre cualquier entrada y la salida siguiente debería ser suficiente como para eliminar el entrecruzamiento como un control de diseño.
 - Salidas y entradas simples, con los correspondientes carriles de cambio de velocidad. Son preferibles las salidas fáciles, bien visibles y adecuadamente señalizadas.
 - Salidas antes de entrada: la congestión se reduce al quitar tránsito, antes de agregar tránsito. Cada entrada crea disturbios y fricción en el flujo del tránsito principal, por lo que resulta una reducción de velocidad y capacidad. Es deseable disminuir el número de entradas.
 - No salidas o entradas por la izquierda. No son convenientes por:
 - Las decisiones y maniobras tienen lugar en los carriles de alta velocidad.
 - Los conductores que entran son forzados a converger hacia su derecha donde tienen visibilidad reducida y dificultad para evaluar convenientemente las maniobras, más si se trata de un camión.
 - Tienden a confundir y sorprender a los conductores acostumbrados a maniobrar por la derecha.
 - Los camiones son forzados a maniobrar a través de varios carriles de tránsito rápido para alcanzar una salida a la izquierda, o para volver al carril derecho desde una entrada por la izquierda.
 - Correcta elección de la velocidad directriz para las ramas: debe ser acorde a la importancia de la misma y ajustada a velocidades directrices de los caminos principal y secundario.
 - Homogeneidad: resulta conveniente la utilización de diseños tipificados, con similar definición en cuanto a las salidas y maniobras de giros.
-

6.2.3 Selección del tipo de distribuidor

Al seleccionar un distribuidor, es clave conocer las características de los caminos que se cruzan.

- Los distribuidores entre dos o más autopistas se denominan distribuidores de sistema; p.ej., distribuidores direccionales y tréboles totales
- Los distribuidores entre una autopista y un camino no-autopista se denominan distribuidores de servicio; p.ej., distribuidores diamante y trébol parcial, Trepas

Otro elemento clave es la ubicación: urbana o rural. En general, los distribuidores en zonas rurales se seleccionan sobre la base de la demanda de servicio, y se analizan como unidades separadas. En zonas urbanas, las condiciones específicas del lugar suelen limitar la satisfacción de las demandas de servicio. La selección estará significativamente influida por las características operacionales del camino que se cruza y de otros distribuidores vecinos.

Todos los distribuidores deberían proveer todos los movimientos, a menos que resulte impracticable. Aun si el volumen de giro previsto es bajo, la omisión de un movimiento puede causar confusión a los conductores que buscan la conexión.

Tanto como fuere posible, los distribuidores deben: ser simples, facilitar la comprensión del conductor y facilitar la señalización. Cuando las condiciones del lugar impongan un diseño que viole las expectativas de los conductores (p.ej., salida por la izquierda), se extremarán los cuidados en la señalización de preaviso.

Los proyectistas debieran tener en cuenta los factores siguientes al seleccionar la forma adecuada de un distribuidor:

- Distribuidor de sistema vs. de servicio
 - Zona urbana vs. rural
 - Número de ramales
 - Uniformidad de esquemas de salida y entrada
 - Condiciones del tránsito: volumen de salida/entrada desde/hacia la calzada principal, volúmenes directos y de giro en el camino secundario, cantidad aceptable de demoras/NDS para cada movimiento, y necesidad de controlar el tipo de tránsito en el camino secundario (flujo ininterrumpido, semáforo o señal de Pare)
 - Características operacionales: salidas/entradas simples o dobles, entrecruzamiento y señalización
 - Balance de carriles y continuidad de carriles
 - Impactos sobre el usuario: tiempo y distancia de viaje, seguridad, conveniencia y comodidad
 - Número de peatones que cruzan por el camino secundario
 - Caminos frentistas
-

- Disponibilidad de terrenos para zona de camino
- Impactos ambientales
- Costo de construcción
- Costo de mantenimiento
- Factibilidad de las etapas de construcción
- Mantenimiento del tránsito durante remodelación de distribuidores

6.2.4 Control de acceso en la zona del distribuidor

En el distribuidor y sus alrededores debe mantenerse un adecuado control de accesos, para asegurar su integridad. Esto se realiza mediante la definición y adquisición de suficiente zona de camino y la restricción de accesos públicos o privados hacia las ramas o caminos secundarios. En general esto se realiza mediante la definición de caminos de servicio o frentistas.

La separación entre la calzada principal y el camino frentista (separación exterior) a lo largo de una vía se indica X en la Figura 6.1. El valor mínimo deseable de X es 15 m. Sin embargo, en tramos con zona de camino muy restringida, puede usarse como separación una barrera de hormigón y banquetas en cada plataforma.

La distancia que separa la intersección rama/camino secundario de la intersección camino frentista/camino secundario se muestra como Y en la Figura 6.1. Esa distancia debe ser suficiente como para permitir que las dos intersecciones operen independientemente y no existan problemas de señalización. El mínimo es del orden de 100 metros.

Si no se dispone de 100 m, puede considerarse la opción de salida hacia la colectora frentista primero, y a través de ella alcanzar el camino secundario. El diseño de la rama de conexión dependerá de si la colectora es de una o dos manos [Capítulo 4 AUTOPISTAS].

La Figura 6.1 esquematiza un trazado básico. El elemento de diseño crítico es la distancia A entre la convergencia rama/camino frentista y el camino secundario, la cual permitir que el tránsito se entrecruce, el vehículo desacelere y se detenga, y se provea espacio para almacenar vehículos en espera y evitar interferencias con el punto de convergencia.

La Tabla 6.1 da guías generales sobre cómo estimar esta distancia durante el diseño preliminar. Durante el diseño definitivo se verificará que la distancia adoptada acomode satisfactoriamente los volúmenes de tránsito, según las condiciones de velocidad, entrecruzamiento, detención, y almacenamiento de intersección.

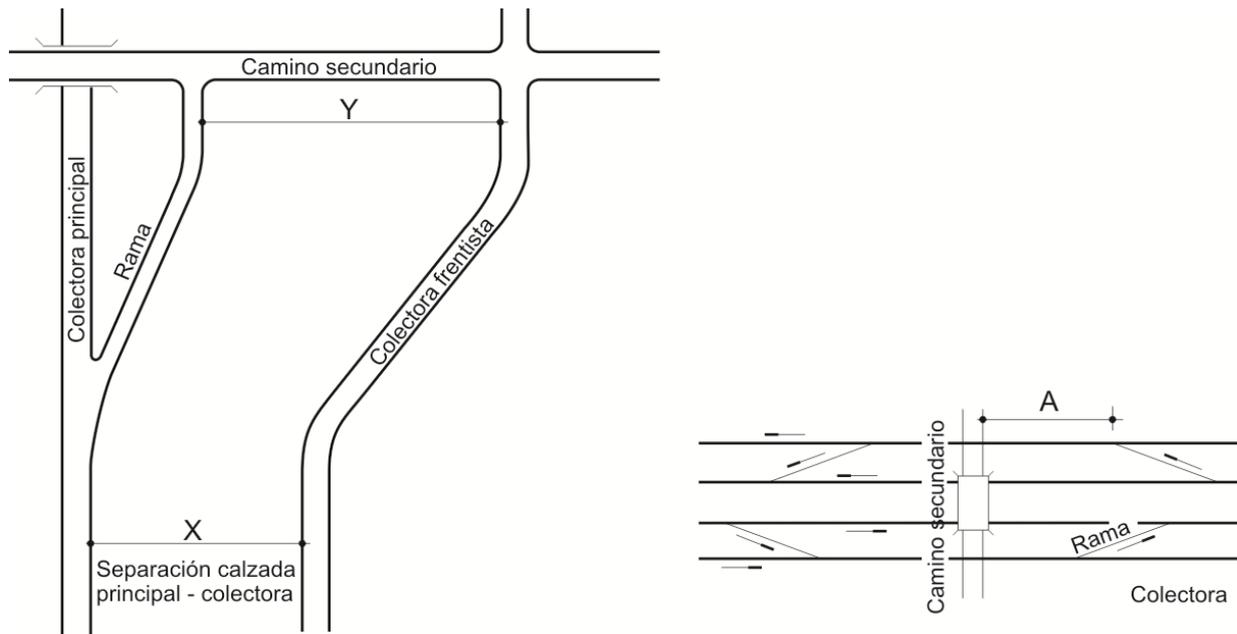


Figura 6.1 Diseño de Camino Frentista

Tabla 6.1 Distancia A desde rama/camino frentista hasta intersección con camino secundario

Tránsito colector (v/h)	Tránsito rama (v/h)	Valor A (m)		
		Deseable	Mínimo	Mínimo absoluto
200	140	150	115	80
400	275	170	140	110
600	410	190	150	120
800	550	210	165	130
1.000	690	230	180	135
1.200	830	250	195	145
1.400	960	270	210	150
1.600	1.100	290	235	160
1.800	1.240	310	260	170
2.000	1.380	330	300	175

- Volumen total de camino frentista y rama de salida entre la convergencia hasta la intersección con el camino secundario.
- Suponer en la primera columna el 69 por ciento del volumen total.

Fuente: *Frontage Road Ramp To Cross-street Distance Requirements In Urban Freeway Design* J. Michael Turner y Carroll J. Messer, Texas Transportation Institute, January 1978.

6.2.5 Carriles Auxiliares

En los distribuidores, un carril auxiliar tiene igual ancho que los principales, y se adiciona para facilitar la operación de tránsito. Los carriles auxiliares son normalmente usados para:

- Cumplir los principios del balance de carriles
- Cumplir los requerimientos de capacidad en caso de pendientes adversas
- Acomodar los cambios de velocidad
- Acomodar el entrecruzamiento
- Acomodar las variaciones de esquemas de tránsito en los distribuidores
- Acomodar la maniobra del tránsito que sale y entra
- Simplificar las operaciones de tránsito mediante la reducción del número de cambios de carriles

Los carriles auxiliares continuos se construyen entre los terminales de entrada y salida de los distribuidores donde la distancia entre el fin del abocinamiento del terminal de entrada y el comienzo del abocinamiento del terminal de salida sea corta. AASHTO recomienda usar un carril auxiliar para conectar los carriles de aceleración y desaceleración cuando la distancia entre narices sucesivas es menor que 450 m.

Puede introducirse un carril auxiliar como un carril simple exclusivo, o en una entrada de 2 carriles. La terminación de un carril auxiliar puede realizarse por varios métodos.

La Figura 6.2 muestra los esquemas básicos de diseño para agregar y perder carriles auxiliares dentro y más allá de los distribuidores. El diseño debe basarse en los volúmenes de tránsito para los movimientos de salida, entrada y directos.

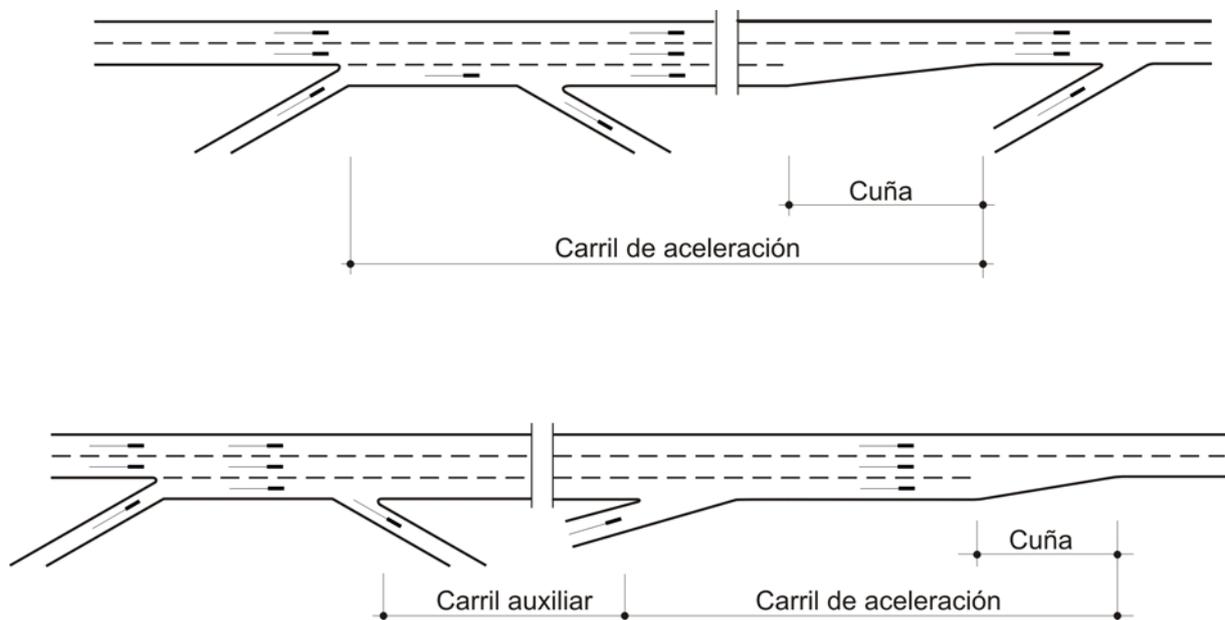


Figura 6.2 Carriles Auxiliares en los Distribuidores

6.3 DISEÑO DE RAMAS

6.3.1 Tipos de ramas

La configuración general de una rama está determinada por el tipo de distribuidor seleccionado. Sus características principales -alineamientos horizontal y vertical, y sección transversal- están influidas por varias consideraciones, tales como volumen y composición de tránsito, geometría y características operacionales de los caminos que conecta, topografía local, dispositivos de control de tránsito y expectativas del conductor. Las configuraciones de ramas más comunes son:

- Directas
- Semidirectas
- Indirectas o Rulos

En la Figura 6.3 se muestran los tipos más comunes de ramas

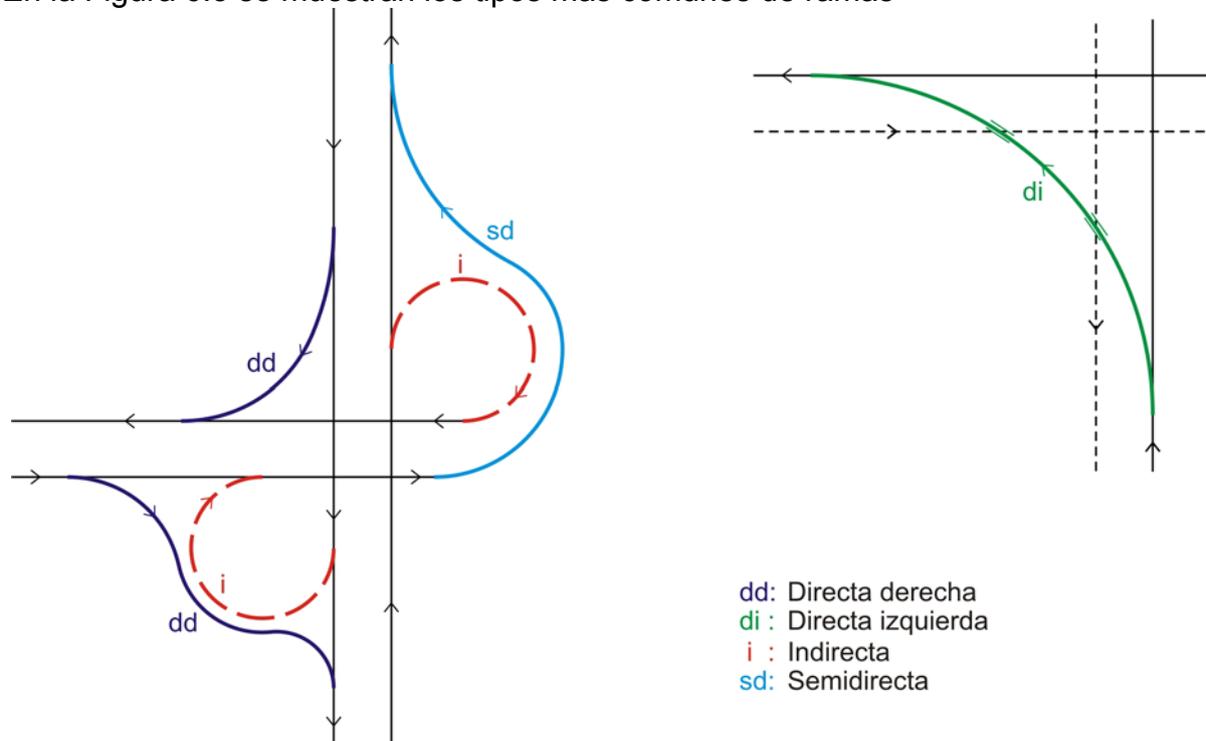


Figura 6.3 Esquema de los tipos más comunes de ramas

6.3.2 Velocidad directriz

Para una dada velocidad directriz de las calzadas principal y secundaria, la Tabla 6.2 indica valores guía para la velocidad directriz de la rama, según se trate de directas, semidirectas o rulos. Estos valores corresponden a la curva más cerrada de la rama.

Tabla 6.2 Valores guía para la Velocidad Directriz de la Rama en relación a la Velocidad Directriz de los caminos principal y secundario

	Ramas directas				Ramas semidirectas				Rulos		
	Promedio entre V de camino principal y secundario (km/h)	120	100	80	60	120	100	80	60	≥ 80	70
V de la rama (km/h)	80	70	60	50	70	60	50	40	40	35	30
Rmín (m) para e=6%	250	185	125	80	185	125	80	45	45	40	25
Rmín (m) para e=4%	280	205	135	90	205	135	90	50	no recomendable		
Condiciones de diseño			mín en zona rural	mín en zona urbana			mín en zona rural	mín en zona urbana		mín en zona rural	mín en zona urbana

6.3.3 Distancia visual en ramas

Es necesario que el conductor pueda ver las marcas viales que definen el comienzo del abocinamiento en las ramas de salida y el fin del abocinamiento de entrada.

Se debe proveer distancia visual de decisión en las aproximaciones a la rama y a lo largo de toda su longitud. Los valores adecuados de distancia visual de decisión se indican en el [Capítulo 3 DISEÑO GEOMÉTRICO].

6.3.4 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal está determinado por la velocidad directriz seleccionada y el peralte que se le dé a la rama. Los valores máximos para el coeficiente de fricción transversal son:

Tabla 6.3 Valores máximos del coeficiente de fricción transversal

V km/h	ft
15	0,40
20	0,35
30	0,28
40	0,23
50	0,19
60	0,17
70	0,15

Los radios mínimos de las curvas horizontales en ramas se calculan con las mismas expresiones incluidas en el [C3]. En la Tabla 6.4 se muestran los valores para distintos peraltes.

Tabla 6.4 Radios mínimos para ramas

e (%)	V = 20 km/h R (m)	V = 30 km/h R (m)	V = 40 km/h R (m)	V = 50 km/h R (m)	V = 60 km/h R (m)	V = 70 km/h R (m)
-6	11	32	74	151	258	429
-5	10	31	70	141	236	386
-4	10	30	66	131	218	351
-3	10	28	63	123	202	322
-2,8	10	28	62	122	200	316
-2,6	10	28	62	120	197	311
-2,4	10	28	61	119	194	306
-2,2	10	27	61	117	192	301
-2	10	27	60	116	189	297
-1,5	9	27	59	113	183	286
0	9	25	55	104	167	257
1,5	9	24	51	96	153	234
2	9	24	50	94	149	227
2,2	8	23	50	93	148	224
2,4	8	23	50	92	146	222
2,6	8	23	49	91	145	219
2,8	8	23	49	90	143	217
3	8	23	48	89	142	214
3,2	8	23	48	89	140	212
3,4	8	23	48	88	139	210
3,6	8	22	47	87	138	207
3,8	8	22	47	86	136	205
4	8	22	47	86	135	203
4,2	8	22	46	85	134	201
4,4	8	22	46	84	132	199
4,6	8	22	46	83	131	197
4,8	8	22	45	83	130	195
5	8	21	45	82	129	193
5,2	8	21	45	81	128	191
5,4	8	21	44	81	127	189
5,6	8	21	44	80	125	187
5,8	8	21	44	79	124	185
6	8	21	43	79	123	184
6,2	8	21	43	78	122	182
6,4	8	21	43	78	121	180
6,6	8	20	43	77	120	179
6,8	8	20	42	76	119	177
7	7	20	42	76	118	175
7,2	7	20	42	75	117	174
7,4	7	20	41	75	116	172
7,6	7	20	41	74	115	171
7,8	7	20	41	73	114	169
8	7	20	41	73	113	168

Para obtener en una rama la variación gradual de los radios desde las velocidades más altas a las más bajas, se pueden usar curvas compuestas o la Curva C (coeficiente centrífugo constante) del Ing. Palazzo. La relación entre el radio más suave y el más cerrado no debe superar 2:1.

La longitud de cada arco se selecciona como para permitir la desaceleración hasta la velocidad adecuada al radio siguiente (en su entrada), utilizando una tasa de aceleración/desaceleración entre 3,2 y 4,8 km/h/s.

$$L(m) = \frac{0,139[V_f^2(\text{km/h}) - V_i^2(\text{km/h})]}{a(\text{km/h/s})}$$

En el caso de elevar la velocidad a través de radios sucesivos, se aplica la misma relación.

Los conductores tienden a ubicar sus vehículos siguiendo el borde interior de cualquier curva a recorrer; es decir, maniobran hacia adentro de la curva más que hacia afuera. Por razones estéticas, se recomienda usar como eje de proyecto y de giro del peralte el borde interior.

6.3.5 Alineamiento vertical

Generalmente, la rasante de una rama comprende una sección media con pendiente constante, y terminales donde la pendiente está controlada por los caminos adyacentes. Si el camino transversal está sobre la autopista, la pendiente positiva en las ramas de salida ayudará a una rápida y cómoda desaceleración, y la pendiente negativa en la rama de salida ayudará a incrementar la aceleración hacia las velocidades de la autopista. Pueden considerarse valores de pendiente hasta 8 %, aunque es preferible no superar el 6 %.

Para cualquier rama la pendiente a usar depende de varios factores:

- A pendiente de rama más suave, mayor longitud
 - La pendiente más empinada debe diseñarse para la parte central de la rama. Las zonas de empalme o plataformas de almacenamiento en las intersecciones a nivel con ramas deberían ser tan planas como sea posible
 - Las cortas pendientes de subida de 7 a 8 por ciento permiten una operación segura sin pérdida de la velocidad de los vehículos de pasajeros. Las cortas pendientes de subida hasta 5 por ciento no afectan a los camiones y ómnibus
 - Las pendientes de bajada en ramas deben seguir las mismas guías que para las subidas. Sin embargo, pueden superar tales valores en un 2 por ciento, con 8 por ciento como máximo deseable
 - Las curvas verticales deben tener diseños que cumplan los criterios de distancia visual de detención. Si en los empalmes línea principal/rama se diseñan curvas verticales, deberían satisfacer la velocidad de diseño de la rama
 - Las pendientes y longitudes de rama pueden ser significativamente condicionadas por el ángulo de intersección entre los dos caminos, y el sentido y valor de la pendiente de las dos líneas principales
-

Se recomienda utilizar una combinación de peralte y pendiente tal que la línea de máxima pendiente resulte menor que 10 %. La Tabla 6.5 indica las pendientes resultantes de combinaciones de peralte y pendiente longitudinal; deben evitarse las combinaciones sombreadas.

Tabla 6.5 Pendientes máximas

Peralte %	Pendiente longitudinal %			
	2	4	6	8
4	4,47	5,65	7,21	8,94
6	6,31	7,2	8,49	10
8	8,25	8,94	10	11,31
10	10,19	10,73	11,63	12,8

6.3.6 Sección transversal: ancho de calzada en ramas

Para elegir el ancho de carril se considera vehículo de diseño tipo. Se respetará lo indicado en la Sección 5.6.3. El ancho adoptado se aplica en toda la longitud de la rama.

El ancho de carril más usual es de 4,5 metros. En el caso de un rulo, por efecto del radio (40 - 50 m), un semirremolque puede requerir un ancho de carril de 5 a 5,5 metros. Si los semirremolques no son usuarios frecuentes de la rama, podría tolerarse la invasión de las banquetas.

Usualmente las banquetas tienen un ancho adicional pavimentado de 2 a 3 m (derecha de 1,50 a 2 m, izquierda de 0,5 a 1 m). Resulta un ancho total pavimentado entre 7 y 8 metros, el cual permite un cómodo adelantamiento de un vehículo detenido.

Raras veces las ramas se diseñan con bombeo, y en general la aplicación de la rasante y la rotación del peralte se realiza sobre uno de los borde del carril.

Se incluyen perfiles típicos de una rama directa y de un rulo.

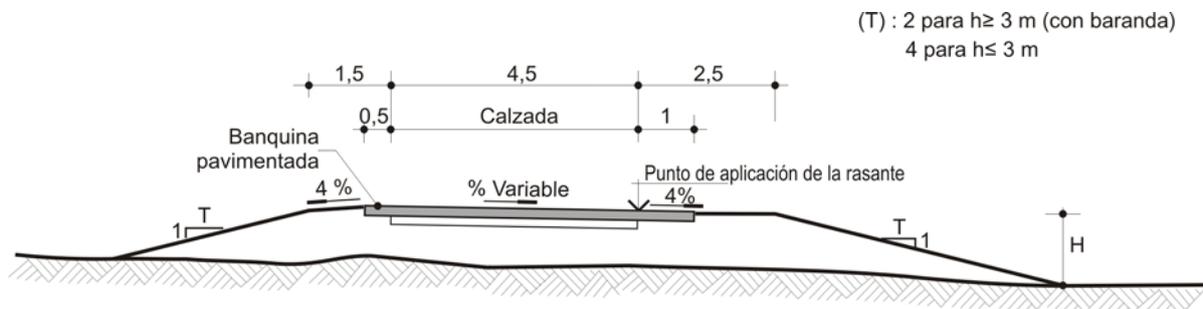


Figura 6.4 Perfiles típicos en ramas directas

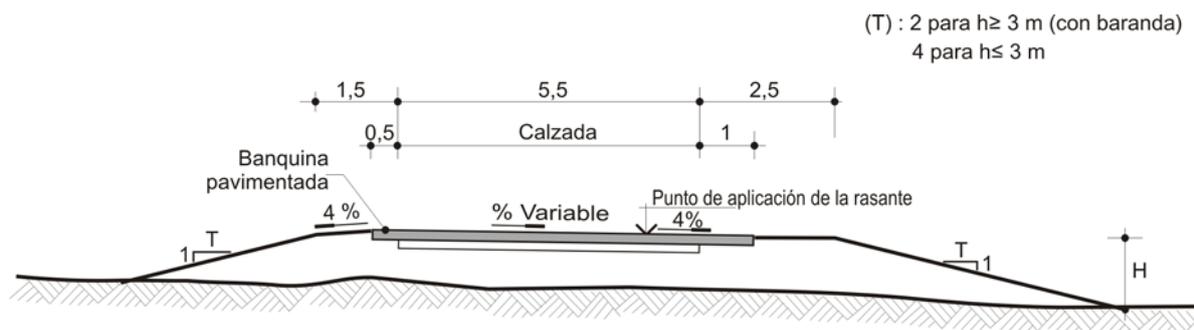


Figura 6.5 Perfiles típicos en rulos

6.3.7 Peralte en ramas

Los peraltes en las ramas están gobernados por los mismos principios generales vistos en el [C3].

En las ramas de distribuidores el rango del peralte máximo suele ser del 6 al 10%. Normalmente se disponen peraltes mayores en los rulos que en las ramas semidirectas y directas.

Tabla 6.6 Rango de tasas de peraltes para curvas en ramas

Radio m	Rango de tasa de peralte (%) para curvas de intersección con velocidad directriz (km/h) de:					
	20	30	40	50	60	70
25	2 - 7	2 - 10				
50	2 - 5	2 - 8	4 - 10			
70	2 - 4	2 - 6	3 - 8	6 - 10		
100	2 - 3	2 - 4	3 - 6	5 - 9	8 - 10	
150	2 - 3	2 - 3	3 - 5	4 - 7	6 - 9	9 - 10
200	2	2 - 3	2 - 4	3 - 5	5 - 7	7 - 9
300	2	2 - 3	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
500	2	2	2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
700	2	2	2	2	2 - 3	3 - 4
1000	2	2	2	2	2	2 - 3

Nota: Usar preferiblemente la mitad o tercio superior del rango indicado de la tasa de peralte.

La forma de desarrollar el peralte se basa principalmente en la comodidad del usuario y en la apariencia de los bordes de calzada, por lo que no deben superarse ciertos valores de la pendiente relativa entre los bordes de la calzada. Los gradientes relativos máximos recomendados se muestran en la Tabla 6.7

Tabla 6.7 Pendientes relativas máximas en terminales de ramas

V	Caso 1		
	Condición		
	3,6 m	B	C
15	5,4	5,5	7,2
25	4,8	5	5,9
30	4,5	4,9	5,7
50	4,2	4,6	5,2
75	3,9	4,5	4,9
100	3,9	4,5	4,9
125	3,9	4,5	4,9
150	3,6	4,5	4,9

En la Figura 6.6 se muestra una forma de desarrollar el peralte en una salida de la calzada principal.

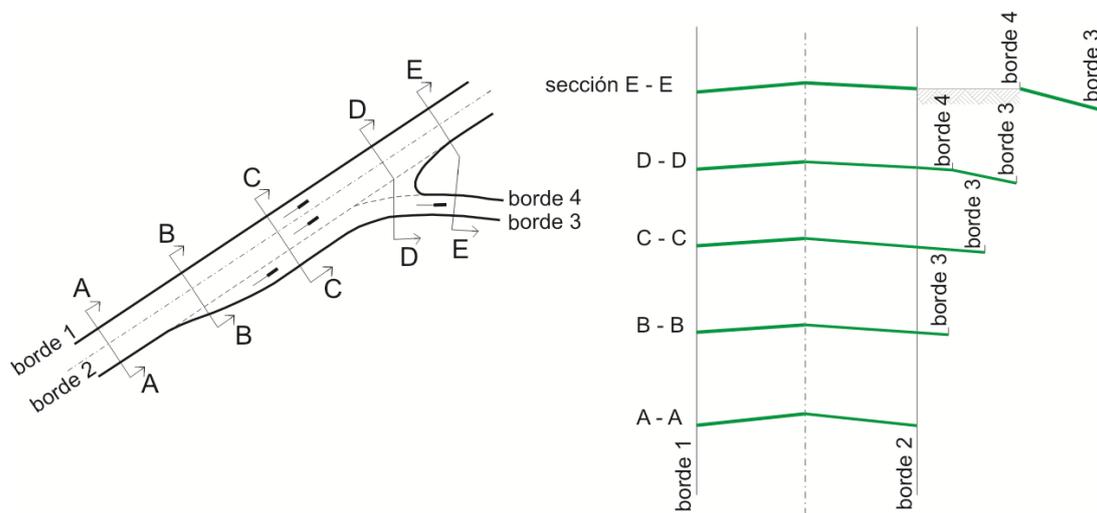


Figura 6.6 Desarrollo del peralte en terminales de plataforma de giro

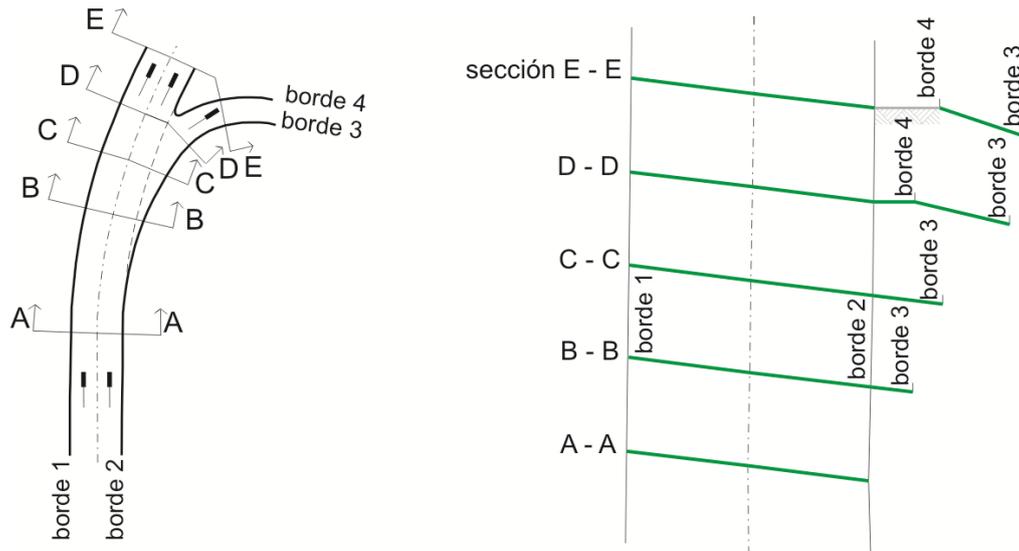


Figura 6.7 Desarrollo del peralte en terminales de plataforma de giro

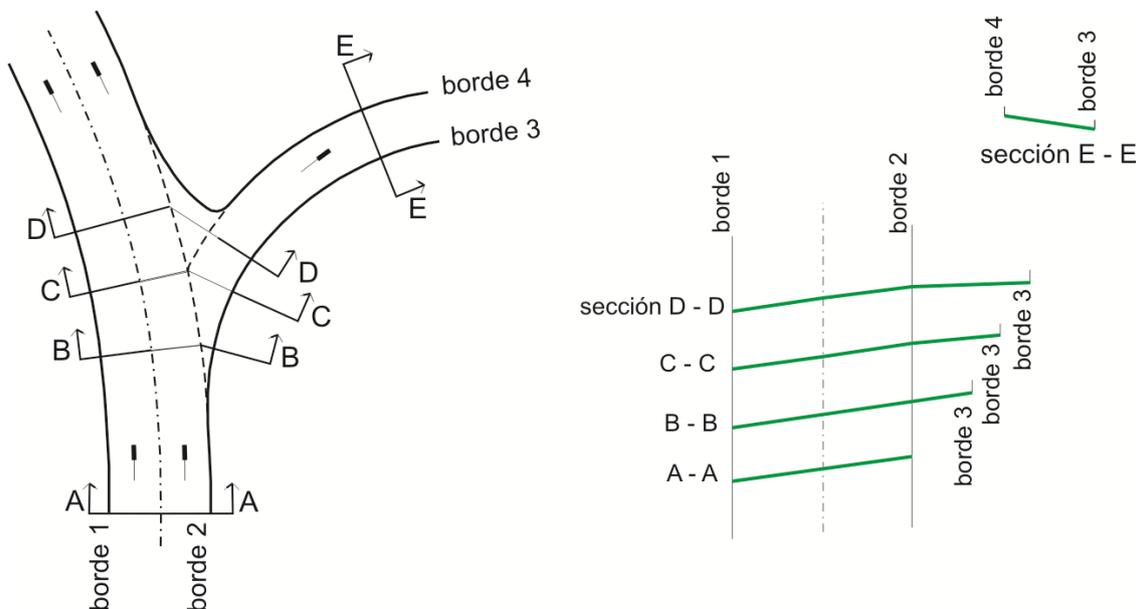


Figura 6.8 Desarrollo de peralte en terminales de plataforma de giro

6.4 TERMINALES DE RAMAS Y CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

6.4.1 Función

Normalmente, los vehículos tienen que desacelerar antes de salir de un tramo de camino a una vía de giro o a una rama; y tienen que acelerar al entrar otra vez en un tramo. Si estos cambios de velocidad se realizan en los tramos, los vehículos que giran pueden perturbar a los de paso. Estos carriles son un elemento típico del diseño de autopistas y autovías.

En general, hay que disponer carriles de cambio de velocidad donde se dé una de las circunstancias siguientes:

- La velocidad VO85 del movimiento de paso es superior a 60 km/h
- Las intensidades de circulación, tanto del movimiento de paso como de cualquier giro, son superiores a 200 vph.

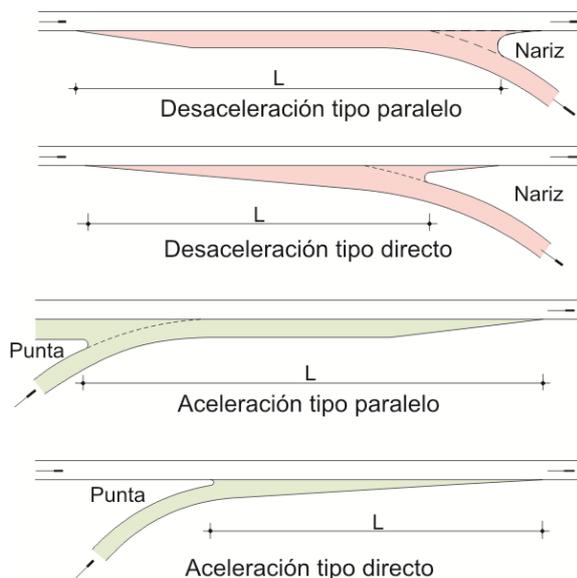
6.4.2 Tipo

Los carriles de cambio de velocidad pueden tener dos diseños:

- **Tipo paralelo.** Se añade un carril a la calzada principal, provista de una transición (cuña) en su extremo. Los conductores deben realizar maniobras en S en sus extremos.
- **Tipo directo.** El carril sale tangente a la calzada principal o formando un ángulo bajo.

En la Figura 6.9 se muestran los dos tipos.

Es preferible que los carriles de aceleración sean de tipo paralelo, porque en los directos no resulta clara la distancia disponible para la maniobra. En cambio, los de desaceleración podrán ser directos o de tipo paralelo.



Por distracción del conductor, es probable que algunos vehículos entren equivocadamente en un carril de desaceleración y requieran corregir su trayectoria. Para ello hay que extender la zona pavimentada algo más allá de la o nariz, y evitar la presencia de obstáculos tales como desniveles, señales, pilas de obras de paso, etcétera. Los obstáculos fijos que sean inevitables, se deben proteger adecuadamente, por medio de sistemas de contención de vehículos.

Al final de un carril de aceleración un vehículo puede ver imposibilitada su entrada en el tramo, y debe poder continuar por la banquina una vez terminado aquel carril.

Figura 6.9 Tipos de carriles de cambio de velocidad

6.4.3 Dimensiones

Ancho

Los carriles del tipo paralelo tienen el mismo ancho que los restantes carriles de la calzada. En los carriles tipo directo, el ancho es variable, definido por el trazado del borde externo, según el plano tipo OB-2.

Longitud

La longitud de los carriles de cambio de velocidad depende de la velocidad directriz del camino principal y de la velocidad estimada a la altura de la nariz.

Para estimar la longitud se definen dos secciones características:

- Sección característica de 2,15 m: donde el ancho del carril medido perpendicularmente al eje de la calzada principal desde el borde sea de 2,15 m; permite ubicar un vehículo liviano con un margen de distancia al borde del carril de 0,15 m
- Nariz de separación entre calzada del carril y de la calzada principal

Según bibliografía norteamericana y sudafricana, entre ambas secciones características se usan diferentes tasas de:

Desaceleración: 2 m/s^2

Aceleración: $0,7 \text{ m/s}^2$

En su extremo contiguo a la calzada principal, ambos carriles deben tener una transición de ancho en forma de cuña triangular, cuya longitud se adoptó en 80 m para la desaceleración (tasa de abocinamiento de 1:22 para carril de 3,65 m), y en 110 m para la aceleración (tasa de abocinamiento de 1:30). En la Tabla 6.8 y Tabla 6.9 se indican las longitudes de los carriles de cambio de velocidad, para caminos con pendientes entre -2% y +2%.

Tabla 6.8 Longitudes de los carriles de desaceleración

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	55	105	100	90	80					80
70	63	125	115	105	95	80				80
80	70	140	135	125	110	95	80			80
90	77	160	155	145	130	120	95	80		80
100	85	190	180	170	155	140	120	95		80
110	91	205	200	190	175	160	140	115	85	80
120	98	230	225	215	200	185	165	140	110	80
130	104	255	250	240	225	210	185	160	130	80

Tabla 6.9 Longitudes de los carriles de aceleración

V	VMM	Velocidad rama								Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	80	
60	47	185	165	140	110					110
70	55	230	210	180	145	110				110
80	62	275	255	225	190	140				110
90	69	330	305	280	240	195	130			110
100	77	390	370	345	305	260	200	125		110
110	83	445	425	400	360	310	250	180	110	110
120	90	515	490	465	425	375	315	245	160	110
130	97	575	550	525	485	440	380	305	225	110

Estas longitudes se ajustan en función de la pendiente longitudinal de la calzada principal (para valores mayores que +/- 2%).

Tabla 6.10 Factores de corrección a aplicar a los carriles de aceleración L cuando se construyen en pendientes $i > \pm 2\%$

V de la autopista km/h	Longitud en pendiente = factor por longitud de tabla II						
	Velocidad directriz de rampa km/h						
	30	40	50	60	70	80	Cualquier velocidad
	3 a 5 % ascendente						3 a 5 % descendente
60		1,3	1,3				0,7
70	1,3	1,3	1,4				0,7
80	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5		0,65
90	1,3	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	0,6
100	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	0,6
110	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	0,6
	5 a 6 % ascendente						5 a 6 % descendente
60		1,5	1,5				0,6
70	1,5	1,5	1,6				0,6
80	1,5	1,6	1,7	1,8	2		0,55
90	1,6	1,7	1,8	2	2,2	2,4	0,5
100	1,8	1,9	2	2,2	2,4	2,6	0,5
110	2	2	2,2	2,4	2,7	2,9	0,5

Nota: la pendiente es el promedio entre las correspondientes a los puntos B y C.

Tabla 6.11 Factores de corrección a aplicar a las longitudes de desaceleración L cuando se construyen en pendientes $i > \pm 2\%$.

V de la autopista km/h	Longitud en pendiente = factor por longitud de tabla II	
Para cualquier velocidad	3 a 5 % ascendente 0,9	3 a 5% descendente 1,2
Para cualquier velocidad	5 a 6 % ascendente 0,8	5 a 6% descendente 1,35

Nota: La pendiente es el promedio de las correspondientes a los puntos B y C

6.5 BIFURCACIONES Y CONFLUENCIAS

Las bifurcaciones se establecen cuando los flujos de tránsito (de paso y de salida) son similares. Análogamente, los encuentros de tránsito similares se plantean como una confluencia y no como una entrada.

Las velocidades directrices de las calzadas que concurren en una confluencia o bifurcación, deben ser similares.

El ángulo entre los bordes de calzada debe ser más reducido que en el caso de una salida o entrada.

Valores límites de la cotangente del ángulo entre bordes de calzada:

- 65 para confluencias ($0^{\circ} 52'$)
- 50 para bifurcaciones ($1^{\circ} 8'$)

El número de carriles en la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), no debe diferir de la suma del número de carriles después de la bifurcación (o antes de la confluencia) en más de uno. Excepcionalmente, en casos suficientemente justificados, la diferencia podrá ser de dos carriles.

Las longitudes de las zonas de confluencia y bifurcación se determinarán teniendo en cuenta los volúmenes horarios, velocidades y composición del tránsito, y los movimientos de los vehículos. Los valores mínimos, medidos entre la última sección de la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), y la sección en que las calzadas después de la bifurcación (o antes de la confluencia) distan entre sí un metro, serán los indicados en la Figura 6.10

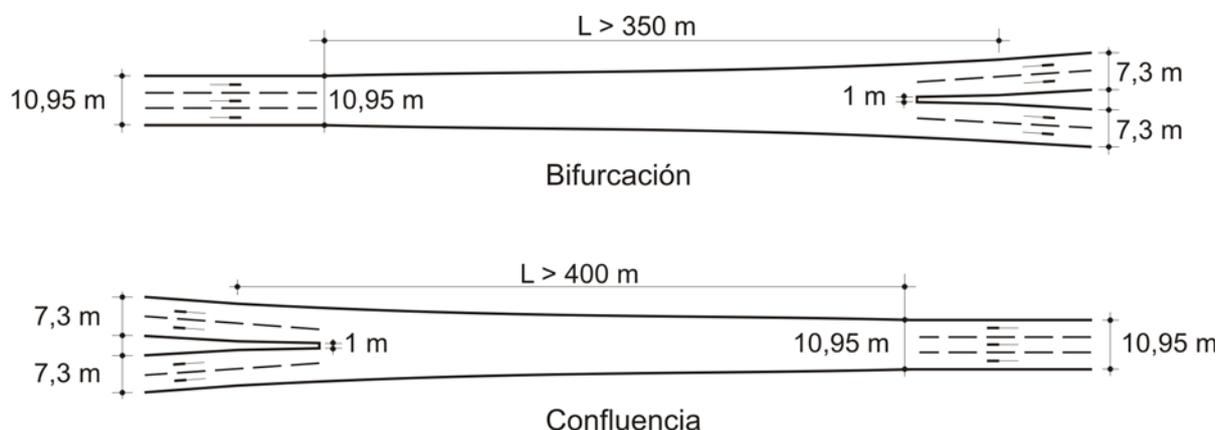


Figura 6.10 Bifurcaciones y confluencias

6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

6.6.1 Distribuidores de tres ramas

Trompeta

Empleando para los giros a la izquierda una rama semidirecta y un rulo, se tiene el distribuidor denominado trompeta (Figura 6.11). Sus ventajas principales son:



- Posee una alta capacidad en virtud de que todos los movimientos se realizan libremente
- Permite alta velocidad en el movimiento semidirecto para altos volúmenes de tránsito
- Requiere una sola estructura
- No presenta zonas de entrecruzamiento

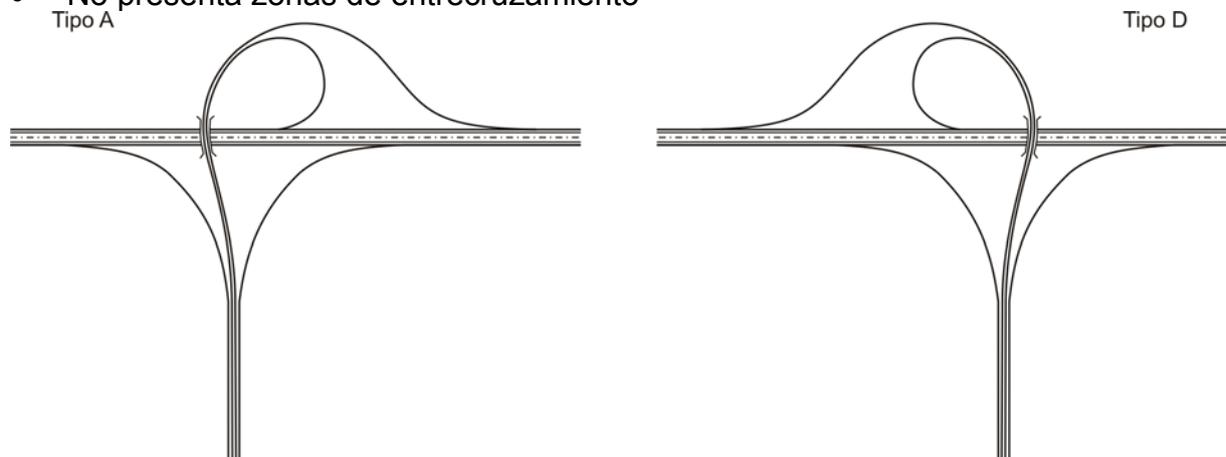


Figura 6.11 Distribuidor tipo trompeta (*)

Como el rulo tiene una menor capacidad, se le suele asignar el giro de menor intensidad de tránsito. Por su baja velocidad de operación, su conexión con el camino principal debe estar dotada de un carril de cambio de velocidad. El paso del camino secundario al rulo o al ramal semidirecto puede requerir una fuerte disminución de la velocidad, por lo que puede resultar conveniente introducir antes unas curvas en S de radios decrecientes que además reduzcan la oblicuidad del puente.

(*) Tipo A: Rulo Antes por arriba Puente
 Tipo D: Rulo Después por arriba Puente

Distribuidores semidireccionales

Donde las intensidades de los giros a la izquierda sean mayores de las que permite un rulo, se pueden emplear ramas semirectas, con dos puentes. El distribuidor se llama semidireccional.

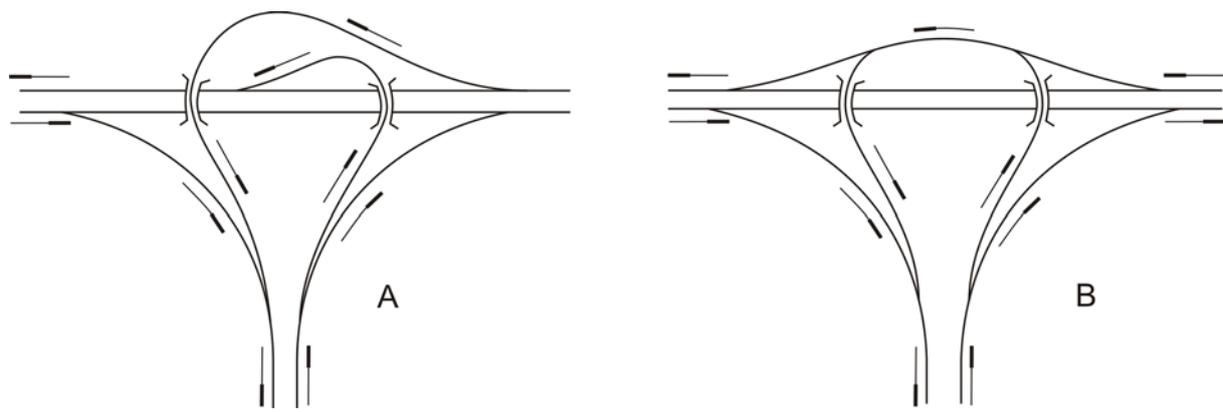


Figura 6.12 Distribuidores semidireccionales de tres ramas y dos puentes

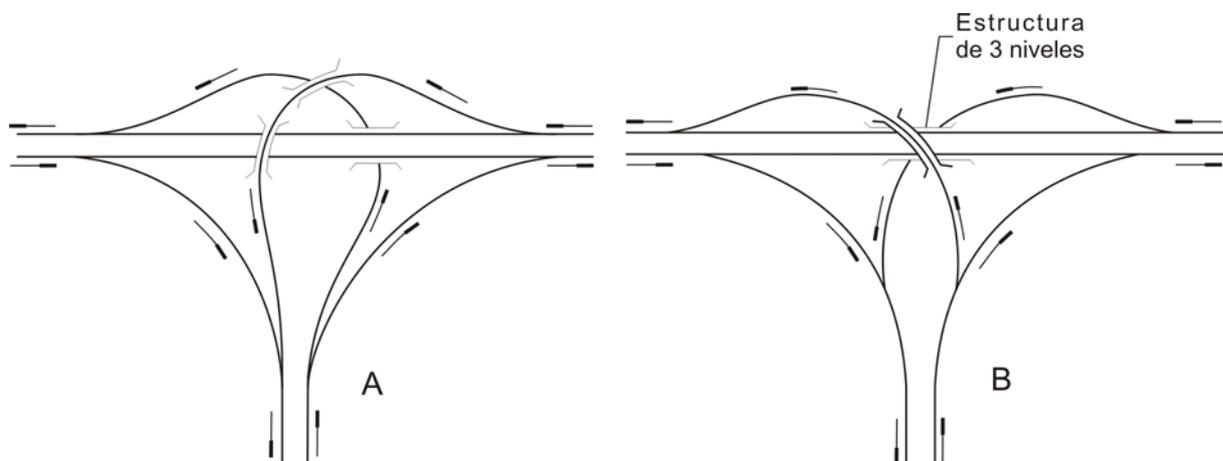


Figura 6.13 Distribuidores semidireccionales de tres ramas y tres puentes

Distribuidores direccionales



Donde los volúmenes de giro a la izquierda sean muy elevados se recurre a los distribuidores direccionales (con ramas directas), que requieren tres puentes oblicuos o una estructura de tres niveles. Las entradas y salidas por la izquierda de los ramales directos se solucionan como bifurcaciones y confluencias. Es una solución típica del entronque de autopistas o autovías.

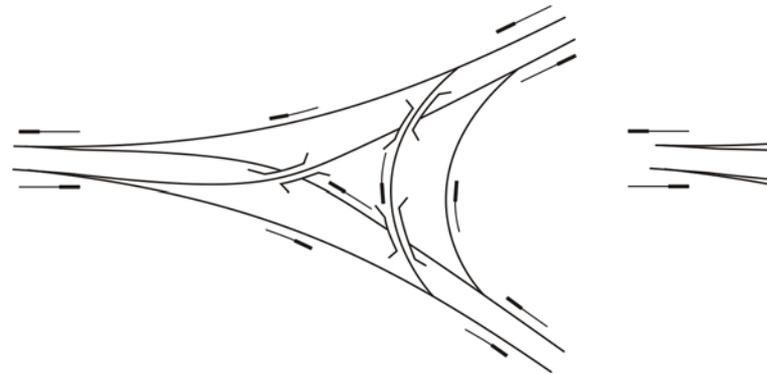


Figura 6.14 Distribuidor direccional de tres ramas

Distribuidores de tres ramas para futura ampliación a cuatro ramas

Para girar a la izquierda, también se pueden emplear dos ramales semirectos, en general como primera fase del desarrollo de un diamante. El cruce a nivel de los ramales limita la capacidad de esta solución, Figura 6.15. Pueden usarse dos rulos, como primera etapa de un trébol, Figura 6.16.

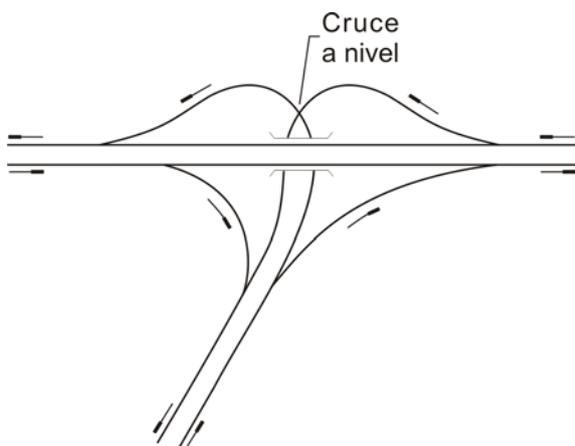


Figura 6.15 Primera fase de un diamante

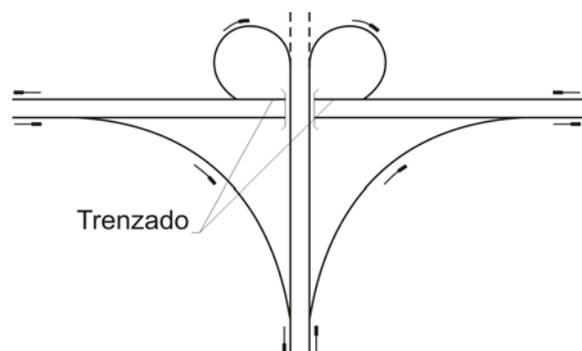


Figura 6.16 Primera fase de un trébol

6.6.2 Distribuidores de cuatro ramas

Diamante

Donde el camino transversal sea de una calzada y dos sentidos se admiten en él cruces y giros a nivel. Esta tipología, llamada *diamante*, resuelve los cuatro giros a la izquierda desde la autopista con los ramales directos para girar a la derecha. La ocupación de terreno es reducida, aunque se extiende a los cuatro cuadrantes.

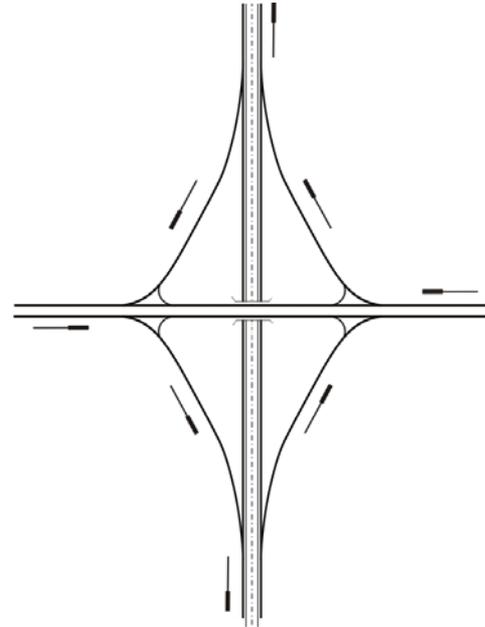


Figura 6.17 Distribuidor diamante clásico.

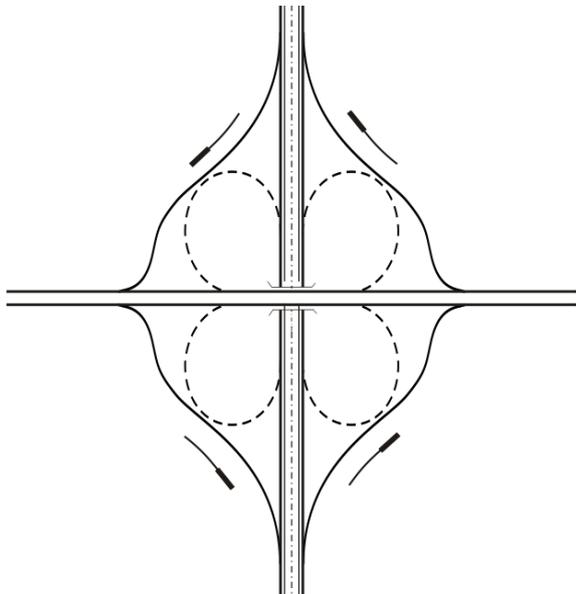


Figura 6.18 Diamante como primera fase de un trébol

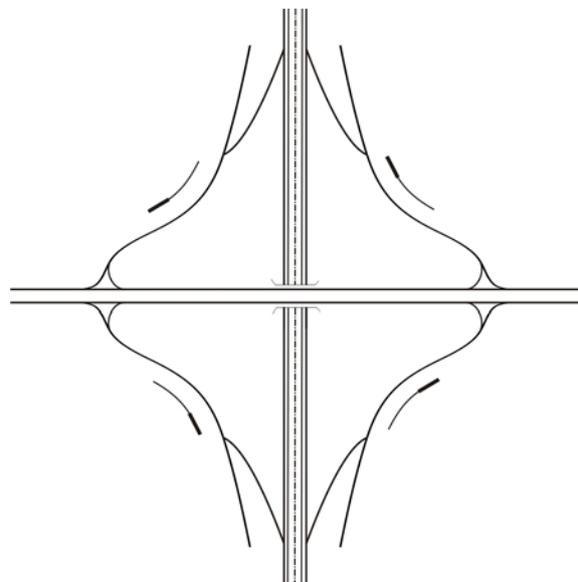


Figura 6.19 Diamante modificado, con conexión de las ramas a las colectoras

Este tipo de distribuidor es muy frecuente, ya que se puede aplicar:

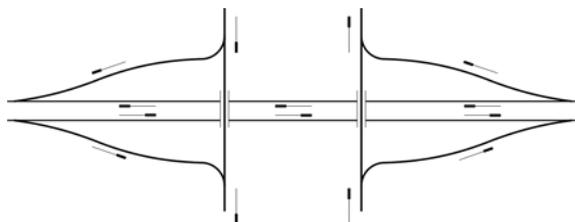
- En conexiones de un camino secundario con poco tránsito a otro principal.
- En zona rural, con tránsito medio y velocidades altas
- En zona urbana, con tránsito intenso, velocidades menores y circulación discontinua.

Ventajas:

- Una sola salida, antes del cruce, lo cual simplifica la señalización.
- Una sola entrada, después del cruce.
- Bajo costo y ocupación de poca superficie.
- Cuando la ruta principal está deprimida, las pendientes de las ramas ayudan a la desaceleración del tránsito que sale y a la aceleración del que entra.
- No son necesarias carriles de cambio de velocidad sobre o debajo de la estructura.
- No hay zonas de entrecruzamiento en la calzada principal.

Desventajas:

- Poca capacidad en el camino secundario por los giros a la izquierda. Cuando el TMDA supera los 1000 vpd, es conveniente disponer carriles de espera para los giros a izquierda [Capítulo 5 INTERSECCIONES].
- Dificultad para obtener buena visibilidad en la unión de las ramas con el camino secundario, especialmente cuando éste cruza sobre la autopista.
- Demasiados puntos de conflicto en el camino secundario que incrementan la posibilidad de accidentes, a pesar de la señalización.
- El tránsito que deja la autopista está obligado a detenerse al llegar al camino secundario. Esto puede obligar a proyectar una longitud excesiva de la rama para dar cabida a todos los vehículos que salen de la autopista.
- Pocas posibilidades para realizar una futura ampliación del distribuidor. No obstante, el aumento de tránsito puede absorberse, hasta cierto volumen, con canalizaciones o semaforización de tres fases para controlar los giros a la izquierda en las uniones de las ramas con el camino secundario.



En las zonas urbanas con red de calles de sentido único puede diseñarse un diamante partido, Figura 6.20.

Figura 6.20 Diamante partido con caminos secundarios de sentido único

Diamante modificado con rotondas en el camino transversal (pesa)

Este distribuidor constituye una solución intermedia entre el Diamante convencional y la Rotonda a distinto nivel. Además de las ventajas comentadas de los diamantes convencionales o simples, tiene otras adicionales:



- Bajo costo y diseño compacto, con un solo puente.
- Reduce los puntos de conflicto sobre el camino secundario, al cambiar las intersecciones simples o canalizadas por rotondas.
- Las rotondas permiten un mayor control de las velocidades en el camino transversal.

Diamante urbano de punto único (DUPU)



El Diamante Urbano de Punto Único lleva las cuatro ramas a juntarse en un punto sobre la autopista. Este distribuidor es conveniente donde el espacio sea reducido o donde el volumen de tránsito que gira a la izquierda sea muy alto.

La capacidad del Diamante de Punto Único es más alta que la del Diamante Simple. Requiere un semáforo de tres fases y somete a los peatones a cruces anchos desprotegidos.

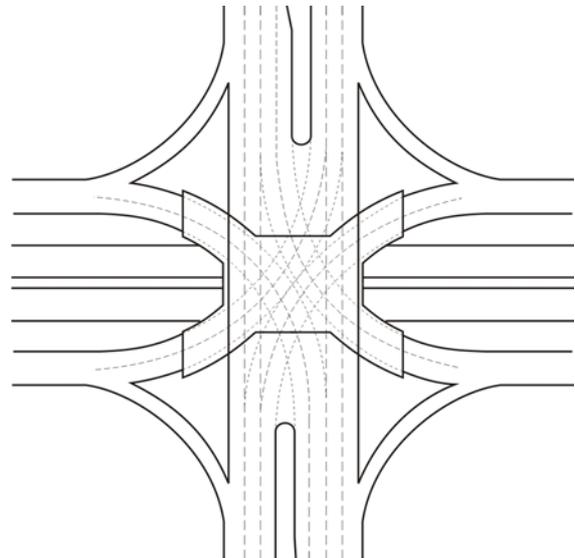
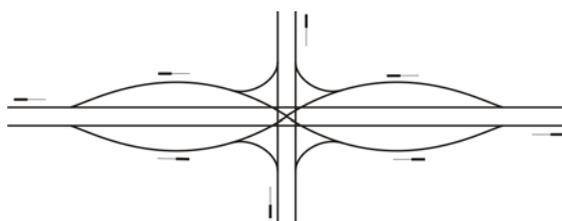


Figura 6.21 Diamante urbano de punto único

- Dada la complejidad de su geometría, el DUPU debe semaforizarse (semáforo de 3 fases), y deben protegerse todos los movimientos a la izquierda. Como hay un solo semáforo, el DUPU permite una coordinación más fácil sobre el camino secundario, lo cual reduce la demora para el movimiento directo en el camino secundario.
 - La forma de un DUPU requiere puentes más anchos y más muros de sostenimiento que otros diamantes. Por lo tanto, cuestan 20 a 25 % más que los diamantes convencionales.
 - El diseño inicial de un DUPU debe tener carriles de giro dobles para todos los movimientos a la izquierda.
 - Los DUPU se diseñan para permitir altos volúmenes de giros izquierda desde rama de salida hacia flujo de mediana velocidad y con demoras mínimas. La geometría del DUPU facilita eso. Para proveer adecuada visibilidad y giros rápidos a la izquierda, en el DUPU deben usarse grandes radios de giro (45 a 90 m) para las ramas de salida. Consecuentemente, la distancia entre las líneas de detención en el camino secundario pueden superar los 60 ó 75 m. Los estudios muestran que las ventajas operacionales de los DUPU disminuyen en tanto crece esa distancia.
 - Esta distancia grande crea la necesidad de medianas sobreelevadas para evitar que los vehículos giren a la izquierda siguiendo una trayectoria divagante, muy diferente a la adecuada.
 - Deben evitarse los DUPU si los dos caminos se cruzan en un gran ángulo de esviaje. Los grandes ángulos de esviaje reducen la visibilidad de la intersección e incrementan más la distancia entre las líneas de detención del camino secundario, incrementando así la longitud del puente.
 - En los DUPU deben separarse físicamente los giros a izquierda y derecha, permitiendo que este último fluya independientemente del semáforo. Esto disminuye significativamente el tiempo de verde necesario para la rama de salida y la demora general.
 - Debe evitarse agregar un camino frentista al DUPU, porque implica agregar una cuarta fase al semáforo, incrementando la demora general.
 - Debido al semáforo único y a los requerimientos de señales en este tipo de distribuidor, es preferible construir el camino secundario pasando sobre el camino principal. La intersección es más visible, se necesita menos iluminación, y las ubicaciones de semáforos/señales no están influidas por la estructura del puente.
 - La forma y fases de los semáforos de un DUPU no permiten el fácil acomodamiento de los peatones que cruzan el camino transversal. Una opción es prohibir que los peatones crucen hacia la mediana sobreelevada durante la fase de rama de salida, y luego cruzar la otra mitad durante la fase de giro del camino menor. La adición de una fase peatonal al semáforo del DUPU incrementa la demora general del distribuidor y debe evitarse.
-

Trébol completo

Cuando todos los giros a la izquierda se realizan mediante rulos, sin cruzar ninguna corriente de tráfico, y los giros a la derecha mediante ramales directos, se tiene otra configuración: el trébol completo.

En zona rural puede resultar una solución para el cruce de dos autopistas o autovías con tránsito no muy intenso, cuando ningún giro a la izquierda predomine sobre los demás.

En cada calzada hay una entrada delante del puente, seguida de una salida detrás de este. Se origina así un entrecruzamiento que, si la suma de las intensidades de los tránsitos que giran en los rulos adyacentes supera unos 1000 vph, puede funcionar mal.

Ventajas:

- Quedan eliminados todos los conflictos originados por giros a la izquierda.
- Todos los movimientos del tránsito resultan continuos y naturales.
- Puede ser construido en etapas.
- Resulta innecesaria la semaforización en el camino secundario.

Desventajas:

- Ocupación de mucha superficie con los consiguientes altos costos de expropiación.
- Existencia de zonas de entrecruzamiento tanto en la autopista como en el camino secundario que producen severas limitaciones de capacidad.
- La doble salida en cada sentido del tránsito de la autopista complica y hace confusa la señalización.
- Longitud insuficiente para la desaceleración desde la velocidad de la autopista hasta la velocidad que se requiere para tomar la rama de salida (rulo).
- Pobres condiciones de seguridad en virtud de las zonas de entrecruzamiento y de lo expresado en el punto anterior.

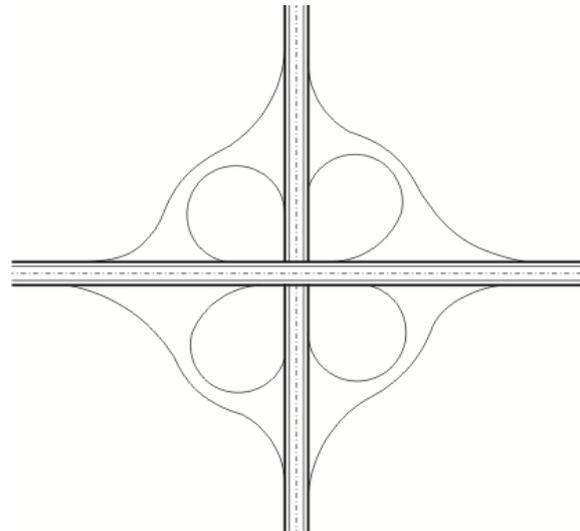


Figura 6.22 Trébol completo

Medio trébol

La designación *medio trébol* se utiliza para los tréboles parciales donde los dos cuadrantes utilizados son adyacentes.

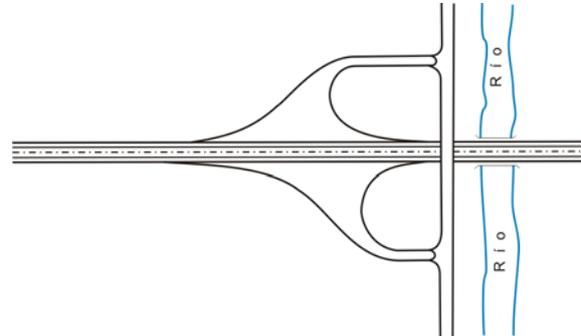


Figura 6.23 Medio trébol (Trepas de dos cuadrantes adyacentes)

En este distribuidor, el camino secundario tiene dos intersecciones a nivel, que pueden tener control semafórico. Dos de los giros a la izquierda se realizan por rulos. Al ocupar sólo dos cuadrantes, son especialmente adecuados donde haya restricciones físicas paralelas al camino secundario (presencia de ferrocarril, río, etcétera), Figura 6.23.

Tienen un rulo de salida, una rama de salida, un rulo de entrada, y una rama de salida. Al tener dos cuadrantes consecutivos, el entrecruzamiento es un problema. Los rulos deben orientarse para que el entrecruzamiento ocurra en el camino secundario, no en el principal.

Trébol parcial, Trepas

Otro tipo de trébol parcial ocupa también solo dos cuadrantes; no adyacentes, sino en diagonal.

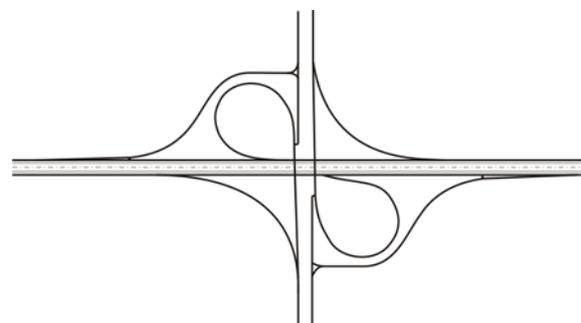


Figura 6.24 Trepas con rulos en dos cuadrantes en diagonal

Ventajas:

- No tienen zonas de entrecruzamiento.
- No induce a la realización de movimientos equivocados.
- Tienen elevada capacidad, similar que el trébol de cuatro hojas, dependiendo de la misma del volumen de los giros a la izquierda en las ramas de salida de la autopista,

Desventajas:

- Los puntos de conflicto en el camino secundario limitan la capacidad y disminuyen la seguridad, especialmente por la detención para los giros a izquierda
- Mayor costo de expropiación y construcción
- Posible necesidad de semaforización en el camino secundario si su tránsito y movimientos de giro son elevados

Trébol completo con vías colectoras-distribuidoras

Si la suma de los volúmenes de giro en rulos adyacentes supera los 1000 vph, el entrecruzamiento en el trébol completo afecta el funcionamiento de la calzada principal.

Las vías colectoras-distribuidoras elevan el límite hasta unos 1500 vph.

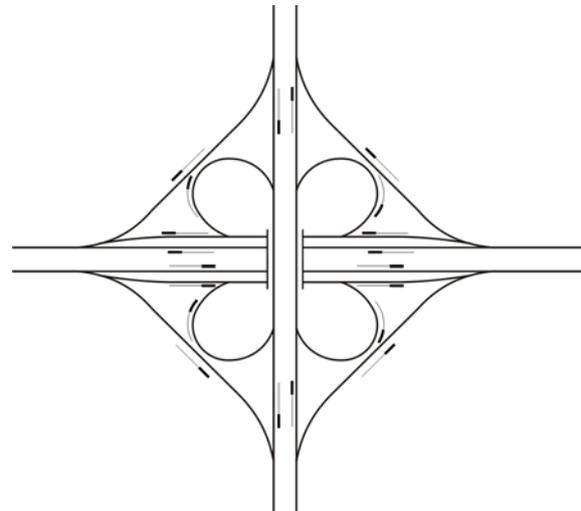


Figura 6.25 Trébol completo con vías colectoras-distribuidoras

Ventajas:

- Remoción de las zonas de intercambio de las calzadas principales de la autopista mediante su traslado a carriles adicionales adyacentes a aquellas
- Los puntos de convergencia y divergencia del tránsito en la autopista se reducen de ocho a cuatro
- Posibilidades de intercambiar mayores volúmenes de tránsito
- Una sola salida y una sola entrada en cada calzada de la autopista

Desventajas:

- Los costos de la estructura son mayores que en el diseño básico del trébol de cuatro hojas, por la mayor luz requerida
- Debe asegurarse suficiente distancia entre la salida de la autopista y la primera salida del carril de giro, para permitir una adecuada y visible señalización

Distribuidores direccionales

Donde la intensidad de uno o varios giros a la izquierda supere la capacidad de un rulo, no se puede resolver el distribuidor con un solo puente. Entonces se emplean otros tipos de distribuidores de diferentes nombres según como se resuelvan los giros a izquierda, Figura 6.26 a Figura 6.31.

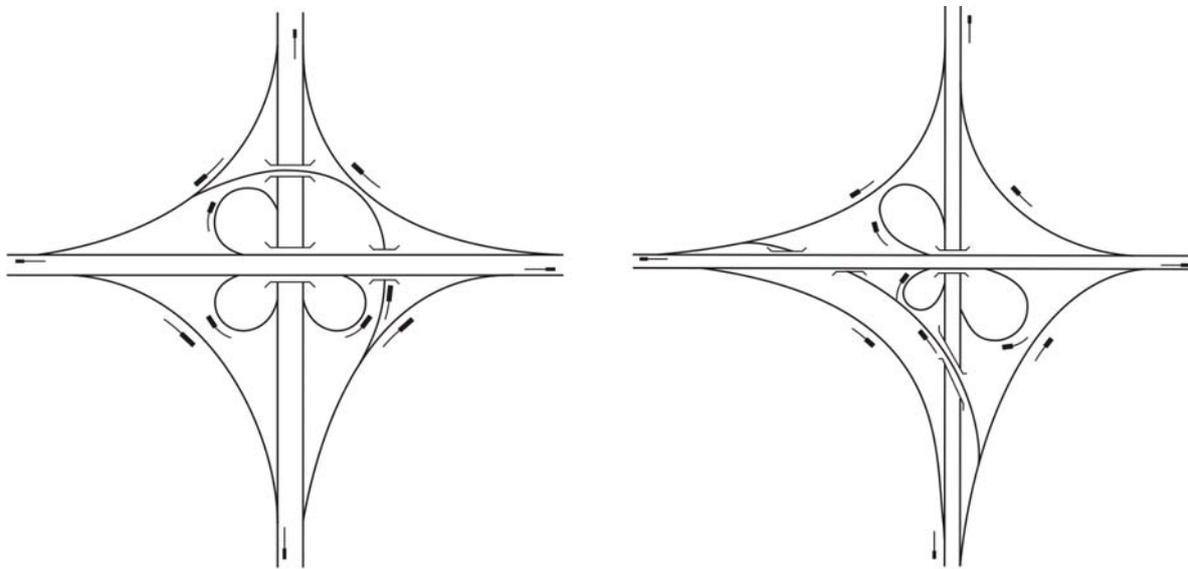


Figura 6.26 Tréboles modificados con una rama semidirecta

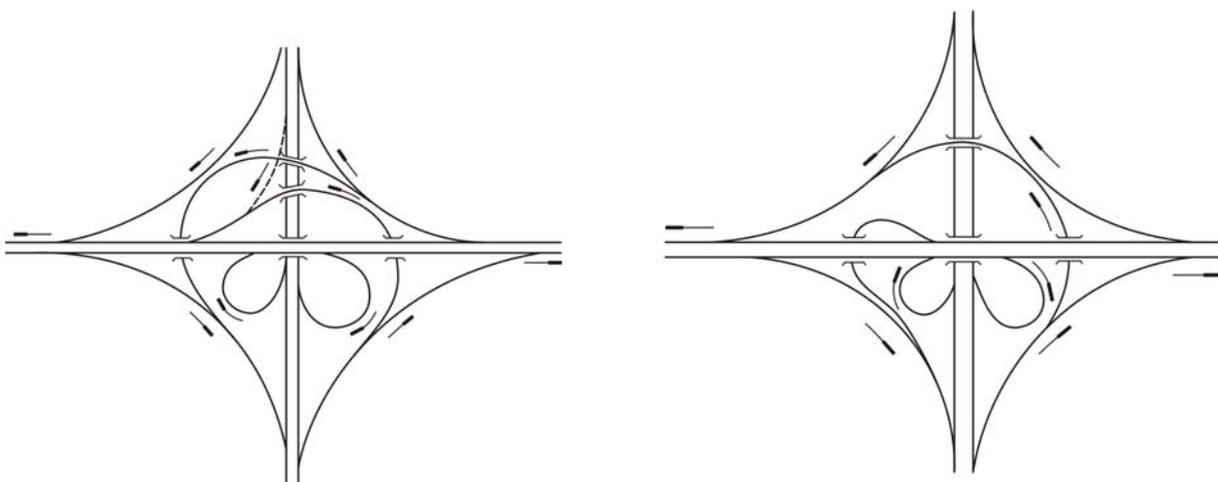


Figura 6.27 Tréboles modificados

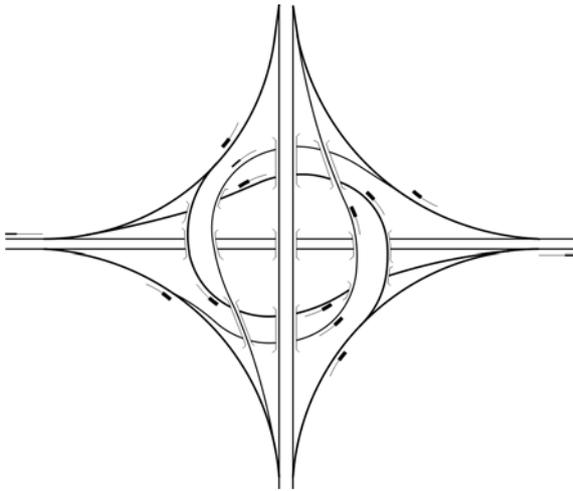


Figura 6.28 Turbina completa

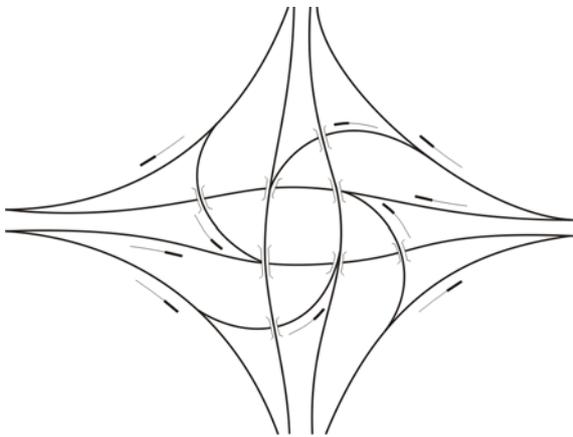


Figura 6.29 Esvástica

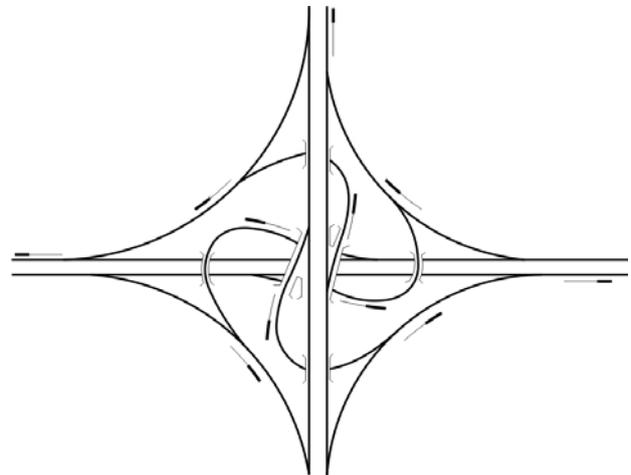


Figura 6.30 Molino completo

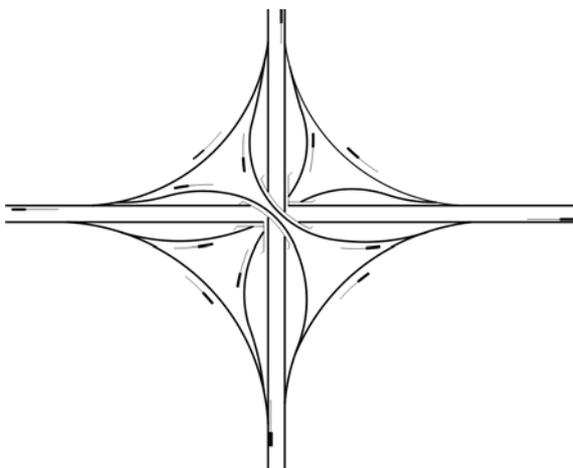


Figura 6.31 Estrella de Indonesia

Rotondas a distinto nivel

Son rotondas construidas directamente encima o debajo de un camino principal, al que se conectan a través de ramas.

Pueden ser de dos niveles (con la rotonda en el mismo nivel que el camino secundario) o de tres niveles, con el anillo en un nivel distinto al de los caminos que se cruzan.



Figura 6.32 Rotondas a distinto nivel

6.7 VÍAS COLECTORAS-DISTRIBUIDORAS

Las vías colectoras-distribuidoras (C-D) se aplican donde las maniobras de entrecruzamiento pueden ser molestas si se permiten sobre la calzada principal de la autopista. Su aplicación más común es en los distribuidores tipo Trébol.

Ventajas:

- Quitan el entrecruzamiento de la línea principal
- Dan adecuada distancia visual de decisión a todo el tránsito que sale
- Dan una salida de alta velocidad desde la calzada principal a todo el tránsito que sale
- Simplifican la señalización y la toma de decisiones
- Permiten la salida desde la calzada principal antes de la estructura

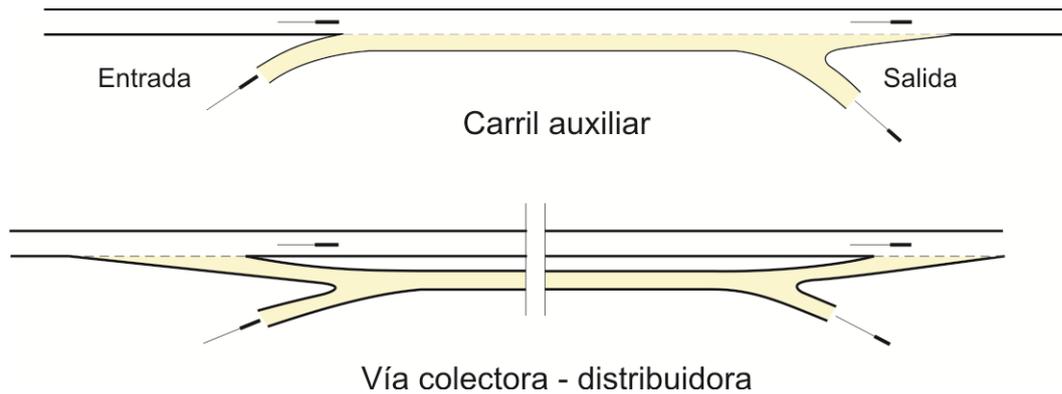


Figura 6.33 Carril auxiliar y Vía colectora-distribuidora

Desventaja:

- Incrementan el costo por las calzadas agregadas y a la mayor longitud de puente

Las vías C-D pueden disponerse en un distribuidor aislado o en dos distribuidores adyacentes. Se justifican cuando los volúmenes de tránsito son tan altos que sin ellas, el distribuidor no podría operar en un Nivel de Servicio aceptable.

En general, las vías C-D son de un carril, pero pueden ser de dos según los volúmenes de tránsito y condiciones de entrecruzamiento. El balance de carriles debe mantenerse en los puntos de salida y entrada de la vía C-D.

La diferencia máxima entre las velocidades directrices de la calzada principal y de la vía colectora-distribuidora debería ser de 25 km/h.

La separación entre una vía C-D y la calzada principal debe ser tan ancha como sea practicable, y no menor que la distancia requerida para proveer los anchos de banquetas y barrera.

En algunos distribuidores direccionales puede ser beneficioso proveer dos salidas separadas, en lugar de una salida con una vía C-D. P. ej. donde la distancia desde el terminal de salida hasta la bifurcación de las dos ramas sea insuficiente para el entrecruzamiento y para disponer adecuadamente la señalización.

6.8 ILUMINACIÓN

6.8.1 Características generales de la iluminación

Los volúmenes de tránsito y accidentes durante la noche, y la complejidad geométrica influyen en la necesidad de iluminar un distribuidor. Por que los distribuidores tienen la mayor probabilidad de conflictos de tránsito, la iluminación de alto nivel puede ser una herramienta útil para reducir los accidentes en operación nocturna. Comúnmente se justifican dos sistemas de diseño de la iluminación de distribuidores:

- Completa (calzadas principales y ramas)
- Parcial

La iluminación completa brinda más seguridad que la iluminación parcial, la cual a veces se utiliza sobre la base de dar algunos de los beneficios atribuibles a la iluminación completa a un menor costo de instalación y operación: sólo se iluminan las convergencias y divergencias, las intersecciones sobre el camino transversal y los cambios importantes en el alineamiento de la autopista (si los hay).

Los importantes beneficios para la seguridad en operación nocturna pueden verse disminuidos en la operación diaria según cual sea la ubicación de los postes en relación a los bordes de calzada, según se trata en el [Capítulo 7 SEGURIDAD EN LA CALZADA Y SUS COSTADOS].

6.8.2 Nivel de iluminación

Cuando una autopista es iluminada en forma continuada y sus distribuidores llevan iluminación completa, el promedio a mantener en las calzadas principales suele estar entre los 20 a 30 lux. En las ramas de los distribuidores se utilizan iluminancias similares. En colectoras y caminos transversales puede exigirse un menor nivel, p. ej. de 15 lux. Los valores definitivos serán definidos por las administraciones viales.

El alcance visual del conductor está influido también por la uniformidad de iluminación en la superficie del camino y sus adyacencias. En general se acepta que, por razones de seguridad, la relación mínima de uniformidad debe promediar 3:1 con un mínimo absoluto de 4:1. La uniformidad de iluminación del pavimento está relacionada, en la mayoría de los casos, con consideraciones de tipo económico. El costo inicial de una instalación de iluminación es más bajo si se usan lámparas potentes y pocos postes. Sin embargo, las grandes lámparas tienden a lograr una mayor separación en sus elementos de soporte y, consecuentemente, incrementan la falta de uniformidad de la iluminación.

6.9 BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA

Sitios Web: Consultados durante la Actualización 2009-10

6.9.1 En español original o traducciones

- 01 NSRA - Suecia 1995
Design Criteria and Traffic Performance Research in New Swedish Guidelines for Rural Highways
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec003/ch1.pdf>
- 02 MOP Chile 2008
Manual de Carreteras. C3.500.
- 03 DGC - MOPU España 1983
Recomendaciones para el Proyecto de Distribuidores
- 04 MINNESOTA DOT – EUA 2001
RDM C6 Interchanges and Grade Separations
<http://www.dot.state.mn.us/design/rdm/>
- 05 AASHTO – EUA 1997
Highway Safety Design and Operations Guide
- 06 AASHTO Ware® IGrds® - EUA 2002
M-1 Ramps Design – Tools for Highway Design
- 07 NEW YORK STATE DOT – EUA 1979
HDM C6 Interchanges
<https://www.nysdot.govpdivisions/engineering/design/dqab/hdm/chapter-6>
- 08 TEXAS DOT – EUA
Research Report 1732-2 Re-Evaluation of Ramp Design Speed Criteria
http://www.utexas.edu/research/ctr/pdf_reports/1732_1.pdf
- 09 DEPARTMENT OF MAIN ROADS Queensland Government – Australia 2005
Road Planning and Design Manual C16 Interchanges
<http://www.mainroads.qld.gov.au/Business-and-industry/Road-builders/Technical-publications/Road-planning-and-design-manual.aspx>
- 10 WIKIPEDIA 2010
Interchange (road) – De intercambio (por carretera)
[http://en.wikipedia.org/wiki/Interchange_\(road\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Interchange_(road))

6.9.2 En español – Archivos pdf en DVD Actualización 2010 C6 Bibliografía Particular de Consulta

- 
- 01 SUECIA NASRA NuevasNormas.pdf
 - 04 MINNESOTA DOT Distribuidores.pdf
 - 05 AASHTO'97 TipsLibroAmarillo.pdf
 - 06 AASHTO Ramas&Herramientas.pdf
 - 07 NUEVA YORK HDM C6 Distribuidores.pdf
 - 08 TEXAS DOT VelocidadDiseñoRamas.pdf
 - 09 MAIN ROADS C16 Distribuidores.pdf
 - 10 WIKIPEDIA Distribuidores.pdf