

A-256  
12

**Recomendaciones  
para el proyecto  
de intersecciones**

---

Handwritten text along the right edge of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

# INDICE

	<u>Página</u>
<b>1. INTRODUCCION</b>	
1.1. Generalidades .....	9
1.2. Concepto de la intersección .....	9
1.2.1. Clasificación funcional de las carreteras que se cortan .....	9
1.2.2. Datos de tráfico .....	10
1.2.3. Topografía de la zona .....	10
1.3. Nomenclatura utilizada .....	10
1.4. Elección del vehículo tipo .....	11
1.4.1. Trazado para vehículos ligeros, L .....	11
1.4.2. Trazado para camiones, C .....	11
1.4.3. Trazado para vehículos articulados VA .....	11
<b>2. TIPOS DE INTERSECCIONES</b>	
2.1. Intersecciones sin canalizar .....	13
2.1.1. Generalidades .....	13
2.1.2. Trazados mínimos para curvas cerradas .....	14
2.2. Intersecciones canalizadas .....	15
2.2.1. Principios generales de canalización .....	15
2.2.2. Trazados mínimos para ramales de giro en intersecciones canalizadas .....	18
2.2.3. Relaciones entre velocidad, radio y peralte .....	18
2.2.4. Radios mínimos en función de la velocidad específica de giro .....	18
2.2.5. Soluciones tipo .....	20
2.3. Intersecciones de tipo giratorio .....	26
2.3.1. Generalidades .....	26
2.3.2. Justificaciones para el proyecto de una intersección de tipo giratorio .....	27
2.3.3. Capacidad de una intersección de tipo giratorio .....	27
2.3.4. Velocidad específica de las gloriets .....	29
2.3.5. Trazado de la isleta central .....	29
2.3.6. Trazado de los accesos .....	30
2.3.7. Isletas de canalización .....	30
2.3.8. Peraltes .....	30
2.3.9. Distancia de visibilidad y rasantes .....	31
2.3.10. Bordillos y arcenes .....	31
2.3.11. Aspecto estético del trazado .....	31
2.3.12. Señalización, balizamiento e iluminación .....	31
2.3.13. Control de parada y preferencia .....	32
<b>3. CAPACIDAD</b>	
3.1. Criterios generales .....	33
3.2. Elección del tipo de control .....	33

3.2.1. Introducción .....	33
3.2.2. Criterios de selección .....	33
3.2.3. Análisis del tráfico .....	33
3.2.4. Movimiento de peatones .....	38
3.2.5. Estudio de accidentes .....	38
3.3. Capacidad de intersecciones con semáforos .....	38
3.4. Intersecciones sin semáforos .....	40
3.5. Tramos de trenzado .....	41

#### 4. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

4.1. Generalidades .....	49
4.2. Distancia de visibilidad en ramales de giro .....	49
4.2.1. Generalidades .....	49
4.2.2. Distancias mínimas de visibilidad de parada .....	49
4.2.3. Visibilidad en alineaciones curvas horizontales .....	50
4.2.4. Visibilidad en alineaciones curvas verticales .....	50
4.2.5. Triángulo mínimo de visibilidad en la zona de la intersección .....	50
4.2.6. Efecto de la oblicuidad en el triángulo de visibilidad .....	54
4.2.7. Efecto de inclinación de la rasante .....	54
4.3. Vías de deceleración y aceleración .....	55
4.3.1. Generalidades .....	55
4.3.2. Alineación y funcionamiento .....	56
4.3.3. Dimensiones de las vías de cambio de velocidad .....	56
4.4. Curvas de transición y curvas compuestas .....	61
4.4.1. Generalidades .....	61
4.4.2. Longitud de la curva de transición .....	64
4.4.3. Curvas circulares compuestas .....	64
4.4.4. Aplicación a los ramales de giro en intersecciones .....	65
4.5. Anchos para ramales de giro .....	65
4.5.1. Ancho del pavimento .....	65
4.5.2. Luz libre lateral desde los bordes del pavimento .....	68
4.6. Peraltes de curvas en intersecciones .....	70
4.6.1. Porcentaje de los peraltes .....	70
4.6.2. Transición del peralte .....	70
4.6.3. Desarrollo del peralte en la zona de confluencia de un ramal de giro con la vía principal .....	71
4.7. Isletas y canales .....	73
4.7.1. Generalidades .....	73
4.7.2. Tipos de isletas .....	74
4.7.3. Tamaño y trazado de isletas .....	76
4.7.4. Delineación de las isletas .....	77
4.7.5. Tipos de bordillos .....	77
4.8. Medianas abiertas .....	82
4.8.1. Generalidades .....	82
4.8.2. Radios mínimos para giros a la izquierda .....	82
4.8.3. Forma del remate de la mediana .....	82
4.8.4. Abertura mínima de la mediana .....	83
4.8.5. Efecto de la oblicuidad del cruce .....	83
4.8.6. Trazado con radios superiores a los mínimos para giros a la izquierda .....	83

	<u>Página</u>
4.8.7. Trazado con previsión para el tráfico de la carretera transversal .....	83
4.9. Aplicación de los trazados para medianas abiertas a los de isletas divisorias en intersecciones ...	88
<b>5. EJEMPLOS DE SOLUCIONES PROYECTADAS .....</b>	<b>89</b>
<b>6. LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>105</b>
<b>7. LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>107</b>



## **1. INTRODUCCION.**

### **1.1. Generalidades.**

Cuando dos o más carreteras se cruzan a nivel, el área de la zona de intersección queda como parte integrante de cada una de ellas y, por consiguiente, constituye, en cierta manera, un punto de discontinuidad al que hay que tratar de forma especial.

La experiencia mundial sobre reacción de los conductores, accidentes, capacidad, etc. han permitido elaborar una serie de recomendaciones para estudiar el trazado de las intersecciones.

La Dirección General de Carreteras publicó en 1962 una Norma Técnica para el trazado de intersecciones, en la cual se ha basado hasta la fecha el proyecto y construcción de unas intersecciones a lo largo del país. Esta circunstancia ha permitido a su vez obtener una experiencia acerca de las reacciones del conductor español, observándose su total identificación con el del resto del mundo.

Las dificultades principales que han surgido normalmente, provienen de un desconocimiento por parte de los conductores acerca del uso de algunos de los elementos de la intersección o a la falta de respeto a la señalización existente.

Con el fin de facilitar el que un conductor encuentre en cualquier zona del país intersecciones proyectadas con análogo criterio, es por lo que se ha considerado de interés el preparar estas recomendaciones, que, además de incluir las normas de trazado indicadas, comprenden una serie de datos complementarios de gran interés para el proyectista.

### **1.2. Concepto de la intersección.**

Al enfrentarse con el problema de proyectar de la manera más adecuada el trazado de una intersección, previamente al dibujo de cada uno de los elementos que la componen, es necesario obtener un concepto claro acerca de la función que dicha intersección ha de cumplir y, por consiguiente, de las soluciones a estudiar.

Para obtener este concepto general de las intersecciones, es necesario tener en cuenta los factores siguientes:

- Clasificación funcional de las carreteras que se cortan.
- Datos de tráfico.
- Topografía de la zona

A continuación se describen en detalle cada uno de estos puntos.

#### **1.2.1. Clasificación funcional de las carreteras que se cortan.**

En este apartado es necesario estudiar el tipo de carreteras de que se trata, las soluciones dadas a las intersecciones a lo largo de las mismas y, en especial, a las más próximas; el control de accesos existentes y cuantas características de funcionalidad de la carretera sean de utilidad.

### 1.2.2. Datos de tráfico.

Es necesario estudiar en primer lugar las intensidades de tráfico en cada una de las carreteras, descomponiéndolas en los distintos movimientos de giro. Estos datos deben indicarse para la situación actual y para un año horizonte que puede estimarse en unos 10 años, determinando en cada caso las horas puntas; también deben incluirse la intensidad del tráfico de peatones y los accidentes y sus características específicas.

Asimismo, se estudiará la capacidad de las carreteras, deduciendo si es o no necesaria la instalación de semáforos.

Por último, se deben determinar las velocidades específicas de circulación de cada una de las carreteras.

### 1.2.3. Topografía de la zona.

En primer lugar es necesario disponer de un longitudinal y de una planta de las carreteras que se cruzan, determinando las distancias de visibilidad existentes.

La topografía de la zona de ocupación posible, se obtendrá mediante fotogrametría o levantamientos taquimétricos normales. La escala más conveniente es la de 1:500, aunque quizás en zonas urbanas puede ser necesaria la 1:200.

En estos planos se deben incluir todos los datos que puedan afectar o limitar las soluciones elegidas, como edificaciones, accidentes geográficos, servicios, etc..

### 1.3. Nomenclatura utilizada.

Antes de entrar en el estudio del detalle del trazado de la intersección, es necesario aclarar una serie de términos que se utilizan en estas recomendaciones con gran frecuencia.

**Intersección.-** Zona en la que dos o más carreteras se encuentran o se cortan y en la que se incluyen las plataformas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles.

**Ramal de una intersección.-** Cada uno de los tramos de carretera que concurren en la intersección y que forman parte de ella.

**Intersección "T".-** Una intersección de tres ramales cuando el ángulo mínimo entre dos ramales sea superior a  $60^\circ$ .

**Intersección "Y".-** Una intersección de tres ramales cuando el ángulo entre dos de ellos sea inferior a  $60^\circ$ .

**Intersección "Cruz".-** Una intersección de cuatro ramales cuando el ángulo mínimo sea superior a  $60^\circ$ .

**Intersección "X".-** Una intersección de cuatro ramales cuando alguno de los ángulos sea inferior a  $60^\circ$ .

**Estrella.-** Una intersección de cinco o más ramales.

**Isleta.-** Área, bien definida, situada entre las vías de circulación y destinada a guiar el movimiento de vehículos y peatones.

**Refugio.-** Zona de seguridad, elevada respecto a las calzadas, destinada a facilitar a los peatones el paso de las vías o el acceso a los vehículos de transporte público.

**Intersección canalizada.-** Intersección en la que los movimientos de los vehículos se realizan por vías definidas mediante isletas.

**Tramo de trenzado.-** Parte de la intersección, constituida por un tramo de carretera de un solo sentido de circulación en el que se cruzan entre sí los vehículos que proceden de dos ramales convergentes y salen por dos divergentes. La longitud de un tramo de trenzado se define en la Figura 3.9.

**Vía de deceleración.-** Vía auxiliar especialmente destinada a reducir la velocidad de los vehículos que salen de una carretera de circulación rápida.

**Vía de aceleración.-** Vía auxiliar especialmente destinada a que los vehículos que entren en una carretera de circulación rápida, alcancen una velocidad comparable con la de los vehículos que circulan por ella.

#### 1.4. Elección del vehículo tipo.

Es condición fundamental y previa para el estudio del trazado de una intersección, la determinación del vehículo tipo que ha de utilizarla, así como el conocimiento de sus características de maniobra. Los vehículos se pueden agrupar para estos efectos en los siguientes tipos:

Vehículos ligeros .....	L
Camiones .....	C
Vehículos articulados (hasta 16 m. de longitud total) .....	VA

La elección del vehículo tipo para el trazado depende de la intensidad y características del tráfico que realiza movimientos de giro, y en definitiva del criterio del proyectista, una vez consideradas las circunstancias particulares de cada caso y, especialmente, el movimiento e intensidad de los vehículos pesados.

##### 1.4.1. Trazado para vehículos ligeros, L.

Puede usarse en intersecciones poco importantes donde el espacio esté muy limitado; en vías urbanas, por consideraciones del valor del suelo e imposibilidad de ocupar espacio adicional (edificaciones, etc.); en el cruce de carreteras locales con otras principales cuando los movimientos de giro son muy raros, y en intersecciones de dos carreteras locales con poca intensidad de tráfico. Es sin embargo conveniente, siempre que lo permitan las consideraciones de espacio, economía, etc., proyectar la intersección para el vehículo tipo C.

##### 1.4.2. Trazado para camiones, C.

Es el generalmente recomendado para todas las intersecciones no urbanas, salvo en los casos descritos anteriormente. Cuando los movimientos de giro sean importantes y tengan particularmente un gran porcentaje de camiones, deberán proyectarse dichos movimientos con amplitud, tanto en radios como en carriles de cambio de velocidad, etc.. En zonas urbanas debe procurarse este trazado en aquellas intersecciones en que circulan o se prevea el futuro establecimiento de vehículos de transporte público.

##### 1.4.3. Trazado para vehículos articulados, VA.

Debe elegirse en aquellas intersecciones donde exista o se prevea un porcentaje considerable de vehículos articulados o camiones con remolque en los movimientos de giro.



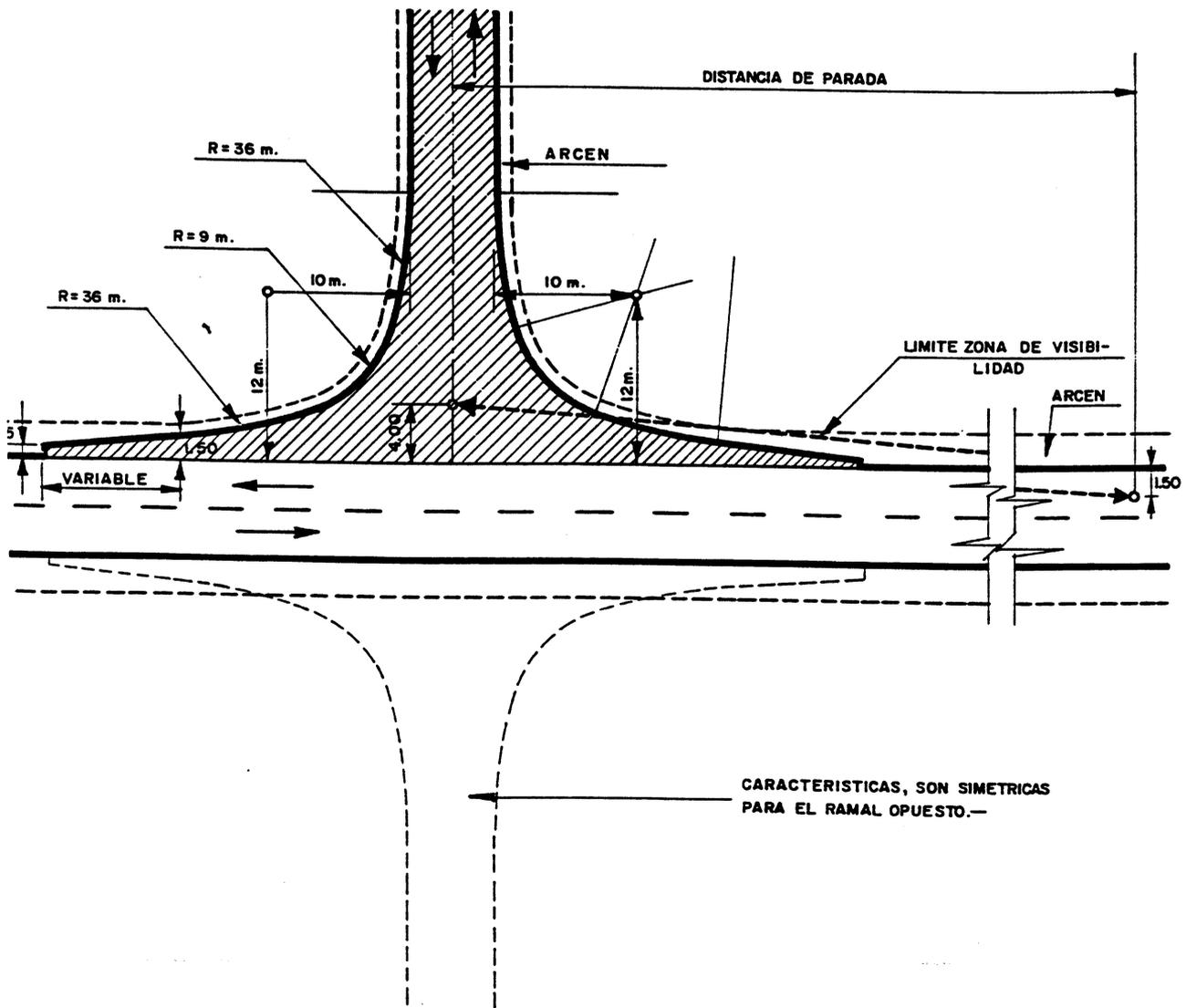
## 2. TIPOS DE INTERSECCIONES.

### 2.1. Intersecciones sin canalizar.

#### 2.1.1. Generalidades.

El tratamiento que se debe dar a una intersección sin canalizar es el de la pavimentación completa de toda su superficie. Este criterio se aplica para intersecciones de carreteras de dos o más carriles.

La figura 2.1. indica el trazado de una intersección sin canalizar totalmente pavimentada para un ángulo de cruce de  $100^{\circ}$ , utilizando una curva de tres centros que se acopla aproximadamente a la



INTERSECCION TIPO SIN CANALIZAR

FIGURA  
2.1

trayectoria seguida en su maniobra por los vehículos comerciales normales. En intersecciones oblicuas, con ángulos centrales de giro pequeños, deben emplearse curvas sencillas de un solo radio, ya que la reducida longitud del arco central hace impracticable el uso de la curva de tres centros.

En las intersecciones oblicuas puede considerarse en algunos casos la conveniencia de introducir una isleta en el ángulo agudo, con objeto de reducir la superficie de la zona pavimentada y proveer espacio para la colocación de señales.

### 2.1.2. Trazados mínimos para curvas cerradas.

Cuando sea necesario ocupar un espacio muy limitado para los vehículos que giran o en intersecciones de poca importancia que no necesitan de canalización alguna, se aplican al trazado las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo seleccionado, que ya están debidamente estudiadas experimentalmente. Y así se tiene que con la menor velocidad práctica de un vehículo, unos 15 km/h, la trayectoria que éste sigue al girar, se considera satisfactoria a efectos del trazado mínimo de los elementos de la intersección.

TABLA 2.1.

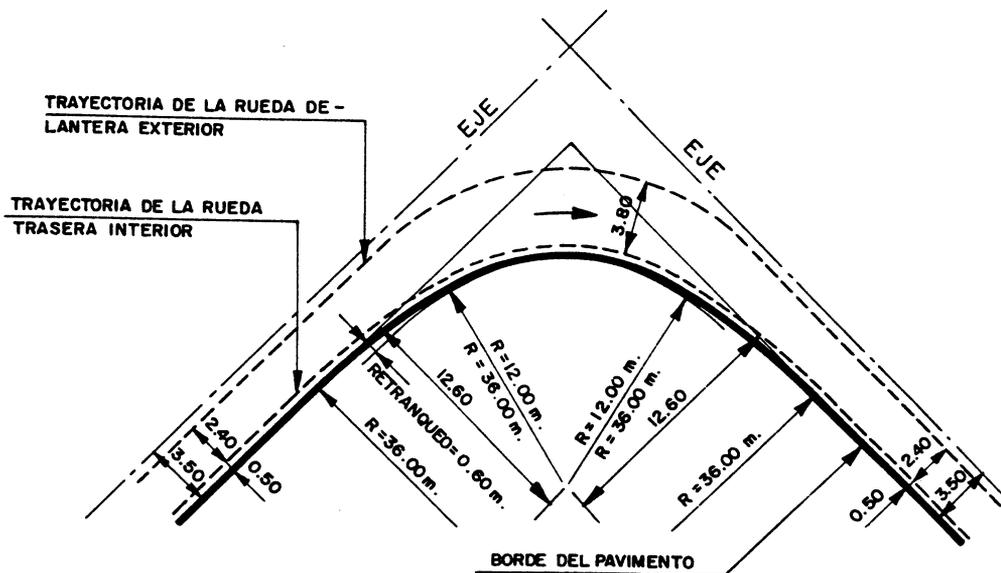
#### TRAZADOS MINIMOS PARA CURVAS CERRADAS EN INTERSECCIONES SIN CANALIZAR

Vehículo tipo	Angulo de giro	Curva sencilla radio	Curva compuesta de tres centros		Angulo de giro	Curva compuesta de tres centros	
			Radios	Retranqueo		Radios	Retranqueo
tipo	g	m	m	m	g	m	m
L	30	18,00	—	—	115	30 - 6 - 30	0,75
C		30,00	—	—		30-10,5 - 30	0,90
VA		60,00	—	—		45 - 12 - 45	1,95
L	50	15,00	—	—	130	30 - 6 - 30	0,60
C		22,50	—	—		30 - 9 - 30	1,50
VA		45,00	60 - 30 - 60	0,90		30-10,5 - 36	2,10
L	65	12,00	—	—	150	30 - 6 - 30	0,45
C		18,00	—	—		30 - 9 - 30	1,50
VA		—	60-22,5 - 60	1,05		36 - 9 - 36	2,40
L	85	10,50	30 - 7,5 - 30	0,60	165	22,5- 5,4-22,5	0,60
C		16,50	36-13,5 - 36	0,60		30 - 9 - 30	1,50
VA		—	45 - 15 - 45	1,65		36 - 9 - 36	2,25
L	100	9,00	30 - 6 - 30	0,75	200	15- 4,5 - 15	1,50
C		15,00	36 - 12 - 36	0,60		30 - 9 - 30	1,50
VA		—	45 - 15 - 45	1,50		36- 7,5 - 36	3,30

Con los radios mínimos indicados en la Tabla 2.1. referidos a la arista interior del pavimento, se garantiza que el vehículo correspondiente puede girar a velocidad inferior a 15 km/h, sin desplazarse lateralmente de su carril de circulación, tanto a la entrada como a la salida de la maniobra, y permaneciendo las ruedas interiores como mínimo a 0,30 m. del borde del pavimento. Los datos de dicha tabla permiten proyectar una solución adecuada, aunque pueden emplearse otras combinaciones de curvas que dan soluciones igualmente satisfactorias.

En la Figura 2.2. se muestra un ejemplo del trazado de la arista del pavimento de una vía de giro para un vehículo tipo C, en la que está indicada la trayectoria que sigue dicho vehículo.

Este tipo de trazado mínimo u otro cercano a él, es necesario muchas veces en intersecciones canalizadas, particularmente cuando un cierto número de puntos de conflicto han de ser controlados o



CURVA COMPUESTA DE TRES CENTROS  
RADIOS 36-12-36 Y RETRANQUEO 0.60 m.

## TRAZADO DEL BORDE DEL PAVIMENTO CON RADIOS MINIMOS PARA EL GIRO DE UN CAMION - ANGULO DE 100°

FIGURA  
2.2

cuando se requieren semáforos para la regulación del tráfico. También puede utilizarse en carreteras muy importantes y de alta velocidad específica en aquellos lugares donde la expropiación se encuentra limitada, pero en tales casos deberá usarse en conjunción con vías auxiliares de cambio de velocidad.

El empleo de bordillos limitando la arista del pavimento en curvas cerradas, produce cierto efecto de restricción en los conductores que realizan el giro; éstos han de maniobrar cuidadosamente para ceñirse a su radio mínimo de giro sin tocar el bordillo. Por esta razón es recomendable diseñar curvas más suaves cuando se usan bordillos.

En el caso de un trazado mínimo para vehículos ligeros L, en una intersección en ángulo recto, los camiones pueden girar ocupando parte de los carriles adyacentes; con ángulos de giro menores de 100°, estos vehículos ocuparán menos espacio de los carriles contiguos. Para ángulos de giro de 130° o más, el mismo trazado con curvas de tres centros requerido para el vehículo L, (30-6-30), puede utilizarse, pero el retranqueo de la curva central deberá incrementarse de 0,75 a 1,20 metros. Donde haya espacio disponible suficiente, aún en el caso de carreteras locales, debe elegirse con preferencia el trazado indicado para el vehículo tipo C.

El trazado mínimo para vehículos C, permite que los vehículos articulados puedan girar ocupando parcialmente los carriles adyacentes.

En las intersecciones con ángulos de giro mayores de 100° pueden resultar zonas pavimentadas excesivas, parte de las cuales no son utilizadas por el tráfico. Esto puede llevar a confusión entre los conductores y a peligro para los peatones y debe resolverse recurriendo a la canalización.

### 2.2. Intersecciones canalizadas.

#### 2.2.1. Principios generales de canalización.

Hay una serie de principios generales que deben inspirar el proyecto de una intersección. De las condiciones de cada caso particular, dependerá hasta que punto es posible seguirlos.

**Preferencia de los movimientos más importantes.**- Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios; ésto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción de anchura de vías, introducción de curvas de radio pequeño o a eliminarlos totalmente.

**Reducción de las áreas de conflicto.-** Las grandes superficies pavimentadas invitan a los vehículos y peatones a movimientos desordenados, con la siguiente confusión, que aumenta los accidentes y disminuye la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas de que no sean recomendables.

**Perpendicularidad de las trayectorias cuando se cortan.-** Las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto. Además disminuyen la gravedad de los posibles choques y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores juzgar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás.

Se consideran aceptables las intersecciones con ángulos comprendidos entre  $60^{\circ}$  y  $120^{\circ}$ .

**Paralelismo de las trayectorias cuando convergen o divergen.-** El tráfico que se incorpora o sale de una vía debe hacerlo con ángulos de incidencia pequeños, del orden de  $10^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  para aumentar la fluidez de la circulación. Si estos ángulos son mayores, los vehículos se verán obligados en muchos casos a detenerse, con la consiguiente disminución de capacidad y seguridad de la intersección.

Si el tráfico es importante, deben disponerse vías de aceleración o deceleración, que permitan la incorporación del tráfico a velocidad adecuada.

**Separación de los puntos de conflicto.-** Mediante una canalización adecuada pueden separarse los puntos de conflicto en una intersección, con lo que los conductores no necesitan atender simultáneamente a varios vehículos. En las intersecciones reguladas con semáforos puede convenir, en ciertos casos, concentrar algunos puntos de conflicto, ya que la separación en el tiempo sustituye a la separación en el espacio.

**Separación de los movimientos.-** Cuando la intensidad horaria de proyecto de un determinado movimiento es importante, del orden de 25 o más vehículos, es conveniente dotarle de una vía propia de sentido único, completándola con vía de aceleración o deceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas.

**Control de la velocidad.-** También mediante la canalización puede controlarse la velocidad del tráfico que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o abocinando las calzadas. Esta última disposición permite, además de reducir la velocidad, evitar los adelantamientos en las áreas de conflicto.

**Control de los puntos de giro.-** Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando isletas adecuadas que los hagan materialmente imposibles o muy difíciles. La seguridad es mayor si se disponen isletas elevadas que si la canalización se obtiene mediante marcas pintadas en el pavimento.

**Creación de zonas protegidas.-** Las isletas proporcionan a los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso. Asimismo pueden servir para que cuando un vehículo necesite cruzar varias vías de circulación pueda hacerlo por etapas sucesivas, sin necesidad de esperar a que simultáneamente se produzca en todas las vías la interrupción de tráfico necesaria.

**Visibilidad.-** La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la parada. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir, como mínimo, la distancia de parada.

**Previsión.-** En general la canalización exige superficies amplias en las intersecciones. Esta circunstancia debe tenerse en cuenta al autorizar construcciones o instalaciones al margen de la carretera y en los proyectos de nueva construcción.

**Sencillez y claridad.-** Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

TABLA 2.2.

TRAZADOS MINIMOS PARA RAMALES DE GIRO EN INTERSECCIONES CANALIZADAS

Clasificación del trazado *	Angulo de giro	Curva compuesta de tres centros			Ancho del ramal	Tamaño aproximado de la isleta	Angulo de giro	Curva compuesta de tres centros			Ancho del ramal	Tamaño aproximado de la isleta
		Radios		Retranqueo				Radios		Retranqueo		
		m	m	m				m	m			
L	85	45 - 22,5 - 45		1,05	4,20	5,50	130	30 - 9 - 30		0,75	4,80	11,00
C		45 - 22,5 - 45		1,50	4,80			30 - 9 - 30		1,50	7,20	
VA		54 - 27 - 54		1,05	5,40			36 - 10,5 - 36		2,10	8,40	
L	100	45 - 15 - 45		0,90	4,20	4,50	150	30 - 9 - 30		0,75	4,80	43,00
C		45 - 15 - 45		1,50	4,80			30 - 9 - 30		1,50	7,80	
VA		54 - 19,5 - 54		1,35	5,40			36 - 9 - 36		2,40	8,40	
L	115	36 - 12 - 36		0,60	4,50	6,50	165	30 - 9 - 30		0,75	4,80	130,00
C		36 - 12 - 36		1,35	6,00			30 - 9 - 30		1,50	8,40	
VA		45 - 12 - 45		2,25	7,80			36 - 9 - 36		2,25	9,60	

L=primordialmente para vehículos ligeros; permite el giro ocasional de camiones, C, con restricción en el sobreaño del ramal.

C= adecuado para camiones; permite el giro ocasional de vehículos articulados con ligera ocupación de los carriles adyacentes de ambas carreteras.

VA= Permite totalmente el giro de VA, sin salirse de su propio carril.

### 2.2.2. Trazados mínimos para ramales de giro en intersecciones canalizadas.

Cuando el trazado se proyecta para velocidad de los vehículos ligeros de 25 km/h o más, porque así lo requiera la importancia de la intersección, los radios de giro deben ser mayores que los indicados en la Tabla 2.1.; entonces la zona pavimentada que resulta es excesivamente grande para el propio control del tráfico y hay que evitarlo introduciendo isletas que canalizan los movimientos más importantes y proporcionan ramales de giro separados.

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro son la alineación del borde interior del pavimento y el ancho del canal o carril que conduce al vehículo-tipo en su giro a baja velocidad.

Con los radios mínimos indicados en la Tabla 2.2. y los anchos correspondientes del carril de giro, queda una zona lo suficientemente grande para permitir la disposición de una isleta, generalmente de forma triangular; esta isleta es conveniente por diversos motivos, como son: servir de guía al tráfico que cruza o que gira en la intersección; proporcionar lugar adecuado para la colocación de señales; servir de refugio o protección para peatones cuando éstos cruzan la calzada, etc.. Las isletas no deben ser demasiado pequeñas, como mínimo tendrán 4,5 m<sup>2</sup> y preferiblemente 7 m<sup>2</sup>; en cuanto a sus dimensiones laterales, una isleta triangular debe tener lados de 2,40 m y mejor de 3m, como mínimo, una vez redondeados y retranqueados sus vértices.

Los anchos del ramal de giro deben permitir que las ruedas del vehículo tipo seleccionado, encajen su trayectoria dentro de dicho ramal con una tolerancia de 0,50 m a cada lado de los bordes del pavimento; generalmente, este ancho no debe ser inferior a 4 m. Las isletas, en todos los casos, deberán estar retranqueadas 0,50 m como mínimo de las aristas del pavimento de las carreteras que se cortan; cuando sean pequeñas hay que delinearlas por medio de bordillos.

En la Tabla 2.2. no se incluyen trazados para ángulos de giro inferiores a 85°, ya que requieren radios relativamente grandes que no pueden considerarse como los mínimos necesarios; cuando se presenta un caso de éstos, hay que recurrir a un trazado particular, no normalizado, dependiente de las condiciones del tráfico.

En intersecciones importantes, cuando el espacio disponible sea amplio, o la expropiación necesaria sea fácil y económica, puede recurrirse a trazados más amplios de los mínimos reflejados en la Tabla 2.2. En este caso es muy útil el empleo de la Figura 2.3 que proporciona unas soluciones prácticas y muy funcionales.

### 2.2.3. Relaciones entre velocidad, radio y peralte.

La velocidad específica, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal entre neumático y pavimento están relacionados entre sí por la fórmula siguiente:

$$V^2 = 127 R (p + f)$$

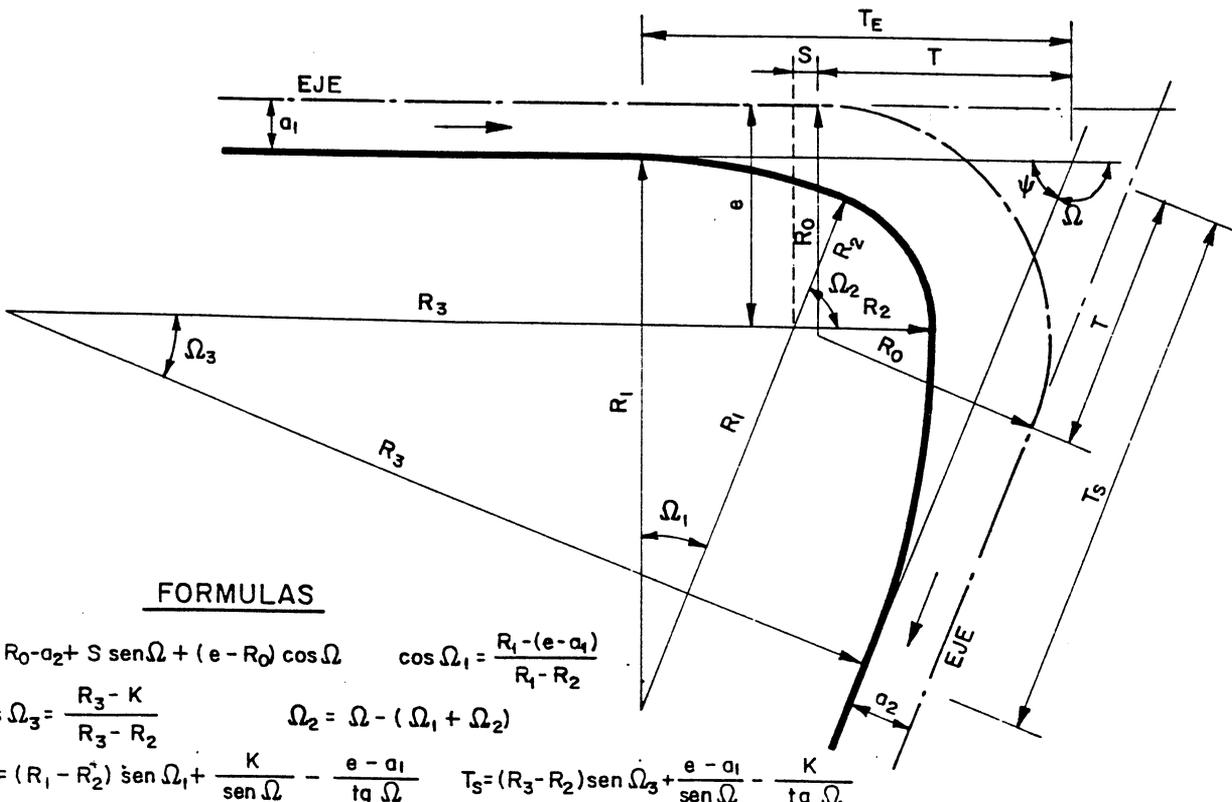
Las curvas en las intersecciones no están sujetas exactamente a los mismos principios que las que se encuentran en plena carretera. Se ha observado que la mayoría de los conductores circulan a mayor velocidad en una curva de una intersección que en otras de características análogas en carretera abierta; ello es debido a que el coeficiente de rozamiento transversal se eleva en la maniobra en intersecciones. Los valores de  $f$  que aparecen en la Tabla 2.3. se han deducido experimentalmente con numerosos estudios llevados a cabo sobre distintas intersecciones.

### 2.2.4. Radios mínimos en función de la velocidad específica de giro.

Los trazados mínimos ya indicados anteriormente para intersecciones sin canalizar, están previstos para circulación a baja velocidad, hasta 15 km/h. Pero frecuentemente, es interesante y factible proyectar trazados para el giro del vehículo a más altas velocidades, sobre todo en la mayoría de las intersecciones situadas en campo abierto. La elección de la velocidad específica de los ramales de giro depende en gran parte de la velocidad de los accesos de las carreteras que se cortan, del tipo de la intersección y de las intensidades de los movimientos de cruce y giro.

RADIO DEL BORDE EXTERIOR DEL PAVIMENTO	ANGULO EN EL CENTRO		CURVA DE TRES CENTROS PARA EL BORDE INTERIOR DEL PAVIMENTO				
$R_0$	$\Omega$		$R_1$	$R_2$	$R_3$	$e$	$s$
m	g		m	m	m	m	m
14 (2)	67	A 100 (1)	50	12.50	75	16.80	3.80
	100	A 200	30	8	60	13.40	1.20
	MAYOR DE	100	22	7	60	14.00	0.00
15 (2)	67	A 100 (1)	54	13.50	75	17.70	3.80
	100	A 200	36	9	60	14.40	1.30
	MAYOR DE	200	24	7.50	60	15.00	0.00
18	67	A 100 (1)	36	16	90	24.40	3.40
	100	A 233	36	12	90	17.50	0.40
	MAYOR DE	233	24	11.50	90	18.00	0.00
20	67	A 100 (1)	36	18	90	22.00	2.80
	100	A 200	36	15	90	19.80	0.70
	MAYOR DE	200	30	14	90	20.00	0.00
22.50	45	A 67	60	27	90	31.00	4.80
	67	A 233	36	17	90	22.10	0.40
	MAYOR DE	233	36	16.50	90	22.50	0.00
30	0	A 33	65	CURVA DE UN SOLO RADIO			
	33	A 67	60	27	120	31.00	1.50
	MAYOR DE	67	36	25	120	30.00	0.00
45	0	A 28	90	CURVA DE UN SOLO RADIO			
	MAYOR DE	28	90	40.50	120	45.00	0.00
60 (3)	0	A 22	120	CURVA DE UN SOLO RADIO			
	MAYOR DE	22	120	56.00	120	60.00	0.00

- (1) - NO SE RECOMENDAN RADIOS MENORES DE 22.50 m. PARA ANGULOS DE MENOS DE 67g. O MENORES DE 30 m. PARA ANGULOS DE 45g. PORQUE RESULTAN ARCOS DE CORTA LONGITUD.
- (2) - LOS RADIOS DE 14 Y 15 m. SOLO SE ADMITEN PARA VELOCIDAD PRACTICAMENTE NULA SI SE PREVEN VEHICULOS ARTICULADOS; ESTA SOLUCION SOLAMENTE SE USARA EN CASOS CRITICOS.
- (3) - PARA CUALQUIER RADIO ENTRE 60 Y 150 m. SE UTILIZARAN CURVAS CONCENRICAS DE RADIO INTERIOR 4m. MENOR QUE EL RADIO EXTERIOR, EMPLEANDO CURVAS DE TRANSICION.



TRAZADOS DIVERSOS PARA CURVAS DE TRES CENTROS EN RAMALES DE INTERSECCIONES

FIGURA 2.3

En cuanto a los peraltes a adoptar en los ramales de giro, es preciso tener en cuenta que muchas veces es necesario recurrir a valores muy pequeños, con objeto de conseguir un buen enlace de estos ramales con los accesos a la intersección, ya que el desarrollo del carril de giro es corto en bastantes casos. Por este motivo se adoptan los peraltes mínimos indicados en la Tabla 2.3.

De la relación  $V^2 = 127 R (p + f)$  se obtienen los radios mínimos en relación con la velocidad específica de cada ramal de giro y el peralte mínimo adoptado; estos radios son aplicables en todos los casos, ya que si pueden conseguirse peraltes mayores, éstos permitirán a los conductores tomar la curva a mayor velocidad de la específica o con más comodidad al disminuirse el coeficiente  $f$ .

Los radios indicados deben referirse con preferencia al borde interior del pavimento, mejor que a su eje; en todos los casos debe utilizarse el máximo peralte que permita el trazado general, llegando al menos a un 8 por ciento y mejor a un 10 por ciento. En los ramales de giro con obligatoriedad de parada -señal de "STOP"- no es necesario disponer de tanto peralte.

**TABLA 2.3.**  
**RADIOS MINIMOS PARA CURVAS EN INTERSECCIONES EN FUNCION DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE GIRO**

Velocidad específica de giro, V, km/h	25	30	35	40	45	50	55	60
Coef. Rozto. Trans, f	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17
Peralte mínimo adoptado, p	0,00	0,02	0,03	0,04	0,055	0,07	0,08	0,08
Total, p + f	0,31	0,30	0,28	0,27	0,265	0,26	0,26	0,25
Radio mínimo de cálculo, R,m	15,87	23,62	34,44	46,66	60,17	75,71	91,61	113,39
Radio mínimo adoptado, m	15	25	35	45	60	75	90	120

NOTA: Para velocidades específicas superiores a 60 km/h deben tomarse los mismos valores que para plena carretera.

## 2.2.5. Soluciones tipo.

### 2.2.5.1. Tipo T; Empalme de una carretera secundaria con una principal.

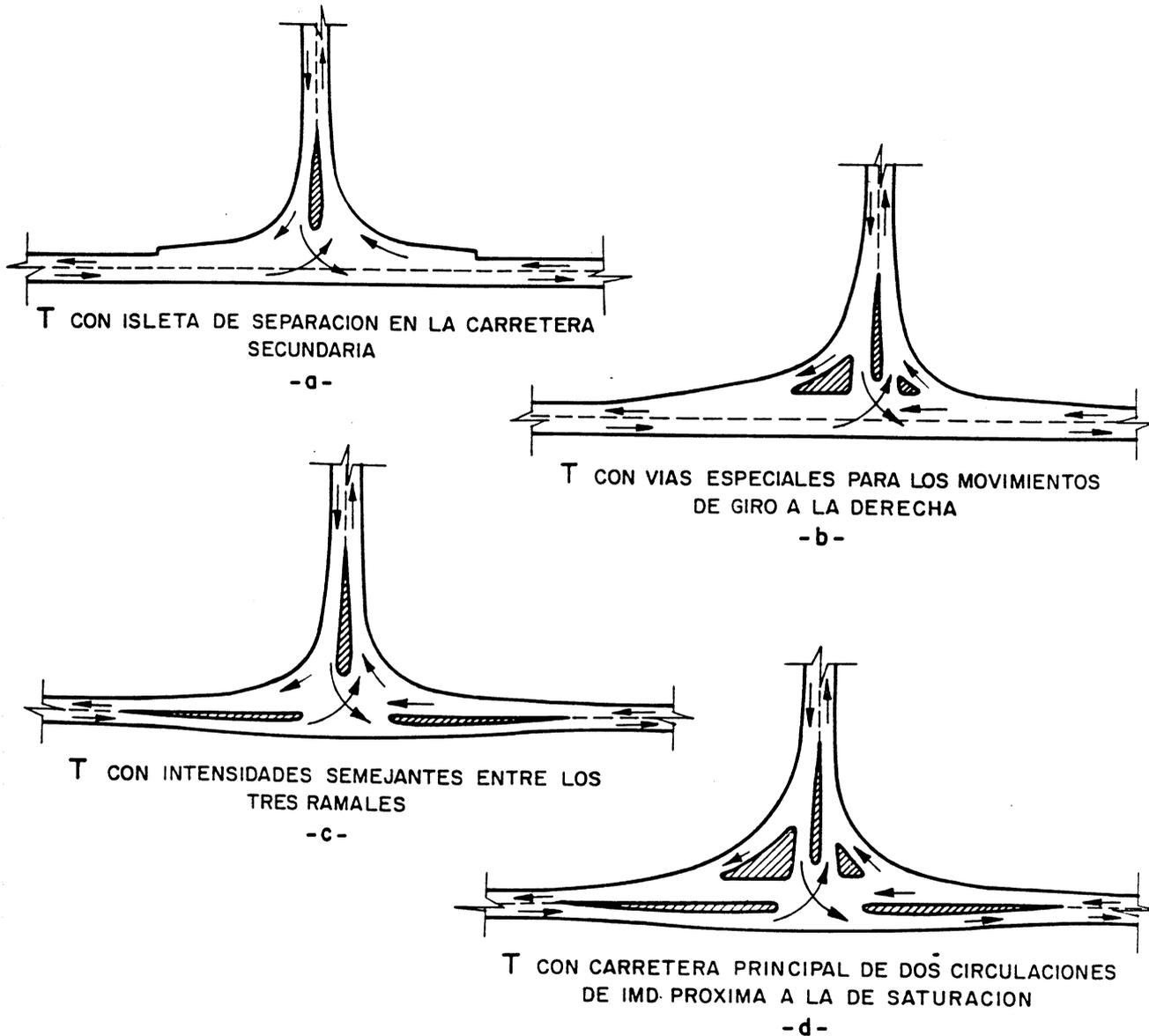
La solución que se ha empleado muchas veces de disponer una sola isleta central triangular, es muy peligrosa, pues los choques se producen con ángulos de incidencia muy pequeños y, por otra parte, la disposición de la isleta central provoca indecisiones en muchos conductores que van a girar a la izquierda. La canalización más simple (Figura 2.4-a), que en general será suficiente, consiste en una isleta de separación de sentidos en el eje de la carretera secundaria, que además contribuye a que las trayectorias se corten en ángulos próximamente rectos. Facilita también el paso de peatones y mejora las condiciones de visibilidad.

Si el tráfico que gira es importante, convienen además vías especiales para el giro a la derecha, separadas por isletas triangulares, cuyo lado debe ser como mínimo de cuatro metros, disponiendo una vía adicional en la carretera principal para el tráfico que gira a la izquierda (Figura 2.4.-b). Esta canalización puede aplicarse con IHP del orden de 500 vehículos en la carretera principal.

### 2.2.5.2. Tipo T; Empalme de dos carreteras de análoga importancia.

Generalmente una solución adecuada es disponer isletas de separación del tráfico en los tres ramales, lográndose que las trayectorias se corten en ángulo recto, aunque tiene el inconveniente de concentrar en uno solo los posibles puntos de conflicto. Cuando los volúmenes de tráfico son muy

importantes, puede llegarse a soluciones más complicadas como la -d- de la Figura 2.4. adecuada para el caso de que el tráfico en los tres ramales sea aproximadamente el que corresponde a la capacidad máxima en una carretera de dos vías de circulación y la -e- de la Figura 2.5. que pueden aplicarse en los casos en que una de las carreteras es de cuatro circulaciones con mediana. Para la solución -f- de la Figura 2.5. es preciso que la anchura de la mediana sea al menos de 12 metros.



## INTERSECCIONES CANALIZADAS - TIPO T

FIGURA  
2.4

### 2.2.5.3. Tipo Y; Empalme de una carretera secundaria con una principal.

En este tipo de intersecciones hay que cuidar especialmente el principio de "perpendicularidad" de las trayectorias que se cortan.

Cuando la carretera principal está en curva, la alineación de la carretera secundaria nunca deberá quedar tangente a aquella, para evitar confusión.

Cuando la carretera principal sea recta, los casos -a- y -b- de la Figura 2.6. muestran soluciones elementales, según la posición relativa de los ramales.

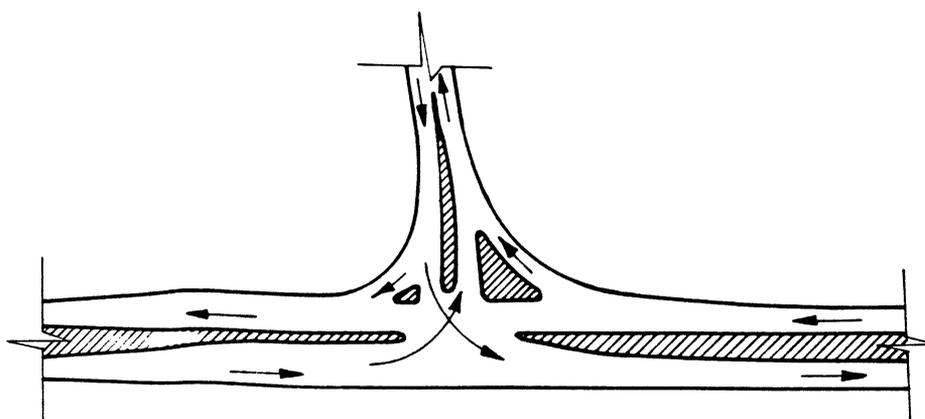
#### 2.2.5.4. Tipo Y; Encame de dos carreteras de análoga importancia.

Los casos -a- y -b- de la Figura 2.6. representan dos posibles soluciones, cuyos inconvenientes son la gran superficie que ocupan.

#### 2.2.5.5. Tipo Cruz.

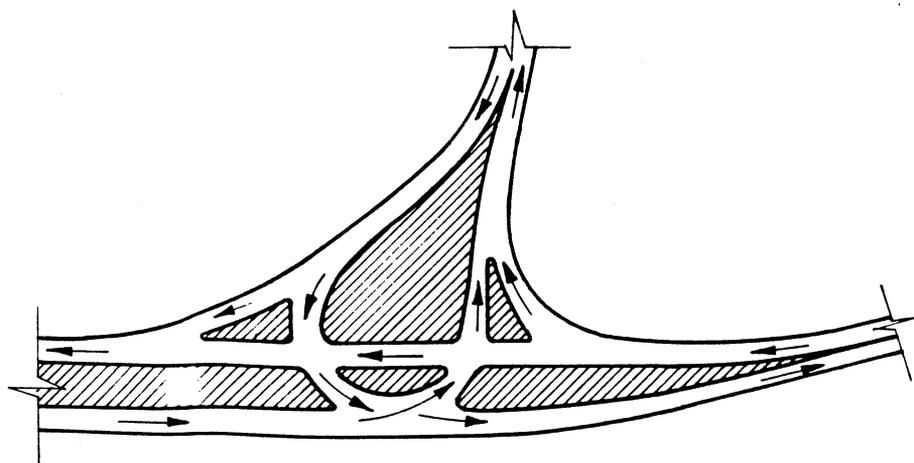
Si el tráfico en la carretera secundaria es pequeño, basta una canalización simple, con dos isletas de separación de sentidos como se indica en -a- de la Figura 2.7. Si hay un tráfico apreciable entre ambas carreteras, puede convenir introducir vías de deceleración para los vehículos que giren a la izquierda desde la carretera principal, como se indica en -b- de la Figura 2.7.

En -c- de la Figura 2.7. se indica una intersección que favorece el tráfico de paso de una carretera proporcionando a la vez un movimiento giratorio para el tráfico que cruza o gira a la izquierda. Los movimientos de giro a la izquierda desde la carretera principal, se producen por la derecha. Este tipo de intersección facilita el control por semáforos reduciendo el número de fases de tres a dos.



T CON UNA DE LAS CARRETERAS DE CUATRO CIRCULACIONES  
CON MEDIANA

- e -

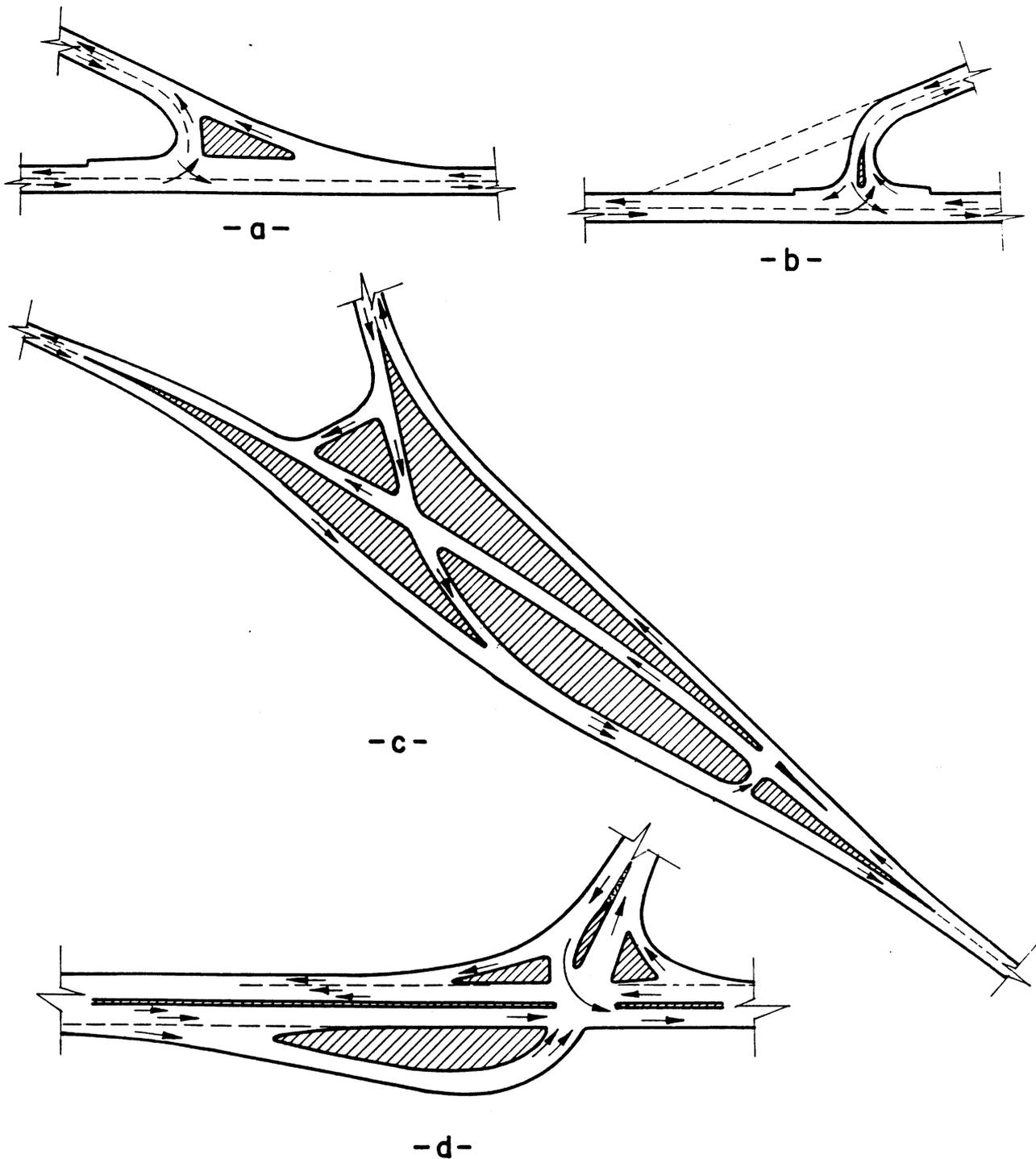


T CON UNA DE LAS CARRETERAS DE CUATRO CIRCULACIONES  
CON MEDIANA DE ANCHURA SUPERIOR A 12 m.

- f -

INTERSECCIONES CANALIZADAS - TIPO T

FIGURA  
2.5

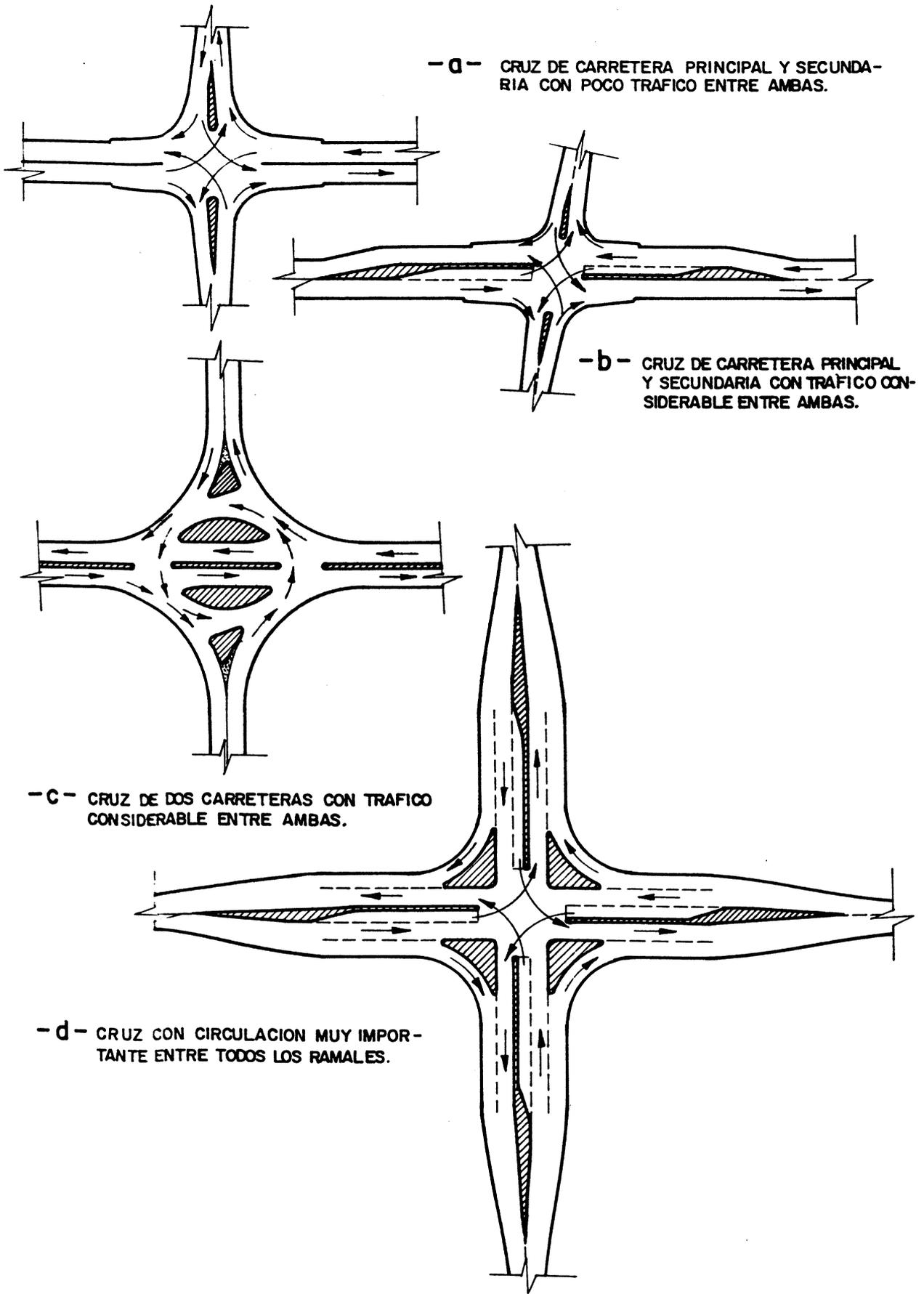


## INTERSECCIONES CANALIZADAS - TIPO Y

FIGURA  
2.6

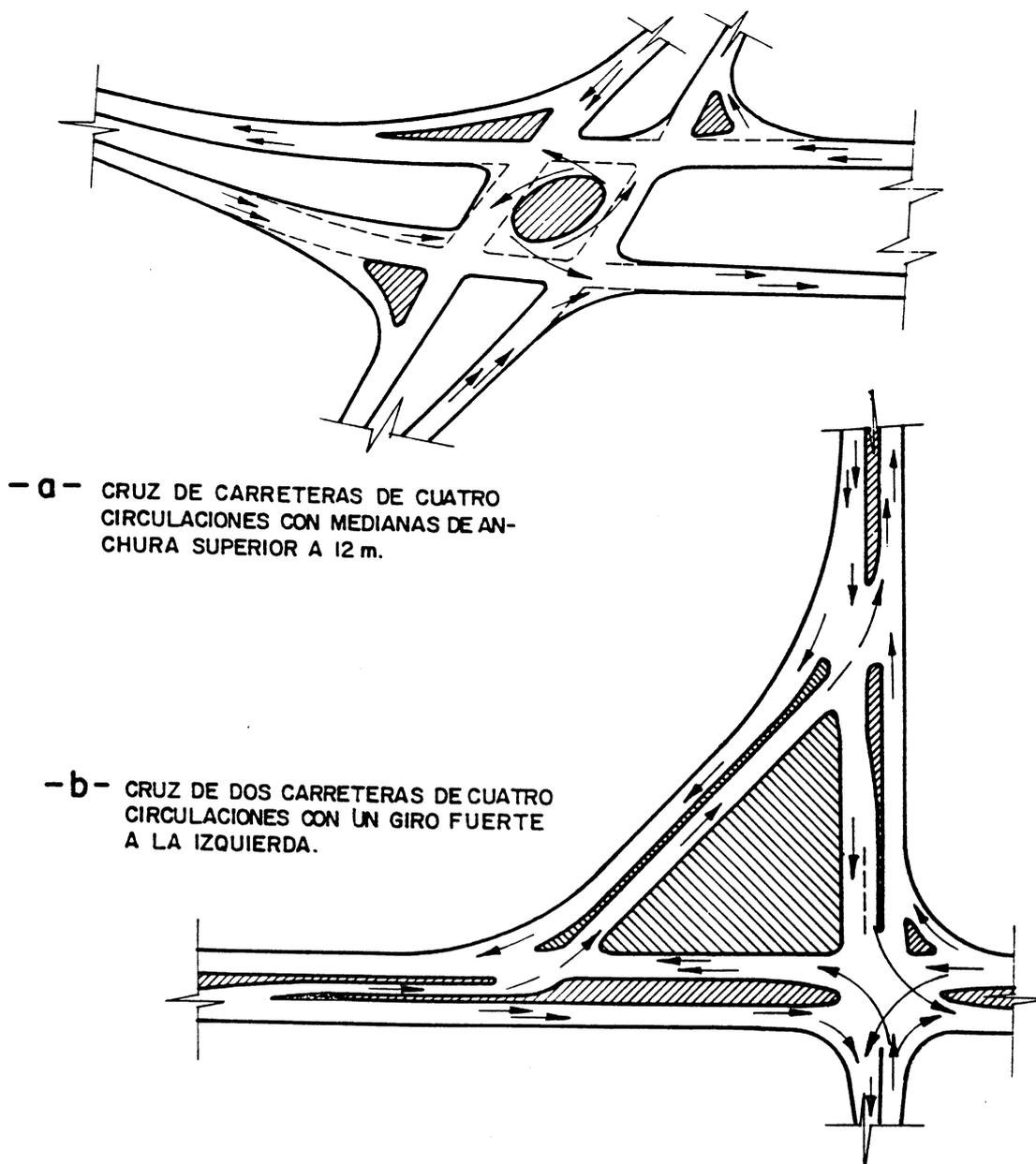
En -d- de la Figura 2.7. se presenta un caso en que se disponen vías separadas para los giros a la derecha, lo cual es conveniente sobre todo en zonas urbanas y cuando la IHP de estos movimientos es superior a 25 vehículos; estas vías aumentan la fluidez de la intersección, pero pueden complicar los pasos de peatones.

Cuando las carreteras que se cortan son de calzadas separadas con mediana de anchura superior a 12 metros, se llega a soluciones del tipo -a- de la Figura 2.8. con separación entre los puntos de conflicto y espacios para espera de vehículos. Este esquema aumenta la seguridad y capacidad de la intersección, pero deben dimensionarse de forma adecuada las zonas de espera de los giros a la izquierda, para evitar perturbaciones a los tráficos de paso.



INTERSECCIONES CANALIZADAS - TIPO CRUZ

FIGURA  
2.7



INTERSECCIONES CANALIZADAS - TIPO CRUZ

FIGURA  
2.8

En -b- de la Figura 2.8 se indica una intersección con fuerte tráfico de paso en ambas carreteras y alto volumen de giros a la izquierda en un cuadrante. Los tres puntos de cruce deben tener una separación mínima de 100 m.

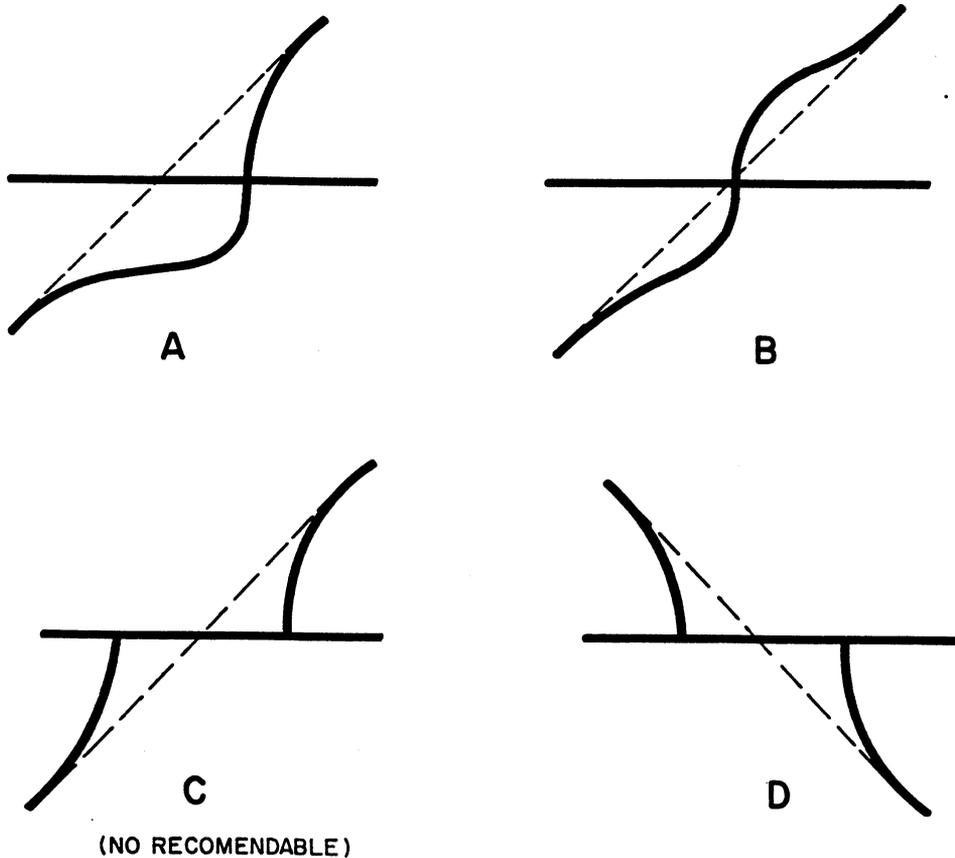
#### 2.2.5.6. Tipo X.

En el caso de una intersección en "X", siguiendo el principio de la perpendicularidad, es conveniente desviar la carretera de menor importancia para transformar la "X" en cruz o en dos "T". Pueden darse los casos A, B, C y D de la Figura 2.9. Las soluciones A y B dan buen resultado, la C no es recomendable, pues se introducen giros a la izquierda desde la carretera principal; la D es mejor solución, pues el giro a la izquierda se produce desde la carretera secundaria y, por tanto, con facilidad de esperar sin entorpecer el tráfico principal.

### 2.2.5.7. Intersección "estrella".

Siempre que sea posible, estas intersecciones se convertirán en otras de cuatro o menos ramales, empalmando algunos fuera de la intersección, introduciendo sentidos únicos, etc..

Si existiese espacio muy amplio y el tráfico fuera poco intenso, puede aceptarse una solución de intersección giratoria.



## CONVERSION DE UNA X EN CRUZ O DOS T

FIGURA  
2.9

### 2.3. Intersecciones de tipo giratorio.

#### 2.3.1. Generalidades.

En el proyecto de las intersecciones de tipo giratorio, también conocidas por el nombre de glorietas, indudablemente no puede evitarse la inclusión de algunas características no deseables e incompatibles con un flujo de tráfico ordenado, de las cuales las más importantes son:

- Subordinación de los movimientos del tráfico individual en favor del tráfico total.
- Introducción de maniobras de trenzado.
- Requerimiento de un área mayor que la precisa para otro tipo de intersección.
- Violación del concepto del movimiento continuo que representa una glorietta, cuando se regula por semáforos

Aunque una intersección de tipo giratorio lleva consigo algunas ventajas inherentes, la inclusión de esas características no deseables, obliga a que el proyecto sea un compromiso que incluya las justificaciones que se exponen a continuación.

### 2.3.2. Justificaciones para el proyecto de una intersección de tipo giratorio.

En el proyecto de una intersección giratoria deben tenerse en cuenta las justificaciones siguientes:

- Que el tráfico de los distintos ramales afluyentes a la intersección sea aproximadamente igual.
- Ausencia de gran número de peatones que crucen la intersección.
- Que las longitudes de trenzado sean apropiadas, como mínimo las previstas en el apartado 2.3.3.
- Que el área de la intersección sea relativamente horizontal.
- Cuando los ramales de la intersección sean cinco o más, con trazado de canalización alternativo, se requiere una regulación por semáforos multifase, con la consiguiente pérdida de capacidad.
- Que las intensidades del tráfico de giro sean aproximadamente iguales o excedan al volumen de cruce.

### 2.3.3. Capacidad de una intersección de tipo giratorio.

El volumen del tráfico de paso y entrecruzamiento en la sección de trenzado crítica de una intersección giratoria, determina su capacidad.

La fórmula siguiente debe aplicarse para el cálculo de la capacidad de un tramo de trenzado de una intersección giratoria.

$$C = \frac{290 a \left( 1 + \frac{a_m}{a} \right) \left( 1 - \frac{p}{3} \right)}{\left( 1 + \frac{a}{l} \right)}$$

Donde:

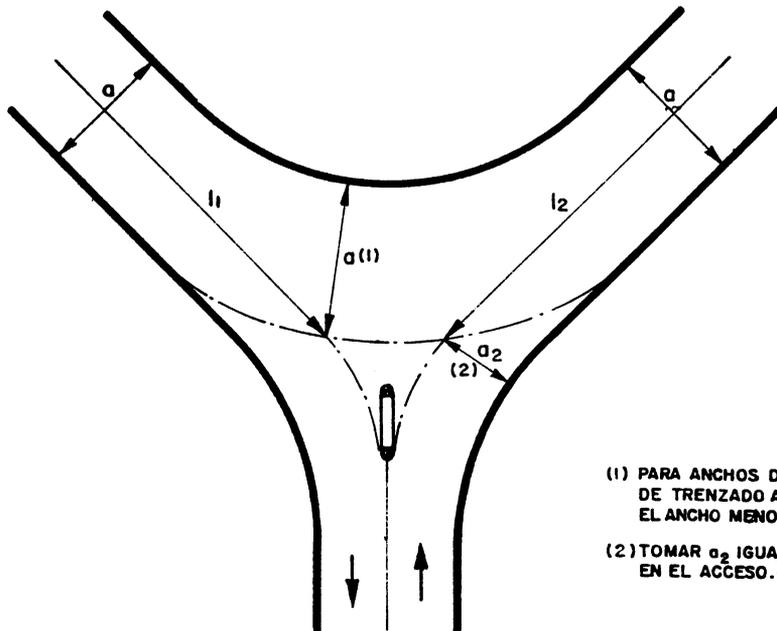
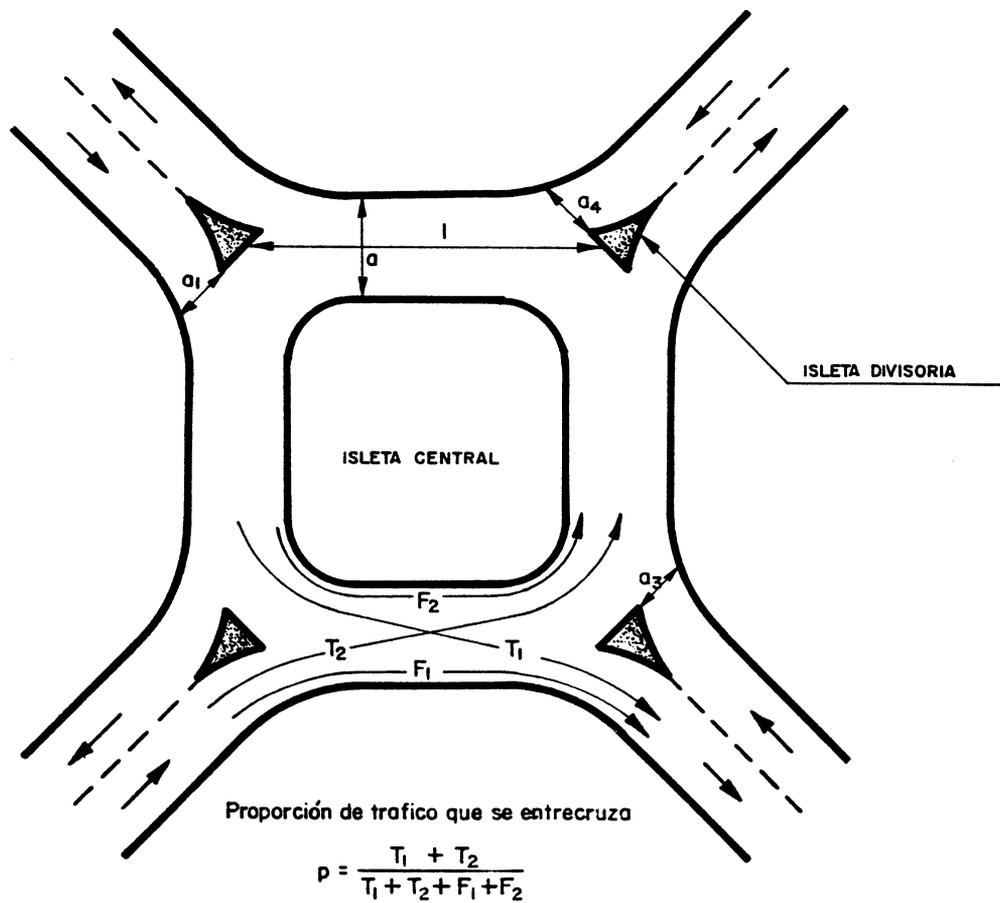
- C = capacidad del tramo de trenzado en vh/hora.
- a = ancho del tramo de trenzado, en metros.
- a<sub>m</sub> = ancho medio de los accesos de entrada, en metros.
- l = longitud del tramo, en metros.
- p = proporción del tráfico que se entrecruza en relación con el total del tramo.

(Ver Figura 2.10)

En relación con la fórmula expuesta, pueden utilizarse las siguientes equivalencias de vehículos en relación con el vehículo unitario:

Turismos y vehículos ligeros (hasta 1500 kg en vacío) .....	1,0
Autobuses y camiones (1500 kg o más en vacío) .....	2,8
Vehículos de dos ruedas (estimación) .....	0,5

Todos los estudios sobre capacidad de los tramos de trenzado se refieren a glorietas con movimiento continuo de vehículos, ya que cuando están controladas por semáforos o policía, su funcionamiento es semejante al de las intersecciones canalizadas de cuatro o más ramales bajo el mismo control. Para una misma capacidad de ambos tipos de intersecciones con semáforos, el diseño de una glorieta es poco práctico por ocupar mucho más espacio.



- (1) PARA ANCHOS DISTINTOS EN LOS TRAMOS DE TRENZADO ADYACENTES, TOMAR PARA  $a$  EL ANCHO MENOR. —
- (2) TOMAR  $a_2$  IGUAL AL ANCHO LIBRE MINIMO EN EL ACCESO. —

METODO PRACTICO PARA DETERMINAR LA LONGITUD DE UN TRAMO DE TRENZADO Y EL ANCHO DEL ACCESO DE ENTRADA CUANDO NO HAY ISLETA DIVISORIA. —

**DIMENSIONES DE LOS TRAMOS DE TRENZADO EN UNA INTERSECCION GIRATORIA**

**FIGURA 2.10**

### 2.3.4. Velocidad específica de las glorietas.

En una glorieta los vehículos deben operar con velocidad uniforme para efectuar los entrecruzamientos desde los distintos accesos sin conflictos serios. La velocidad específica de una glorieta debe seleccionarse previamente y acoplar todos los elementos del trazado uniformemente a dicha velocidad; esta no debe diferir mucho de la normal de los accesos a la intersección, ya que si se obliga a una reducción importante de la misma, el peligro se incrementa y la utilidad de la glorieta como intersección desaparece. Por otra parte, trazados para movimientos giratorios de altas velocidades requieren unos tramos de trenzado muy grandes y distancias extras en el recorrido de los vehículos. La solución idónea debe buscar una fórmula de compromiso entre las dos condiciones señaladas.

Las experiencias obtenidas en zonas urbanas indican que las glorietas con velocidades de 25 a 40 km/h son eficaces; en zonas rurales, tales velocidades no resultan satisfactorias para carreteras con velocidades específicas de 60 a 120 km/h, sino que es preciso para su buen funcionamiento, que la velocidad específica de la glorieta sea igual o no mucho más baja, que la velocidad media de circulación de los accesos. En la Tabla, 2.4 se detallan los valores convenientes, mínimos y deseables, de la velocidad específica de las glorietas.

**TABLA 2.4.**  
**VELOCIDAD ESPECIFICA PARA TRAZADO DE GLORIETAS**

Velocidad específica de los accesos km/h	Velocidad media de circulación de los accesos km/h	Velocidad específica de la glorieta km/h	
		Mínima	Deseable
50	43	30	45
65	55	45	55
80 ó más	65 a 80	50	65

Para velocidades específicas en los accesos mayores de 80 km/h, la recomendada para la glorieta es relativamente baja, ya que es necesario conservar su trazado dentro de ciertos límites prácticos. Por ejemplo, para una velocidad específica de 65 km/h es necesario un radio mínimo de 150 m. lo que significa que el radio exterior de la glorieta sería de unos 170, o mayor aún, si su trazado fuera en óvalo; estos tamaños de glorietas son casi siempre impracticables y prohibitivos, además de que no resultan cómodos para los conductores debido al gran recorrido que se ven obligados a realizar. En casos semejantes es preferible reducir la diferencia de velocidades entre los accesos y la glorieta, situando con la debida antelación a la entrada en la misma, señales, isletas y otros medios de control.

### 2.3.5. Trazado de la isleta central.

El trazado de la isleta central de una glorieta está subordinado a la velocidad específica de la misma, al número y situación de los accesos y a las distancias necesarias para los tramos de trenzado. Hay posibilidad de muchas posiciones para cada ramal de entrada y salida y cada combinación de ellas sugiere una forma diferente de la isleta central.

La isleta central puede ser totalmente circular, forma que da el área y el perímetro mínimos, y con lo cual todos los segmentos de la glorieta pueden trazarse para la misma velocidad específica. Sin embargo, esta forma o la de un polígono regular, solo es apropiada cuando los accesos son equidistantes en el perímetro de la glorieta y presentan intensidades de tráfico análogas. En la mayor parte de los casos no se dan estas circunstancias y entonces la forma de la isleta debe acoplarse a las necesidades de la planta y de los distintos tramos de trenzado de la glorieta, lo que frecuentemente exige diseños alargados o isletas centrales en forma de óvalo.

### 2.3.6. Trazado de los accesos.

El buen funcionamiento de una glorieta depende en gran parte de un trazado adecuado de sus accesos; el tráfico afluyente puede salir con eficacia y seguridad cuando su velocidad media de circulación es aproximadamente igual a la velocidad específica de la glorieta. Para ello puede ser necesario ir reduciendo gradualmente la velocidad de los accesos de entrada, rectificando su trazado en la proximidades de la intersección, pero sin introducir modificaciones demasiado bruscas que puedan reducir las distancias de visibilidad imprescindibles.

Las salidas deben diseñarse para que proporcionen la misma velocidad específica de la glorieta y preferiblemente algo mayor, con lo que se permite un despeje rápido de la misma y se facilita la tendencia natural de los conductores de aumentar su velocidad al salir de una intersección. Un trazado de estas salidas para velocidades altas no presenta inconveniente, salvo que a veces requiere espacios demasiado grandes y necesita curvas amplias que pueden reducir la longitud de los tramos de trenzado correspondientes.

### 2.3.7. Isletas de canalización.

El trazado de las isletas que dividen los accesos en las proximidades de una glorieta para ajustarlos a la forma de ésta, afecta muy directamente a la operación de los vehículos. Fundamentalmente su trazado se basa en los detalles expuestos para las isletas en 4.7 "Isletas y Canales" de estas normas, y necesitan además una especial atención para asegurar una canalización con ángulos adecuados al trenzado.

### 2.3.8. Peraltes.

La relación entre radios, velocidades y peraltes es la misma que la indicada en 4.6.1. "Peraltes de curvas en intersecciones"; en las glorietas, la mayor dificultad que se presenta es la de lograr el peralte deseable, ya que su curvatura es opuesta a la de los accesos de entrada y salida, y existe además una limitación práctica en cuanto a la diferencia de los peraltes en las aristas de coronación de los carriles que llevan distintos movimientos de giro y de entrecruzamiento, particularmente cuando hay tráfico de grandes camiones.

La máxima diferencia algebraica en el porcentaje del peralte para una velocidad de los ramales de giro de 60 km o más, es según la Tabla 4.15 de 4.6.2 "Transición del peralte", del 4 al 5 por ciento; en las glorietas, es admisible en la práctica una mayor diferencia por ser su velocidad más baja y uniforme, pudiendo usarse los valores que se indican en la Tabla 2.5.

**TABLA 2.5.**  
**DIFERENCIA MAXIMA DEL PERALTE ENTRE LOS RAMALES**  
**DE GIROS OPUESTOS**

Velocidad específica de la glorieta km/h	Máxima diferencia algebraica del porcentaje en la línea de coronación %
30	7 a 8
40 a 50	6 a 7
55 a 65	5 a 6

El inferior de los valores mencionados puede usarse cuando exista tráfico de grandes camiones o, por otra parte, cuando el empleo de pavimentos rígidos limite la línea de coronación teórica. Los valores más altos pueden usarse para vehículos ligeros o cuando el empleo de pavimentos flexibles permita obtener secciones transversales con las aristas de coronación redondeadas.

### **2.3.9. Distancia de visibilidad y rasantes.**

La distancia de visibilidad en las proximidades de una glorieta, debe ser suficiente para que permita a los conductores apercibirse con antelación de la presencia de las isletas de encauzamiento y de la isleta central. Para las primeras, es preferible que exceda a la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad específica del acceso; son convenientes valores de 180 m para velocidades bajas o medias y algo mayores para velocidades altas.

La inclinación de la rasante a través de la glorieta debe ser lo más cercana posible a la horizontal, con objeto de proporcionar a los conductores facilidad de maniobra sin encontrarse afectados por una reducción de velocidad a causa de cambios bruscos de rasante. El valor máximo debe limitarse al  $\pm 3$  por ciento.

### **2.3.10. Bordillos y arcenes.**

En cualquier glorieta las isletas deben tener bordillos con objeto de facilitar el drenaje, mejorar la visibilidad y servir parcialmente de barrera; una excepción puede hacerse con las isletas centrales cuando tienen forma de montículo. Las isletas de encauzamiento deben ser perfectamente visibles, con bordillos montables, salvo en el caso de que cumplan además la misión de servir de refugio a peatones, que se limitarán con bordillos elevados.

En cuanto al empleo de bordillos alrededor del perímetro exterior de una glorieta, pueden adoptarse distintos criterios. No son necesarios cuando existan arcenes estabilizados, cuya superficie presente un marcado contraste con la del pavimento de la glorieta; si estos arcenes están pavimentados o son de tierra natural, es conveniente el uso de bordillos montables en la parte exterior de los mismos; también resulta práctico el empleo de un bordillo-cuneta cuando el arcén está pavimentado, para evitar anchos excesivos que pueden inducir a los vehículos a salirse de sus propios carriles. En aquellas glorietas en zonas rurales o semi-urbanas sin control de accesos, el empleo de bordillos adecuados puede ser conveniente, con el objeto de mantener un control razonable de los accesos con las zonas de servicio adyacentes.

### **2.3.11. Aspecto estético del trazado.**

El desarrollo de un buen aspecto estético y a la vez efectivo, de una glorieta, debe formar parte del proyecto de trazado de la misma, ya que ayuda al conductor a apreciar la existencia de la intersección y por consiguiente, a ajustar su velocidad y trayectoria. Por ejemplo, un contraste en color y configuración, con isletas cubiertas de hierba, con plantaciones de grupos de arbustos, etc.. que se destaquen a distancia, avisa al conductor que se acerca a la glorieta en línea directa, que necesita reducir su velocidad y la presencia de curvas y movimientos de giro. La única precaución que hay que tener en cuenta es que las plantaciones no reduzcan la visibilidad necesaria.

En zonas rurales presenta varias ventajas disponer la isleta central como un montículo, ya que resulta una manera clara de avisar a los conductores la presencia de una intersección giratoria y además, si se sitúa un arcén a la izquierda del pavimento, permite prescindir del empleo de bordillos en la isleta que a veces pueden suponer un costo excesivo.

### **2.3.12. Señalización, balizamiento e iluminación.**

Las glorietas requieren señales de precaución, indicación, etc.. que sean efectivas de día y de noche, reflexivas o preferiblemente iluminadas; ellas desempeñan un papel preponderante en la seguridad del tráfico, en especial cuando es necesaria una reducción de velocidad en los accesos.

El empleo de líneas pintadas sobre el pavimento de la glorieta no es conveniente; la superficie pavimentada entre las isletas de encauzamiento y los accesos adyacentes, así como los tramos de trenzado, funcionan mejor sin los carriles marcados. Estos son muy útiles en los accesos, complementados con flechas indicadoras, pero deben terminar al final de la isleta correspondiente.

Por último, es deseable que las intersecciones de tipo giratorio estén provistas de iluminación, aunque a veces es muy difícil de proveer por encontrarse distantes de una fuente de energía.

### **2.3.13. Control de parada y preferencia.**

En glorietas con gran intensidad de tráfico, con importante número de peatones o que no tengan el tamaño adecuado, puede ser necesario, especialmente en zonas urbanas, recurrir a disposiciones de control del tráfico con prioridad de paso, obligación de parada o instalación de semáforos. En estos casos el proyecto de trazado de una glorieta debe analizarse y compararse con el de otro tipo de intersecciones canalizadas directas, ya que estas proporcionan un recorrido menor y una capacidad posiblemente más elevada.

Es muy práctico, en aquellas glorietas próximas a la saturación, la disposición de prioridad de paso en favor de los vehículos que salen de las mismas, es decir, a la circulación que viene por la izquierda; de esta manera se aumenta la capacidad de la glorieta y se reduce el riesgo de embotellamientos.

### **3. CAPACIDAD.**

#### **3.1. Criterios generales.**

La intersección de dos carreteras supone la utilización de una misma superficie por dos tráficos distintos, lo que equivale a una discontinuidad en la circulación y, por consecuencia, constituye un punto crítico en la capacidad de ambas carreteras.

Por ello, tanto al proyectar una carretera con un determinado número de carriles para que soporte el tráfico del año horizonte, como al ordenar una intersección existente, debe tenerse muy en cuenta la capacidad de las intersecciones, ya que puede ser causa de invalidación de la solución elegida.

El estudio de la capacidad de una intersección debe hacerse determinando en primer lugar si es necesaria o no la instalación de semáforos para la regulación del tráfico. Una vez establecido si es o no necesaria su instalación, se puede abordar el problema del estudio de la capacidad de cada uno de los ramales de la intersección.

En los apartados que siguen se describen los criterios a seguir para determinar la necesidad de semáforos y las cifras de capacidad a utilizar en cada caso.

#### **3.2. Elección del tipo de control.**

##### **3.2.1. Introducción.**

La instalación de señales o semáforos en las intersecciones tiene por objeto evitar los conflictos entre el tráfico de vehículos o entre éste y la circulación de peatones cuando ésta existe.

Para que estos dispositivos ejerzan la función para la que fueron proyectados, es necesario que se coloquen en aquellos lugares que reclamen su instalación y que en cada caso sea posible proceder a la elección del dispositivo más adecuado.

##### **3.2.2. Criterios de selección.**

Tres son los factores que deben ser analizados detenidamente antes de proceder a la elección del dispositivo de control más adecuado en una intersección:

1. Análisis del tráfico
2. Movimiento de peatones
3. Estudio de accidentes

##### **3.2.3. Análisis del tráfico.**

El análisis del tráfico que circula por la intersección requiere a su vez el estudio de los siguientes factores que tienen influencia en la elección de la solución:

1. Tráfico en la vía principal.
2. Tráfico en la vía secundaria incidente
3. Tiempos de llegada y salida de los coches en ambas vías (Intervalo crítico).
4. Número de coches detenidos en la calle secundaria

Los datos referentes a las intensidades de tráfico deberán cumplir la condición de estar tomados durante doce horas cualesquiera de un día normal en ambos accesos.

La influencia de los tiempos de llegadas y salidas en ambas vías está medida por sus intervalos. Estos intervalos se definen como el tiempo desde la llegada a la intersección de un vehículo que circula por la vía secundaria hasta la llegada del próximo coche que circula por la vía principal.

Como se ve, cada conductor que circula por la vía secundaria es analizado con un intervalo de tiempo, desde su llegada hasta la llegada del nuevo vehículo por la vía principal. Si el conductor de la vía secundaria entra en la intersección antes de que llegue un vehículo por la arteria principal, se dice que es un intervalo aceptado, y por el contrario, si espera hasta que el vehículo de la calle principal haya pasado antes de entrar en la intersección, se dice que es un intervalo rechazado.

El intervalo crítico en una intersección particular, es el tiempo  $t$  para el que el número total de intervalos aceptados más cortos que  $t$  es igual al número total de intervalos rechazados mayores de  $t$ .

El intervalo crítico varía normalmente entre 4,5 seg. y 6,0 seg.

El intervalo crítico es un valor singular que indica que intervalos de tiempo libre requiere el conductor normal que accede por una vía secundaria para entrar en la intersección. Representa la conducta de un conductor normal, pues es definido de tal forma que los conductores que son más cautelosos que el porcentaje medio son exactamente compensados por aquellos otros que son más atrevidos.

Está claramente establecido que cada intersección tiene su propio valor característico de intervalo crítico y que estos valores no son los mismos en todas las intersecciones. En general, el intervalo crítico de la intersección depende de las velocidades de circulación en ambas vías, del número de carriles en cada vía y de las condiciones de visibilidad.

El último factor que influye en la elección de uno u otro tipo de control, es el número de coches de la vía secundaria que deben esperar cuando el tráfico que circula por la vía principal tiene el derecho de preferencia en todo momento.

Para medir este factor se utiliza la siguiente fórmula empírica, basada en las leyes de probabilidad.

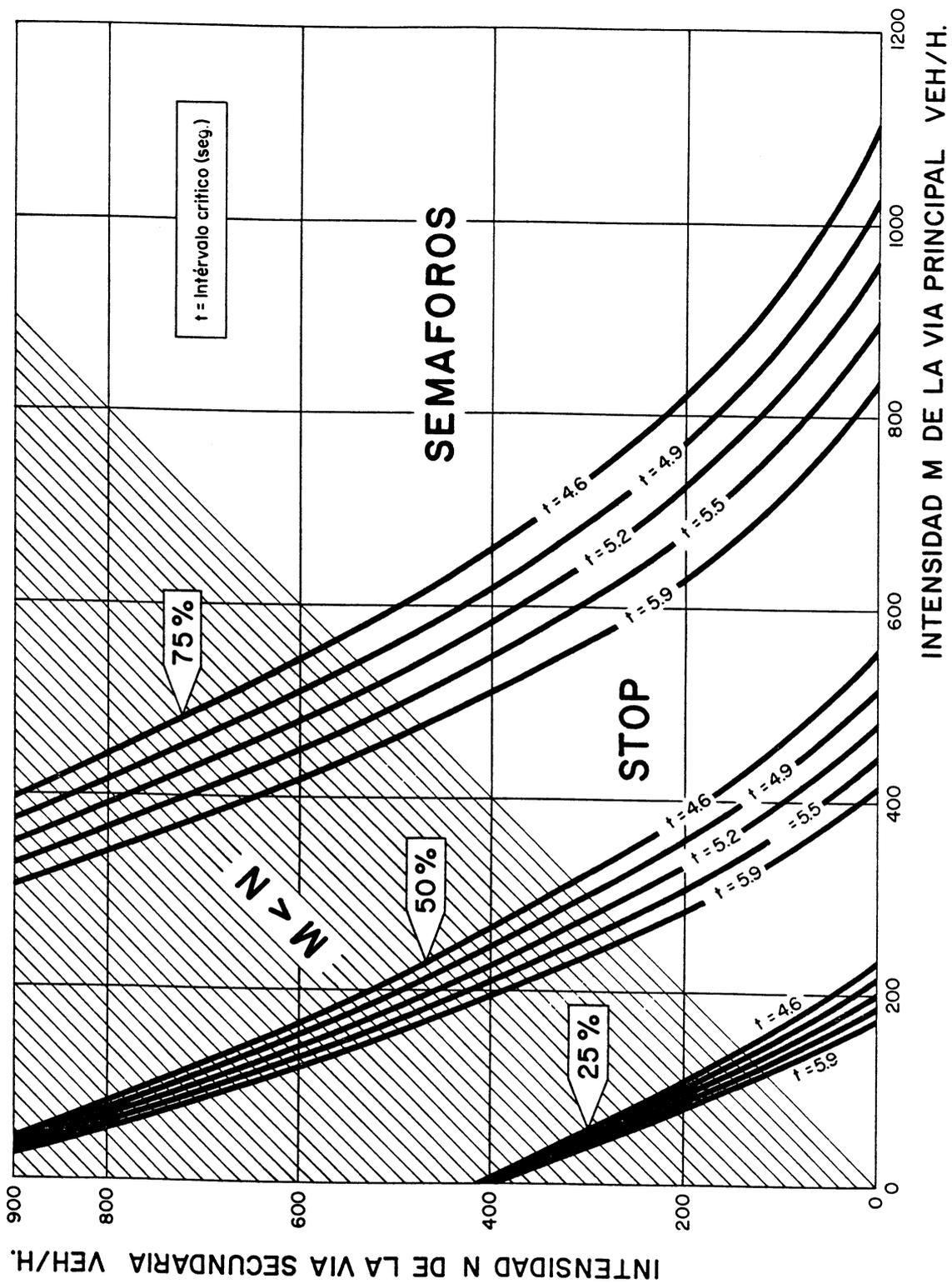
$$P = 100 \left( 1 - \frac{e^{-2,5} i_s \times e^{-2} I t}{1 - e^{-2,5} i_s \times (1 - e^{-I t})} \right)$$

en donde:

- P = porcentaje de vehículos retrasados en la vía secundaria
- I = intensidad de la vía principal (veh./seg.)
- $i_s$  = intensidad de la vía secundaria (veh./seg.)
- t = intervalo crítico en seg.
- e = base de los logs. naturales (2,71828)

Esta fórmula determina unas familias de curvas que delimitan las intensidades para las que un 25 por ciento, 50 por ciento y 75 por ciento de los vehículos de la vía secundaria deben demorar su viaje. Se considera que cuando el 75 por ciento de los vehículos en la vía secundaria sufren demora, es necesaria la instalación de semáforos.

En la figura 3.1. se indican las familias de curvas en función del intervalo crítico  $t$ .



**NOTAS:**

Las curvas limitan las intensidades para las que un 25%, 50% y 75% de los vehiculos de la via secundaria deben esperar.

La parte rayada indica la zona en la que el volumen de la via secundaria excede al volumen de la via principal.

**CONDICIONES DE TRAFICO PARA LA ELECCION DEL TIPO DE CONTROL**

**FIGURA 3.1**

**Determinación del intervalo crítico.**- Un conductor que se aproxima a la intersección por la vía secundaria puede cruzar inmediatamente la intersección o puede esperar hasta que uno o más coches de la vía principal hayan pasado. La elección de uno u otro caso dependerá principalmente del tiempo que necesita el coche de la vía principal próximo a la intersección para llegar a ella, cuando el coche de la vía secundaria alcanzó dicha intersección. Si el coche más próximo de la vía principal necesita solamente 2 seg., el coche de la vía secundaria seguramente decidirá esperar, es decir que el conductor ha podido utilizar un intervalo de 2 seg. y lo ha rechazado.

Por otra parte, si el intervalo desde la llegada del coche de la vía secundaria hasta la llegada del coche siguiente de la vía principal fuera 15 seg. el coche de la vía secundaria probablemente aceptaría este intervalo, es decir cruzaría la intersección antes que el coche de la vía principal, es decir que el conductor ha podido utilizar un intervalo de 15 seg. y lo ha aceptado. El intervalo crítico es el intervalo justamente aceptado por el conductor medio.

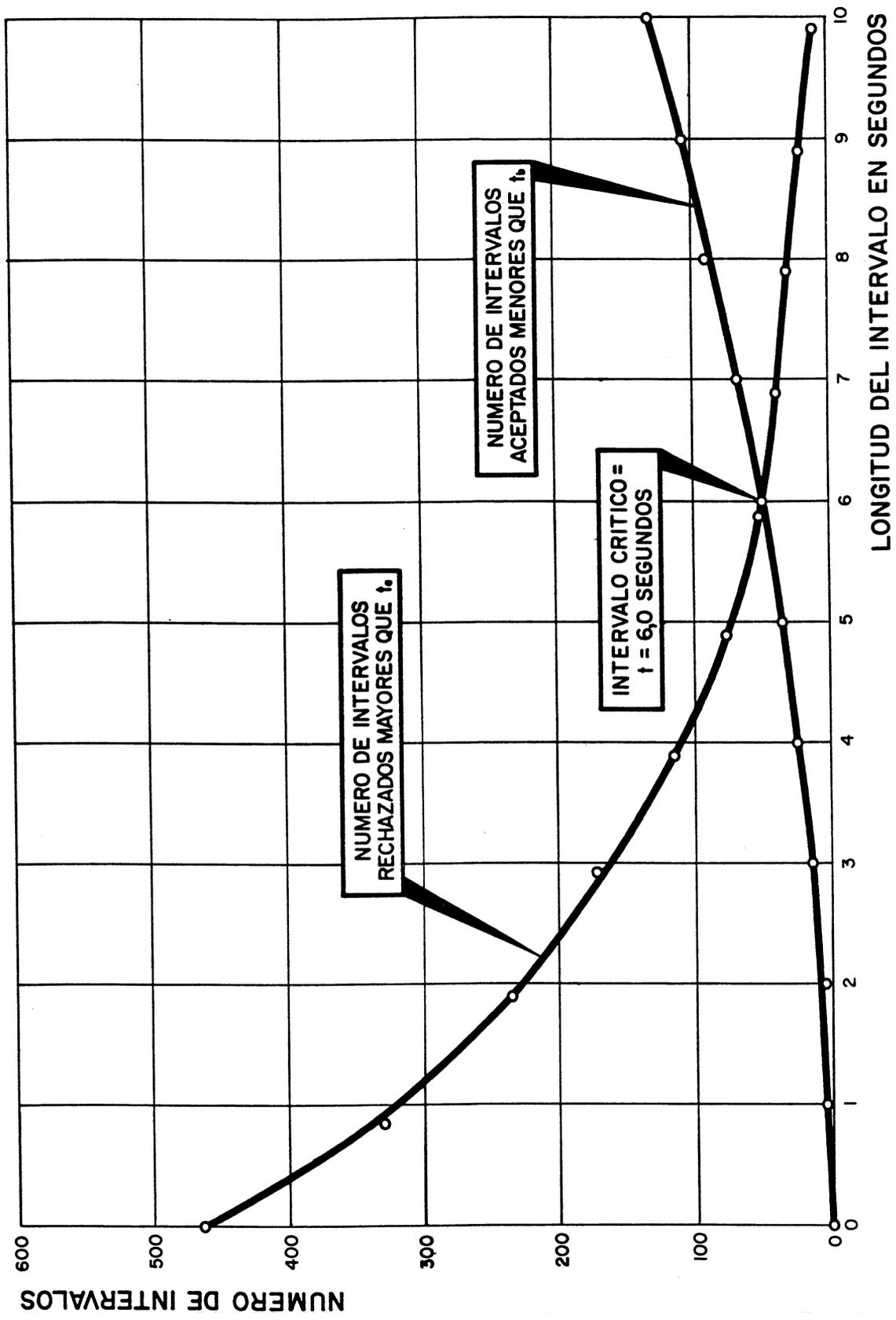
Las observaciones necesarias para determinar el intervalo crítico de la intersección pueden ser realizadas fácilmente por un observador con un cronómetro al mismo tiempo que mide las intensidades de tráfico. Es necesario medir los intervalos de un grupo representativo de coches que circulan por la vía secundaria -por lo menos 200 coches- y anotar si cada intervalo es aceptado o rechazado. Para medir un intervalo, el cronometraje debe comenzarse cuando el siguiente coche de la vía principal alcanza la intersección.

Los intervalos obtenidos se clasifican por su longitud y se prepara un cuadro como el que se acompaña de ejemplo en la Tabla 3.1. En las tres primeras columnas se indican las distintas longitudes de tiempo y los intervalos aceptados y rechazados en las correspondientes longitudes de tiempo. En la cuarta y quinta columna se recogen los valores acumulados del número de intervalos aceptados más pequeños y del número de intervalos rechazados mayores que uno de longitud determinada.

**TABLA 3.1.**

**INTERVALOS ACEPTADOS Y RECHAZADOS EN UNA INTERSECCION DETERMINADA**

Longitud del intervalo (seg)	Número de intervalos aceptados	Número de intervalos rechazados	Número acumulado de intervalos aceptados	Número acumulado de intervalos rechazados
0 - 0,9	0	131	0	465
1 - 1,9	2	97	2	334
2 - 2,9	8	67	10	237
3 - 3,9	12	56	22	170
4 - 4,9	12	34	34	114
5 - 5,9	14	28	48	80
6 - 6,9	22	14	70	52
7 - 7,9	23	14	93	38
8 - 8,9	19	9	112	24
9 - 9,9	18	7	130	15
10 - 10,9	12	2	142	8
11 - 11,9	18	4	160	6
12 - 12,9	8	0	168	2
13 - 13,9	7	2	175	2
14 - 14,9	5	0	180	0
más de 15	36	0	216	0



DISTRIBUCION ACUMULATIVA DE INTERVALOS ACEPTADOS O RECHAZADOS EN UNA INTERSECCION

FIGURA 3.2

Finalmente estas dos últimas columnas se representan en un mismo dibujo, tal como se indica en la Figura 3.2. El intervalo crítico es el valor de tiempo correspondiente al punto de intersección de ambas curvas.

Como cifras de orientación, se tiene que como media en una intersección en la que la vía principal es una carretera de siete metros de calzada, el intervalo crítico varía entre 4,6 y 4,9 seg. y que cuando la vía principal es una carretera de cuatro carriles, el valor alcanzado oscila alrededor de 5,9 seg.

#### **3.2.4. Movimiento de peatones.**

Se considera que la instalación de semáforos en una intersección queda justificada siempre que el movimiento de peatones supere los 150 peatones/hora, durante 8 horas cualesquiera de un día normal.

#### **3.2.5. Estudio de accidentes.**

La creencia de que los semáforos reducen materialmente el número de accidentes, rara vez ha sido confirmada por la experiencia. Por lo tanto, si una intersección no cumple con ninguna de las anteriores condiciones que justifican el empleo de semáforos excepto la de los accidentes, se debe tender a no instalarlos.

Los accidentes indican la instalación de semáforos cuando la aplicación adecuada de remedios menos restrictivos con observación y vigilancia satisfactorias no han podido reducir la frecuencia de los mismos.

Cuando un semáforo es obedecido por conductores y peatones, debe evitar o reducir materialmente el número y gravedad de los siguientes tipos de accidentes:

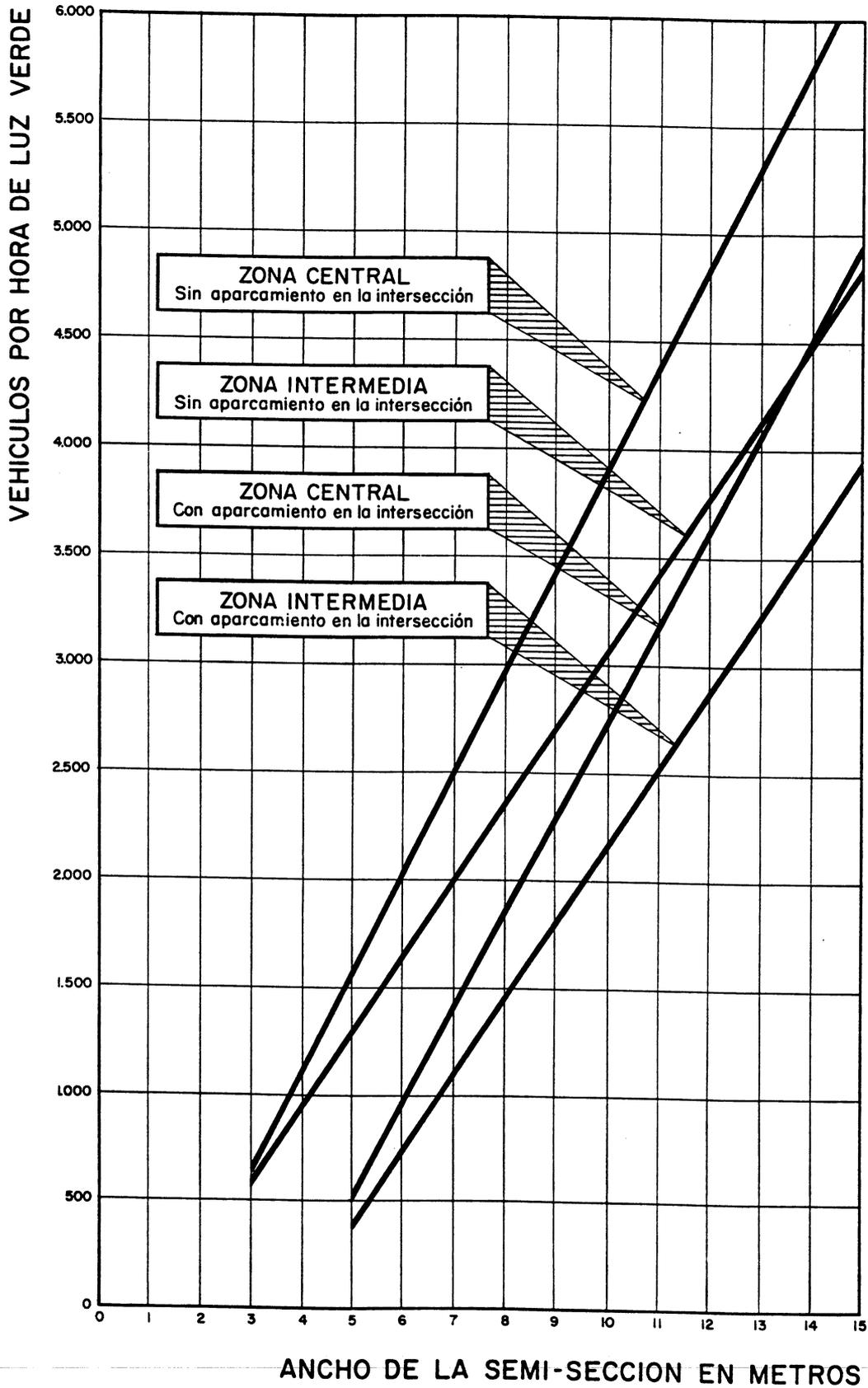
- 1.— Los que consisten esencialmente en choques o conflictos en ángulo recto, como los que ocurren entre vehículos que van por vías que se cortan.
- 2.— Los constituídos principalmente por conflictos entre vehículos que van en línea recta y peatones que cruzan una calzada.
- 3.— Los que ocurren entre vehículos que marchan en línea recta y otros que giran a la izquierda en sentido opuesto a los primeros, si se dedica un intervalo especial a estos giros a la izquierda en el ciclo del semáforo.
- 4.— Los que son provocados por velocidades excesivas, en los casos en que la coordinación de semáforos reduce la velocidad a valores razonables.

Por otra parte, no se puede esperar que los semáforos reduzcan los siguientes tipos de accidentes:

- 1.— Choques por detrás, que muchas veces aumentan con la colocación de semáforos.
- 2.— Choques entre vehículos que van en la misma dirección (en igual sentido o en sentido contrario) cuando uno de ellos hace un giro cortando la trayectoria del otro.
- 3.— Accidentes entre peatones y vehículos que giran, cuando ambos avanzan durante el mismo intervalo.
- 4.— Otros tipos de accidentes relativos a peatones, si los conductores o peatones no obedecen las indicaciones del semáforo.

#### **3.3. Capacidad en intersecciones con semáforos.**

Las cifras obtenidas por el "Capacity Manual" corresponden a las características de circulación en Estados Unidos y por ello antes de aplicarlas en España, conviene comprobar su validez en las condiciones españolas.



**CAPACIDAD DE CALLES DE DOBLE SENTIDO**

**FIGURA 3.3**

Con el fin de aclarar estos puntos, en el pasado año se abordó el problema de obtener datos acerca de las capacidades en intersecciones españolas.

Al empezar el trabajo, se hizo necesario establecer una base común para identificar la situación de cada intersección. Con este fin, se exigió que todas las intersecciones estuviesen saturadas. Se consideraron como tales, aquellas intersecciones en las que, después de terminado el tiempo de verde, quedaban vehículos esperando. Una vez establecido este nivel de congestión, era posible asegurar que las cifras obtenidas correspondían a capacidad posible.

Las cifras obtenidas para las intersecciones consideradas proporcionaron valores de capacidad posible para las diferentes condiciones de circulación -giros a la derecha, giros a la izquierda, porcentaje de pesados, con o sin aparcamiento, etc.- y para las condiciones geométricas de cada acceso.

Es conocido que la capacidad posible no puede utilizarse para el proyecto de una intersección, por lo que es necesario calcular la capacidad práctica en los casos considerados.

La definición de capacidad práctica, presupone una definición de nivel de servicio. Este nivel a exigir es diferente según el tipo de zona de que se trate, es decir que en el centro de una ciudad es posible admitir unas condiciones de circulación inferiores a las del resto de la ciudad.

Para las zonas céntricas de la ciudad, se consideraran admisibles unas condiciones equivalentes al 90 por ciento de la capacidad posible y en las intermedias el nivel admisible se estimó en un 70 por ciento de la capacidad posible.

Con estas condiciones de servicio, se dedujeron las curvas que se indican en la Figura 3.3. Comparando las cifras obtenidas con estas curvas con las correspondientes al Manual de Capacidad, se observa que, como media, son un 40 por ciento superiores; así, por ejemplo, en una calle de 14 m. de ancho y 7 de semisección, las cifras obtenidas en cada caso son 2.500 y 1.800 vehículos por hora de verde, respectivamente.

Los datos en los que se han basado la obtención de las curvas están obtenidos a partir de unas 50 intersecciones. Si bien estos datos son suficientes para el ajuste de las rectas, no se han considerado suficientes para la determinación de la influencia de los diversos factores tales como porcentaje de pesados, giros, etc.. Los pocos datos disponibles parecen indicar valores análogos a los del Manual de Capacidad, por lo que se ha considerado conveniente seguir admitiendo los mismos factores de corrección del Manual.

En el año 1951 se publicó en la revista "Public Roads" unos artículos firmados por J. Leisch del Bureau of Public Roads, en los que se presentaban una serie de ábacos muy útiles y cómodos para el cálculo de capacidades. Dado el interés que tiene el cálculo de capacidades y el número de veces que hay que repetir las mismas operaciones, se ha creído conveniente aprovechar los ábacos de la citada publicación, corrigiéndolos de acuerdo con los nuevos resultados obtenidos, para deducir las capacidades correspondientes a las condiciones españolas.

Los ábacos se presentan en las Figuras 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8. El sistema de utilización es muy fácil, ya que basta entrar con el ancho de la semisección e ir pasando de curva en curva seleccionando los valores correspondientes a cada uno de los parámetros que influyen. La última curva permite obtener el valor de la capacidad práctica en vehículos por hora absoluta para el nivel de servicio considerado.

### **3.4. Intersecciones sin semáforos.**

La capacidad de una intersección sin semáforos supone que una de las vías que se cruzan tiene siempre prioridad sobre las demás y por consiguiente la capacidad de esta carretera principal debe calcularse como si no existiera intersección, es decir, como el resto de las secciones de la carretera. Únicamente se debe considerar el factor de giros a la izquierda para determinar si es o no necesario el establecer una vía especial para este giro.

El criterio a seguir es que cuando el número de vehículos que giran a la izquierda en la hora punta es superior a 25 vehículos/hora es necesario disponer de una vía adicional o, al menos, una zona de refugio y espera para ese giro, con el fin de no molestar al resto del tráfico.

El cálculo de la capacidad de los ramales secundarios, viene determinado por las curvas de la Figura 3.1. del apartado 3.2.3. que indican el porcentaje de vehículos demorados, es decir, que para una intensidad dada en la carretera principal, la capacidad máxima de la carretera secundaria viene dada por la intensidad del tráfico que haría necesaria la instalación de semáforos.

### 3.5. Tramos de trenzado.

Un tramo de trenzado se define como aquella zona en que se entrecruzan distintos movimientos de vehículos que siguen un mismo sentido de circulación. Cuando situaciones de este tipo se presentan en intersecciones de carreteras, el diseño del tramo en cuestión depende fundamentalmente de la velocidad de circulación y de la intensidad del tráfico que lo utiliza. Su aplicación es de particular interés en intersecciones de tipo giratorio.

La longitud y anchura del tramo de trenzado determinan en definitiva la facilidad de maniobra de los vehículos a través del mismo y como consecuencia su capacidad.

En la Figura 3.9 se indican las capacidades teóricas de los tramos de trenzado en función de su longitud y velocidad media de circulación. Una velocidad aproximada de 30 km/hora -que puede variar según las condiciones locales- es la que proporciona la máxima capacidad. No es conveniente acercarse a los valores máximos de la tabla porque se produce un régimen inestable que, en la práctica, es insostenible y da origen a embotellamientos que reducen rápidamente la capacidad teórica del tramo e incluso llegan a provocar riesgos de bloqueo en el mismo.

Las longitudes que aparecen en la tabla de la Figura 3.9 corresponden a los valores prácticos comprendidos entre la mínima y la máxima longitud; distancias inferiores a 30 metros representan prácticamente un caso típico de cruce de movimientos, y superiores a 180 metros dan lugar a unas dimensiones excesivas para un tramo de trenzado.

El ancho de un tramo de trenzado, o su número de carriles, depende de los movimientos internos o de entrecruzamiento de los vehículos y se determina por la fórmula siguiente:

$$N = \frac{T_1 + 3T_2 + F_1 + F_2}{C}, \text{ donde}$$

N = Número de carriles.

T<sub>1</sub> = Número de vehículos/hora en el movimiento mayor de trenzado.

T<sub>2</sub> = Número de vehículos/hora en el movimiento menor de trenzado.

F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> = Número de vehículos/hora en otros movimientos que no se entrecruzan.

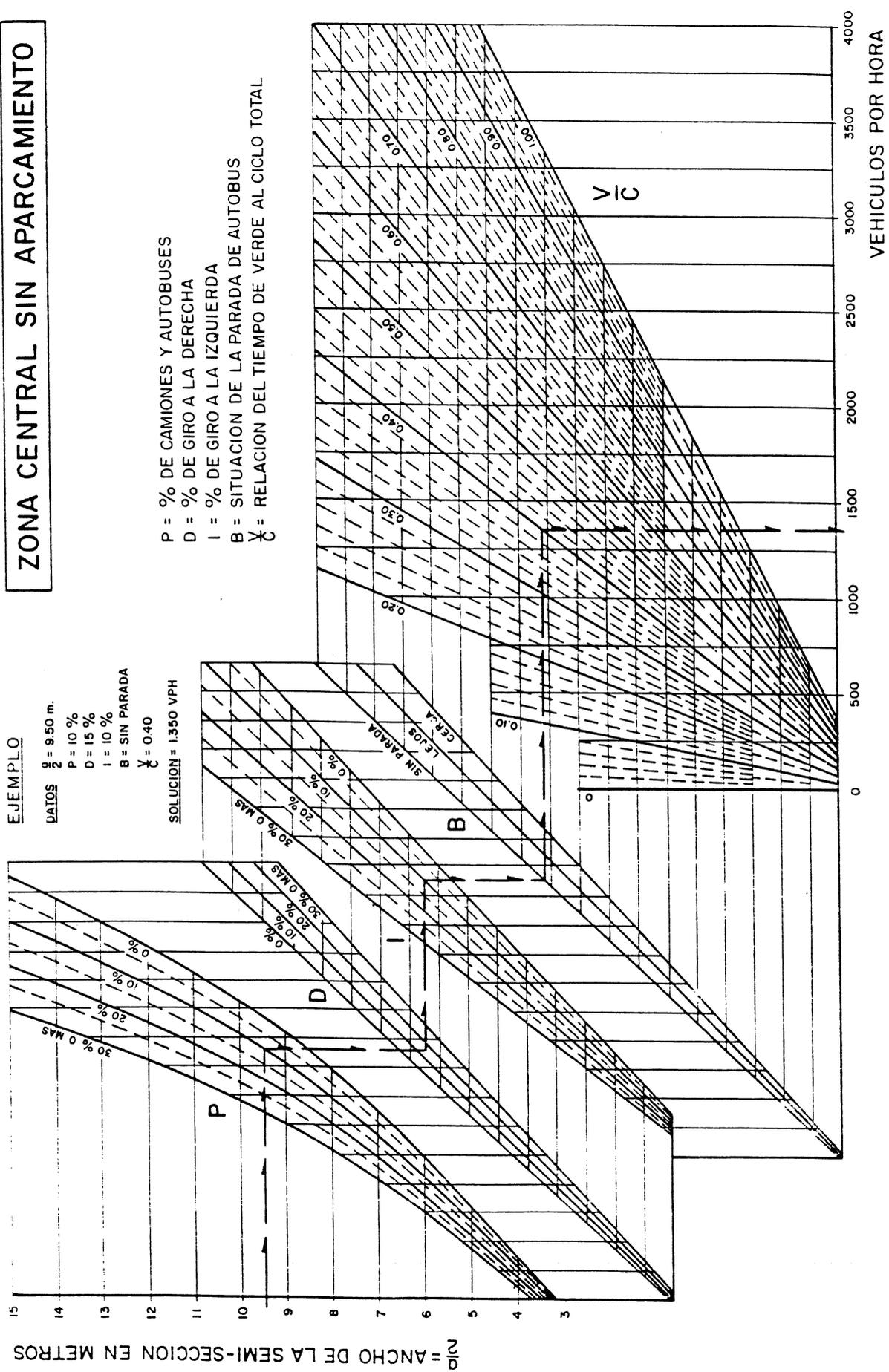
C = Capacidad normal en circulación ininterrumpida de las carreteras que entran y salen, en vehículos/hora por carril

El ancho de un tramo de trenzado no debe ser nunca inferior al equivalente a dos carriles de circulación, preferiblemente de 3,50 m cada uno. El ancho mínimo conveniente en general, debe ser igual o vez y media del total del acceso de mayor latitud, más el ancho correspondiente a un carril. Normalmente y en zonas rurales, el ancho máximo recomendado es de cuatro carriles, ya que dimensiones mayores producen movimientos confusos de los vehículos durante los períodos de poco tráfico y otras veces, reducen los resultados positivos, en cuanto a capacidad, que pueden dar tramos más estrechos. Un carril adicional debe proveerse para los movimientos directos, F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>, cuando su intensidad es de más de 600 vehículos por hora.

Los factores que aparecen en el numerador de la fórmula anterior pueden deducirse de los datos del tráfico actual. Para tramos de trenzado en carreteras, sin estar situados en intersecciones de tipo giratorio, el valor C varía entre 1.000 y 1.500 vehículos ligeros por hora, siendo el primero de aplicación en zonas rurales y el segundo en vías urbanas importantes.

# ZONA CENTRAL SIN APARCAMIENTO

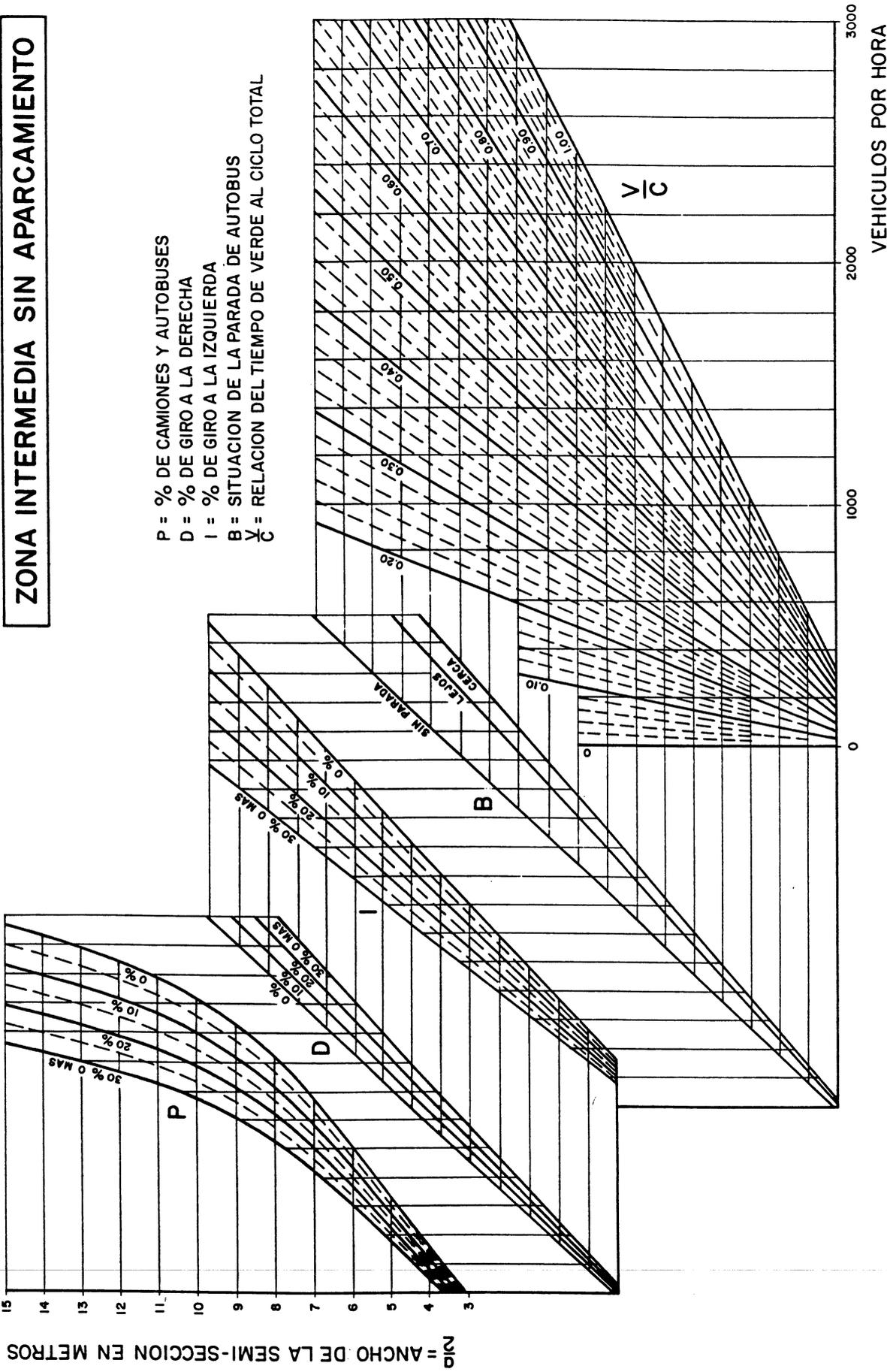
**EJEMPLO**  
**DATOS**  
 $\frac{L}{2} = 9.50 \text{ m.}$   
 $P = 10\%$   
 $D = 15\%$   
 $I = 10\%$   
 $B = \text{SIN PARADA}$   
 $\chi = 0.40$   
**SOLUCION = 1.350 VPH**



ABACO PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD PRACTICA EN CALLES DE DOBLE SENTIDO

FIGURA 3.4

**ZONA INTERMEDIA SIN APARCAMIENTO**



**ABACO PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD PRACTICA EN CALLES DE DOBLE SENTIDO**

**FIGURA 3.5**

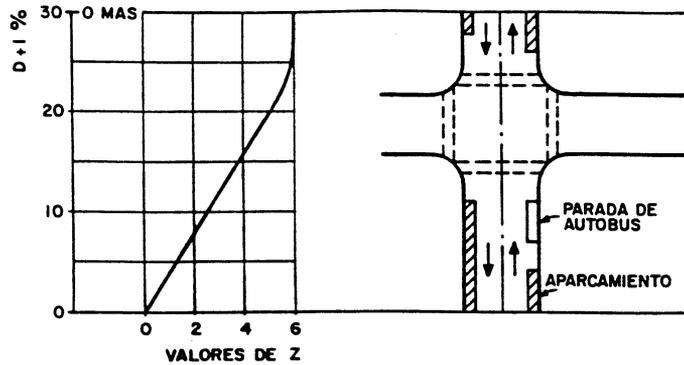
### PARADA DE AUTOBUS CERCA

**NOTAS:**

Z = Factor de corrección para paradas de autobuses y restricción de aparcamiento.

Para usar en las figuras 5.6 y 5.7.

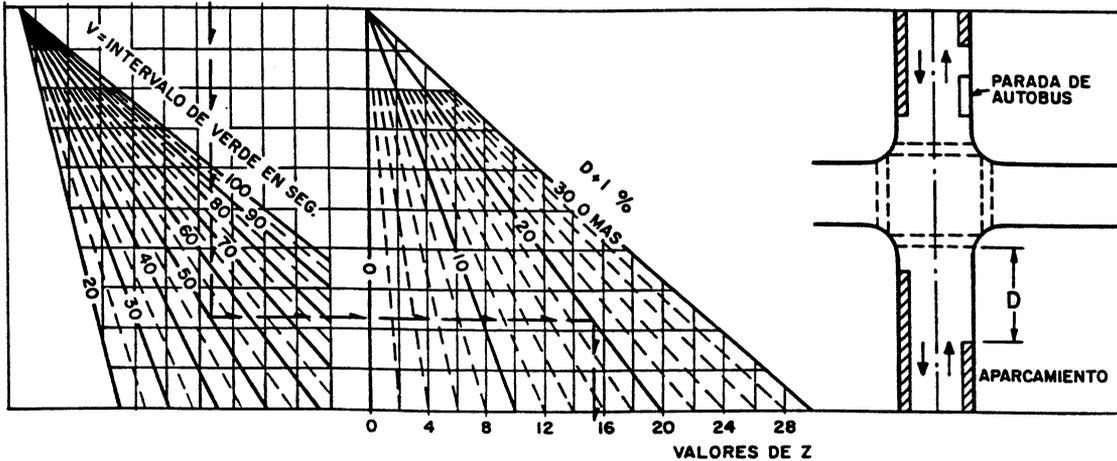
Cuando el aparcamiento este prohibido en una distancia limitada, en ambas direcciones, desde la calle que cruza, ver las condiciones especiales de la figura 5.6.



### PARADA DE AUTOBUS LEJOS

D=DISTANCIA DE PROHIBIDO EL APARCAMIENTO EN METROS

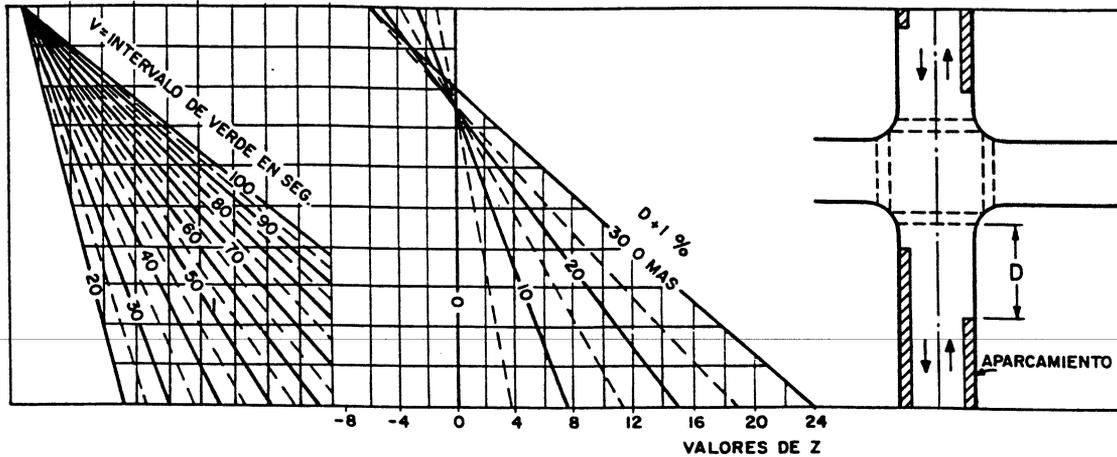
0 20 40 60 80 100



### SIN PARADA DE AUTOBUS

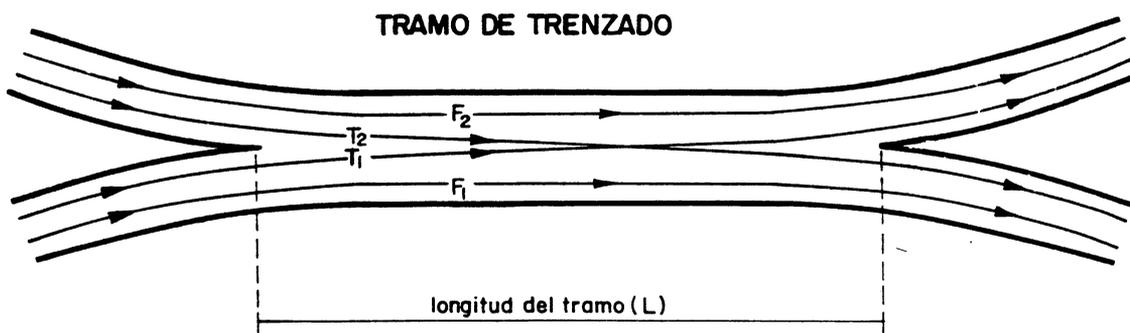
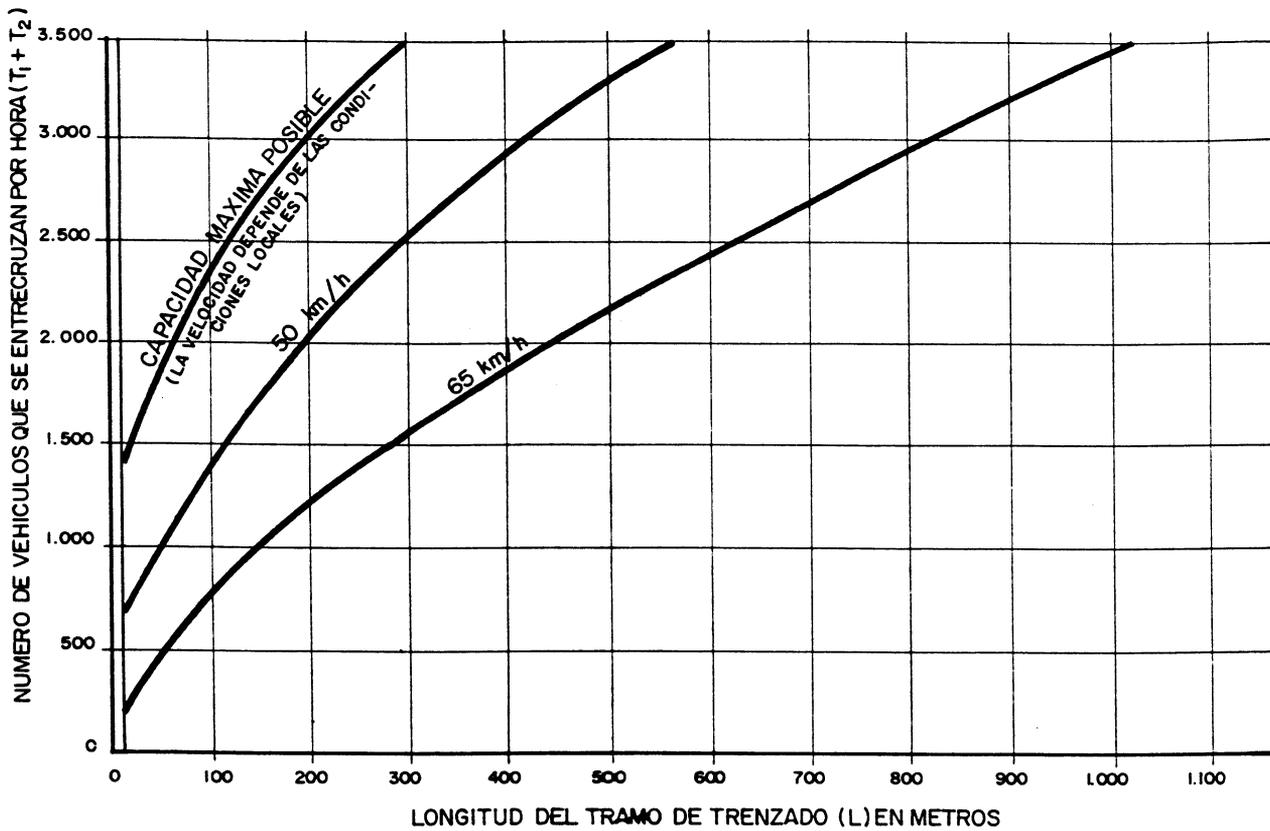
D=DISTANCIA DE PROHIBIDO EL APARCAMIENTO EN METROS

0 20 40 60 80 100



ABACO AUXILIAR PARA EL CALCULO DE LA INFLUENCIA DE LOS APARCAMIENTOS Y PARADAS DEL AUTOBUS

FIGURA 3.8



CAPACIDAD TEORICA DE LOS TRAMOS DE TRENZADO

Longitud del tramo m	Numero de vehiculos / hora a la velocidad media de operación de		
	Aprox. 30 km/h	50 km/h	65 km/h
30	1500	700	350
60	1700	1000	600
90	1900	1200	750
120	2100	1400	900
150	2300	1600	1050
180	2500	1700	1200

CAPACIDAD TEORICA EN TRAMOS DE TRENZADO

FIGURA  
3.9



## 4. CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.

### 4.1. Generalidades.

Todas las normas siguientes pertenecen a los elementos de proyecto de una intersección canalizada. Las características geométricas ya indicadas en las normas I.C., Sección 3.1. - TRAZADO - deben ser respetadas, siempre que sea posible, en el proyecto de todas las características de las carreteras de paso dentro del área de la intersección.

Las intersecciones situadas en curvas horizontales o en la coronación de curvas verticales no son deseables desde el punto de vista de la distancia de visibilidad y por las dificultades que presenta el desarrollo de los peraltes. Cuando sea posible, en la elección del lugar de la intersección, debe evitarse la curvatura horizontal o vertical. Puede ser justificable un cambio en el trazado o en la rasante cuando se trate de intersecciones importantes.

### 4.2. Distancia de visibilidad en ramales de giro.

#### 4.2.1. Generalidades.

Es necesario que cualquier carretera o intersección tenga visibilidad en todos sus puntos en una distancia suficiente que permita al conductor que circula a la velocidad específica de la carretera, lograr la parada de su vehículo ante cualquier obstáculo inesperado que surja en su ruta.

En muchos casos los ramales de giro están proyectados para un solo sentido de circulación, por lo que su control debe hacerse para la distancia de visibilidad de parada; con ramales de dos carriles y doble sentido de circulación la distancia de visibilidad de adelantamiento no es motivo de control generalmente, ya que tales ramales son relativamente cortos y en ellos se puede prohibir el adelantamiento.

#### 4.2.2. Distancias mínimas de visibilidad de parada.

Se calculan igual que en los tramos normales de carretera y en función de la velocidad específica, coeficiente de rozamiento longitudinal entre rueda y pavimento, pendiente y tiempos de reacción y percepción del conductor. Teniendo en cuenta unos valores máximos normales de la inclinación de rasante, las distancias mínimas de parada a considerar para distintas velocidades específicas figuran en la Tabla 4.1; estos valores deben considerarse como mínimos imprescindibles en cualquier punto del trazado, y siempre que sea posible obtener distancias de visibilidad mayores, deben lograrse en beneficio de la seguridad de la intersección. Estas distancias se aplican al control del trazado en planta y alzado.

TABLA 4.1.

DISTANCIAS MINIMAS DE VISIBILIDAD DE PARADA EN RAMALES DE GIRO

Velocidad específica km/h	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Distancia mínima de visibilidad de parada, m .....	15	17	20	25	32	40	50	60	70

#### 4.2.3. Visibilidad en alineaciones curvas horizontales.

La luz libre lateral necesaria para cumplir con la condición de distancia mínima de visibilidad de parada, viene limitada por una recta que une los puntos extremos de dicha distancia medida a lo largo de una línea imaginaria situada sobre el pavimento del ramal de giro y a 1,50 m de la arista interior del mismo. La zona limitada por el haz de rectas obtenido de la manera indicada, debe quedar despejada de obstáculos que impidan la visibilidad necesaria.

En las normas para el proyecto del trazado de las carreteras, figura un ábaco que permite obtener directamente la distancia entre el borde del pavimento y la recta que une los dos puntos, tal como se ha descrito anteriormente.

#### 4.2.4. Visibilidad en alineaciones curvas verticales.

Las longitudes de curvas verticales, cóncavas o convexas que cumplen con la condición mínima de visibilidad de parada son iguales, en metros, a  $L = K \cdot \Theta$ , siendo  $\Theta$  la diferencia algebraica de pendientes y K un coeficiente función de la velocidad específica del tramo en cuestión; además las condiciones de comodidad y estética exigen que el coeficiente K no sea inferior a  $0,154 \cdot V^2$  y la longitud de la curva igual o superior a  $0,6 \cdot V$ . Teniendo en cuenta todas estas condiciones y considerando iguales valores de K para las curvas convexas y cóncavas, se ha confeccionado la Tabla 4.2.

Tabla 4.2.

#### ACUERDOS DE CURVAS VERTICALES EN RAMALES DE GIRO VISIBILIDAD DE PARADA

Velocidad específica del ramal de giro, V. km/h .	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Valores de K. ....	100	130	180	260	400	550	760	1000	1250
Longitud mínima del acuerdo, L, m .....	12	15	18	21	24	27	30	33	36

#### 4.2.5. Triángulo mínimo de visibilidad en la zona de la intersección.

Como medida de seguridad, debe disponerse en toda la intersección una zona o triángulo de visibilidad de suficientes dimensiones para que permita a los conductores de los vehículos que acceden simultáneamente al cruce, verse unos a otros con el tiempo debido, al objeto de prevenir posibles colisiones.

Pueden considerarse tres casos generales, en cada uno de los cuales las relaciones espacio-tiempo-velocidad nos dan el triángulo mínimo requerido libre de obstáculos, o, si este triángulo no fuese posible de obtener, las limitaciones de velocidad que es necesario imponer a los vehículos que se aproximan a la intersección.

Cualquier objeto que quede dentro del triángulo de visibilidad y tenga cierta altura determinada sobre la de los ramales adyacentes, que pueda constituir obstrucción de la visibilidad, debe removerse o descabezarse. Esta condición obliga en zonas urbanas, a la eliminación de aparcamientos en las zonas próximas a las intersecciones.

##### Caso I. Posibilidad de ajustar la velocidad de los vehículos ante el cruce.

Cuando un cruce no está controlado por señales de "STOP" o por semáforos, el conductor de un vehículo que se aproxima al mismo, debe tener tiempo suficiente para apercebirse de cualquier situación azarosa y poder variar la velocidad de su vehículo antes de llegar al posible punto de conflicto.

El tiempo mínimo en que puede iniciarse la deceleración del vehículo (tiempo de percepción más tiempo de reacción), más el necesario para el frenado o aceleración que permita salvar la colisión, puede estimarse en 3 seg. para las condiciones que se presentan en una intersección; con la distancia recorrida por el vehículo en este tiempo a distintas velocidades, se dan en la Tabla 4.3. las distancias necesarias correspondientes. En este caso I, el triángulo mínimo de visibilidad viene determinado por estas distancias mínimas medidas a lo largo de las carreteras respectivas. Estas o mayores distancias son las que permiten a un vehículo ajustar su velocidad, antes de llegar al cruce.

**TABLA 4.3.**

**DISTANCIAS MINIMAS DE VISIBILIDAD. CASO I: POSIBILIDAD DE AJUSTAR LA VELOCIDAD DE LOS VEHICULOS ANTE LA INTERSECCION**

Velocidad específica km/h	30	40	50	60	70	80	100	120
Distancia mín. m .....	20	30	40	50	60	70	85	100

Distancias menores a las indicadas en la tabla no son seguras porque provocan confusión entre los conductores y la posibilidad de que algunos de éstos, viniendo por una carretera, se encuentre en la otra con una sucesión de vehículos cuando el tiempo y la distancia son solo suficientes para permitir su cruce con un solo vehículo. El uso de las distancias indicadas en la tabla, que varían entre 1/2 y 1 de la distancia mínima de parada, para determinar el triángulo de visibilidad no es aconsejable en la práctica y deberá restringirse al trazado de intersecciones rurales de carreteras con tráfico ligero y donde la remoción de los obstáculos existentes fuera muy costosa.

Cuando el triángulo mínimo descrito no quede libre a la vista, deben colocarse las señales adecuadas para lograr una reducción de velocidad ante el cruce o prever la condición de "STOP" en la carretera de menor tráfico.

**Caso II. Posibilidad de parada ante el cruce.**

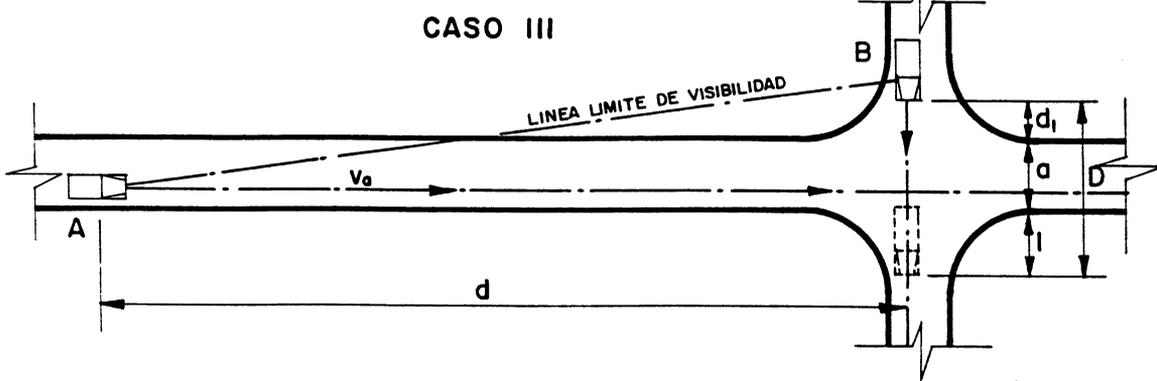
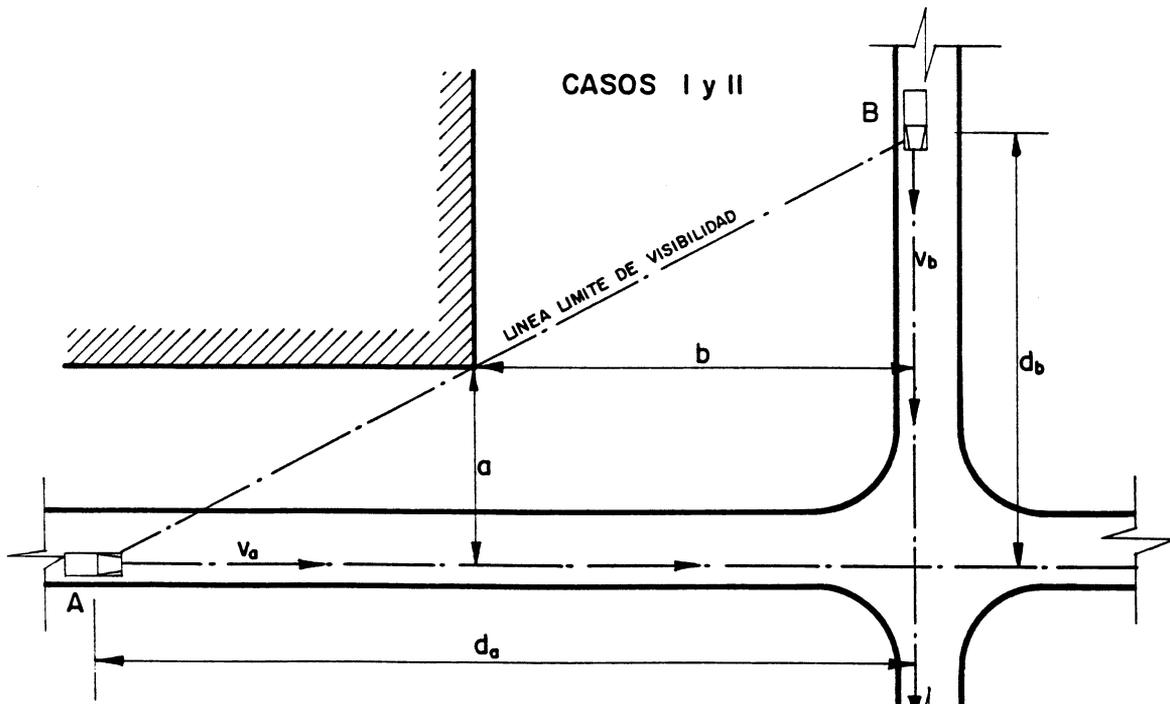
En este caso, para cruces no controlados por señal de "STOP" o semáforos, se asume que el conductor de un vehículo de una de las carreteras debe ver la intersección y el ramal de acceso de la otra carretera, con tiempo suficiente para parar su vehículo, si fuera necesario, antes de alcanzar el punto de cruce. Las distancias mínimas de parada que figuran en la Tabla 4.4. son las mismas adoptadas para el trazado de carreteras normales.

**TABLA 4.4.**

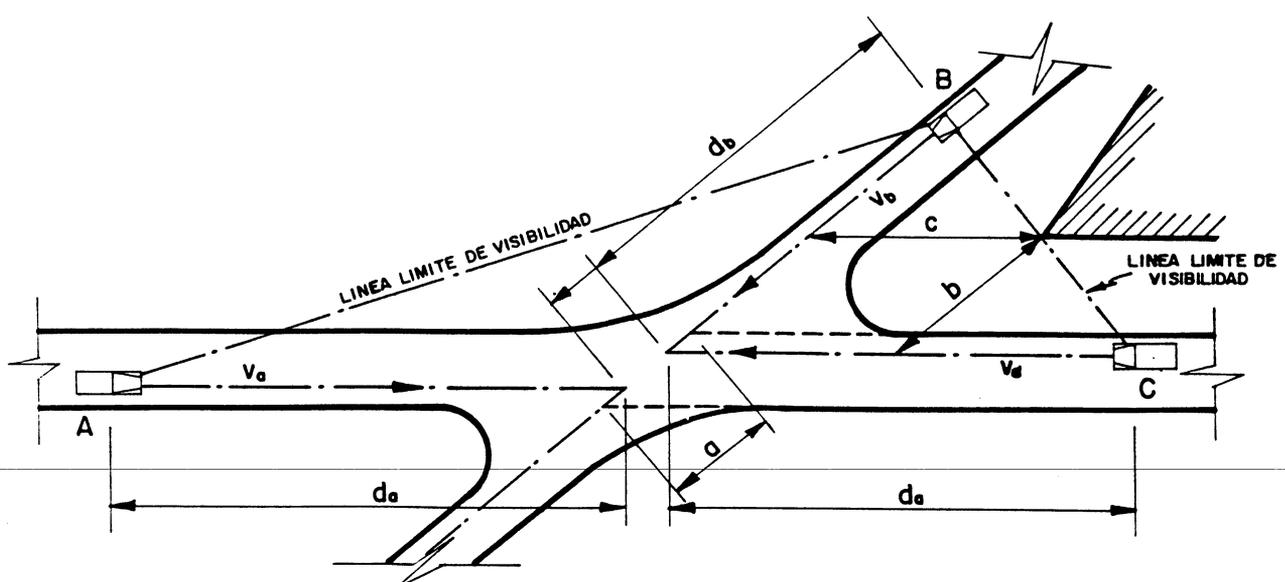
**DISTANCIAS MINIMAS DE VISIBILIDAD. CASO II: POSIBILIDAD DE PARADA DE LOS VEHICULOS ANTE EL CRUCE**

Velocidad específica km/h	30	40	50	60	70	80	100	120
Distancia mín. parada, m.	20	30	40	60	80	100	150	210

El triángulo mínimo de visibilidad fijado de acuerdo con estas distancias es mucho más seguro que el del caso I, ya que un conductor puede parar ante el cruce si es necesario, o por otra parte, ajustar su velocidad para evitar una colisión.



**TRIANGULO MINIMO DE VISIBILIDAD**



**EFFECTO DE LA OBLICUIDAD**

**VISIBILIDAD EN INTERSECCIONES**

**FIGURA 4.1**

Cuando una obstrucción existente no pueda ser removida, la manera de fijar el triángulo correspondiente es la siguiente: se mantiene la velocidad específica del vehículo A que circula por la vía principal (Figura 4.1) y se limita entonces la velocidad crítica correspondiente a la otra carretera mediante la distancia  $d_b$ , que es

$$d_b = \frac{a \cdot d_a}{d_a - b}$$

Al limitar la velocidad en la carretera secundaria hay que poner a una distancia suficiente de B, la señal correspondiente.

### Caso III. Obligatoriedad de parada de los vehículos ante el cruce con una carretera principal.

En una intersección en que el tráfico de la carretera secundaria esté controlado por la señal de "STOP", es necesario por razones de seguridad, que el conductor del vehículo parado ante el cruce tenga la suficiente visibilidad sobre la vía principal que le permita atravesarla antes de la llegada de algún vehículo. La distancia requerida sobre la carretera principal viene expresada por la fórmula

$$d = 0,275 V (t + t_a)$$

siendo:

- $d$  = distancia mínima de visibilidad en la carretera principal, en m.
- $V$  = velocidad específica, en km/h.
- $t$  = tiempo de percepción y reacción para arrancar el vehículo parado, en seg.
- $t_a$  = tiempo requerido para acelerar y atravesar la distancia D necesaria para despejar la carretera principal, en seg.

El tiempo  $t$  en que el conductor mira a ambos lados de la carretera e inicia la maniobra suele ser inferior a 1 seg. aunque conviene prever un margen de seguridad para aquellos conductores menos rápidos; así puede considerarse un valor de 2 seg. en zonas rurales y de 1 seg. en zonas urbanas, donde los conductores están más familiarizados con la presencia de intersección.

El tiempo  $t_a$  requerido para atravesar la vía principal depende principalmente de la capacidad de aceleración de los vehículos. En la Tabla 4.5. se dan unos valores prudenciales para distintas distancias, D, y para los diferentes tipos de vehículos.

La distancia D de la Figura 4.1. es la suma de tres distancias, en metros:

- $d_1$  = distancia desde el borde del pavimento al vehículo parado.
- $a$  = ancho del pavimento medido a lo largo de la trayectoria del vehículo que cruza.
- $l$  = longitud total del vehículo

**TABLA 4.5.**

### TIEMPO NECESARIO PARA ATRAVESAR UN VEHICULO LA CARRETERA PRINCIPAL CASO III

Tipo de vehículo	Distancia D, en m	15	20	25	30	35	40
L	Tiempo $t_a$ , en seg	5,00	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00
C		6,50	7,50	8,50	9,00	10,00	11,00
VA		7,50	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00

La distancia  $d_1$  puede considerarse en todos los casos de 3 m; el valor de  $a$  se mide en la práctica y el valor  $l$  puede considerarse de 5,9 y 16 m. para los vehículos tipo L, C ó VA, respectivamente.

La distancia de visibilidad,  $d$ , obtenida bajo estas condiciones resulta mayor en casi todos los casos, a la distancia mínima de parada, pero es necesaria para la seguridad de los vehículos que cruzan desde la situación de "STOP"

En el caso de carreteras de calzadas separadas, con medianas de la misma o mayor anchura que la longitud del vehículo tipo que determina el trazado adoptado, el cruce puede realizarse en dos etapas. En carreteras separadas con medianas de ancho inferior a  $l$ , su ancho debe considerarse incluido dentro del valor de  $a$ .

Cuando la distancia de visibilidad a lo largo de la carretera principal sea inferior a la  $d$  calculada, debe limitarse su velocidad por medio de las oportunas señales. En los casos más desfavorables puede ser necesario introducir medios efectivos para lograr una reducción de velocidad o incluso instalar semáforos.

#### 4.2.6. Efecto de la oblicuidad en el triángulo de visibilidad.

Cuando dos carreteras se cruzan bajo un ángulo menor de  $60^\circ$  y no está justificada una rectificación en su trazado para mejorar dicho ángulo, algunos de los factores que terminan el triángulo de visibilidad resultan modificados. En la Figura 4.1. se muestra el caso de una intersección en ángulo oblicuo; la longitud AB ó BC es mayor o más pequeña que en el caso normal para las correspondientes distancias  $d_a$  y  $d_b$ , medidas a lo largo de las carreteras.

En el cuadrante que presenta ángulo obtuso, el ángulo que forma la línea AB con la trayectoria del vehículo es pequeño y los conductores pueden mirar a través del triángulo total de visibilidad con un ligero movimiento de la cabeza; por el contrario, en el cuadrante adyacente, cada conductor precisa de un giro de cabeza considerable para dominar la totalidad de la zona. Esta dificultad hace que no se deban utilizar las dimensiones del caso I, aunque ambas carreteras sean de tráfico ligero.

#### 4.2.7. Efecto de inclinación de la rasante.

Los valores deducidos para la distancia mínima de parada en el caso II, se basan en las condiciones de rasantes aproximadamente horizontales; pero si un vehículo desciende por una pendiente requiere una distancia mayor para parar, y por el contrario, en una rampa, necesita una distancia menor. Estas diferencias pueden deducirse de las normas para el proyecto del trazado de las carreteras. De todas maneras, los ramales de las intersecciones no deben presentar rasantes superiores al 3 por ciento, a menos que las distancias de visibilidad excedan considerablemente de las mínimas en horizontal, en cuyo caso podría llegarse hasta el 6 por ciento.

TABLA 4.6.

#### EFFECTO DE INCLINACION DE LA RASANTE

Vehículo tipo	Inclinación de la rasante en el cruce %				
	-4	-2	0	2	4
L	0,7	0,9	1	1,1	1,3
C	0,8	0,9	1	1,1	1,3
VA	0,8	0,9	1	1,2	1,7

En el caso III, el tiempo necesario para cruzar un vehículo la carretera principal, se ve afectado por la inclinación de la rasante de la carretera secundaria, en el tramo de cruce; normalmente esta es tan pequeña que no necesita ser tomada en consideración, salvo cuando la curvatura en planta de la vía principal lleva consigo el empleo de un peralte digno de tenerse en cuenta. El efecto de la inclinación de la rasante puede expresarse multiplicando el tiempo  $t_a$  determinado en la Tabla 4.5. por un factor que se deduce de la Tabla 4.6.

### 4.3. Vías de deceleración y aceleración.

#### 4.3.1. Generalidades.

Los conductores que llegan a una intersección se encuentran obligados, generalmente, a reducir su velocidad antes de iniciar el giro; los que entran en una carretera procedentes de un ramal de giro, necesitan acelerar hasta alcanzar la velocidad normal de circulación. Cuando los cambios de velocidad indicados se realizan dentro de los propios carriles de la carretera, se producen perturbaciones en la corriente del tráfico general, que pueden muchas veces ser peligrosas. Para evitar o reducir al mínimo estas situaciones, se introducen en el trazado unos carriles o vías especiales para separar de la carretera las maniobras de cambio de velocidad, carriles que pueden ser de aceleración o deceleración.

Por tanto una vía de cambio de velocidad es un carril auxiliar, con su zona correspondiente de transición, usado fundamentalmente para aceleración o deceleración de los vehículos que entran o salen de las trayectorias directas de un cruce.

Las vías de cambio de velocidad tienen que ser lo suficientemente anchas y largas para permitir una maniobra suave de los vehículos, tanto en desplazamientos como en cambio de velocidad, hacia el ramal de giro correspondiente.

Unas condiciones o normas generales que determinen el empleo de estas vías no pueden establecerse de una manera concluyente, ya que hay que considerar muchos factores, tales como velocidades, intensidades de tráfico, capacidad, tipo de carreteras, frecuencia en la sucesión de intersecciones, experiencia de accidentes, etc. Sin embargo, pueden servir de base las siguientes conclusiones de tipo general:

- a) Las vías de cambio de velocidad son generalmente necesarias en intersecciones importantes de carreteras de alta velocidad específica y tráfico pesado, y algunas veces también en intersecciones secundarias con carreteras locales, cuando la IMH de proyecto de los movimientos de giro sea igual o superior a 25 vehículos. Deben proyectarse siempre para los ramales de enlace que salen o entran en una autopista con control de accesos.
- b) Todos los conductores no utilizan estas vías de la misma manera; algunos sólo usan una pequeña parte de la misma, pero basta con que la mayoría las utilice plenamente para mejorar las condiciones de seguridad y funcionamiento de la carretera.
- c) La buena utilización de las vías de cambio de velocidad aumenta con la intensidad de tráfico, y así, en carreteras con intensidades muy importantes, gran parte de los conductores las usan correctamente.
- d) Las vías de cambio de velocidad de tipo directo son mejor utilizadas por los conductores que aquellas de alineación paralela a la carretera y que necesitan una trayectoria con curva seguida de contracurva.
- e) Las vías de deceleración que cumplen también la misión de almacenamiento y espera de vehículos, son particularmente ventajosas en las intersecciones a nivel; reducen los posibles conflictos e incrementan la capacidad de la carretera.

El empleo de vías de deceleración siempre presenta ventajas, en especial en carreteras de alta velocidad específica, ya que si no existen, los vehículos que giran tienen que disminuir su velocidad dentro de la propia carretera perturbando al tráfico general y, si hacen uso de los frenos, pueden dar lugar a alcances.

En las intersecciones controladas por señal de parada o "STOP", donde los vehículos que entran en la carretera deben esperar una oportunidad para mezclarse con el tráfico general sin causar distorsión, no es necesario el empleo de vías de aceleración. Cuando no existe la condición de parada en el ramal y la carretera tiene mucho tráfico, estas vías resultan ventajosas.

En algunas intersecciones de carreteras de dos carriles el trazado de una vía de deceleración seguida por otra de aceleración, sin discontinuidad a través del cruce, puede presentar ventajas notables, ya que dispone un ancho de pavimento auxiliar para adelantar a los vehículos que están parados en espera de poder girar a la izquierda.

#### **4.3.2. Alineación y funcionamiento.**

Las vías de cambio de velocidad pueden tener varias formas que dependen de la propia alineación de la carretera, frecuencia de las intersecciones y longitudes necesarias para su buen funcionamiento.

##### **4.3.2.1. Vías de deceleración.**

En la Figura 4.2. se muestran dos disposiciones básicas de estas vías. La -a- se inicia bruscamente con el ancho completo de un carril; su primer tramo no es utilizable pero indica de manera clara y anticipada al conductor que se acerca, la existencia de un carril adicional para su futura maniobra de giro; análogo efecto puede conseguirse también con un ancho inicial de 1 a 1,50 m. con el siguiente ahorro de pavimentación. Esta disposición es poco frecuente, ya que no está ciertamente comprobado que su coste extra compense el beneficio que pueda producir.

La forma más corriente de la vía de deceleración es la -b-; en ella, el carril, con el ancho total completo, está precedido de una transición y en conjunto componen el largo total de la vía; este trazado reduce el tramo no utilizable de pavimento y tiende a indicar al conductor la trayectoria a seguir. No produce un efecto tan claro como el de -a- pero si es suficiente, sobre todo si se dispone de un pavimento en la vía contrastado con el de la carretera.

Cuando las vías de deceleración coinciden con alineaciones curvas de la carretera, se adoptan generalmente trazados del tipo directo como los indicados en la Figura 4.2, -c-y-d-. En este caso sí puede ser conveniente un desarrollo gradual de la vía.

##### **4.3.2.2. Vías de aceleración.**

Las consideraciones expuestas para las vías de deceleración son también aplicables a las de aceleración.

Dos disposiciones generales se muestran en la Figura 4.2., la -a- de tipo paralelo y la -b-, de tipo directo. Esta última se ajusta mejor a la tendencia general de los conductores en cuanto a la utilización de la vía.

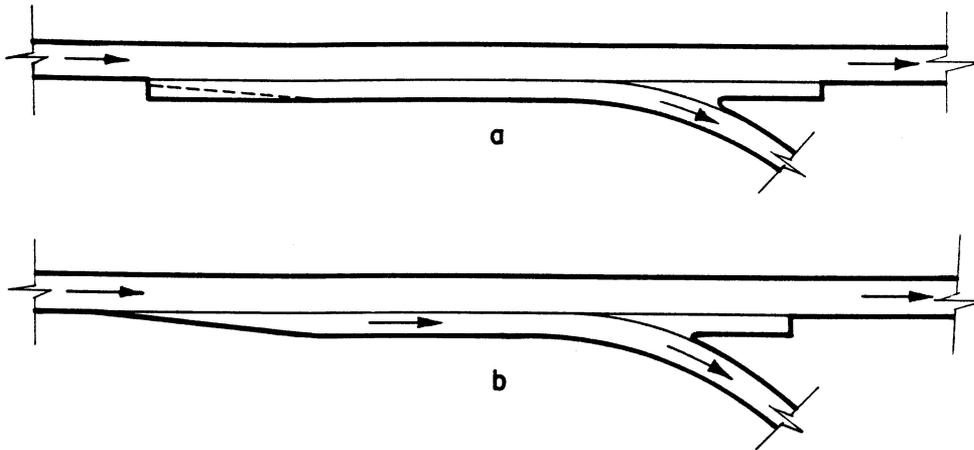
El vértice en las vías de aceleración no se retranquea a lo largo de las aristas correspondientes a la calzada y al ramal de giro, y el ancho de este último debe ser el mínimo necesario para un carril, con el objeto de que los vehículos entren en una sola fila.

#### **4.3.3. Dimensiones de las vías de cambio de velocidad.**

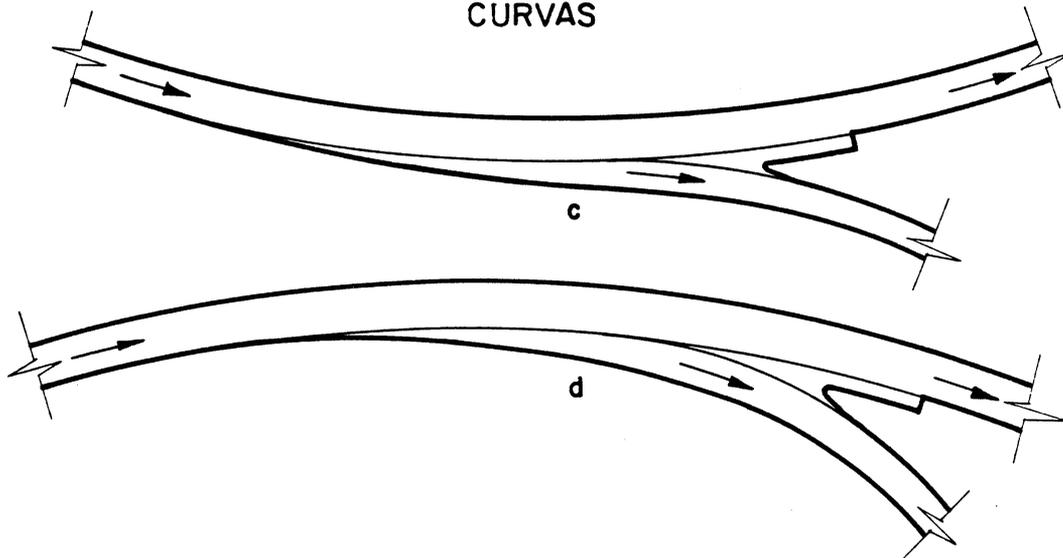
Las vías de tipo paralelo deben trazarse con un ancho uniforme no inferior a 3,50 m, salvo en casos excepcionales de espacio restringido y tráfico ligero sin camiones, en que se puede llegar a vías de 3,00 m de ancho. Es conveniente, aunque no siempre necesario, disponer un arcén de ancho normal al lado derecho de la vía con parte del mismo estabilizada o pavimentada. Cuando la vía esté limitada por bordillos elevados éstos deben retranquearse del borde de la misma en una distancia de 0,30 a 0,50 m.

En cuanto a la longitud recomendable para las vías de cambio de velocidad, se han llevado a cabo numerosas experiencias para su determinación a la vista del comportamiento de los conductores

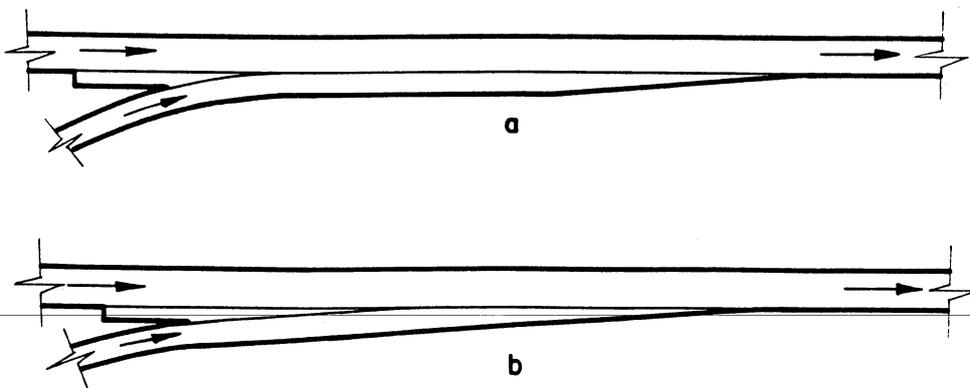
FORMAS BASICAS DE VIAS DE DECELERACION.



EJEMPLOS DE VIAS DE DECELERACION EN ALINEACIONES CURVAS



FORMAS BASICAS DE VIAS DE ACELERACION.



VIAS DE DECELERACION Y ACELERACION

FIGURA  
4.2

**TABLA 4.7.**  
**LONGITUDES RECOMENDABLES PARA VIAS DE CAMBIO DE VELOCIDAD**  
 (Rasantes suaves,  $\pm 2\%$  o inferiores)

VIAS DE DECELERACION										
Velocidad específica del ramal de giro, km/h	Radio mínimo de la curva, m.	ó		30	40	50	60	80	250	250
		25	"Stop"							
Longitud total de la vía de deceleración, incluyendo la transición, m.										
Velocidad específica de la carretera km/h	Longitud de la transición m	70	50	45	45	—	—	—	—	—
50	45	90	70	70	55	55	—	—	—	—
60	55	105	90	90	75	60	60	—	—	—
70	60	120	105	105	90	75	65	—	—	—
80	65	140	125	125	110	95	80	75	—	—
100	75	160	145	145	130	130	110	90	—	—
120	90									
VIAS DE ACCELERACION										
Longitud total de la vía de aceleración, incluyendo la transición, m.										
I — Carreteras con gran intensidad de tráfico										
50	45	90	70	55	45	—	—	—	—	—
60	55	140	120	105	90	55	—	—	—	—
70	60	185	165	150	135	100	60	—	—	—
80	65	235	215	200	185	150	105	—	—	—
100	75	340	320	305	290	255	210	105	—	—
120	90	435	425	410	390	360	300	210	—	—
II — Otras carreteras										
50	45	55	45	45	45	—	—	—	—	—
60	55	90	75	65	55	55	—	—	—	—
70	60	125	110	90	75	60	60	—	—	—
80	65	165	150	130	110	85	65	—	—	—
100	75	255	235	220	200	170	120	75	—	—
120	90	340	320	300	275	250	195	100	—	—

Los valores dados en la Tabla 4.7, están basados en tramos de rasante aproximadamente horizontal, pero ya es sabido que la inclinación de la rasante puede influir en las distancias necesarias para la normal deceleración o aceleración de un vehículo. Por ello, en la Tabla 4.8 se indican los factores que deben utilizarse para corregir las longitudes anteriores por el efecto de rampa o pendiente.

En las vías de tipo directo el pavimento auxiliar se ensancha gradualmente sin tener indicación positiva de donde acaba la transición y comienza el ancho total de la vía.

En las de tipo paralelo, excepto aquellas pavimentadas en su totalidad con el ancho completo, la transición debe diseñarse de forma que proporcione una maniobra suave y segura de los vehículos. Pueden adoptarse tres trazados: una recta simplemente; una curva seguida por una contracurva, o una curva y contracurva enlazadas por una recta intermedia. Donde la transición no esté limitada por bordillos, el diseño recto es el preferible, por ser sus ángulos muy pequeños con respecto a la alineación de la carretera y no influir en la trayectoria de los vehículos. Si por el contrario, la transición está delineada por bordillos, el trazado más conveniente es el formado por una curva y contracurva con un tramo recto intermedio.

La longitud recomendable para las transiciones se indican en la Tabla 4.7.

Hay que prever también en las vías de deceleración una longitud adicional que puede ser necesaria para el almacenamiento y espera de los vehículos que van a efectuar el giro y que se indica en la Tabla 4.9. Cuando se trata de intersecciones controladas por semáforos, esta longitud puede determinarse de acuerdo al número de vehículos que esperan en un ciclo y a su longitud unitaria; en el caso de vehículos ligeros se estimará 5 m. por unidad y si el tráfico es mixto, una media de 7,50 m/unidad.

**TABLA 4.9.**

**LONGITUD ADICIONAL EN LAS VIAS DE DECELERACION PARA ALMACENAMIENTO Y ESPERA DE VEHICULOS**

Número vehículos/hora que giran...	30	60	100	200	300
Longitud necesaria, en m. ....	8	15	30	60	75

Cuando en carreteras con tráfico pesado se presentan movimientos importantes de giros a la izquierda, éstos pueden reducir notablemente la capacidad de las mismas y dar riesgo a accidentes. Entonces es conveniente disponer de un carril de deceleración y espera para los vehículos que van a efectuar el giro y que se traza aprovechando la mediana que separa las dos calzadas de la carretera o en su defecto, una isleta divisoria introducida en la misma y de longitud suficiente. En la Figura 4.15, del apartado 4.9. -Medianas abiertas-, se muestran dos tipos de carriles centrales de deceleración según la mediana tenga bordillo continuo o no.

En la Figura 4.3. se indica la longitud de la transición para estos carriles y su desarrollo cuando se introducen en medianas con bordillo continuo.

En aquellos casos en que el espacio disponible esté limitado, que la carretera no tenga gran intensidad de tráfico o que sea preferible la elección de una solución provisional y económica, un medio efectivo de disponer estos carriles de deceleración puede lograrse mediante el empleo de marcas pintadas sobre el pavimento, siempre que éstas se conserven en buen estado. La disposición y los detalles para su trazado se muestran en las Figuras 4.4. y 4.5; en ellas puede observarse que la transición se efectúa de una forma más brusca, ya que aquí puede conseguirse un mejor efecto para el conductor sin requerir coste adicional alguno de pavimentación.

Deben tomarse las medidas adecuadas para facilitar al tráfico el empleo correcto de las intersecciones, máxime cuando las intensidades son altas. Señales con antelación suficiente inducen al tráfico a tomar una posición correcta y un mejor funcionamiento de la intersección. En los ramales de salida estas señales deben situarse fuera de los vértices para no obstaculizar la visibilidad necesaria.

ante las maniobras a efectuar.

En la Tabla 4.7. se indican las longitudes de las vías de cambio de velocidad en función de las velocidades específicas de la carretera y del ramal de giro.

Los valores que proporciona la tabla están basados en vehículos que circulan a la velocidad media normal correspondiente a la velocidad específica de la carretera, ya que se ha supuesto que, para aquellos que lo hagan a mayor velocidad, las señales indicadoras de un próximo cruce les permiten ajustar su velocidad en la propia carretera y antes del comienzo de la vía de deceleración; se basan también en estudios sobre turismos, pues aunque los camiones necesitan mayor longitud para un cambio de velocidad determinado, generalmente circulan a velocidad más baja que los turismos y por tanto más cercana a aquella del ramal de giro.

Para las vías de aceleración se dan en la tabla anterior valores diferentes según las intensidades de tráfico de la carretera. Estas vías, en el caso de estar precedidas de señal de "STOP" deben destacarse en zonas rurales debido a la excesiva longitud que necesitarían y a que, bajo esta condición, el conductor prefiere esperar un claro para introducirse en la carretera y acelerar a continuación dentro de ella. Tampoco deben emplearse en intersecciones controladas por semáforos cuando el tráfico que gira a la izquierda lo hace mientras el tráfico directo de la calle está parado.

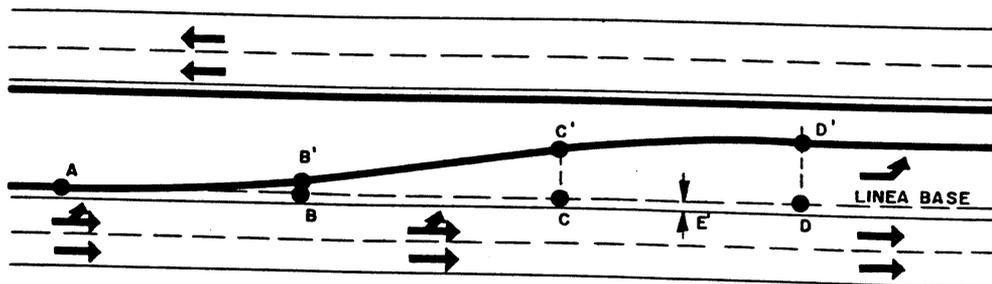
Teóricamente, las longitudes derivadas de la tabla para las vías de deceleración, deberían medirse desde el punto donde el carril auxiliar alcanza su ancho total, pero esta condición puede llevar a longitudes difíciles de obtener. Por ello se cuenta con que los conductores gracias a la señalización, preparan su salida de la carretera antes de encontrar la vía de deceleración e inician ya una reducción de velocidad, sin empleo del freno, previniendo la maniobra a realizar, y así se considera la longitud de la transición incluida en la longitud total de la vía. Cuando se trata de vías de tipo directo, su longitud puede ser medida desde un punto donde se materialice un ancho parcial del pavimento auxiliar, por ejemplo de 1,00 m. o mejor de 1,50 ó 2,00 m.

**TABLA 4. 8.**

**RELACION DE LONGITUD ENTRE VIAS EN PENDIENTE Y HORIZONTAL**

<b>VIAS DE DECELERACION</b>						
Velocidad específica de la carretera, km/h	Relación de la longitud en pendiente a la longitud en horizontal para:					
	Rampa			Pendiente		
Todas	0,90		3 a 4 %		1,20	
Todas	0,80		5 a 6 %		1,35	
<b>VIAS DE ACELERACION</b>						
Velocidad específica de la carretera, km/h	Velocidad específica del carril de giro km/h					
	30	40	50	60	80	Todas
50	1,30	1,30	—	—	— 3 a 4 %	0,70
60	1,30	1,30	1,30	—	—	0,70
70	1,30	1,30	1,30	1,30	—	0,65
80	1,40	1,40	1,40	1,40	—	0,65
100	1,40	1,50	1,60	1,60	1,70	0,60
120	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	0,60
50	1,50	1,50	—	—	— 5 a 6 %	0,60
60	1,50	1,50	1,50	—	—	0,60
70	1,50	1,50	1,60	1,60	—	0,55
80	1,50	1,60	1,70	1,80	—	0,55
100	1,80	1,90	2,00	2,20	2,60	0,50
120	2,10	2,20	2,30	2,60	3,10	0,50

ORDENADA MAXIMA (m)			VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)			
			60	80	100	120
DD' = 2.70    DD' = 3.00    DD' = 3.50			LONGITUD DE LA TRANSICION (m)			
			60	72	84	96
			DISTANCIAS DESDE EL PUNTO A (m)			
0	0	0	—	—	—	—
0.04	0.05	0.06	5	6	7	8
0.17	0.19	0.22	10	12	14	16
0.38	0.42	0.50	15	18	21	24
0.675	0.75	0.85	20	24	28	32
1.35	1.50	1.75	30	36	42	48
2.025	2.25	2.65	40	48	56	64
2.32	2.58	3.00	45	54	63	72
2.53	2.81	3.28	50	60	70	80
2.66	2.95	3.44	55	66	77	88
2.70	3.00	3.50	60	72	84	96



$AD = \text{Longitud de transición}$   
 $AB = BC = CD = 1/3 AD$   
 $AB'$  y  $CD'$  son curvas parabólicas  
 $E = 0.50 \text{ m}$

## TRANSICION PARA VIAS CENTRALES DE DECELERACION EN MEDIANAS CON BORDILLO CONTINUO

FIGURA 4.3

Son de gran utilidad las marcas sobre la calzada, tanto de líneas delimitando los carriles correspondientes, como de flechas indicadoras para su uso adecuado, y el empleo de pavimentos contrastados para las vías de cambio de velocidad.

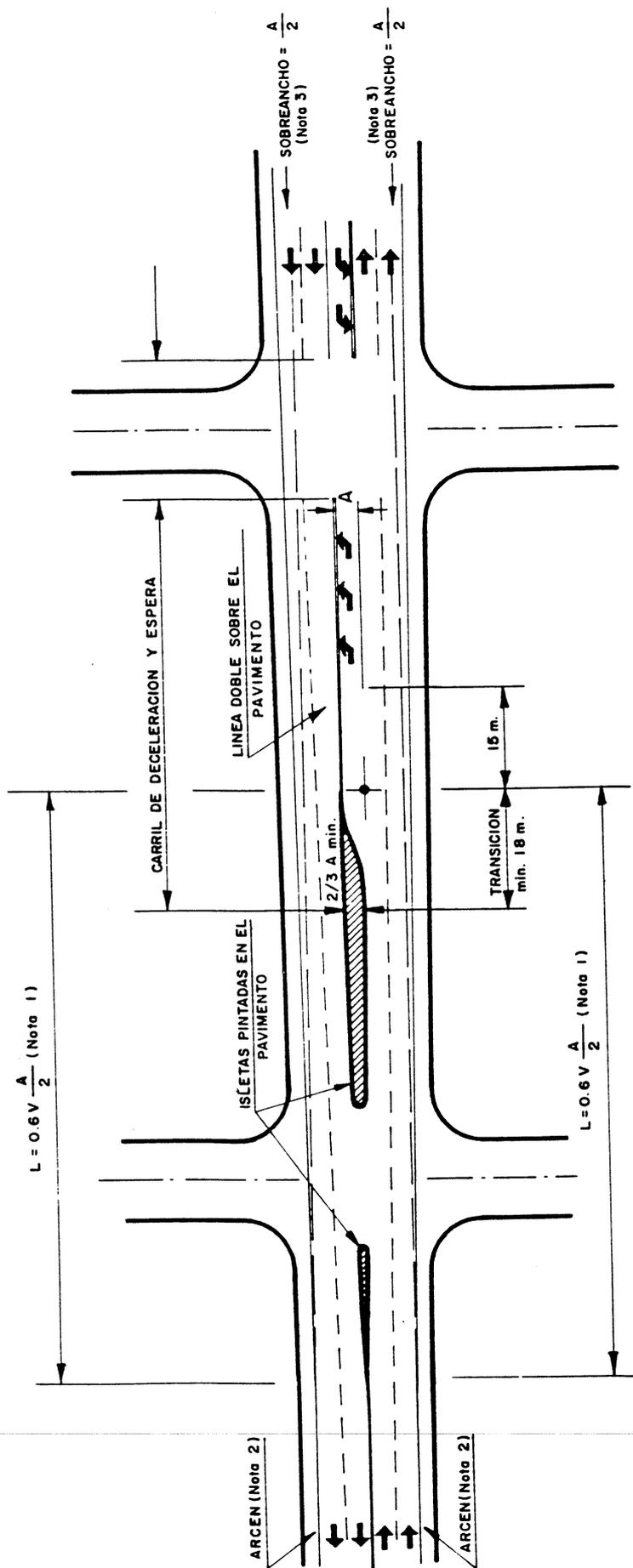
En intersecciones importantes es conveniente la delineación de las vías de cambio de velocidad con bordillos adecuados, pues aunque ello supone un mayor coste, resultan más eficaces que las líneas pintadas.

### 4.4. Curvas de transición y curvas compuestas.

#### 4.4.1. Generalidades.

Los vehículos que giran en las intersecciones o en los enlaces siguen la misma trayectoria natural que en las curvas de carreteras normales; si no se prevé en el trazado este movimiento natural muchos conductores se desvían del propio carril y pueden llegar a ocupar los carriles contiguos o los arcenes del ramal. El mejor método de ajustar el trazado a la trayectoria de los vehículos es el uso de curvas de transición o de acuerdo, que se intercalan entre una alineación recta y un arco circular o entre dos arcos circulares de distintos radios; en la práctica puede también desarrollarse el trazado con el empleo de curvas circulares compuestas.

TRAZADO MINIMO CON CANALIZACION PARA GIROS A LA IZQUIERDA



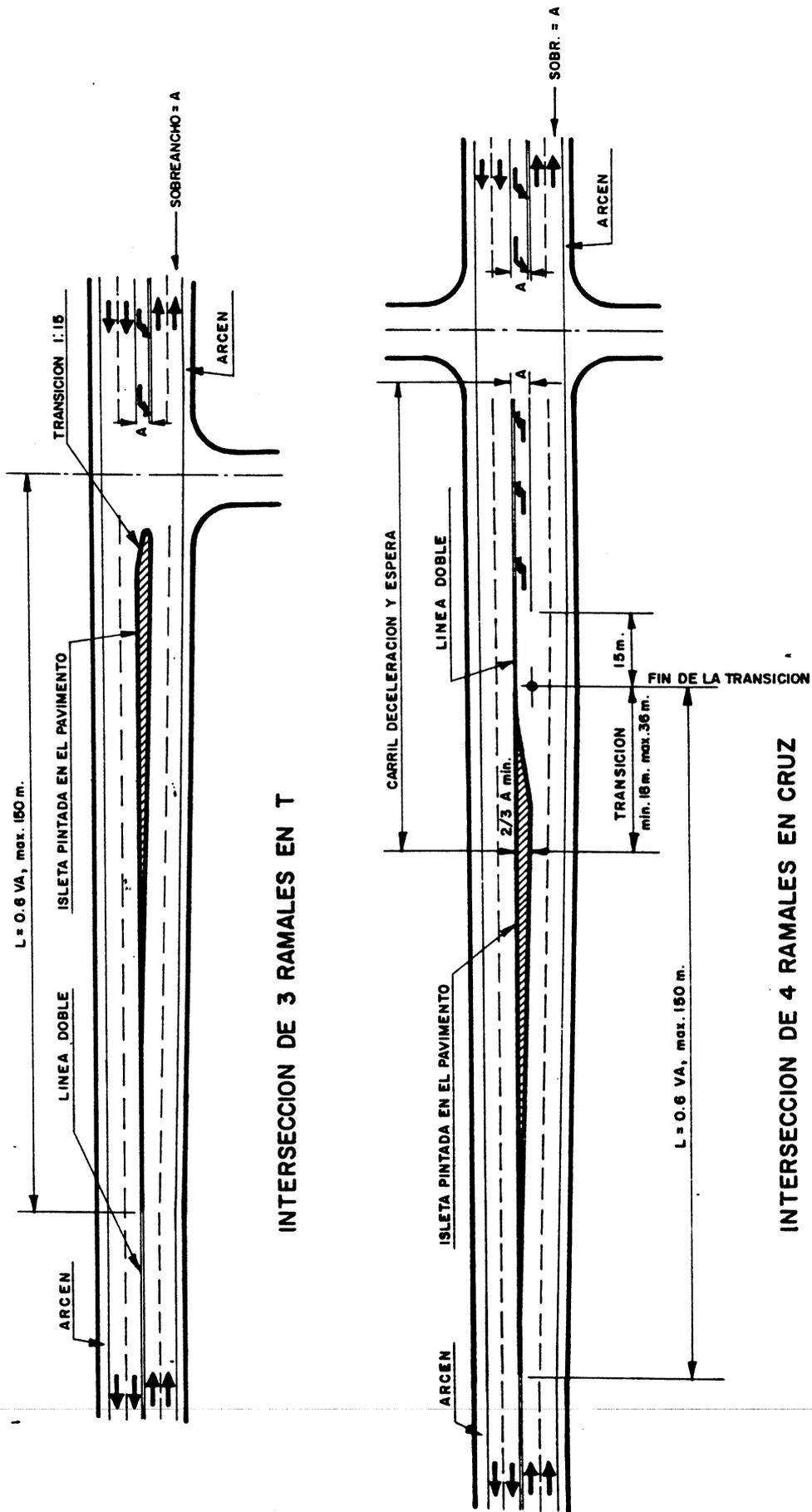
LEYENDA

- L = Longitud de la transición en m.
- A = Ancho del carril central de deceleración en m.
- V = Velocidad específica, en Km./h.

NOTAS

- 1 - L = 150 m. máximo
- 2 - Donde no existan arcenes, el estacionamiento deberá ser prohibido
- 3 - Sobreancho en ambos lados en zonas urbanas

FIGURA 4.4



TRAZADO MINIMO CON CANALIZACION PARA GIROS A LA IZQUIERDA  
 (Sobrancho en un solo lado en zonas suburbanas o rurales)

FIGURA  
 4.5

Estas curvas de transición tienen además la ventaja de proporcionar una longitud adicional para un mejor desarrollo de la transición entre el peralte de la carretera y el del ramal de giro.

#### 4.4.2. Longitud de la curva de transición.

La longitud mínima necesaria de la curva de transición puede determinarse según dos criterios: a) en razón a la transición del peralte, para que ésta se efectúe cómodamente desde la sección normal de la carretera (bombeo) a la totalidad del peralte del ramal de giro; b) por razón de un confortable y seguro cambio en la aceleración centrípeta. Este último criterio es el que debe aplicarse para determinar la longitud mínima de las curvas de transición en intersecciones.

La longitud de la curva de acuerdo para que reduzca el efecto de una aplicación repentina de la fuerza centrífuga, puede ser menor en los ramales de giro que en las curvas en carretera normal, ya que los conductores aceptan de una manera natural un cambio más rápido en la dirección de su marcha bajo las condiciones que se presentan en una intersección. Por ello,  $C$ , variación de la aceleración centrípeta, puede alcanzar valores más altos, particularmente cuanto menor sea la velocidad de giro, tales como de 0,75 para 80 km/h a 1,20 para 30 km/h (en curvas en carretera abierta, las normas señalan valores de  $C$  entre 0,40 y 0,50  $m/seg^3$ ). En la Tabla 4.10 figuran las longitudes mínimas para curvas de transición en función de la velocidad específica del ramal de giro, obtenidas de acuerdo con los valores de  $C$  fijados para curvas en intersecciones.

El empleo de curvas de acuerdo entre dos arcos circulares de diferentes radios puede resultar ventajoso; como ejemplo de un caso particular, supongamos que queremos enlazar con una curva de acuerdo, dos arcos circulares de 250 y 80 m de radio, o curvatura de 7 y 22° respectivamente; se halla su diferencia de curvatura, que es de 15° y corresponde a un radio de 115 m, aproximadamente igual al de 120 que aparece en la Tabla 4.10 y por tanto la longitud mínima de la curva de acuerdo deberá ser de 45 m.

**TABLA 4.10**

#### **LONGITUDES MINIMAS RECOMENDABLES PARA LAS CURVAS DE TRANSICION EN INTERSECCIONES**

Velocidad específica de giro, km/h .....	30	35	40	45	50	55	60
Radio mínimo, en m. ....	25	35	45	60	75	90	120
Longitud de transición mínima, m .....	20	24	28	32	36	40	45
Retranqueo en la curva circular, m. ....	0,67	0,67	0,67	0,67	0,68	0,70	0,73

#### 4.4.3. Curvas circulares compuestas.

Las curvas circulares compuestas de varios radios pueden proporcionar trazados idóneos de carriles de giro en intersecciones, siempre que los arcos circulares que se enlazan no presenten gran diferencia en sus radios, pues entonces la alineación resulta abrupta y forzada y se requiere un esfuerzo grande del conductor para ajustarse a su carril.

En carretera normal, para curvas circulares compuestas, se admite que la relación del radio mayor al menor no exceda de (2) y que este último sea superior a 250 m; en intersecciones, donde los conductores se acomodan mejor a rápidos cambios en dirección y velocidad, esta relación puede ser

mayor, en especial cuando se trata de curvas muy cerradas y no existe más limitación en cuanto al radio menor, que la impuesta por la velocidad específica de giro elegida.

Los distintos arcos circulares de una curva compuesta no deben ser demasiado cortos, ya que si no, su efecto como transición resulta nulo. En una serie de curvas de radio decreciente, cada arco debe tener una longitud suficiente que permita al conductor una deceleración confortable, que en intersecciones no debe ser superior a  $5 \text{ km/s}^2$  y preferiblemente del orden de  $3 \text{ km/s}^2$ . Sobre estas bases se ha calculado la Tabla 4.11 con las longitudes mínimas de los arcos en relación con los radios de las curvas y por tanto con la velocidad específica del ramal; las que figuran en la tabla como deseables, corresponden a una deceleración de  $1,5$  a  $2,5 \text{ km/s}^2$ , que es la que puede conseguirse con un empleo suave de los frenos.

**TABLA 4.11.**

**LONGITUDES MINIMAS DE ARCOS CIRCULARES PARA CURVAS COMPUESTAS EN INTERSECCIONES**

Radios, m .....	30	45	60	75	90	120	150 ó más
Longitud del arco circular, m .							
Mínima .....	12	15	18	24	30	36	42
Deseable .....	18	21	27	36	42	54	60

**4.4.4. Aplicación a los ramales de giro en intersecciones.**

En las figuras 4.6 y 4.7 se muestran algunos ejemplos prácticos sobre la aplicación de curvas de transición al trazado de ramales de salida de una intersección, para velocidades específicas de 30 y 45 km/h, respectivamente. En ambos casos es conveniente utilizar los tipos -E- y -F- de las figuras, no empleando el tipo -A- a no ser que sea estrictamente indispensable.

**4.5. Anchos para ramales de giro.**

**4.5.1. Ancho del pavimento.**

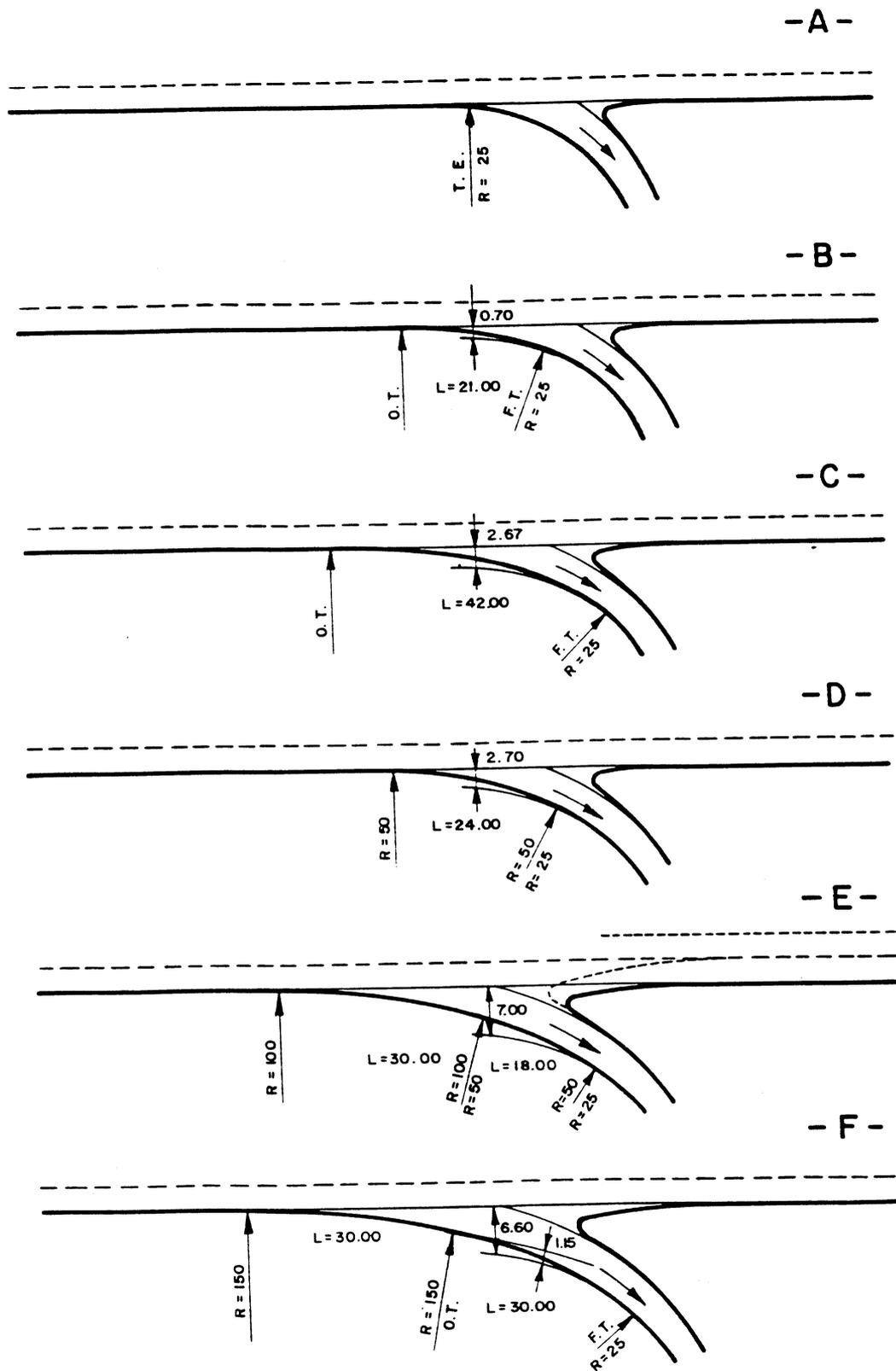
El ancho del pavimento en los ramales de una intersección depende, al igual que sus otras características, de la intensidad y tipo de tráfico que los va a utilizar, siendo de aplicación las normas que se dan a continuación para las calzadas de cruce cuando existan isletas de canalización. Según la función de cada ramal y a efectos de la determinación de su anchura, pueden distinguirse los siguientes tipos.

a) Ramales para movimientos secundarios y de pequeña longitud: un carril de un solo sentido de circulación que no permita el adelantamiento de vehículos.

b) Ramales para movimientos secundarios o principales, sin que la intensidad de tráfico prevista supere la capacidad de un carril de circulación: un carril de un solo sentido, con anchura suficiente para permitir el adelantamiento de un vehículo momentáneamente parado en la calzada.

c) Ramales de dos carriles de circulación que serán precisos, bien cuando la intensidad de tráfico prevista supere la capacidad de un solo carril, o cuando sea imprescindible que se mantengan dos sentidos de circulación.

En cada uno de estos casos, el ancho del pavimento: es función del vehículo tipo elegido y del radio del ramal de giro. La elección de áquel se basa en la dimensión y frecuencia de los distintos tipos de vehículos que usan la intersección; pueden fijarse tres hipótesis lógicas de tráfico, considerando que por cualquier intersección circula normalmente más de un tipo de vehículo:



NOTA.- Las dimensiones marcadas para los retranqueos de las curvas son aproximadas

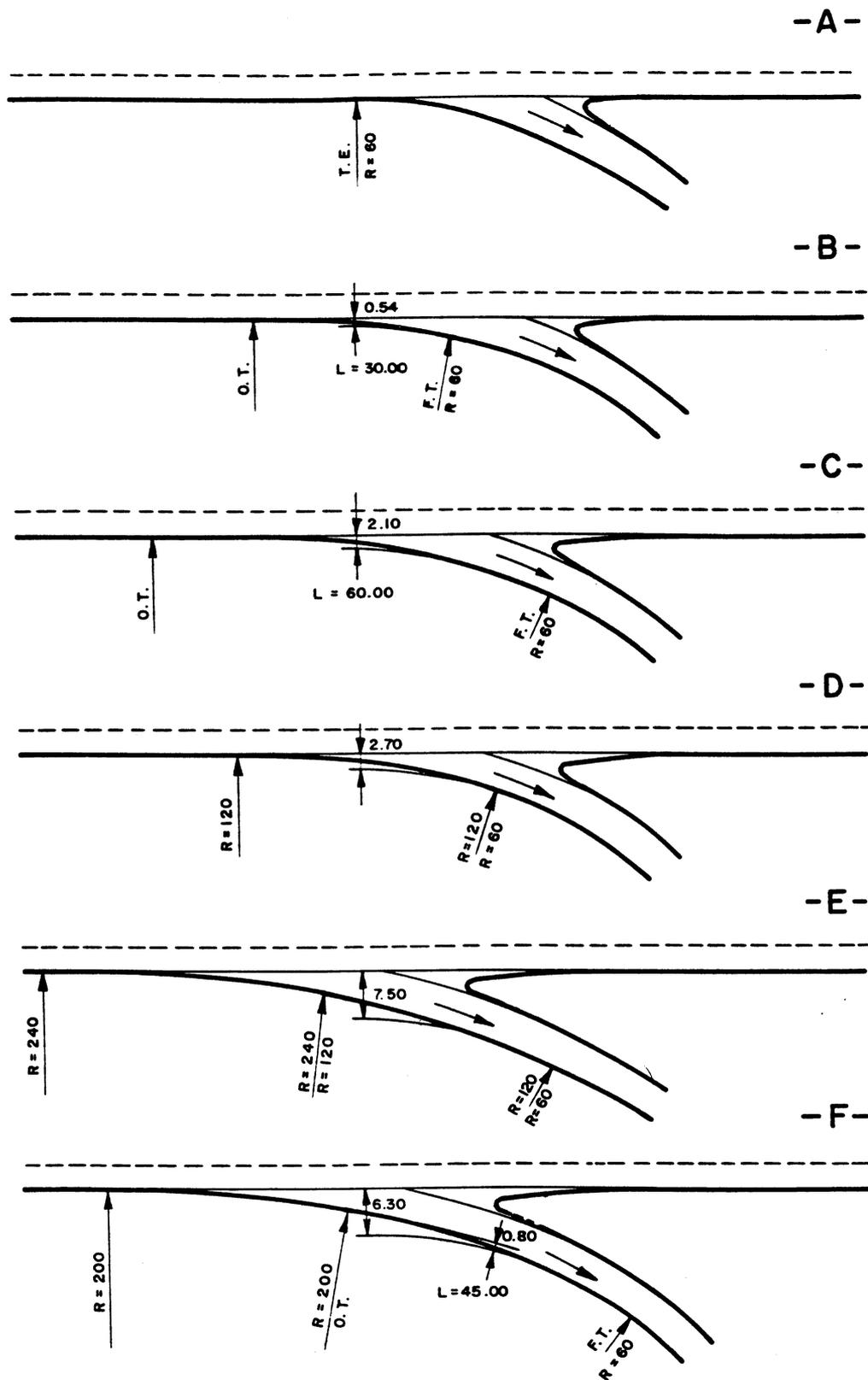
T. E. = Tangente de entrada

O. T. = Origen transición

F. T. = Final transición

EJEMPLOS DE USO DE CURVAS DE TRANSICION EN UN RAMAL  
CON VELOCIDAD ESPECIFICA 30 Km/h.

FIGURA  
4.6



NOTA.- Las dimensiones marcadas para los retranqueos de las curvas son aproximadas

T.E. = Tangente de entrada  
 O.T. = Origen transición  
 F.T. = Final transición

EJEMPLOS DE USO DE CURVAS DE TRANSICION EN UN RAMAL  
 CON VELOCIDAD ESPECIFICA 45 Km/h.

FIGURA  
 4.7

**Hipótesis I.-** Con predominio claro de vehículos ligeros L, pero considerando ocasionalmente el paso de camiones C.

**Hipótesis II.-** Cuando el porcentaje de camiones, C, es digno de tenerse en cuenta (a partir de un 10 por ciento del tráfico total), permitiendo el giro ocasional de un vehículo articulado, VA.

**Hipótesis III.-** Cuando el porcentaje de camiones es superior al 25 por ciento, o el de vehículos articulados, al 10 por ciento del tráfico total.

Los vehículos tipo que se toman en cada una de estas tres hipótesis de tráfico son los siguientes:

Hipótesis de tráfico	I	II	III
Caso a)	L	C	VA
Caso b)	L-L	L-C	C-C
Caso c)	L-C	C-C	VA-VA

La combinación de letras, por ejemplo L-C para el caso b), significa que hay ancho suficiente para un vehículo ligero, cuando se encuentra estacionado en la calzada un camión, o viceversa.

Los anchos del pavimento para cada tipo de ramal, en función del radio de la curva y para cada una de las hipótesis indicadas, se dan en la Tabla 4.12. Estos anchos están sujetos a modificaciones según las características de los arcenes y bordillos contiguos.

#### 4.5.2. Luz libre lateral desde los bordes del pavimento.

El ancho total de la explanación de un ramal de giro incluye, además del ancho de pavimento que se indica en 4.5.1, el de los arcenes o, en su defecto, el de la luz libre lateral necesaria a partir de los bordes del pavimento: Sobre la gama total de intersecciones el ancho necesario de la explanación puede variar desde el mínimo que se adopta en estructuras al normal de las secciones transversales en plena carretera. Los casos más frecuentes se examinan a continuación.

Dentro de una intersección canalizada no es siempre necesario disponer arcenes a los lados de los ramales de cruce; estos carriles quedan delimitados por isletas y en las condiciones para su trazado ya está incluida la necesaria luz libre lateral fuera del pavimento (4.7.4. Delineación de las isletas). En gran parte de los casos estos ramales son relativamente cortos y no es necesario prever arcenes a lo largo de ellos para estacionamiento temporal de vehículos.

En los ramales de giro a la derecha el borde izquierdo del pavimento delimita la zona triangular e isleta. Cuando la isleta es de dimensiones reducidas y lo exija la importancia de los movimientos de tráfico, se delinea con bordillos. En caso contrario, pueden delinearse por postes-guía o simplemente por el propio borde del pavimento. En cualquiera de los supuestos, el arcen al lado izquierdo es innecesario. Sin embargo deberá retranquearse el bordillo o disponer un pequeño ensanchamiento a la izquierda de la sección del ramal en su entrada para permitir un posible desplazamiento lateral de los vehículos al iniciar su maniobra de giro. A la derecha de estos ramales generalmente se dispone de arcén en áreas rurales, aunque pueda usarse también un bordillo con objeto de reducir las operaciones de conservación sobre la zona que puede ser invadida y estropeada por los vehículos que se salgan del interior de la curva. En general el arcén derecho en dimensión y tratamiento es esencialmente el mismo que el del resto de la sección normal de la carretera, tal vez no tan ancho por las condiciones de la intersección.

En grandes intersecciones canalizadas los ramales de giro pueden ser de tal longitud que se consideren como independientes de las carreteras que se cortan. Bajo este punto de vista, deberán proyectarse con arcenes a ambos lados del pavimento. Los bordillos que se coloquen para separar el pavimento del arcén deben ser de tipo montable.

En la Tabla 4.13. se resumen los valores recomendables para distintas condiciones de los ramales de giro. Para estos ramales, si no tienen bordillos o éstos son montables, el arcén contiguo debe ser del mismo tipo y sección de la carretera de acceso. Salvo en los casos de condiciones de bajo volumen, es deseable que los arcenes derechos tengan un tratamiento superficial o una estabilización en un ancho de 1,00 metros o más.

**TABLA 4.12.**  
**ANCHOS DE PAVIMENTO PARA CALZADAS O VIAS DE GIRO**

R Radio del borde interior del pavimento m	Anchos del pavimento en m, para								
	Caso 1			Caso 2			Caso 3		
	1 carril de un solo senti- do de circulación, sin permitir el adelantamiento			1 carril de un solo senti- do, con previsión para adelantar a un vehículo momentáneamente parado			2 carriles de un solo senti- do o de doble sentido de circulación		
	Condiciones del tráfico								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
15	4,80	5,10	6,00	6,30	7,20	8,10	9,00	9,90	11,10
22,50	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,50	8,40	9,10	10,20
30	4,20	4,80	5,10	5,70	6,30	7,20	8,10	9,00	9,90
45	3,90	4,50	4,80	5,40	6,00	6,90	7,80	8,70	9,30
60	3,90	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,80	8,40	8,70
90	3,50	4,50	4,50	5,00	5,70	6,30	7,50	8,10	8,40
120	3,50	4,00	4,50	5,00	5,70	6,30	7,50	8,10	8,40
150	3,50	4,00	4,50	5,00	5,70	6,30	7,50	8,10	8,10
Recta	3,50	4,00	4,00	4,70	5,40	6,00	6,50	7,00	7,00
Arcenes y bordillos que modifican los anchos anteriores									
Arcen no estabilizado	Sin modificación			Sin modificación			Sin modificación		
Bordillo montable	Sin modificación			Sin modificación			Sin modificación		
Bordillo elevado:									
En un lado	Añadir 0,30			Sin modificación			Añadir 0,30		
A los dos lados	Añadir 0,50			Añadir 0,30			Añadir 0,50		
Arcén estabilizado a uno o ambos lados	Sin modificación			Deducir ancho del arcen ancho mínimo pavimento como en el caso 1.			Deducir 0,60 donde el arcén sea de 1,20 m. como mínimo.		

**TABLA 4.13**

**ANCHO DE ARCENES O LUZ LIBRE LATERAL EQUIVALENTE A LOS LADOS DEL PAVIMENTO**

Características del ramal	Tipo de trenzado	Ancho del arcén o luz libre lateral equivalente a los lados del pavimento (m)	
		A la izquierda	A la derecha
Corta longitud generalmente dentro de intersecciones canalizadas	mínimo	Los postes o vallas, si existen, deben estar como mínimo a 0,50 del borde del pavimento	
	Deseable	1,00	1,00
Longitud media o grande	Mínimo	1,00	1,50
	Deseable	1,50 a 2,50	2,50 a 3,00



#### 4.6. Peraltes de curvas en intersecciones.

##### 4.6.1. Porcentaje de los peraltes.

Los factores generales que determinan los porcentajes máximos del peralte para curvas en carreteras normales, son también aplicables a las curvas en intersecciones. Puede llegarse a un 12 por ciento en curvas cerradas de ramales de giro de un solo sentido de circulación, siempre que no exista peligro de heladas o nieve, en cuyo caso debe limitarse a valores del 6 al 8 por ciento.

Ya se ha indicado anteriormente que en muchas ocasiones no puede desarrollarse en los ramales de giro el peralte más conveniente, pero siempre debe adoptarse el mayor que sea posible alcanzar, particularmente en los sitios en que el giro es cerrado y se realiza en pendiente. Los trazados con curvas de transición (clotoides, circulares de distintos radios o ambas) tienen la ventaja de proporcionar mayor longitud y por tanto de facilitar un mayor desarrollo del peralte.

En la Tabla 4.14 se indican los límites entre los que puede variar el porcentaje del peralte en función del radio de la curva y de la velocidad específica del ramal. Es deseable alcanzar aquellos valores más próximos a los máximos indicados en la tabla, dentro de su tercio superior. Para un efectivo drenaje de la superficie del pavimento debe adoptarse un peralte mínimo del 2 por ciento.

**TABLA 4.14.**

#### **PERALTES PARA CURVAS EN INTERSECCIONES**

Radio del ramal de giro m	Peralte en %; para velocidad específica de (km/h)				
	25	30	40	50	60
15	2-12	—	—	—	—
25	2- 8	2-12	—	—	—
45	2- 5	2- 8	4-12	—	—
60	2- 5	2- 6	4- 9	—	—
75	2- 4	2- 5	3- 7	7-12	—
90	2- 3	2- 4	3- 6	5- 9	—
120	2- 3	2- 3	3- 5	4- 7	8-12
180	2	2- 3	3- 4	3- 5	6- 8
240	2	2- 3	2- 3	3- 4	5-6,5
300	2	2- 3	2- 3	3- 4	4- 6
450	2	2	2	2- 3	3-4,5
600	2	2	2	2	2- 4

**Nota.-** Para velocidades superiores a 60 km/h. se usan los valores normales de carretera.

##### 4.6.2. Transición del peralte.

Los principios que deben seguirse para proyectar la transición del peralte son los clásicos en la técnica de carreteras, es decir, hay que conseguir la comodidad del conductor y un efecto estético agradable. En carreteras normales, la pendiente de uno de los bordes del pavimento con respecto al eje no debe exceder del 0,5 por ciento para una velocidad específica de 80 km/h, y del 0,66 por ciento para una de 50 km/h; ésto supone, para el semi-ancho más corriente de carretera de dos carriles, diferencias en el porcentaje del peralte del 2,8 y 3,8 por ciento respectivamente, por cada 20 m de longitud. Estas transiciones son también las convenientes para ramales de giro, pero pueden usarse valores más altos sin acusar distorsión en estética ni en operación; estos valores dependerán de la velocidad específica de

proyecto y se indican en la Tabla 4.15, aunque pueden aumentarse o disminuirse en un 25 por ciento, según se trate de ramales de giro muy estrechos o, por el contrario, de ancho superior al normal.

Generalmente para replantear la transición del peralte se fija el perfil de la arista exterior del pavimento del ramal y a partir de aquel, haciendo uso de la tabla anterior, se determinan las cotas de algunos puntos correspondientes al borde interior del pavimento.

**TABLA 4.15**

**TRANSICION DEL PERALTE PARA CURVAS EN INTERSECCIONES**

Velocidad específica del ramal de giro, km/h	25 y 30	40	50	60 ó más
Diferencia máxima en el peralte en ‰, por cada 20 m. de longitud .....	5,33	4,66	4	3,33

**4.6.3. Desarrollo del peralte en la zona de confluencia de un ramal de giro con la vía principal.**

Es preciso respetar siempre el perfil transversal de las vías principales iniciando la transición del peralte de los ramales fuera del pavimento de la vía principal, a una distancia de su borde de 0,30 a 1 m.

En la Figura 4.8 se indica como debe hacerse la variación del peralte en un ramal para los casos en que la calzada principal se encuentre en recta, en curva en el mismo o en distinto sentido que la curva del ramal, o bien cuando existe una vía de deceleración ante la entrada del ramal; en este último caso, parte del peralte, aproximadamente su mitad, puede lograrse en la vía de deceleración.

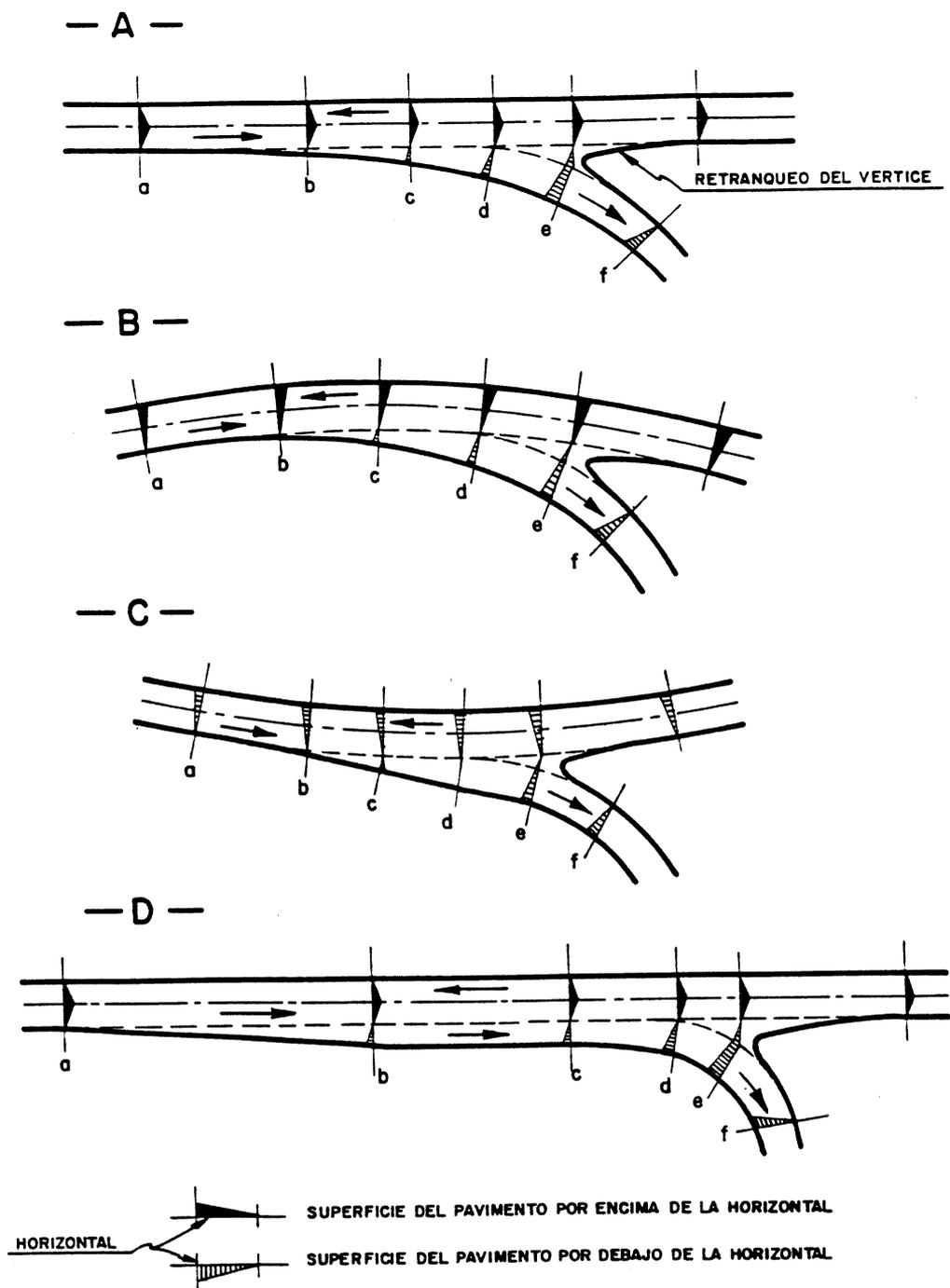
Al establecer el peralte de los ramales, la limitación fundamental es que la diferencia algebraica de las pendientes transversales de la vía principal y del ramal contiguo se mantenga dentro de ciertos valores, preferiblemente del 4 al 5 por ciento, aunque puede llegarse al 8 por ciento, si la velocidad específica es pequeña y el número de camiones reducido. En la Tabla 4.16, se indican los valores recomendables. El peralte y el sobreebanco correspondientes al radio de la curva del ramal deben alcanzarse lo más suavemente posible.

**TABLA 4.16**

**DIFERENCIA MAXIMA DEL PERALTE ENTRE LA VIA PRINCIPAL Y EL RAMAL, EN LA INTERSECCION DE SUS ARISTAS INTERIOR Y EXTERIOR, RESPECTIVAMENTE**

Velocidad específica del ramal de giro km/h	Máxima diferencia algebraica de la pendiente transversal de la vía principal y del ramal contiguo en ‰
25 y 30	5 a 8
40 y 50	5 a 6
60 ó más	4 a 5

A continuación se desarrolla un ejemplo con aplicación de las tablas anteriores. Considerando la Figura 4.8. -A- y suponiendo un ramal de 45 m de radio ó 40 km/h de velocidad específica, el peralte que debe adoptarse puede variar entre el 4 y el 12 por ciento, siendo conveniente que sea mayor del 8 por ciento (tercio superior de los valores de la Tabla 4.14).



**DESARROLLO DEL PERALTE EN LA UNION DE UN RAMAL DE LA INTERSECCION CON LA VIA PRINCIPAL**

**FIGURA 4.8**

La variación del peralte cada 20 m de longitud, deberá ser como máximo del 4,66 por ciento (Tabla 4.15). Si la pendiente transversal del pavimento de la vía principal es del 2 por ciento, y la distancia de b a c y de c a d es de 15 metros, la transición del peralte en el ramal podría pasar del 2 por ciento en b al 5 por ciento en c y al 8 por ciento en d, con la diferencia entre los peraltes en los puntos d y b de  $8-2 = 6$  por ciento, valor inferior al máximo recomendado en la tabla 6.2. ( $6 \times 20/30 = 4$  por ciento). En el punto d, de intersección del borde interior del pavimento de la vía principal y el exterior del ramal, se ha de verificar la condición impuesta por la Tabla 4.16 de que la diferencia algebraica máxima entre los peraltes de los dos pavimentos sea del 6 por ciento, condición que se cumple en el ejemplo supuesto. Si las longitudes de d a e y de e a f son de 7,50 m, el peralte en el punto e podría ser

de 9,5 por ciento y en el f del 11 por ciento; el peralte del pavimento en la zona de retranqueo del vértice, punto e, podría tener un valor intermedio al de las dos calzadas, por ejemplo, un 4 por ciento.

Un segundo tanteo fijando el peralte final del ramal en un 9,5 por ciento, podría conducir a una solución mejor: punto b, 2 por ciento; c, 4,5 por ciento; d, 7 por ciento; diferencia de d a b:  $7-2 = 5$  por ciento; diferencia de peralte en el punto de intersección:  $7-5 = 2$  por ciento; punto e, 8,75 por ciento y punto f, 9,5 por ciento.

Al iniciar un ramal, debe continuarse el mismo peralte de la vía principal, hasta que dicho ramal se haya separado de 0,30 a 1 metro del borde del pavimento principal (tramo a-b del ejemplo).

Es de aplicación todo lo expuesto en el ejemplo anterior y en la Figura 4.8, cuando se trate de ramales de entrada en vez de salida; la única diferencia es que el punto de intersección de las dos calzadas no debe retranquearse, coincidiendo aproximadamente con el punto d.

Los perfiles longitudinales definitivos de los ejes y bordes del pavimento de los ramales, no siempre pueden resultar curvas circulares o parabólicas como en el caso normal. En la práctica basta determinar el perfil de uno de los bordes o del eje, y la situación de algunos puntos clave del resto del trazado, y tener siempre en cuenta que lo que se trata de conseguir son unos perfiles con variaciones suaves y agradables a los conductores.

#### **4.7. Isletas y canales.**

##### **4.7.1. Generalidades.**

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto en 2.2.1, Principios generales de canalización, de estas recomendaciones, las intersecciones que presentan grandes áreas pavimentadas, (trazados con radios de giro amplios, ángulos de cruce oblicuos, etc.), permiten un movimiento desordenado y peligroso de los vehículos, necesitan excesivas longitudes para el cruce de peatones y parte de sus áreas pavimentadas no es utilizable. Los conflictos que se producen en una intersección pueden reducirse en extensión e intensidad con el trazado de isletas.

Una isleta es una zona bien definida, situada entre los carriles de circulación y destinada a guiar el movimiento de vehículos o a refugio de peatones. Dentro de una intersección, una mediana u otra separación, se considera como una isleta. Las isletas no es necesario que tengan presencia física como tales; pueden ser desde una zona delineada con bordillos elevados hasta un área limitada por marcas pintadas sobre el pavimento.

Las isletas se incluyen en el trazado de intersecciones canalizadas por uno o más de los siguientes propósitos:

1. Separación de conflictos.
2. Control de ángulo de conflicto.
3. Reducción de áreas excesivas pavimentadas.
4. Regulación del tráfico e indicación del uso debido de la intersección.
5. Trazado para favorecer los movimientos de giro principales.
6. Protección de peatones.
7. Protección y zona de espera de vehículos que giran o cruzan.
8. Instalación de señales de tráfico o de semáforos.
9. Necesidad de puntos de referencia.
10. Prohibición de determinados movimientos.
11. Control de velocidad

Las isletas son generalmente de forma alargada, lágrimas o triangulares, y sus dimensiones dependen del trazado particular de cada intersección. Deberán situarse y definirse de manera que ofrezcan el menor peligro a los vehículos y ser de construcción y conservación poco costosas.

#### 4.7.2. Tipos de isletas.

Pueden agruparse en tres clases principales, según su función: 1ª, isletas divisorias que sirven para separar sentidos opuestos o iguales de circulación; 2ª, isletas de encauzamiento, trazadas para control y dirección de los movimientos de tráfico, generalmente giros; y 3ª isletas-refugio, que sirven para proporcionar una zona de refugio a los peatones.

**Isletas divisorias.**- Este tipo de isletas se emplea con frecuencia en las carreteras para avisar a los conductores de la presencia ante ellos de un cruce, a la vez que regulan el tráfico a través de la intersección. Son convenientes en particular, para facilitar los giros a la izquierda en intersecciones en ángulo oblicuo y en puntos donde existan ramales separados para giros a la derecha.

Ejemplos de isletas de este tipo se indican en la Figura 4.9, donde las c, d, e y f dividen sentidos opuestos de circulación y las b y h separan corrientes de tráfico de igual sentido; la isleta b separa un carril central especial para giros a la izquierda, y la h separa de los carriles de tráfico normales de la vía, un pavimento adyacente para uso de servicios locales.

En carreteras secundarias, aunque sean de tráfico ligero, es conveniente disponer una isleta del tipo d de la Figura 4.9, al objeto de evitar que los vehículos que cruzan o se incorporan a la carretera principal, utilicen el carril contiguo al suyo o efectúen maniobras falsas en sentido de circulación prohibida, sobre todo en aquellos lugares donde los conductores no estén acostumbrados a la presencia de intersecciones canalizadas. Donde haya garantías de un buen funcionamiento, dicha isleta se puede sustituir por una línea central continua pintada sobre el pavimento.

Cuando en las proximidades de una intersección se introduce una isleta divisoria en la carretera principal, a manera de mediana, la transición desde la sección normal de la carretera debe hacerse suavemente sin que obligue a movimientos bruscos de los vehículos, y es fundamental cuidar el balizamiento y visibilidad de las isletas, sobre todo en la noche, ya que pueden producir graves accidentes. Para carreteras con IMD superior a 2.000 vehículos, deben dejarse dos carriles de ancho normal como mínimo, para cada sentido de circulación; con intensidades menores, los anchos de pavimentación deben ser los del caso II de la Tabla 4.12 (1 carril de un solo sentido con previsión para adelantar a un vehículo momentáneamente parado).

Si la isleta se introduce en una alineación curva pueden combinarse distintos radios en los bordes del pavimento para conseguir la transición a la sección deseada. Si es en una alineación recta, la transición puede efectuarse intercalando en el trazado una curva y contracurva seguidas, sin tramo recto intermedio; para IMD importante y velocidad específica superior a 80 km/h, los radios de estas curvas deberán ser mayores de 1.700 m, y para velocidades más bajas pueden reducirse hasta 850 m ó en casos muy extremos, hasta 600 m. La fórmula que da la longitud del tramo de transición, L es:

$$L = \sqrt{Y(4R \cdot Y)}$$

en la que:

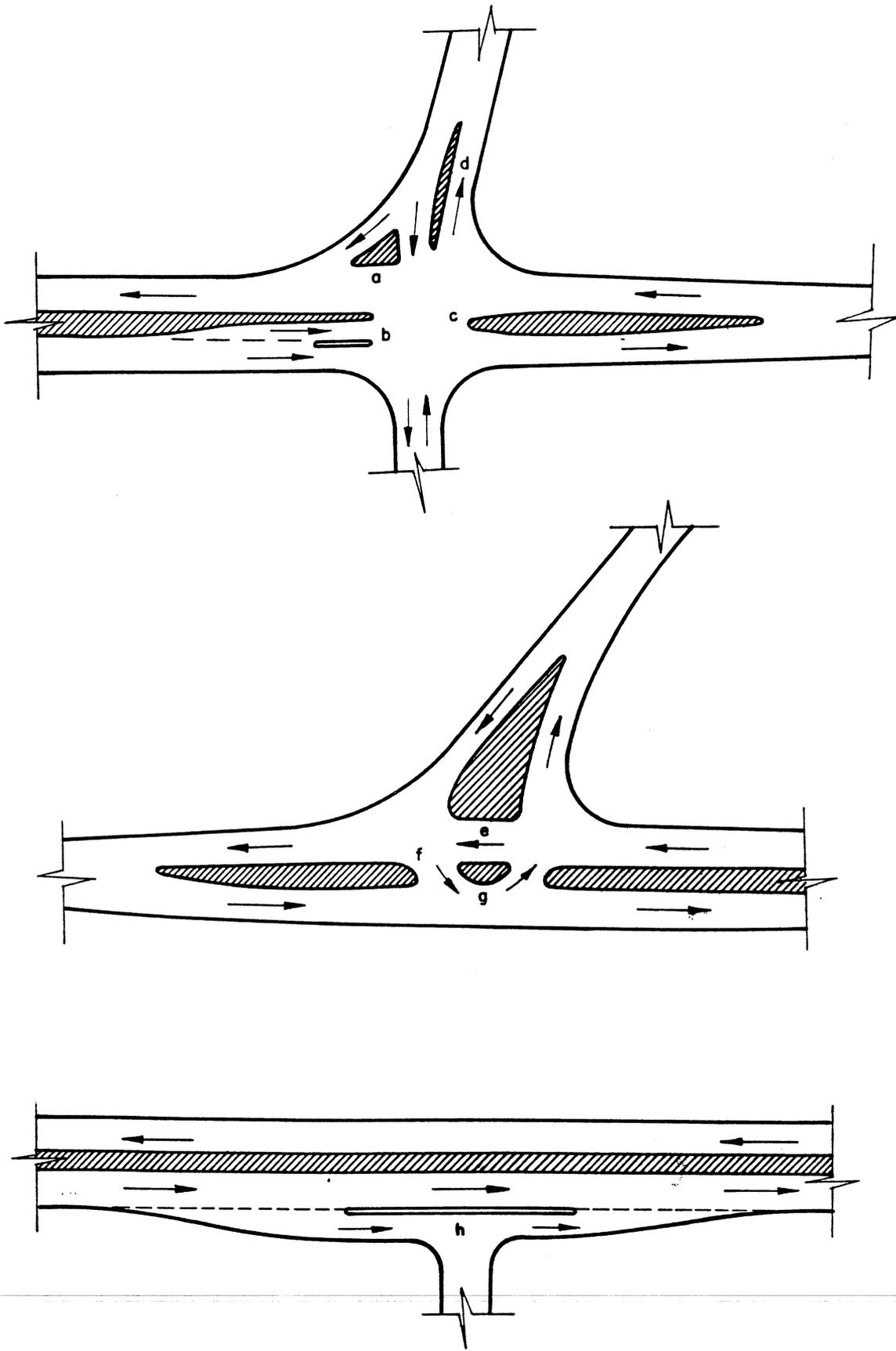
R = radio de la curva y contracurva, en metros.

Y = ordenada máxima al final de la transición, en m.

**Isletas de encauzamiento.**- Estas isletas deberán servir de guía al conductor para circular dentro de su propio ramal en dirección al trayecto que busca. Puede ser de muchas formas y tamaños, según las características y dimensiones de la intersección: triangulares, para separar giros a la derecha (Figura 4.9. -a-), centrales, alrededor de las cuales los vehículos efectúan sus giros (Figura 4.9. -g-).

Estas isletas deben trazarse de manera que las corrientes de tráfico del mismo sentido puedan converger en ángulos pequeños y los movimientos de cruce se efectúen en un ángulo cercano al recto. Hay que cuidar su colocación de manera que no se aparezcan súbitamente a los conductores.

Las intersecciones ramales múltiples pueden necesitar tres o más isletas para canalizar sus diversos movimientos, pero hay una limitación práctica en el uso de demasiadas isletas: un grupo de ellas,



TIPOS Y FORMAS GENERALES DE ISLETAS

FIGURA 4.9

marcando varios carriles de un solo sentido de circulación puede causar confusión en las trayectorias a seguir, de aquí que en la práctica sea preferible el uso de un pequeño número de isletas grandes al de un mayor número de tamaños más reducidos. En zonas urbanas, donde las velocidades son más bajas, la canalización funciona mejor y admite soluciones más complejas.

El empleo de isletas de encauzamiento es ventajoso donde los movimientos de giro o de cruce son relativamente importantes, debiendo reservarse los trazados sin canalización solamente para intersecciones de carreteras locales de pequeña intensidad de tráfico.

**Isletas-refugio.** Estas isletas pueden emplearse para evitar cruces demasiado largos de peatones, intercálndolas en vías de cuatro o más carriles, y para facilitar los cruces de ramales en intersecciones. Su ancho mínimo debe ser de 1,00 m y su longitud, por lo menos, 2 m mayor que la anchura del paso de peatones correspondiente; deben ir provistas siempre de bordillos elevados y demás protecciones, inherentes a su función, que se juzguen necesarias.

#### 4.7.3. Tamaño y trazado de isletas.

Las isletas deben ser lo suficientemente grandes para llamar la atención de los conductores, teniendo como mínimo 4,5 m<sup>2</sup> y preferiblemente 7 m<sup>2</sup> de superficie; a su vez, las triangulares deben tener un lado mínimo de 2,40 m y mejor de 3 m; las alargadas o lágrimas, de 3,50 m a 6 m de largo, como mínimo, y de 1,00 m de ancho, salvo en aquellos casos donde el espacio está muy limitado (Figura 4.9 -b- y -h-) que pueden reducirse a un ancho mínimo absoluto de 0,50 m.

Las isletas divisorias en carreteras importantes de alta velocidad específica, deben tener una longitud mínima de 30 m y preferiblemente de 100 m ó más, sobre todo cuando sirven a su vez para la introducción de un carril central de cambio de velocidad y espera de vehículos; si no pudieran tener la longitud recomendada, deben ir precedidas de un pavimento rugoso bien notorio, resaltos sobre la calzada o, al menos, de marcas bien conservadas sobre el pavimento. Cuando coincidan con la proximidad de una cresta del trazado en alzado o del comienzo de una curva horizontal, la isleta debe prolongarse lo necesario para hacerla claramente visible a los conductores que se aproximan.

Las isletas pueden delinarse o delimitarse por varios procedimientos, según su tamaño, situación y función. Con arreglo a su aspecto físico se clasifican en tres grupos:

- a) isletas elevadas sobre el pavimento limitadas con bordillos.
- b) isletas delineadas por marcas, clavos o barras de resalto sobre el pavimento.
- c) isletas limitadas por las zonas no pavimentadas que forman los bordes del pavimento de los distintos ramales; estas isletas conviene delinearlas con postes guía o con un tratamiento de tierra especial en su interior (por ejemplo, tierra de albero).

El grupo a) es el más frecuente y de resultados más positivos; en zonas rurales, donde el uso de bordillos es poco corriente, su trazado suele limitarse a isletas de tamaño pequeño o intermedio.

El grupo b) se emplea en zonas urbanas con espacios limitados y solo en rurales cuando exista garantía de una fácil y buena conservación, o cuando no convenga el uso de bordillos por estar situadas en lugares propensos a heladas o nevadas, o en ciertos extremos, cuando la velocidad de acceso a la intersección sea muy alta y la presencia de bordillos pueda suponer un peligro en potencia.

El grupo c) está reservado a las isletas grandes en zonas rurales, donde la aplicación de radios amplios de giro supone unas longitudes excesivas de bordillo con el consiguiente encarecimiento del trazado.

El interior de las isletas debe rellenarse con turba o tierra vegetal y si es espacioso puede plantarse con la condición de que no se obstruya la visibilidad. Cuando las isletas son de grandes dimensiones se puede disponer su interior formando una depresión, con objeto de favorecer el drenaje del pavimento, si es que éste presentara dificultades. En isletas pequeñas o en zonas poco favorables para el desarrollo de plantas, puede usarse cualquier tipo de tratamiento superficial.

#### 4.7.4. Delineación de las isletas.

La delineación de isletas pequeñas se efectúa principalmente con bordillos; las grandes pueden quedar suficientemente definidas por su color y configuración (tierra vegetal, tierra estéril, plantaciones, postes, señales o combinación de todos estos elementos). En zonas rurales los bordillos deberán ser del tipo montable, excepto donde sea necesario disponerlos elevados para defensa de estructuras, refugio de peatones, etc..

Los bordillos deben tener gran visibilidad para evitar situaciones peligrosas, lo que se consigue con el empleo de catafaros, pintura reflexiva, etc., condición a tener más presente cuanto mayor sea la velocidad de la carretera en que se introduzcan.

Las esquinas de las isletas deben redondearse o rebajarse de nivel a efectos de visibilidad y sencillez constructiva. Los lados de las isletas que quedan contiguos a los carriles que atraviesan la intersección, deben retranquearse en una dimensión que depende de varios factores (contraste de la isleta, longitud de la transición o pavimento auxiliar que la precede, velocidad de circulación, etc.); no es necesario dicho retranqueo en cuanto al borde del pavimento de un carril de giro, excepto en su vértice de entrada, que debe hacerse en una dimensión de 0,50 a 1,00 m y también si se emplean bordillos elevados, en cuyo caso, estos deben retranquearse de todos los bordes del pavimento de los carriles. En la Tabla 4.17 se indican una serie de normas para el replanteo de las transiciones al retranqueo de los bordillos que pueden ser de gran utilidad a efectos constructivos.

Cuando exista un arcén bien definido a lo largo de las carreteras que se cruzan, es preferible colocar los bordillos en la línea de la arista exterior de dicho arcén, quedando por tanto retranqueados del pavimento a una distancia igual al ancho de aquel.

Las isletas deben proveerse de toda clase de dispositivos que avisen de su presencia a los conductores que se aproximan, tanto de día como de noche; las marcas sobre el pavimento, el uso de pavimentos ásperos, ruidosos o molestos, resaltos ante el vértice de la isleta, son prácticas ventajosas en el trazado de intersecciones. Otras indicaciones pueden también emplearse, tales como bordillos blancos de hormigón, bordillos reflexivos, señales localizadas cerca de los vértices de las isletas, reflexivas o iluminadas, o reflectores montados sobre la superficie de la isleta.

Hay que evitar que el conductor que llega a una intersección vea aproximarse, prácticamente a la vez, dos o más vértices de isletas, lo que podría provocarle confusión; por este motivo es conveniente en el trazado general de la intersección efectuar un posible adelantamiento o retroceso de ciertas isletas.

En las carreteras de circulación rápida, deben aumentarse aún más las precauciones ante la aproximación de las isletas. Ello puede conseguirse mediante el empleo de molduras de hormigón que transforman paulatinamente la línea pintada sobre la calzada de la isleta, como se detalla en la Figura 4.10. La longitud de la transición es función de la velocidad, pudiendo llegar a los 100 m ó más.

En la Figura 4.10 se muestra otro ejemplo de un caso típico de transición de una carretera normal con dos carriles de circulación a una sección de dos calzadas separadas con dos carriles en cada sentido.

Sin embargo, todas las precauciones indicadas más arriba, pueden no ser necesarias ante isletas secundarias situadas en una intersección con múltiples isletas; basta muchas veces tomarlas únicamente con aquellas que se encuentra el tráfico en primer lugar en su aproximación a la intersección.

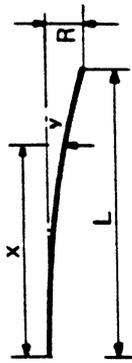
#### 4.7.5. Tipos de bordillos.

En las Figuras 4.11 y 4.12 se dan una serie de tipos de bordillos cuya aplicación más indicada, según los casos se expone a continuación:

**Tipo A.-** Bordillo elevado para protección o barrera. Debe usarse en aquellas isletas que sirven de refugio a peatones, limitando andenes o aceras destinados a los mismos; en el borde de las calzadas de servicio más próximos a la carretera principal para evitar las entradas prohibidas, y en aparcamientos. También es conveniente su empleo en aquellos ramales de intersecciones que tengan terraplenes de altura excesiva.

TABLA 4.17.

TRANSICIONES PARABOLICAS MAS CORRIENTES PARA EL RETRANQUEO DE VERTICES DE ISLETAS

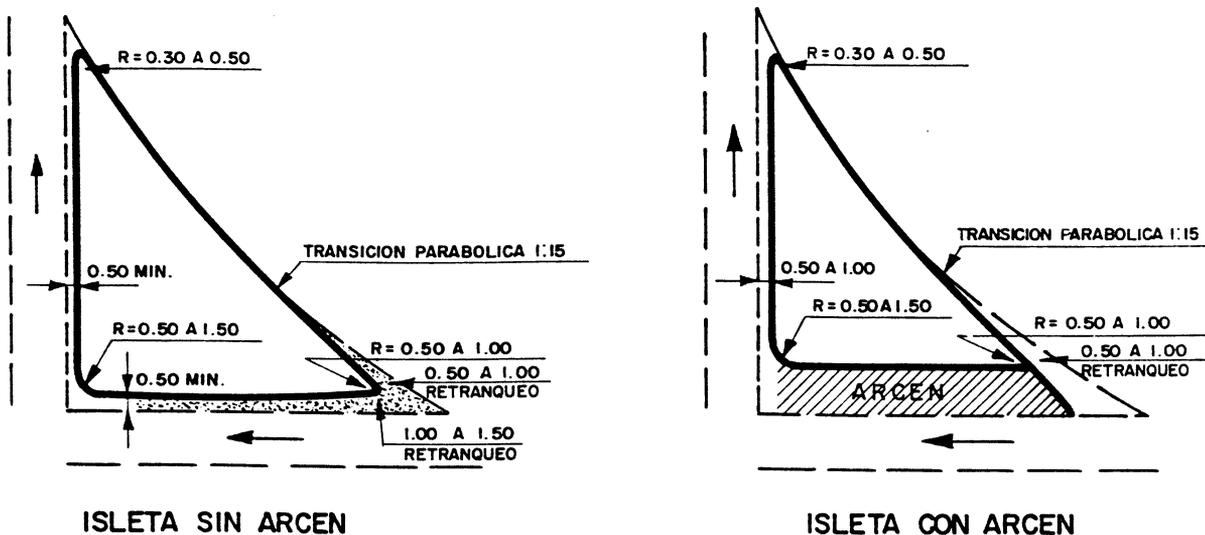


L = Longitud transición, m.  
 R = Retranqueo total, m.  
 X = Abcisas, m.  
 Y = Ordenadas, m.

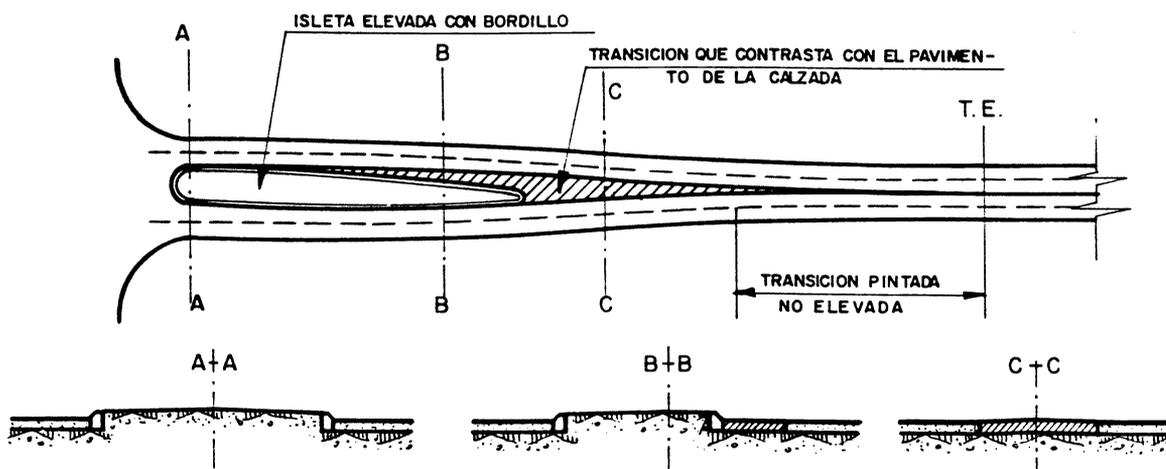
$$Y = \frac{R X^2}{L^2}$$

		Ordenadas, Y, para una abcisa dada, x															
Abcisa, x en m.	Long. T. Transición	3	4,50	6	7,50	9	12	13,50	15	18	21	22,50	24	27	30	33	36
Transición 1:5																	
7,50	0,24	0,54	0,96	1,50													
15,00	0,12		0,48	1,08	1,92	3,00											
Transición 1:10																	
15,00	0,06		0,24	0,54	0,96	1,50											
30,00	0,03		0,12	0,27	0,48	0,75	1,08	1,47	1,92	2,43	3,00						
Transición 1:15																	
7,50	0,08	0,18	0,32	0,50													
13,50	0,045		0,177	0,40	0,71	0,90											
22,50	0,027		0,108	0,24	0,43	0,67	0,96	1,31	1,50								
27,00	0,021		0,09	0,20	0,36	0,55	0,80	1,09	1,42	1,80							
36,00	0,013		0,066	0,15	0,27	0,42	0,60	0,82	1,07	1,35	1,67	2,02	2,40				

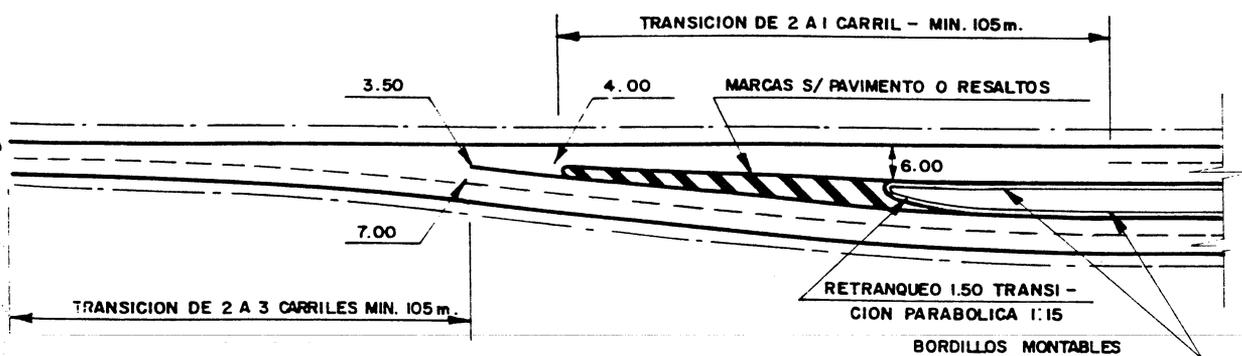
Nota: El retranqueo total, R, se indica en la tabla como 1,50.



DETALLE DEL TRAZADO DE ISLETAS TRIANGULARES



TRANSICION PARA LA APROXIMACION DE UNA ISLETA DE SEPARACION DE SENTIDOS EN UNA CARRETERA DE CIRCULACION RAPIDA

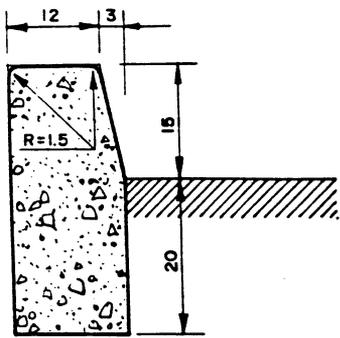


DETALLE DE TRANSICION DE DOS CARRILES A CUATRO CON CALZADAS SEPARADAS

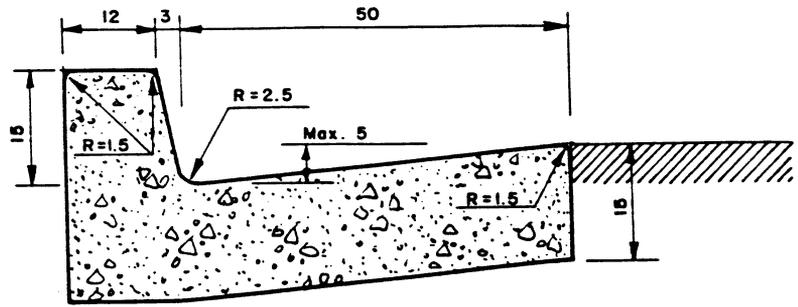
ISLETAS - DETALLES DE TRAZADO

FIGURA 4.10

— TIPO A —

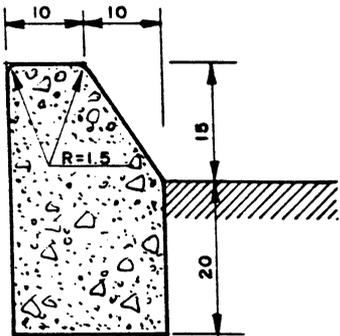


A-1

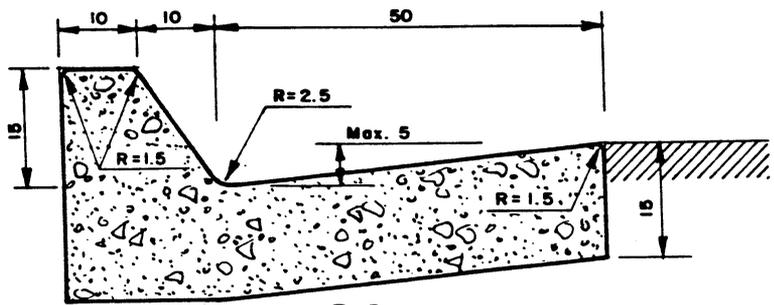


A-2

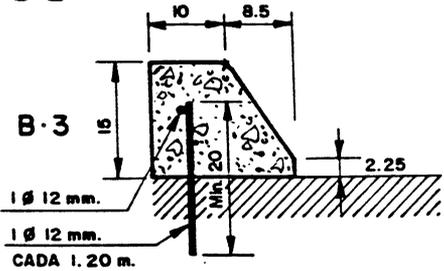
— TIPO B —



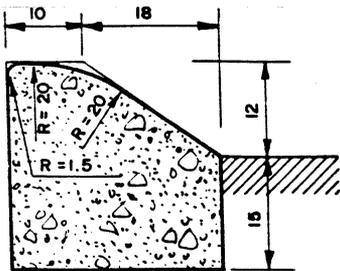
B-1



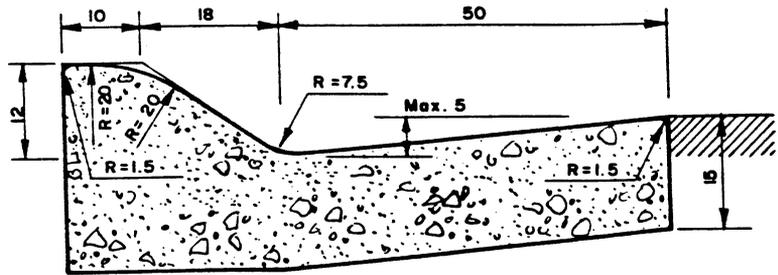
B-2



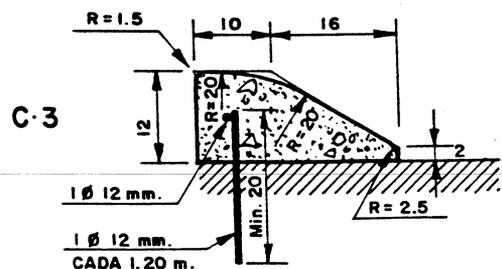
— TIPO C —



C-1



C-2

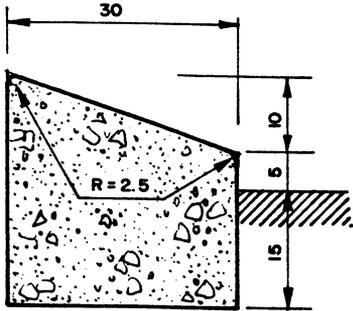


NOTA: LAS COTAS INDICADAS SON EN CENTIMETROS

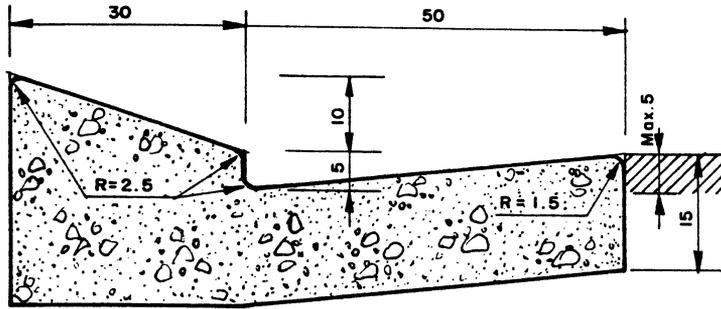
TIPOS DE BORDILLOS

FIGURA 4.11

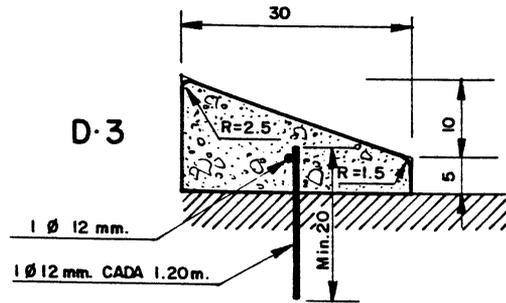
— TIPO D —



D-1

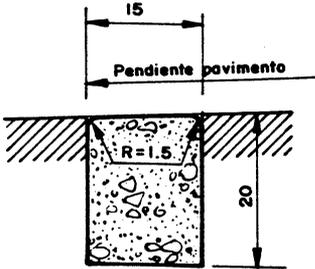


D-2

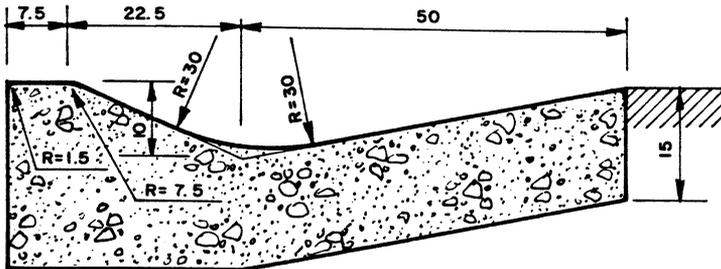


D-3

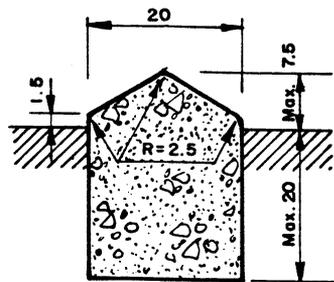
— TIPO E —



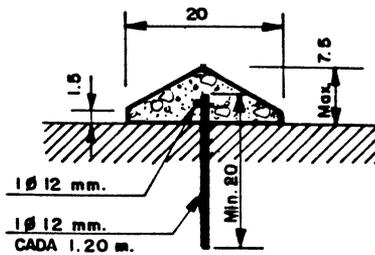
— TIPO F —



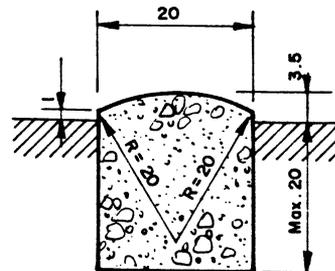
— TIPO G —



G-1



G-2



G-3

NOTA : LAS COTAS INDICADAS SON EN CENTIMETROS

TIPOS DE BORDILLOS

FIGURA 4.12

**Tipo B.-** Es un bordillo de tipo intermedio entre el elevado y el montable. Puede emplearse en los ramales de intersecciones en terraplenes no muy altos y en medianas de carreteras, cuando se pretenda impedir la posibilidad de giros a través de las mismas.

**Tipos C y D.-** Bordillos montables para isletas en intersecciones y medianas donde el giro de un vehículo no sea excesivamente peligroso.

**Tipo E.-** Bordillo enterrado que sirva para delimitar una calzada.

**Tipo F.-** Bordillo-cuneta que puede sustituir a los arcenes; es conveniente su colocación a lo largo del borde derecho del pavimento de los ramales de giro de un solo carril.

**Tipo G.-** Es un bordillo semi-enterrado que sirve para formar barras elevadas sobre el pavimento que delimitan trazados de bifurcaciones, carriles de deceleración, etc..

Los tipos B<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>, D<sub>3</sub> y G<sub>2</sub>, están proyectados para su colocación sobre un pavimento ya existente.

La transición entre distintos tipos de bordillos deberá efectuarse en una longitud mínima de 2,50 m. t máxima de 15 m.

#### **4.8. Medianas abiertas.**

##### **4.8.1. Generalidades.**

En carreteras divididas, cuando se presenta una intersección es preciso abrir la continuidad de la mediana para dar paso al tráfico que cruza la carretera o que gira a la izquierda. Si este tráfico es poco importante, la abertura en la mediana debe ser sencilla y de poco coste; cuando por el contrario, tenga relativa importancia o cuando la carretera principal sea de alta velocidad e intensidad, debe cuidarse más el trazado.

La pendiente transversal de una mediana abierta debe ser igual o menor al 5 por ciento.

##### **4.8.2. Radios mínimos para giros a la izquierda.**

La trayectoria que sigue un vehículo en su giro a la izquierda es sensiblemente la misma que cuando gira hacia la derecha, ya definida al principio de estas recomendaciones, y es la que delimita el trazado de los bordes del pavimento. Sin embargo no es necesario recurrir al diseño con curvas compuestas, ya que al llegar un vehículo a la zona abierta de la mediana tiene más libertad de maniobra que en un giro canalizado a la derecha.

Los radios mínimos a emplear son:

R = 12 m. Permite el giro de turismos y ocasionalmente de camiones con un pequeño desplazamiento lateral.

R = 15 m. Permite el giro de camiones, C, y ocasionalmente de algún vehículo articulado, VA, con un pequeño desplazamiento lateral.

R = 18 m. Permite el giro de vehículos articulados, VA, con solo un pequeño desplazamiento lateral al final de la maniobra.

##### **4.8.3. Forma del remate de la mediana.**

La forma más corriente es la de un semicírculo, que es satisfactoria para medianas estrechas, de menos de 3 m; con anchos superiores es más eficaz el trazado definido por dos arcos de círculo del radio mínimo adoptado, unidos por un radio de 0,50 m en el vértice, lo que supone una menor área pavimentada y longitud más corta en la abertura de la mediana, favoreciendo además la trayectoria del vehículo que gira.

Para medianas anchas y radios de giro mínimos, y con objeto de no exceder de una abertura mínima de 12 m, el trazado toma otra forma, con los dos arcos de círculo limitados por un radio en el vértice mayor que el de 0,50 m o por un tramo recto.

En la Figura 4.13. se indican varias soluciones para el trazado de medianas con distintos anchos.

#### **4.8.4. Abertura mínima de la mediana.**

Para cualquier intersección, de 3 ó 4 ramales, la longitud de la mediana abierta deberá ser como mínimo igual al ancho de la carretera que la corta (pavimento más arcenes) y en ningún caso menor de 12 m, ni menor que el ancho del pavimento de la carretera transversal más 2,50 m. En el caso de que esta última sea también dividida, la longitud de la abertura será como mínimo, igual al ancho del pavimento más la mediana, más 2,50 m.

#### **4.8.5. Efecto de la oblicuidad del cruce.**

Cuando el cruce de dos carreteras no sea normal, el trazado ha de sufrir modificaciones en cuanto a su simetría alrededor del eje de la mediana. Pueden utilizarse entonces diversas combinaciones de curvas circulares, siempre claro está superiores a las de radio mínimo de proyecto, con la condición de dejar una longitud mínima en la abertura de 12 m medida perpendicularmente a la carretera transversal, y procurando reducir el efecto de la oblicuidad del cruce (Figura 4.13).

#### **4.8.6. Trazado con radios superiores a los mínimos para giros a la izquierda.**

Cuando el tráfico de la carretera principal sea importante y circule a alta velocidad, y los giros a la izquierda sean relativamente considerables, deben emplearse radios de giro mayores que los mínimos ya indicados, con lo que se proporciona espacio adecuado para el vehículo mientras gira o se detiene. En estos casos es recomendable el uso de transiciones especiales similares a las que se muestran en la Figura 4.14. para medianas de 6 m. medidos entre bordes del pavimento (anchura mínima que permite proyectar carriles centrales de cambio de velocidad); de 13 m (previstas para una futura ampliación de dos carriles sobre la sección anterior), y de ancho intermedio.

#### **4.8.7. Trazado con previsión para el tráfico de la carretera transversal.**

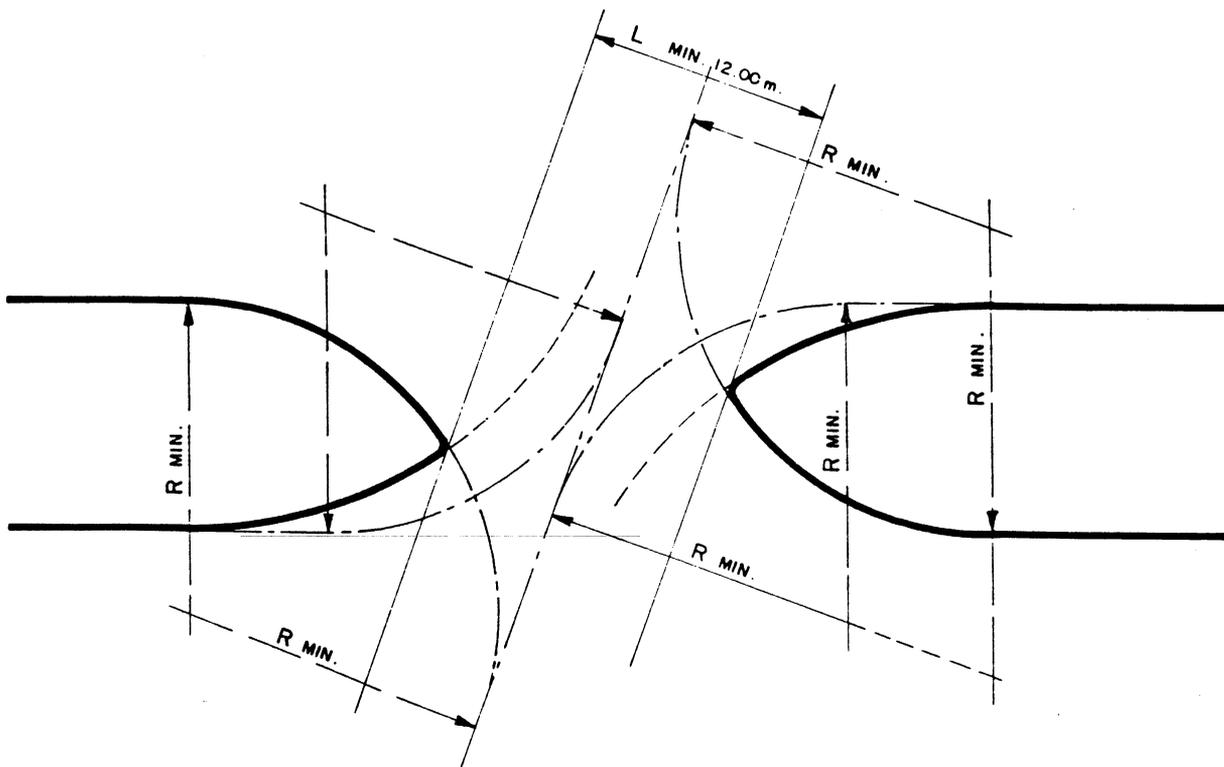
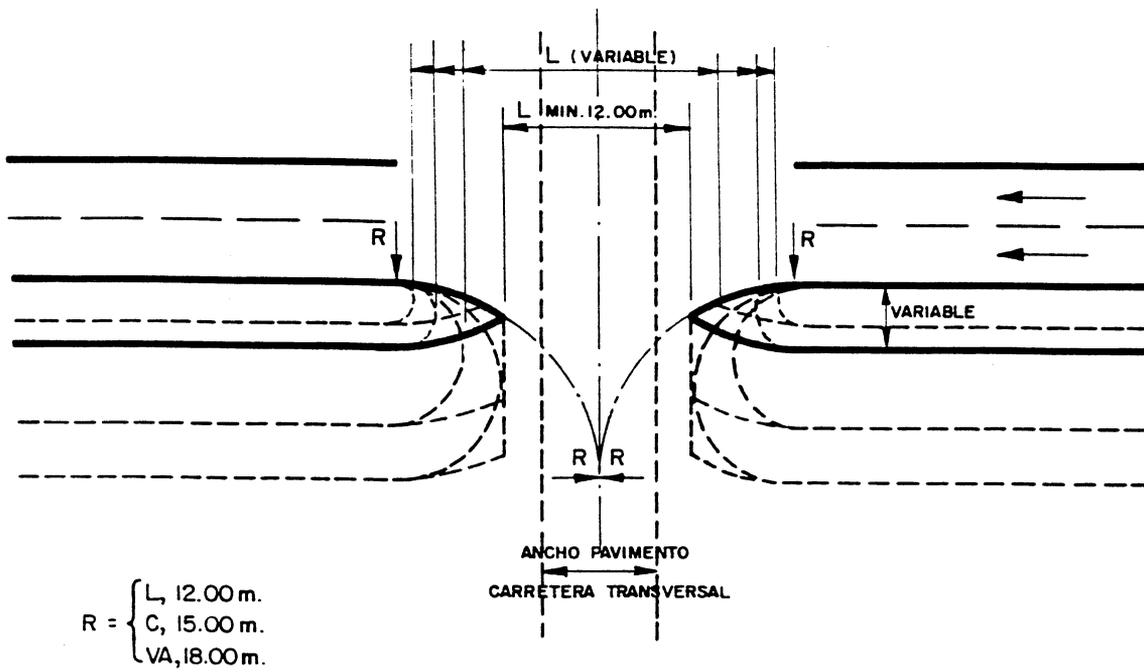
Hasta ahora se ha referido a aberturas de medianas en que su ancho viene determinado por el propio de la sección normal de la carretera principal. Pero puede suceder, para intensidades importantes en los movimientos de cruce y de giro, que sea conveniente disponer de un ancho suficiente que permita efectuar el cruce en dos veces: la primera, a través de una calzada de la vía principal con parada en la mediana, y la segunda, a través de la calzada opuesta. En este caso el ancho de la mediana debe diseñarse con vistas a que sirva de refugio a los vehículos que esperan el segundo cruce, o sea de 5 m, 9 m ó 16 m de ancho mínimo según el vehículo tipo de proyecto; también puede ser preciso disponer de una longitud mayor de abertura por razones de capacidad.

En carreteras divididas sin control de accesos, a veces es necesario disponer de aberturas en la mediana que permitan los giros en U. Entonces, a no ser que la mediana tenga un ancho suficiente, las maniobras interfieren el tráfico que circula normalmente por la carretera, ya que han de realizarse a muy baja velocidad, y es conveniente desplazarlas a un carril central de deceleración.

En la Figura 4.15. se indican los trazados mínimos para el giro en U en medianas abiertas.

La posibilidad de efectuar dicha maniobra, con un trazado mínimo de los previstos en la tabla anterior, puede resumirse como sigue:

TRAZADO DE UNA MEDIANA ABIERTA PARA RADIOS MINIMOS DE GIRO

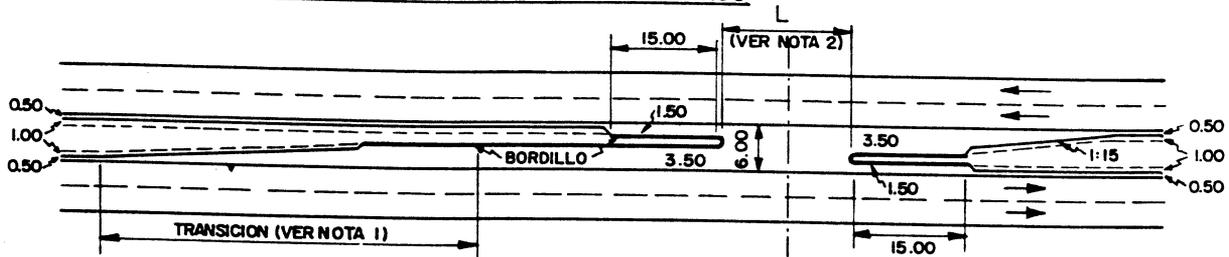


TRAZADO DE UNA MEDIANA ABIERTA PARA RADIOS DE GIRO MINIMOS  
EFECTO DE LA OBLICUIDAD DEL CRUCE

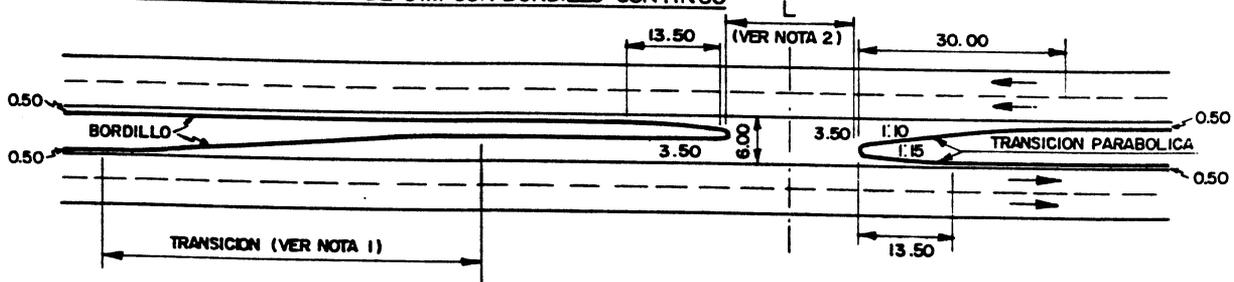
MEDIANAS - ANCHO DE LA ZONA ABIERTA

FIGURA  
4.13

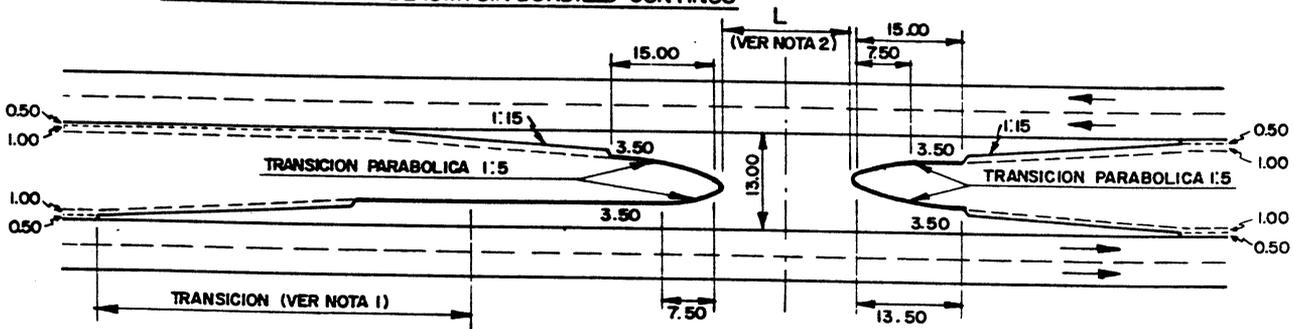
**CASO 1 - MEDIANA DE 6m. SIN BORDILLO CONTINUO**



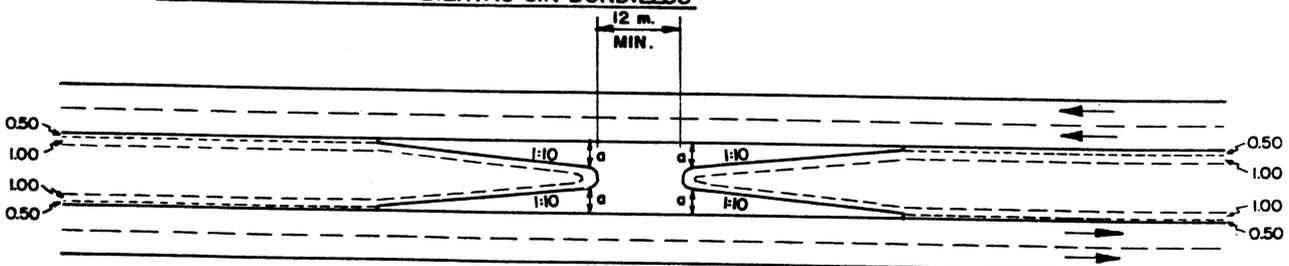
**CASO 2 - MEDIANA DE 6m. CON BORDILLO CONTINUO**



**CASO 3 - MEDIANA DE 13m. SIN BORDILLO CONTINUO**



**CASO 4 - MEDIANAS ABIERTAS SIN BORDILLOS**



$a = \text{variable, max. } 3.50$

**NOTAS:**

- 1 - PARA LONGITUDES DE TRANSICION, VER VIAS CENTRALES DE DECELERACION.
- 2 - L, VARIA CON EL ANCHO DE LA MEDIANA Y EL ANGULO DE CRUCE. GENERALMENTE PARA INTERSECCIONES EN ANGULO RECTO,  $L = 18 \text{ m.}$  PARA ANCHOS DE 6m. O MAYORES.
- 3 - CARRILES DE DECELERACION CENTRALES COMO SE INDICAN EN LA MITAD IZQUIERDA DE LOS CASOS 1, 2 Y 3, SE REQUIEREN CUANDO EL GIRO A LA IZQUIERDA ES IMPORTANTE.

**MEDIANAS - TIPOS DE TRAZADOS EN LA ZONA DE LA INTERSECCION**

**FIGURA 4.14**

TIPO DE MANIOBRA		ANCHO MINIMO DE LA MEDIANA, M, EN m. PARA VEHICULO TIPO		
		L	C	VA
CARRIL INTERIOR A CARRIL INTERIOR		12	21	20.50
CARRIL INTERIOR A CARRIL EXTERIOR		8.50	17.50	17
CARRIL INTERIOR A ARCEN		5.50	14.50	14
CARRIL EXTERIOR A CARRIL EXTERIOR		5	14	13.50
CARRIL EXTERIOR A ARCEN		2	11	10.50
ARCEN A ARCEN		0	8	7.50
LONGITUD MINIMA DE APERTURA, m.	L - REMATE CON TRANSICION (1)	6	6	9
	L - REMATE SEMICIRCULAR (2)	7	6	9

NOTAS :

1 - USAR LAS SIGUIENTES COMBINACIONES DE RADIOS.

PARA  $M = 9$  m. O MENOS  $15 - 0.4M - 15$

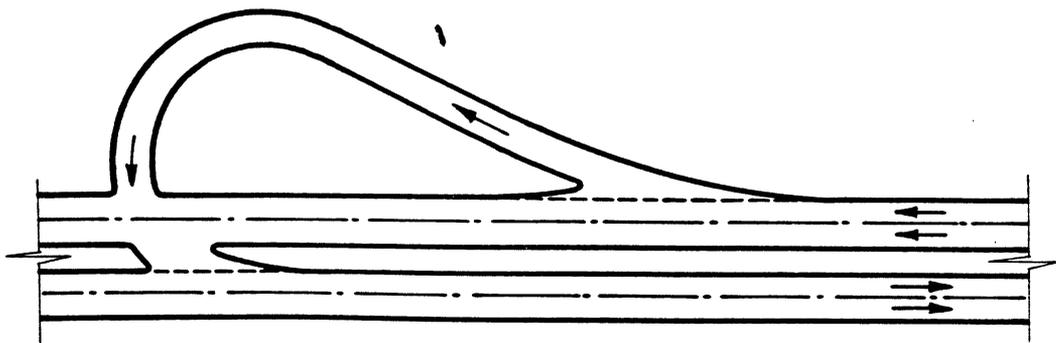
PARA  $M = 12$  A  $15$  m.  $22.5 - 0.4M - 22.5$

PARA  $M = 18$  A  $24$  m.  $30 - 0.4M - 30$

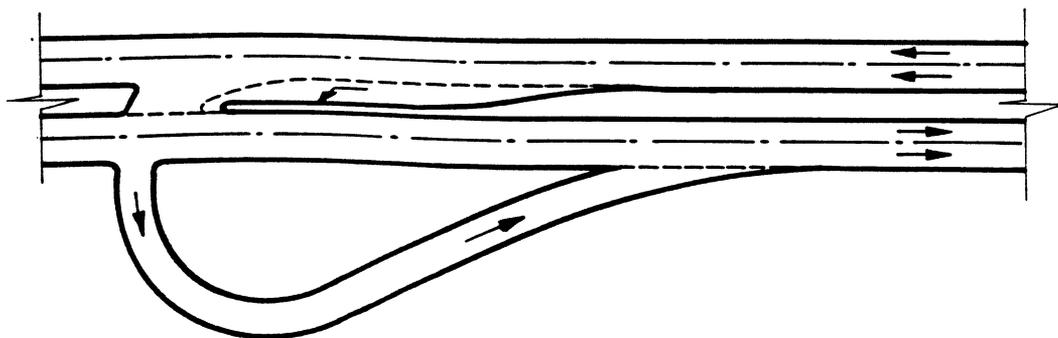
2 - LA LONGITUD L' ES MAYOR CUANDO  $M > 15$  m. REMATE CON TRANSICION ES PREFERIBLE.

Ancho de la mediana m	Tipo de maniobra posible en una carretera dividida de cuatro carriles.	Permite refugio mientras se espera en la mediana para
18	Permite a todos los vehículos girar en U, prácticamente de carril interior a carril interior opuesto.	Todos los vehículos
12	Permite a los turismos, L, girar en U de carril interior a carril interior, y a algunos camiones de carril exterior a carril exterior; los grandes camiones ocupan parcialmente el arcén.	L y C
9	Permite a los turismos girar de carril interior a carril exterior, y a los camiones con utilización de ambos arcenes.	L y C
6	Permite a los turismos girar de carril exterior a carril exterior o de carril interior al arcén. Es imposible el giro de camiones.	L

Cuando no pueda disponerse del ancho necesario en la mediana o el giro en U sea importante, se recurre al empleo de otros trazados especiales, tales como los indicados en la Figura 4.16, A y B.



- A -



- B -

TRAZADO PARA GIROS EN U CON MEDIANA ESTRECHA

FIGURA  
4.16

#### **4.9. Aplicación de los trazados para medianas abiertas a los de isletas divisorias en intersecciones.**

Todas las normas expuestas en los apartados anteriores para el trazado de medianas abiertas, son de aplicación en el caso de isletas divisorias de separación de sentidos en carreteras importantes, ya que en definitiva estas últimas pueden considerarse como una mediana que se introduce con carácter discontinuo en tales carreteras.

## 5. EJEMPLOS DE SOLUCIONES PROYECTADAS.

La norma técnica publicada en 1962 por la Dirección General de Carreteras, que constituye la base de este trabajo, ha permitido a lo largo de estos últimos años el desarrollar los proyectos y la construcción de un gran número de intersecciones a lo largo del país.

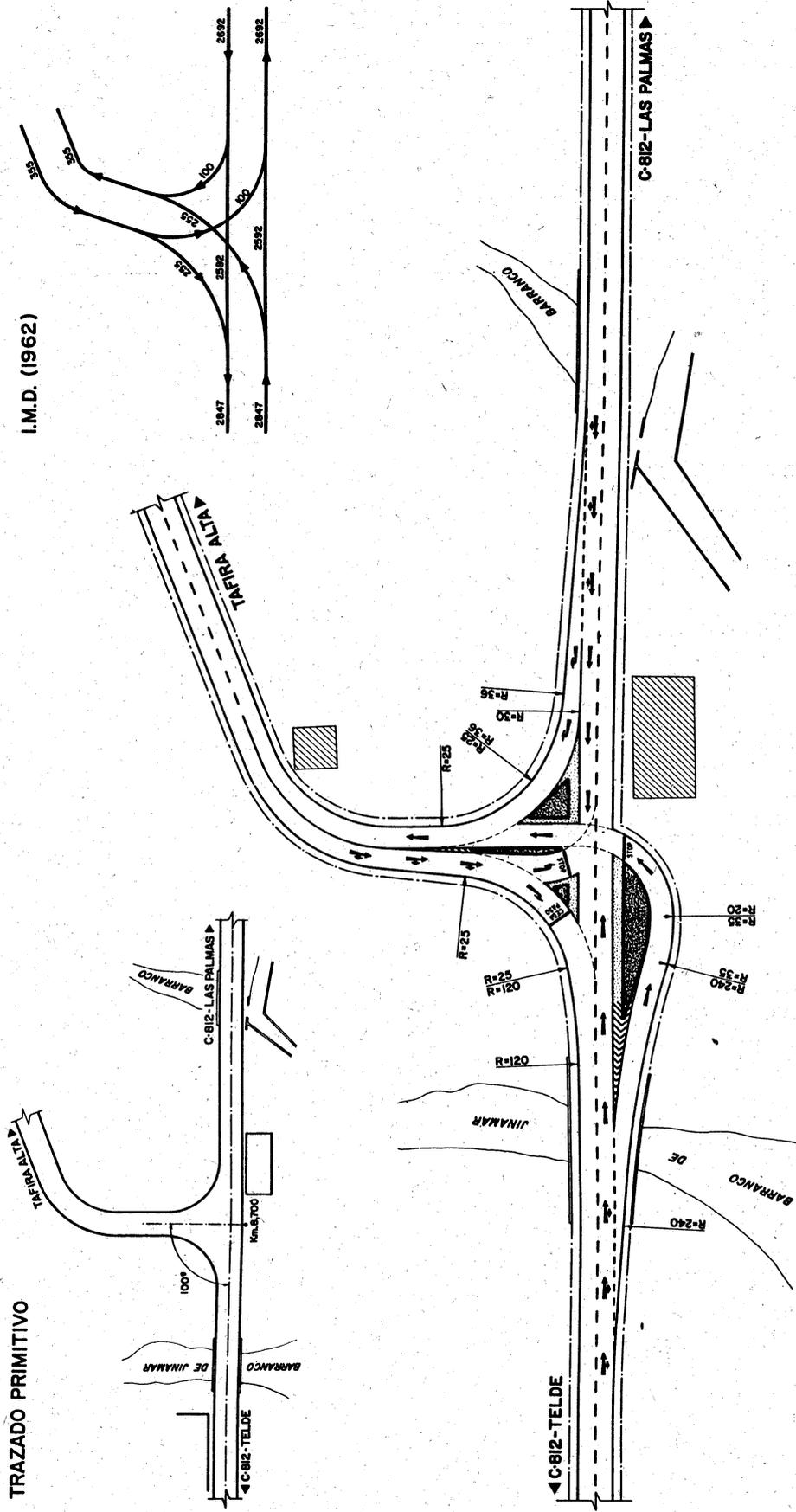
De todas estas intersecciones se han seleccionado aquellas que pueden servir de ejemplo a las soluciones proyectadas, a la vista del tráfico y la situación de la zona.

En total se han seleccionado 12 intersecciones que cubren los diversos tipos de soluciones generales. Asimismo, estos ejemplos abarcan soluciones en zonas urbanas, semiurbanas y rurales.

A continuación se presenta una lista de las intersecciones incluidas, relacionando su numeración con las de las figuras anejas. En estas figuras se han incluido los datos de tráfico del año en que se proyectaron, datos de accidentes, situación antes del proyecto y algunos comentarios generales.

- Fig. 5.1. – Rural "T" CC-812 Las Palmas-Telde con ramal a Tafira Alta.
- Fig. 5.2. – Rural "Y" CN-634 Santander-La Coruña y CC-642 a El Ferrol del Caudillo.
- Fig. 5.3. – Rural "Y" transformada en "T" CN-IV Madrid-Cádiz en la Variante de Valdepeñas.
- Fig. 5.4. – Rural "Y" CN-I Madrid-Irún (por el Encinar de los Reyes) y CN-I Madrid-Irún (por Fuencarral).
- Fig. 5.5. – Rural "Y" con tres ramales importantes CN-IV Madrid-Cádiz y CN-340 a Algeciras.
- Fig. 5.6. – Rural "X" CC-713 Palma-Alcudia con PM-220 a Pollensa y PM-342 a La Puebla.
- Fig. 5.7. – Semi-urbana "X" CN-340 Valencia-Barcelona y C-232 Castellón-Alcora (Variante de Castellón),
- Fig. 5.8. – Semi-urbana "X transformada en+" CN-623 Burgos-Santander y S-443 a Maliaño y S-444 a Puente Arce.
- Fig. 5.9. – Semi-urbana "+" CN-II Madrid-Barcelona y CN-340 Valencia-Barcelona.
- Fig. 5.10. – Semi-urbana "Giratoria" CN-IV Madrid-Cádiz con acceso al futuro Puente sobre la Bahía de Cádiz.
- Fig. 5.11. – Urbana "Estrella" Plaza de España de Salamanca.
- Fig. 5.12. – Urbana "Giratoria" Plaza de Andalucía de Córdoba.
- Fig. 5.13. – Urbana "T" Nuevo Acceso Norte de Valencia con Paseo al Mar y Camino de Tránsitos.





ESCALA GRAFICA



CC. 812 - LAS PALMAS - TELDE CON RAMAL A TAFIRA ALTA.

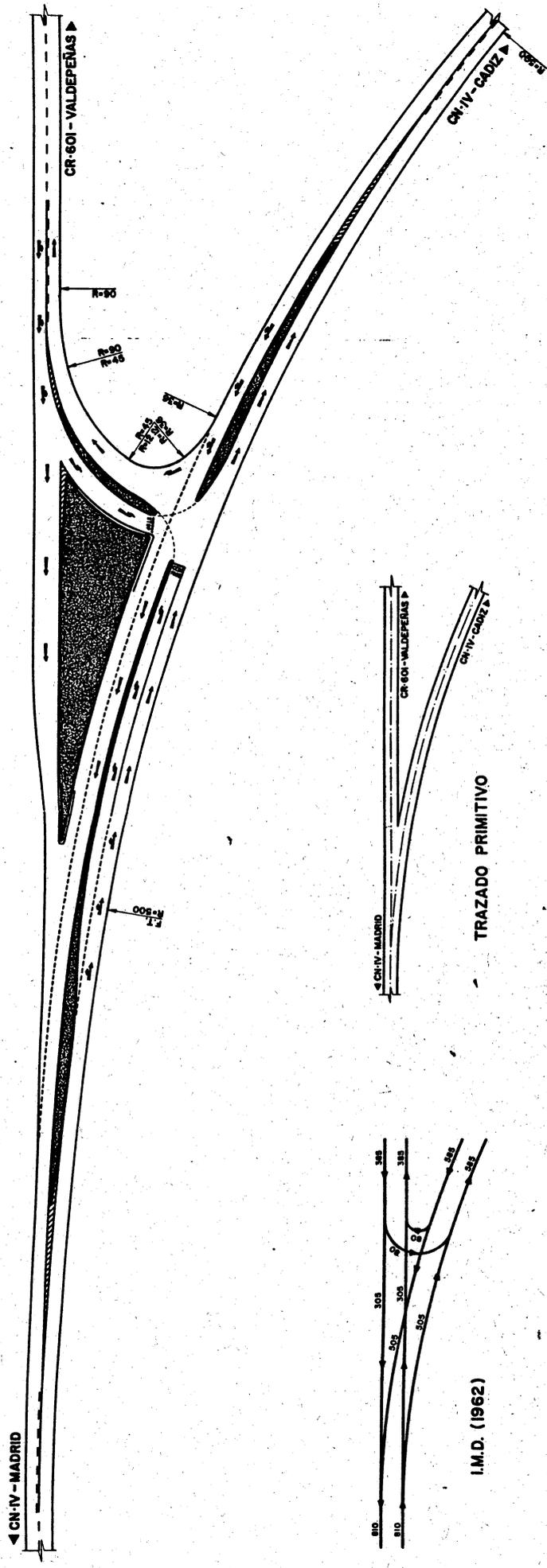
Intersección en T; la carretera principal con tráfico importante. Ante las dificultades existentes para su ensanche al objeto de separar sentidos y proporcionar una vía de giro a la izquierda (solución más frecuente), se recurrió a la solución dibujada, de menor coste y más fácil realización.

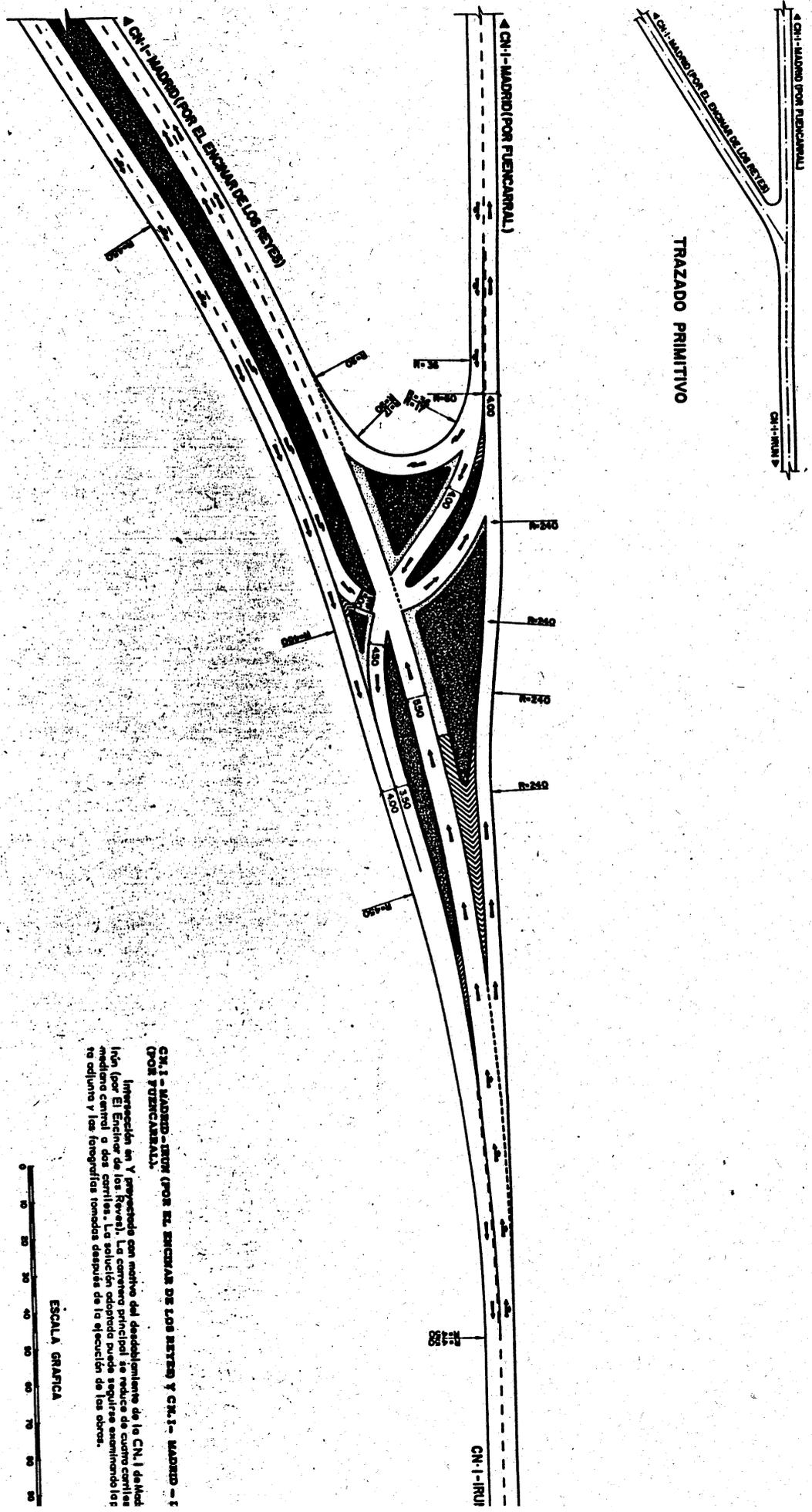
INTERSECCION EN T - RURAL



**CN. IV MADRID - CADIZ Y CR. 601 A VALDEPEÑAS.**

Transformación de una Y peligrosa en T en la CN. IV. (Variante de Valdepeñas). Se han canalizado las carreteras principal y secundaria; en aquella se ha previsto carril central de deceleración para el giro a la izquierda y de aceleración para los vehículos que salen de Valdepeñas hacia Madrid, aprovechando el trazado antiguo de la travesía. La zona central aparece lo suficientemente prolongada para evitar los movimientos equivocados de entrada a la travesía por dirección prohibida.





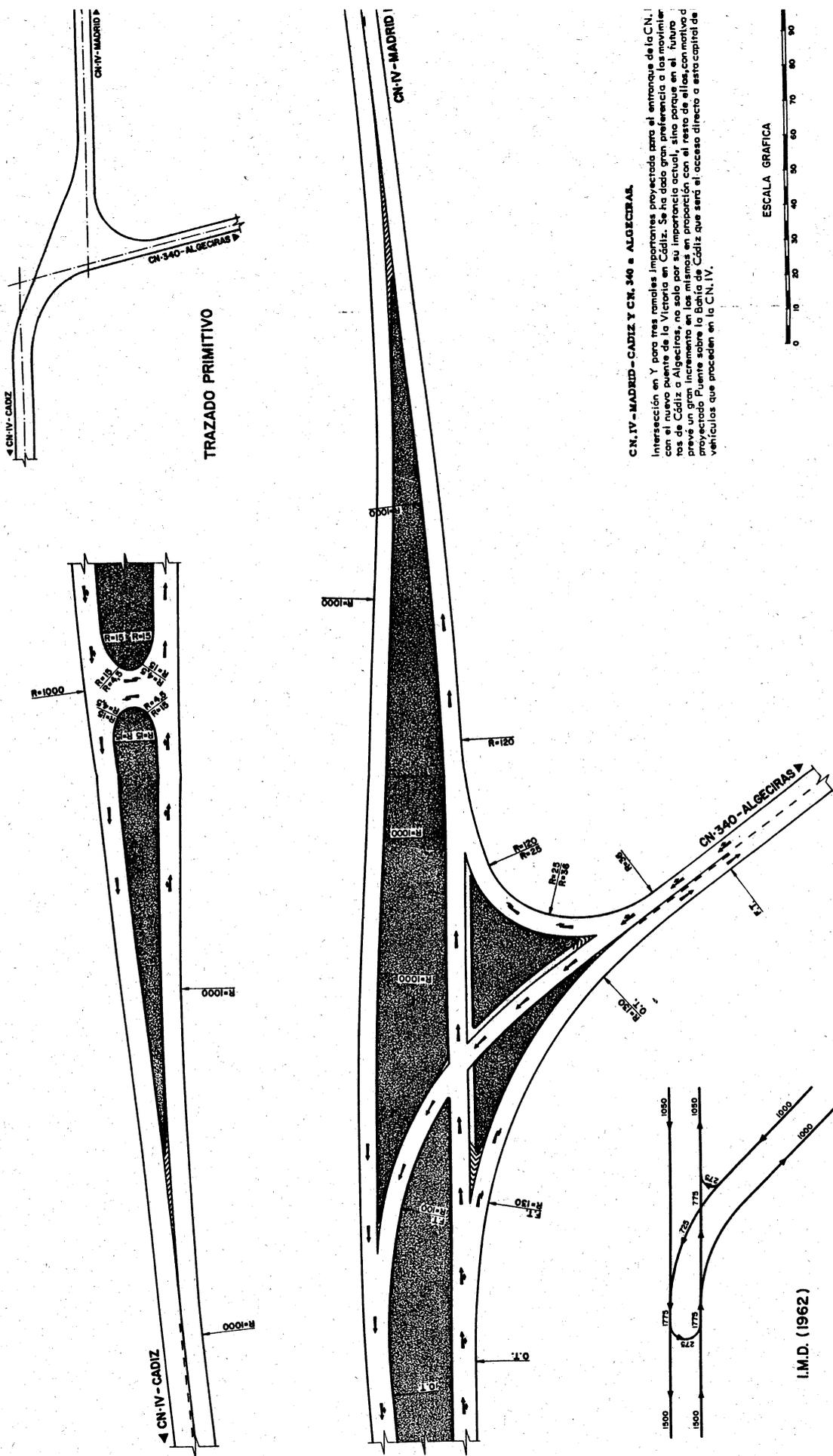
### INTERSECCION EN Y - RURAL

**CN-1 - MADRID - TROM (POR EL ENCAMA DE LOS REYES) Y CN-1 - MADRID - FUENCARRAL.**

Intersección en Y proyectada con motivo del desdoblamiento de la CN-1 de Madrid (por El Encama de los Reyes). La carretera principal se reduce de cuatro carriles mediante central y con carriles anchos. La solución adoptada puede seguirse examinando los croquis y los topografías tomadas después de la ejecución de las obras.

ESCALA GRAFICA

0 10 20 30 40 50 60 70 80

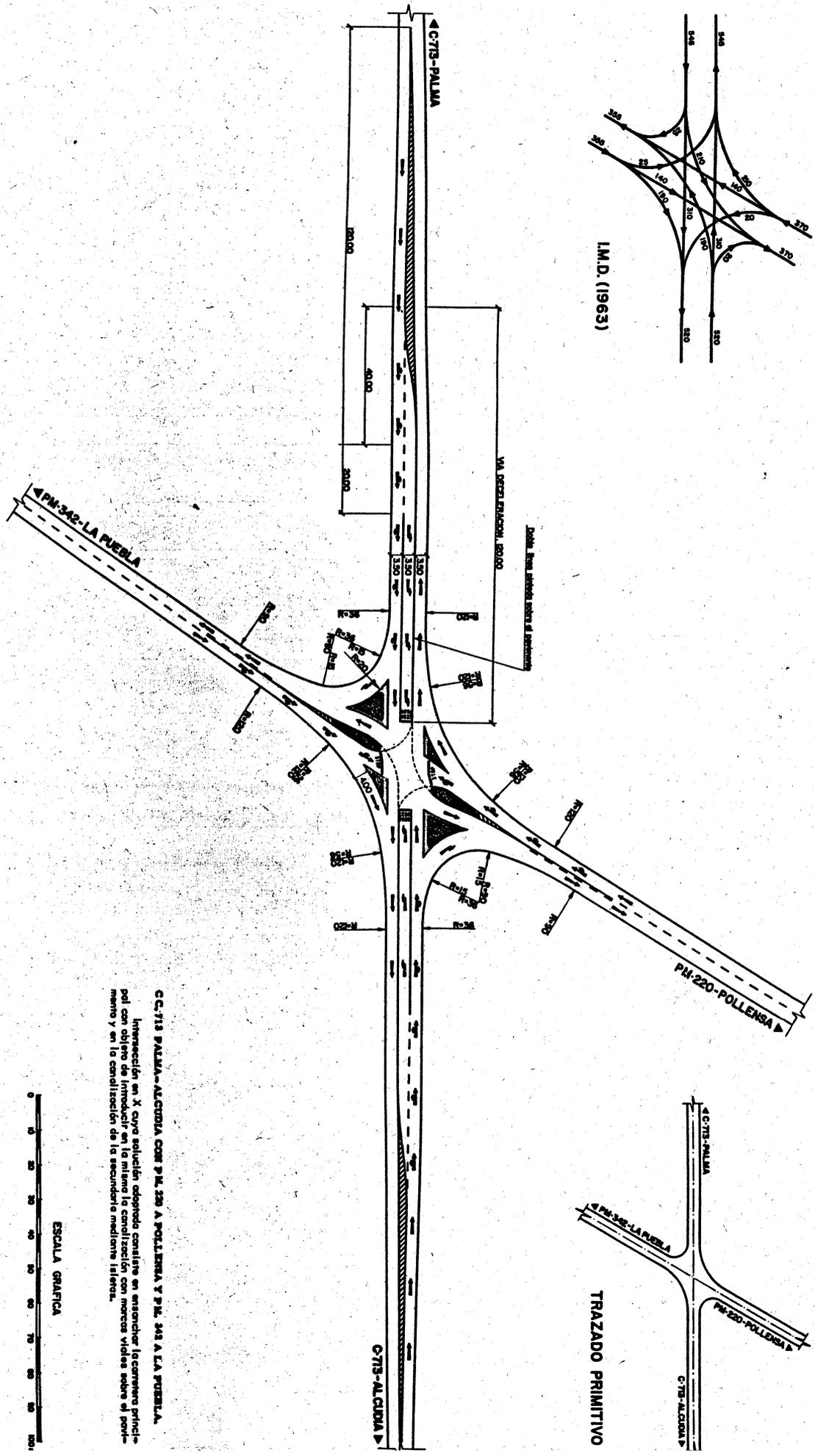
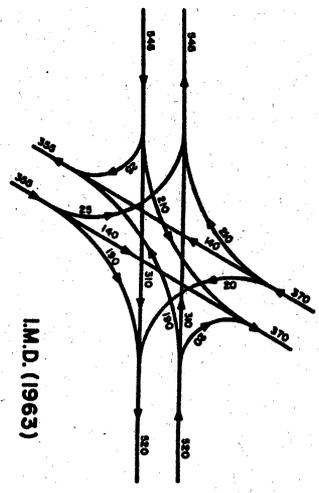


**CN. IV - MADRID - CADIZ Y CN. 340 a ALGECIRAL**

Intersección en Y para tres ramales importantes proyectada para el entronque de la CN. I con el nuevo puente de la Victoria en Cádiz. Se ha dado gran preferencia a las movilizaciones de Cádiz a Algeciras, no sólo por su importancia actual, sino porque en el futuro prevé un gran desarrollo en los muelles en proporción con el resto de ellos, con motivo de proyectado Puente sobre la Bahía de Cádiz que será el acceso directo a esta capital de verticales que proceden en la CN. IV.

I.M.D. (1962)

**INTERSECCION EN Y CON TRES RAMALES IMPORTANTES - RURAL**



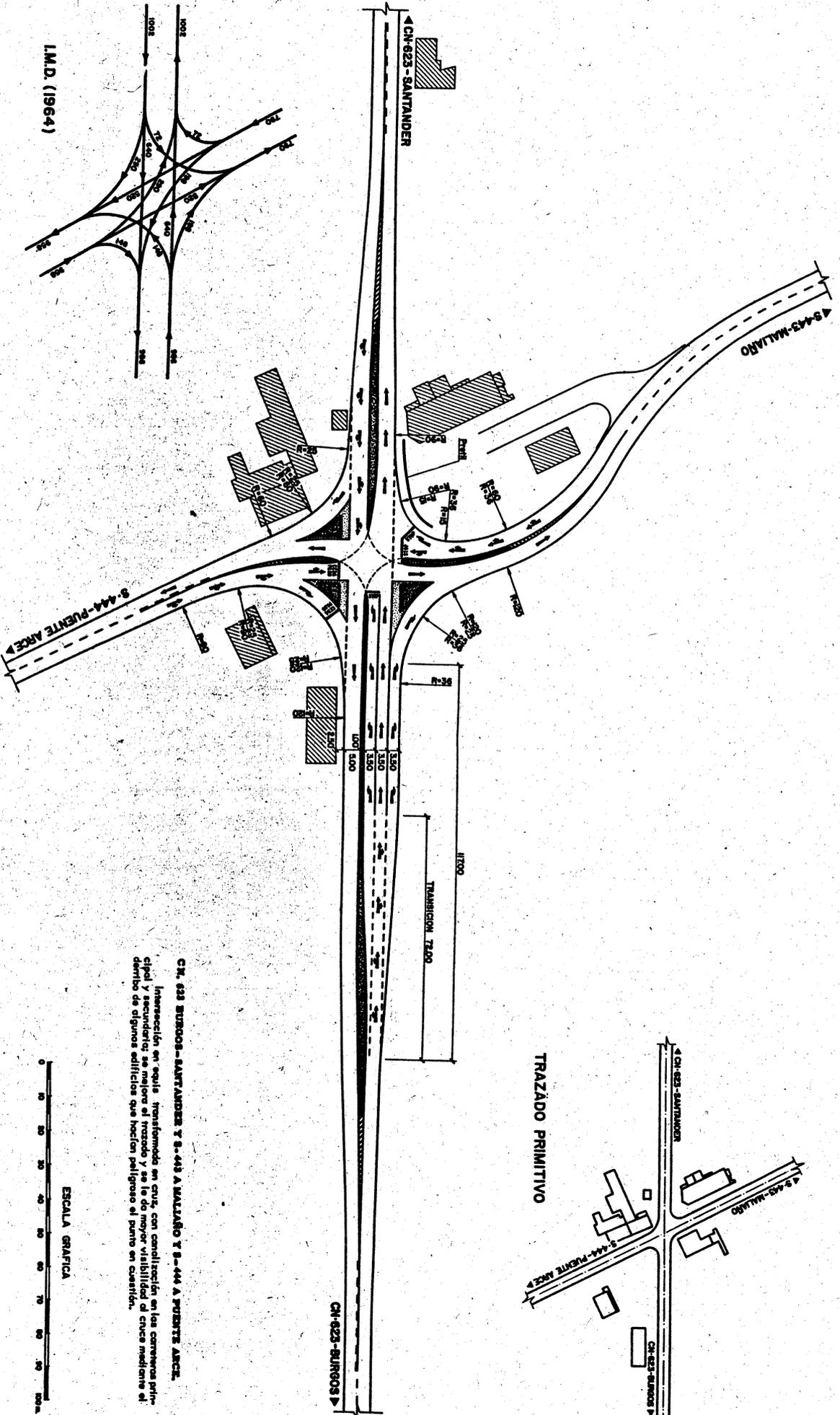
**C-713 PALMA-ALCUBIA CON P.M. 220 A POLLENSA Y P.M. 342 A LA PUEBLA.**  
 Intersección en X cuyo solución adoptada consiste en anastochar la carretera principal con objeto de introducir en la misma la canalización con merced viaria sobre el pavimento y en la canalización de la secundaria mediante talonera.



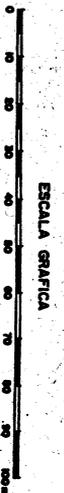
INTERSECCION EN X - RURAL

FIGUR 5.6





**CH. 623 BURGOS-SANTANDER Y S-443 A MALLARNO Y S-444 A PUENTE ARCE.**  
 Intersección en "cuña" transformada en cruz, con canalización en las cornisas primordiales y secundarias; se mejoró el tránsito por la mayor visibilidad de cruces mediante el dibujo de algunos edificios que hacen peligroso el punto en cuestión.

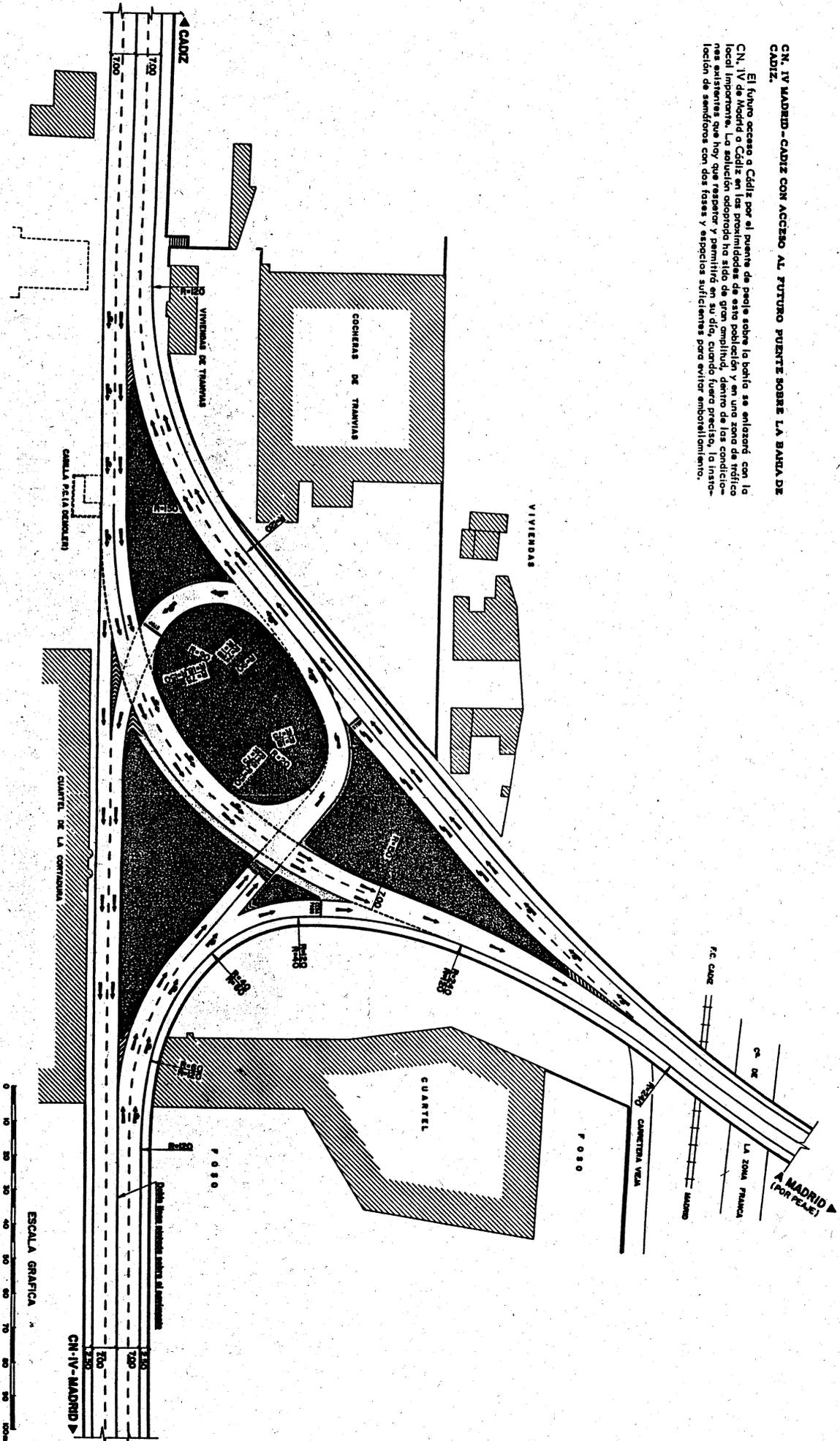


**INTERSECCION EN X TRANSFORMADA EN + SEMIURBANA** FIGURA 5.8



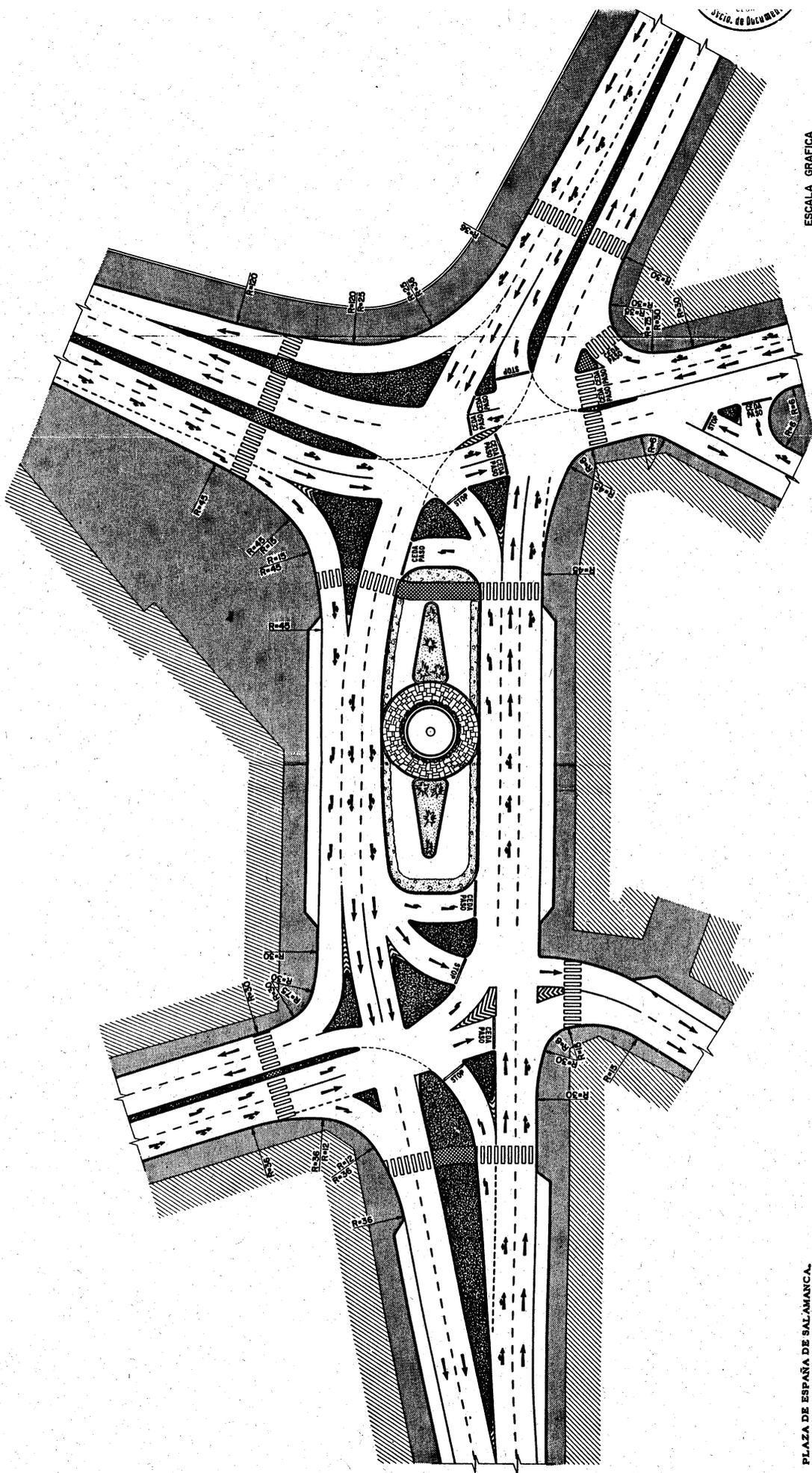
**CN. IV MADRID-CADIZ CON ACCESO AL FUTURO PUNTE SOBRE LA BAYIA DE CADIZ.**

El futuro acceso a Cádiz por el puente de peaje sobre la bahía se enlazará con la CN. IV de Madrid a Cádiz en las proximidades de esta población y en una zona de indicios local importante. La solución adoptada ha sido de gran amplitud, dentro de las condiciones existentes que hoy que respaldar y permitir en su día, cuando fuera preciso, la instalación de semáforos con dos fases y espacios suficientes para evitar embotellamiento.



INTERSECCION GIRATORIA - SEMIURBANA

FIGURA 5.10



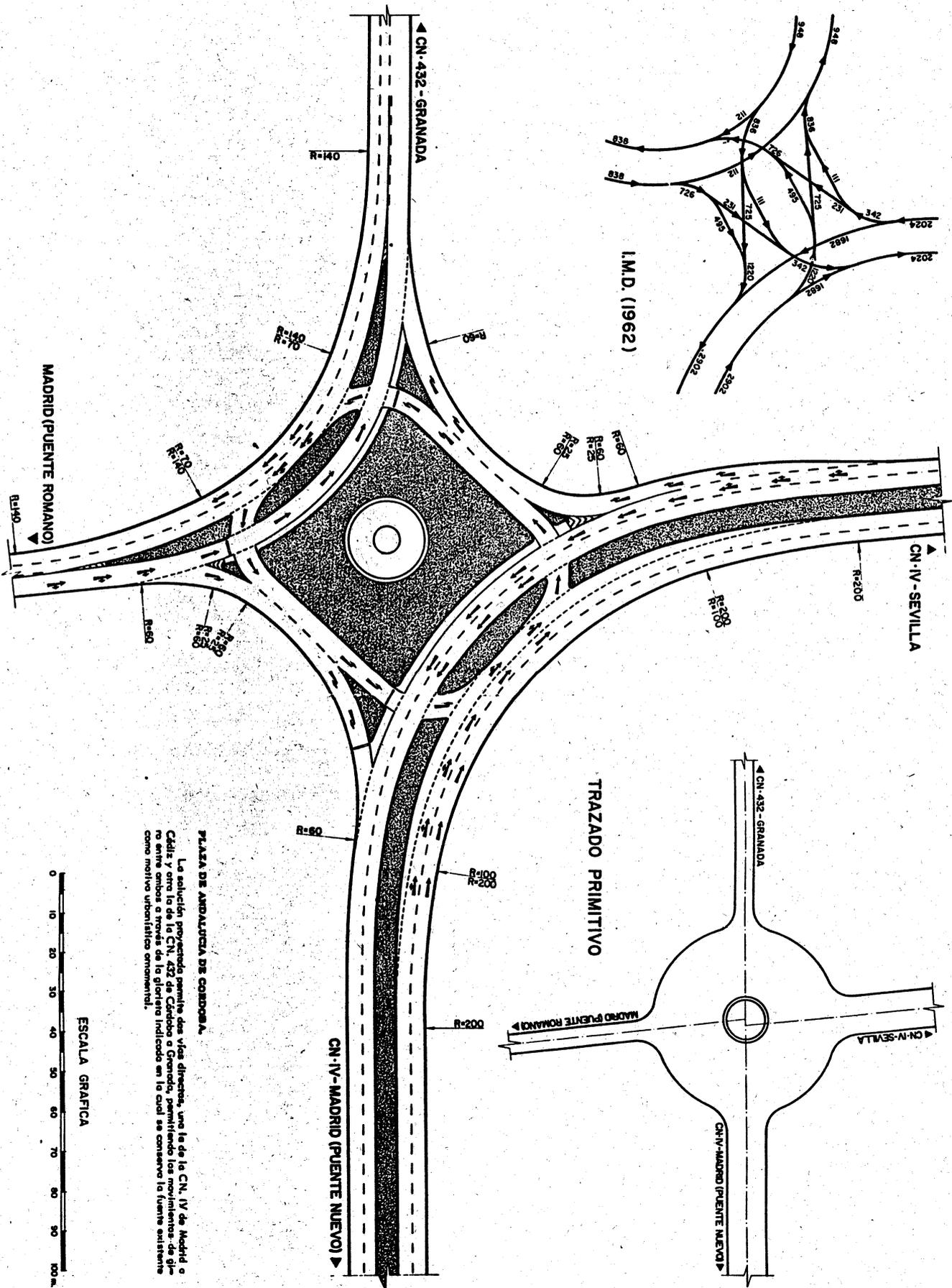
PLAZA DE ESPAÑA DE SALAMANCA.

Ordenación del Tráfico en la plaza de España de Salamanca propuesta atendiendo a las necesidades de tipo urbanístico de la misma mediante la construcción de isletas, prioridad de marcos viales y previsión de aparcamientos.

ESCALA GRAFICA  
0 5 10 20 30 40 50m

INTERSECCION EN ESTRELLA - URBANA

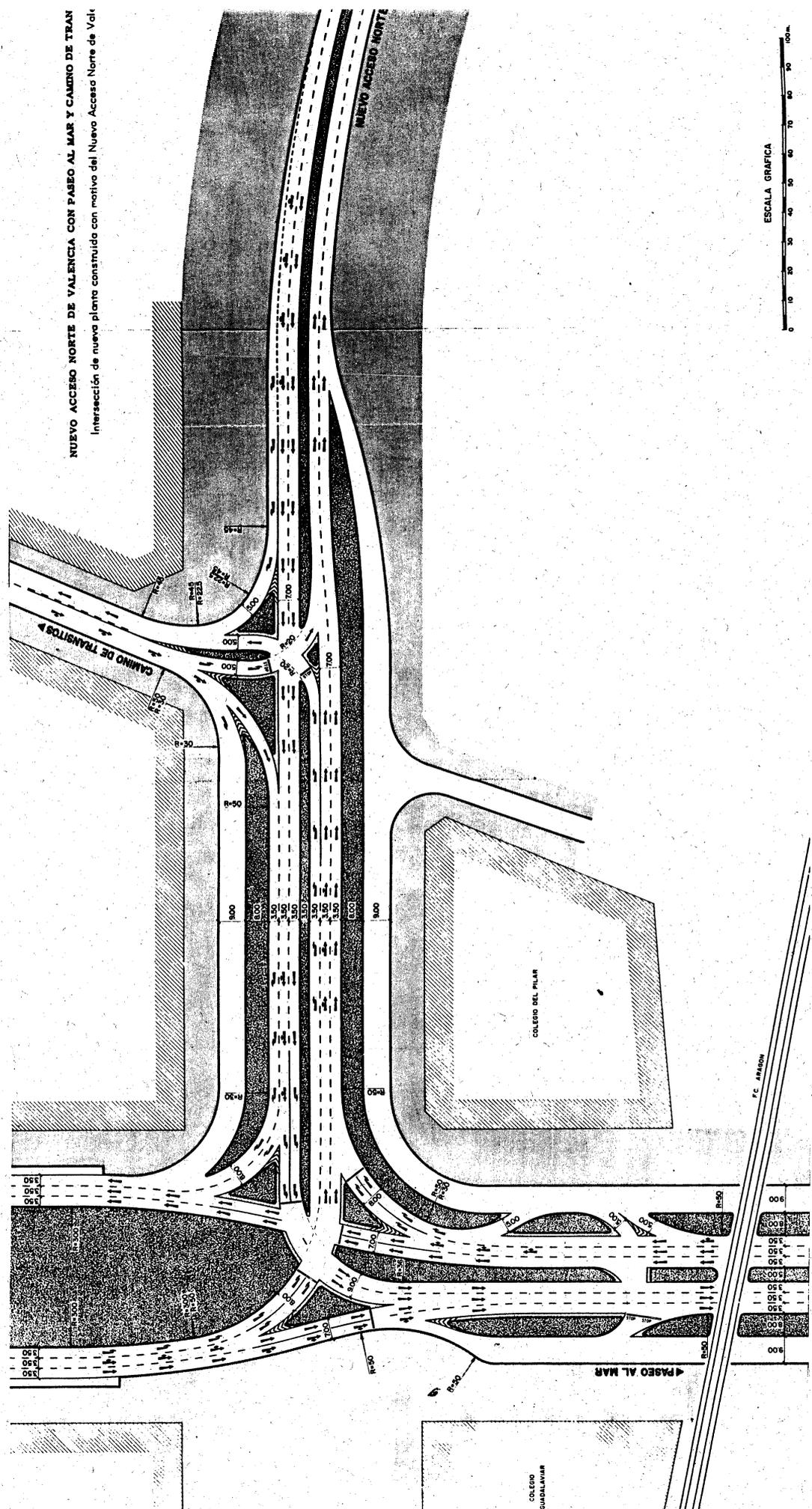
FIGURA 5.11



**PLAZA DE ANDALUCIA DE CORDOBA.**  
 La solución proyectada permite dos vías directas, una la de la CN. IV de Madrid a Cádiz y otra la de la CN. 432 de Córdoba a Granada, permitiendo los movimientos de giro entre ambos a través de la glorieta indicada en la cual se conserva la fuente existente como motivo urbanístico ornamental.

INTERSECCION GIRATORIA - URBANA

FIGURA 5.12



NUEVO ACCESO NORTE DE VALENCIA CON PASEO AL MAR Y CAMINO DE TRAN  
 Intersección de nuevo planta construida con motivo del Nuevo Acceso Norte de Val

ESCALA GRAFICA  
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100m

INTERSECCION EN T - URBANA  
 FIG 5

PASEO AL MAR

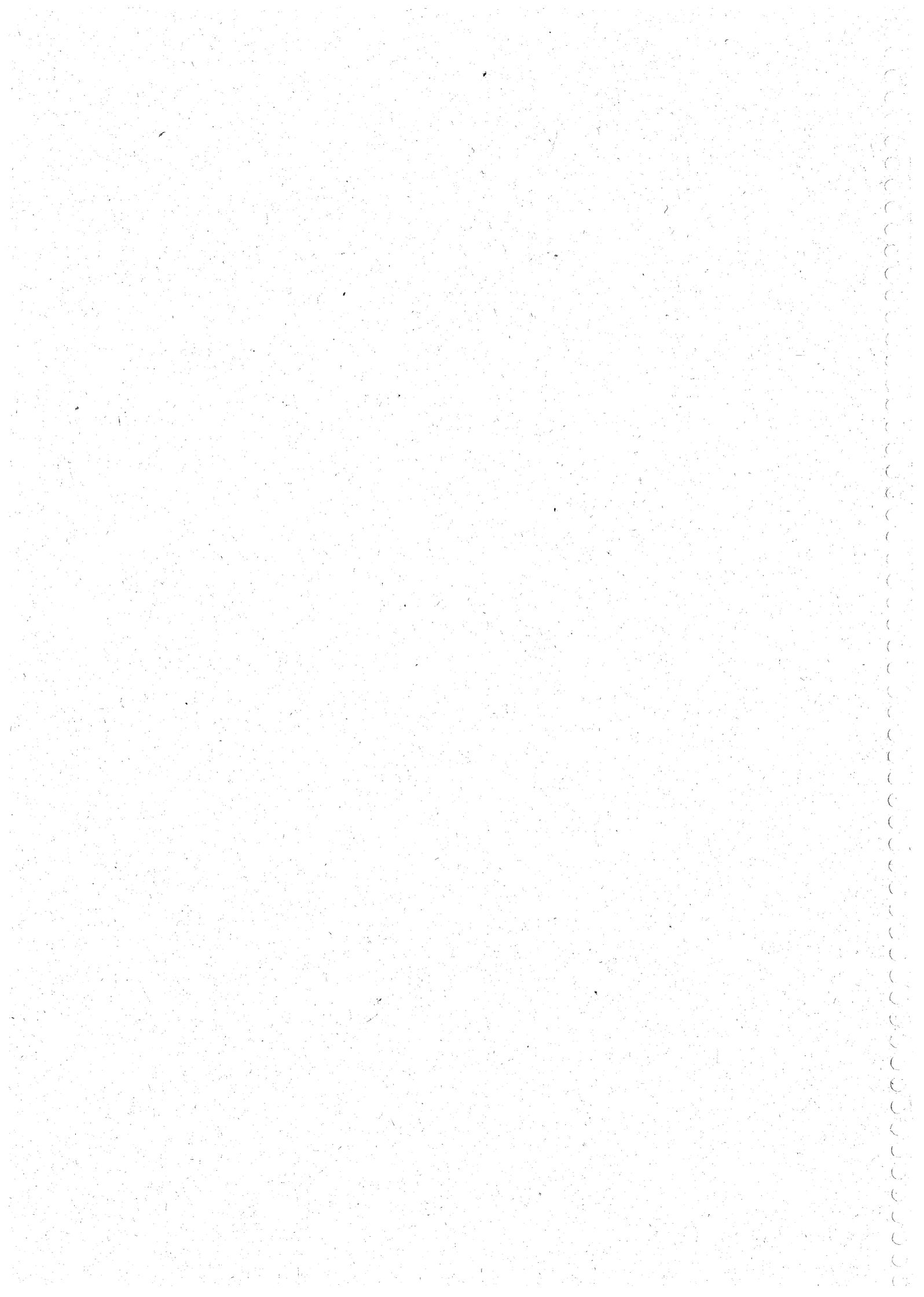
NUEVO ACCESO NORTE

CAMINO DE TRANSITO

COLEGIO DEL PILAR

COLEGIO GUADALUPE

FC IRATON



## 7. LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
2. 1. Intersección tipo sin canalizar .....	13
2. 2. Trazado del borde del pavimento con radios mínimos para el giro de un camión - Angulo de 100 .....	15
2. 3. Trazados diversos para curvas de tres centros en ramales de intersecciones .....	19
2. 4. Intersecciones canalizadas - Tipo T .....	21
2. 5. Intersecciones canalizadas - Tipo T .....	22
2. 6. Intersecciones canalizadas - Tipo Y .....	23
2. 7. Intersecciones canalizadas - Tipo cruz .....	24
2. 8. Intersecciones canalizadas - Tipo cruz .....	25
2. 9. Conversión de una X en cruz o dos T .....	26
2. 10. Dimensiones de los tramos de trenzado en una intersección giratoria .....	28
3. 1. Condiciones de tráfico para la elección del tipo de control .....	35
3. 2. Distribución acumulativa de intervalos aceptados o rechazados en una intersección .....	37
3. 3. Capacidad de calles de doble sentido .....	39
3. 4. Abaco para el cálculo de la capacidad práctica en calles de doble sentido (zona central sin aparcamiento) .....	42
3. 5. Abaco para el cálculo de la capacidad práctica en calles de doble sentido (zona intermedia sin aparcamiento) .....	43
3. 6. Abaco para el cálculo de la capacidad práctica en calles de doble sentido (zona central con aparcamiento) .....	44
3. 7. Abaco para el cálculo de la capacidad práctica en calles de doble sentido (zona intermedia con aparcamiento) .....	45
3. 8. Abaco auxiliar para el cálculo de la influencia de los aparcamientos y paradas del autobús .....	46
3. 9. Capacidad teórica en tramos de tranzado .....	47
4. 1. Visibilidad en intersecciones .....	52
4. 2. Vías de deceleración y aceleración .....	57
4. 3. Transición para vías centrales de deceleración en medianas con bordillo continuo .....	61
4. 4. Trazado mínimo con canalización para giros a la izquierda .....	62

4. 5.	Trazado mínimo con canalización para giros a la izquierda (sobrancho en un solo lado en zonas suburbanas o rurales) .....	63
4. 6.	Ejemplos de uso de curvas de transición en un ramal con velocidad específica de 30 km/h. ....	66
4. 7.	Ejemplos de uso de curvas de transición en un ramal con velocidad específica de 45 km/h .....	67
4. 8.	Desarrollo del peralte en la unión de un ramal de la intersección con la vía principal .....	72
4. 9.	Tipos y formas generales de isletas .....	75
4. 10.	Isletas - Detalles de trazado .....	79
4. 11.	Tipos de bordillos .....	80
4. 12.	Tipos de bordillos .....	81
4. 13.	Medianas - Ancho de la zona abierta .....	84
4. 14.	Medianas - Tipos de trazados en la zona de la intersección .....	85
4. 15.	Medianas - Trazados mínimos para giros en U .....	86
4. 16.	Trazados para giros en U con mediana estrecha .....	87
5. 1.	Intersección en T -Rural- CC-812 Las Palmas-Telde con ramal a Tafira Alta .....	91
5. 2.	Intersección en Y -Rural- CC-634 Santander-La Coruña y CC-642 a El Ferrol del Caudillo .....	92
5. 3.	Intersección en Y transformada en T -Rural- CN-IV Madrid-Cádiz y CR-601 a Valdepeñas .....	93
5. 4.	Intersección en Y -Rural- CN-I Madrid-Irún (por el Encinar de los Reyes) y CN-I Madrid-Irún (por Fuencarral) .....	94
5. 5.	Intersección en Y con tres ramales importantes -Rural- CN-IV Madrid-Cádiz y CN-340 a Algeciras .....	95
5. 6.	Intersección en X -Rural- CC-713 Palma-Alcudia con PM-220 a Pollensa y PM-342 a La Puebla .....	96
5. 7.	Intersección en X -semiurbana- CN-340 Valencia-Barcelona y C-232 Castellón-Alcora .....	97
5. 8.	Intersección en X transformada en + -semiurbana- CN-623 Burgos-Santander y S-443 a Maliaño y S-444 a Puente Arce .....	98
5. 9.	Intersección en + -semiurbana- CN-II Madrid-Barcelona y CN-340 Valencia-Barcelona .....	99
5. 10.	Intersección giratoria -semiurbana- CN-IV Madrid-Cádiz con acceso al futuro Puente sobre la Bahía de Cádiz .....	100
5. 11.	Intersección en estrella -urbana- Plaza de España de Salamanca .....	101
5. 12.	Intersección giratoria -urbana-, Plaza de Andalucía de Córdoba .....	102
5. 13.	Intersección en T -urbana- Nuevo acceso Norte de Valencia con Paseo al Mar y Camino de Tránsitos .....	103

## 6. LISTA DE TABLAS

	<u>Página</u>
2. 1. Trazados mínimos para curvas cerradas en intersecciones sin canalizar .....	14
2. 2. Trazados mínimos para ramales de giro en intersecciones canalizadas .....	17
2. 3. Radios mínimos para curvas en intersecciones en función de la velocidad específica de giro .....	20
2. 4. Velocidad específica para trazado de glorietas .....	29
2. 5. Diferencia máxima del peralte entre los ramales de giros opuestos .....	30
3. 1. Intervalos aceptados y rechazados en una intersección determinada .....	36
4. 1. Distancias mínimas de visibilidad de parada en ramales de giro .....	49
4. 2. Acuerdos de curvas verticales en ramales .....	50
4. 3. Distancias mínimas de visibilidad. Caso I: Posibilidad de ajustar la velocidad de los vehículos ante la intersección .....	51
4. 4. Distancias mínimas de visibilidad. Caso II: Posibilidad de parada de los vehículos ante el cruce .....	51
4. 5. Tiempo necesario para atravesar un vehículo la carretera principal. Caso III .....	53
4. 6. Efecto de inclinación de la rasante .....	54
4. 7. Longitudes recomendables para vías de cambio de velocidad .....	58
4. 8. Relación de longitud entre vías en pendiente y horizontal .....	59
4. 9. Longitud adicional en las vías de deceleración para almacenamiento y espera de vehículos .....	60
4. 10. Longitudes mínimas recomendables para las curvas de transición en intersecciones .....	64
4. 11. Longitudes mínimas de arcos circulares para curvas compuestas en intersecciones .....	65
4. 12. Anchos de pavimento para calzadas o vías de giro .....	69
4. 13. Ancho de arcenes o luz libre lateral equivalente a los lados del pavimento .....	69
4. 14. Peraltes para curvas en intersecciones .....	70
4. 15. Transición del peralte para curvas en intersecciones .....	71
4. 16. Diferencia máxima del peralte entre la vía principal y el ramal, en la intersección de sus aristas interior y exterior, respectivamente .....	71
4. 17. Transiciones parabólicas más corrientes para el retranqueo de vértices de isletas .....	78

