

CAPÍTULO 5b

ROTONDAS MODERNAS

Expositor
Ing. Rodolfo E. Goñi
25 agosto 2011



5.1	INTERSECCIONES A NIVEL	1
5.2	PRINCIPIOS DE DISEÑO	7
5.3	DISTANCIA VISUAL EN INTERSECCIONES	17
5.4	VEHICULOS DE DISEÑO	30
5.5	CONTROLES GEOMÉTRICOS	36
5.6	ELEMENTOS DE CANALIZACIÓN	48
5.7	ROTONDAS MODERNAS	60
5.8	BIBLIOGRAFIA PARTICULAR DE CONSULTA	113
	5 ANEXO	115

Índice



5.7 ROTONDAS MODERNAS

5.7.1 INTRODUCCIÓN

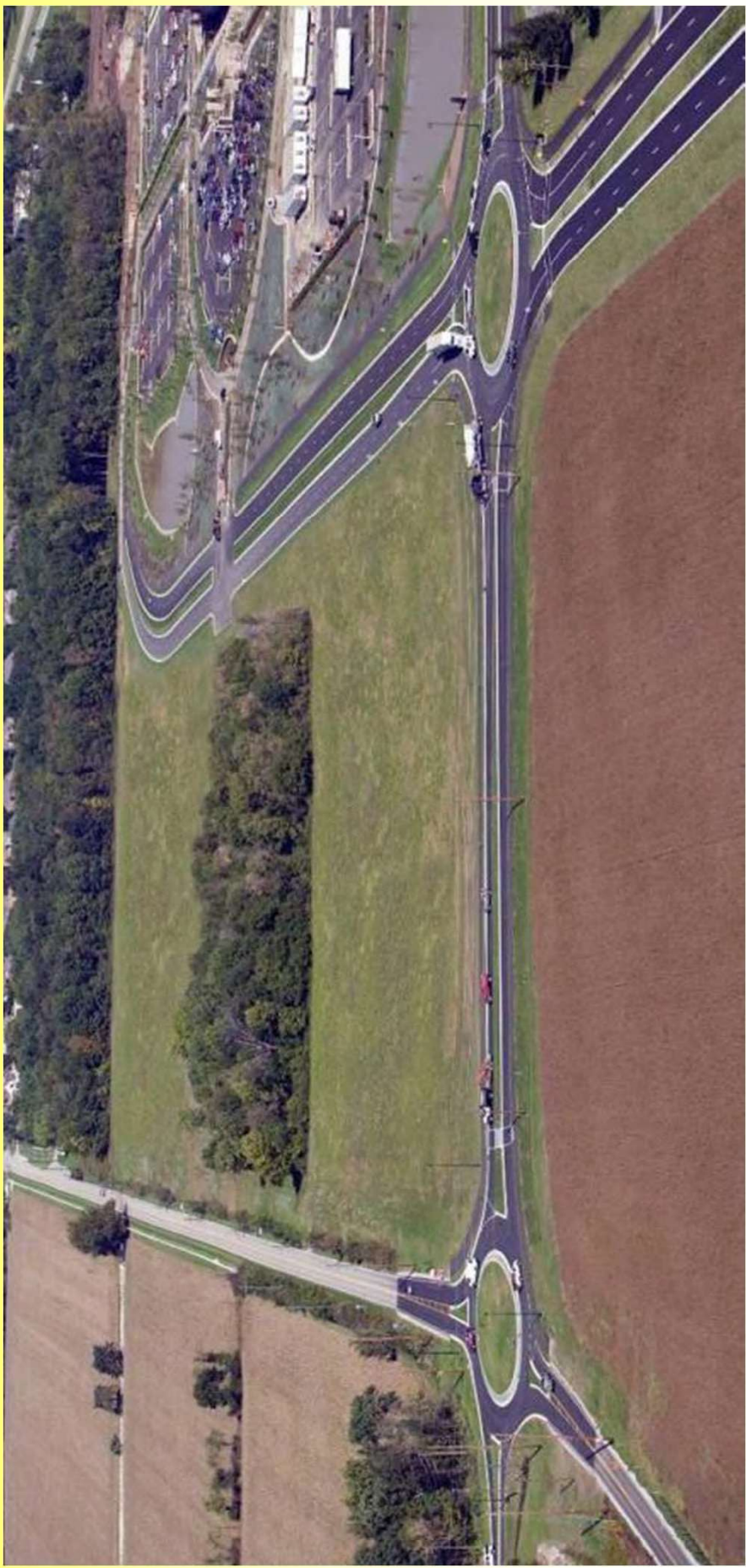
Las **rotondas** son una forma altamente refinada de intersección circular, con diseño y características específicas de control de tránsito. Estas características, incluyendo el control de Ceda el Paso al tránsito entrante, las aproximaciones canalizadas, las curvaturas geométricas restrictivas y anchos de calzada, se diseñan para controlar la velocidad de viaje, facilitar el intercambio eficaz de los flujos de tránsito, y reducir al mínimo el número y la gravedad de los choques y conflictos de vehículos.

En los últimos años ganaron amplia aceptación entre los profesionales del diseño y usuarios viales en virtud de su **funcionamiento y seguridad**. Mediante estas medidas, en la mayoría de las circunstancias demostraron ser comparables o superiores a las intersecciones convencionales

TIPOS DE ROTONDAS



ROTONDAS EN CAMINOS DE CALZADA SIMPLE O DIVIDIDA



5.7.2 TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES

CÍRCULOS DE TRÁNSITO Y ROTONDAS MODERNAS

a) CÍRCULO DE TRÁNSITO: LA CALZADA ANULAR ES UNA SUCESIÓN DE TRAMOS DE ENTRECruzAMIENTO QUE FUNCIONAN SEGÚN LA REGLA GENERAL DE PRIORIDAD DE PASO A LA DERECHA DE LOS VEHÍCULOS QUE INGRESAN EN LA CALZADA CIRCULATORIA

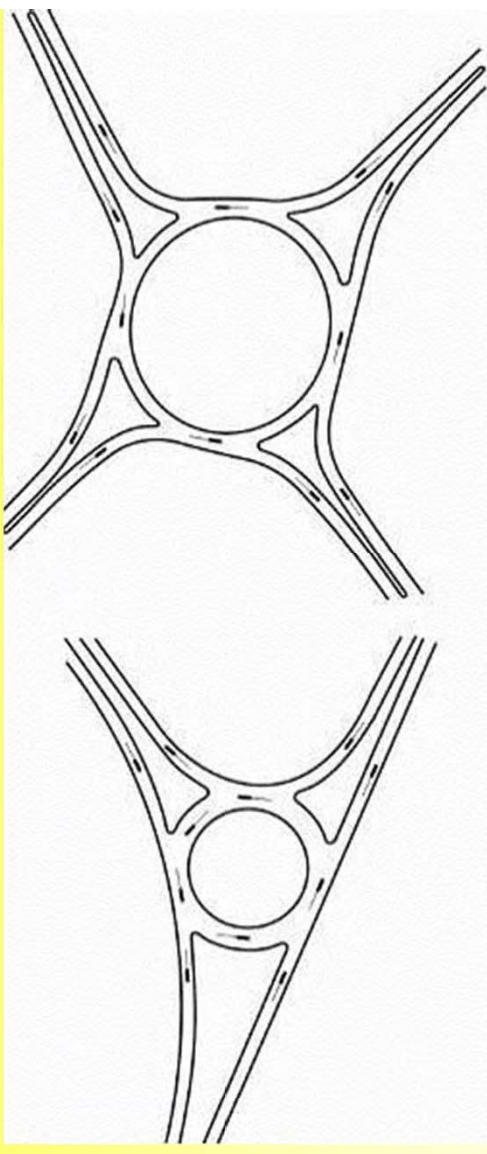
Referencia bibliográfica: AASHO 1965 “A Policy on Geometric Design of Rural Highways”. En nuestro país, las “Normas de Diseño de Carreteras. Adaptación y Ampliación de las Normas de Diseño del Ing. F. Rühle”, de la DNV (Año 1980)

b) ROTONDA MODERNA: LA CALZADA ANULAR ES UNA SERIE DE INTERSECCIONES EN “T”, EN LAS QUE LOS VEHÍCULOS INGRESAN CUANDO SE PRODUCE UN CLARO EN EL FLUJO DE LA CALZADA CIRCULATORIA. LA PRIORIDAD DE PASO LA TIENE QUIEN CIRCULA POR EL ANILLO SOBRE EL QUE INTENTA INGRESAR

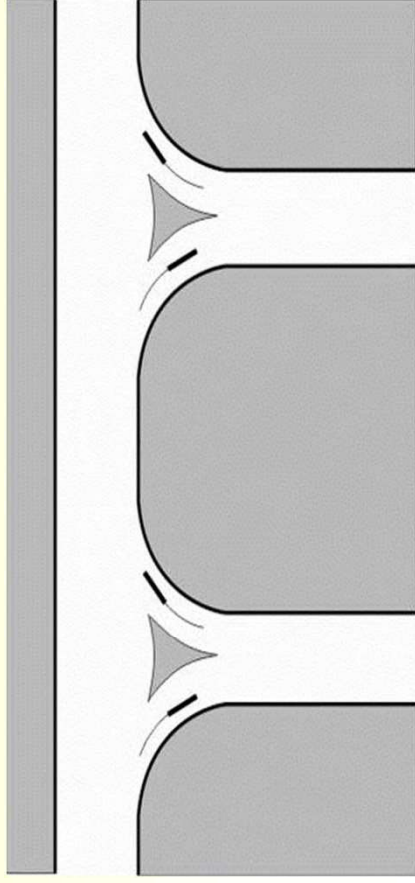
Respetar la Ley Nacional de Tránsito (Ley N° 24.449, y su Decreto Reglamentario N° 779/95)

CÍRCULOS DE TRÁNSITO Y ROTONDAS MODERNAS

a) CÍRCULO DE TRÁNSITO: LA CALZADA ANULAR ES UNA SUCESIÓN DE TRAMOS DE ENTRECruzAMIENTO

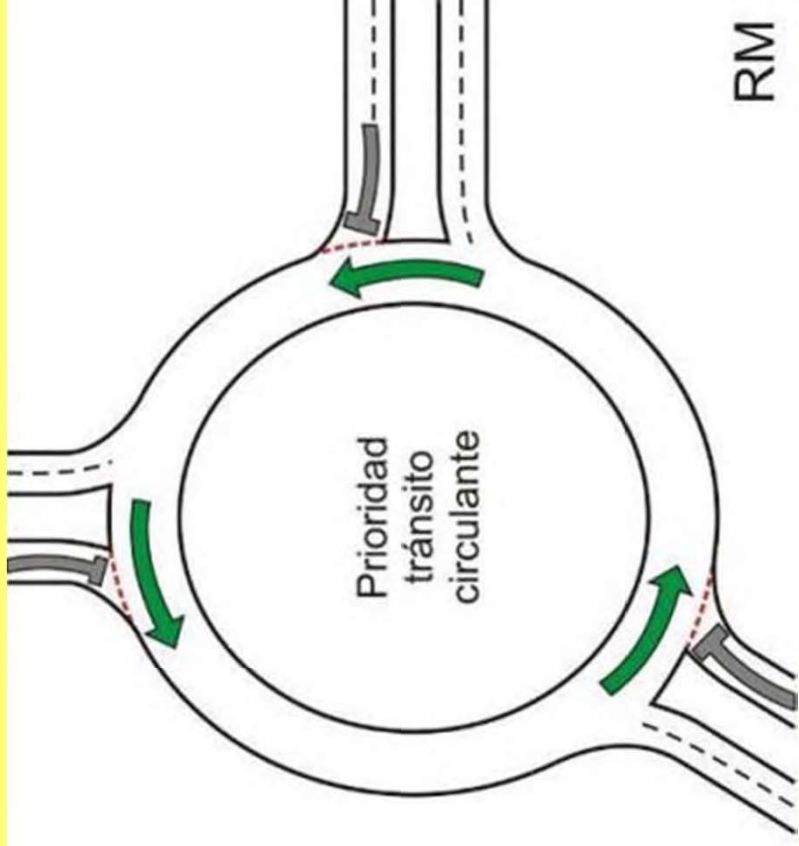
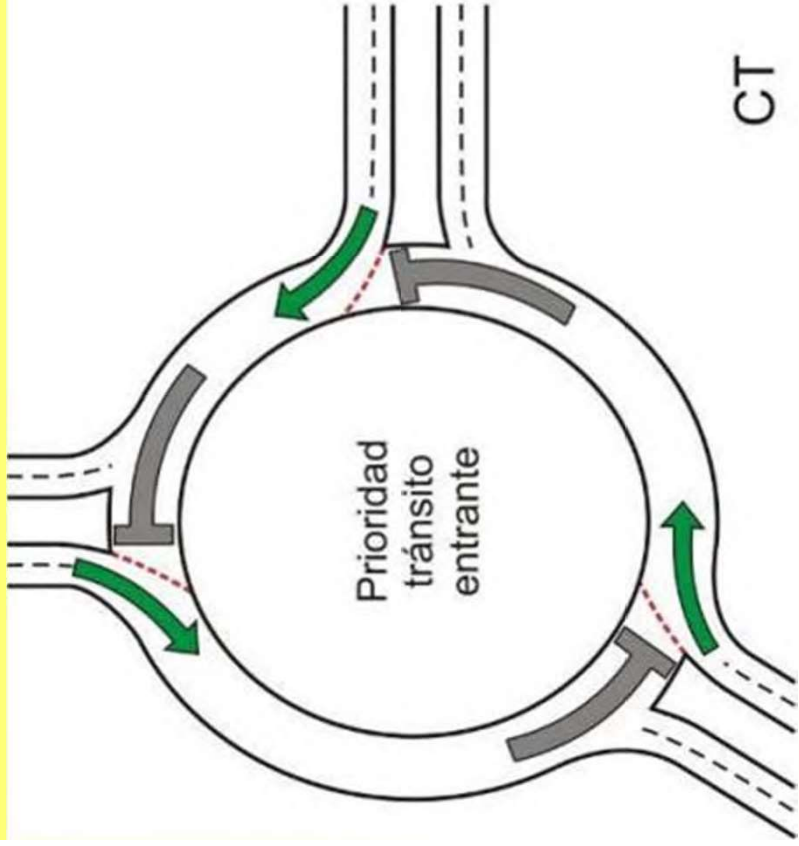


b) ROTONDA MODERNA: LA CALZADA ANULAR ES UNA SERIE DE INTERSECCIONES EN "T"



CÍRCULOS DE TRÁNSITO Y ROTONDAS MODERNAS

DIFERENCIAS EN LA PRIORIDAD DE PASO



CÍRCULOS DE TRÁNSITO Y ROTONDAS MODERNAS

a) "CÍRCULOS DE TRÁNSITO"



Diferencia de diámetros en una conversión de un
CT en una *RM*

CÍRCULOS DE TRÁNSITO Y ROTONDAS MODERNAS

b) ROTONDA MODERNA



Isleta central

Delantal camiones

Plataforma de
circulación

Isleta partidora

Trayectoria deflexionada

LEY Nº 24.449 “LEY NACIONAL DE TRANSITO” y su Decreto Reglamentario Nº 779/95

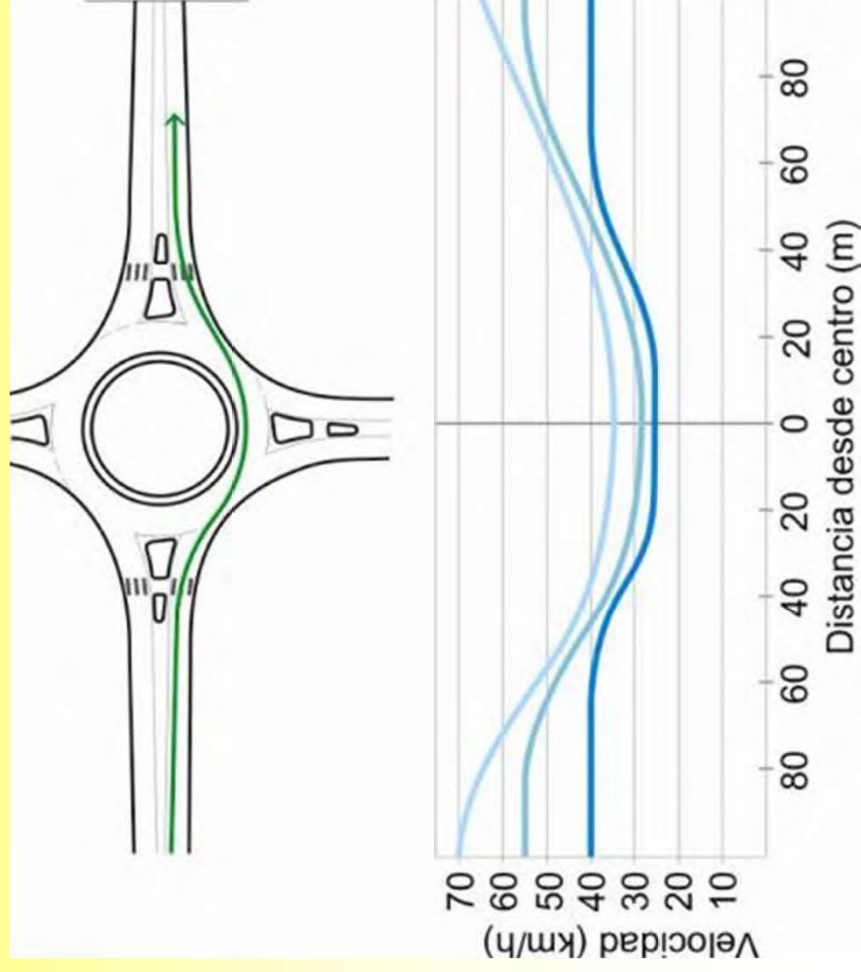
Artículo 41: fija las PRIORIDADES en las encrucijadas: “todo conductor debe ceder siempre el paso al que cruza desde su derecha. Esta prioridad del que viene por la derecha es absoluta, y solo se pierde ante circunstancias especiales...”, entre ellas se incluyen las reglas especiales para rotondas (apartado f)

Artículo 43: GIROS Y ROTONDAS, en su apartado e) se indica:
“ Si se trata de rotondas, la circulación a su alrededor será ininterrumpida sin detenciones y dejando la zona central no transitable de la misma a la izquierda. Tiene prioridad de paso el que circula por ella sobre el que intenta ingresar debiendo cederla al que egresa, salvo señalización en contrario”

ROTONDA MODERNA

FILOSOFÍA BÁSICA DE DISEÑO

La filosofía básica de diseño de las **RM** es **limitar físicamente las velocidades de los vehículos** mediante la deflexión de la trayectoria. Si ocurre un choque, será a baja velocidad y en un bajo ángulo de impacto. Las **RM** reducen los accidentes y las demoras de tránsito.



5.7.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO Y TIPOS DE ROTONDAS MODERNAS

Rotondas modernas simples: es una intersección giratoria compuesta por una plataforma circulatoria sentido antihorario situada alrededor de una isleta central a la que acceden 3 o más caminos.



Rotondas modernas dobles: son intersecciones compuestas por dos rotondas modernas conectadas por un tramo de unión. Reciben el nombre genérico de “pesa”



5.7.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- **Resuelven todos los movimientos** posibles en una intersección, incluso los cambios de sentido
- **Permiten altos volúmenes de tránsito** sin regulación semafórica
- Resuelven satisfactoriamente las **intersecciones de más de 4 ramas**
- Su **sencillez y uniformidad** facilitan su comprensión por el usuario
- **Resultan más seguras para los vehículos** circulantes que el resto de las intersecciones a nivel, con reducciones de accidentes entre el 40 y el 70% después de su construcción, elevándose esa reducción hasta el 90% si se consideran los accidentes mortales

5.7.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

- Implican la **pérdida de prioridad de todas las ramas que en ella confluyen**, y por lo tanto la pérdida de la jerarquía viaria
- Los conductores de camiones grandes, WB-20 y mayores, tardan en adaptarse a la forma adecuada de circular por rotondas de dos o más carriles
- No funcionan bien intercaladas con intersecciones con regulación semafórica

5.7.5 CRITERIOS GENERALES SOBRE UBICACIÓN RM

MEDIO EN QUE SE UBICAN

urbano, suburbano o rural

NÚMEROS Y TIPO DE CAMINOS QUE ACCEDEN

- Tres, cuatro o más ramas (es la única intersección que resuelve adecuadamente las intersecciones de más de 4 ramales).
- Se adapta a todo tipo de carretera, siendo especialmente útiles en las de 2 carriles de dos sentidos



5.7.5 CRITERIOS GENERALES SOBRE UBICACIÓN RM

CONDICIONES DEL TRÁNSITO

- Intersecciones con alto porcentaje de giros
- Intersecciones con cierto equilibrio entre los tránsitos confluentes (inferior a 1 a 10)

CONDICIONES TOPOGRÁFICAS

- Los conductores deben tener una buena visibilidad de la rotonda en su aproximación a la misma
- Es preferible la ubicación en zona llana ó en el fondo de una depresión, y desaconsejable en curvas verticales convexas



5.7.7 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD

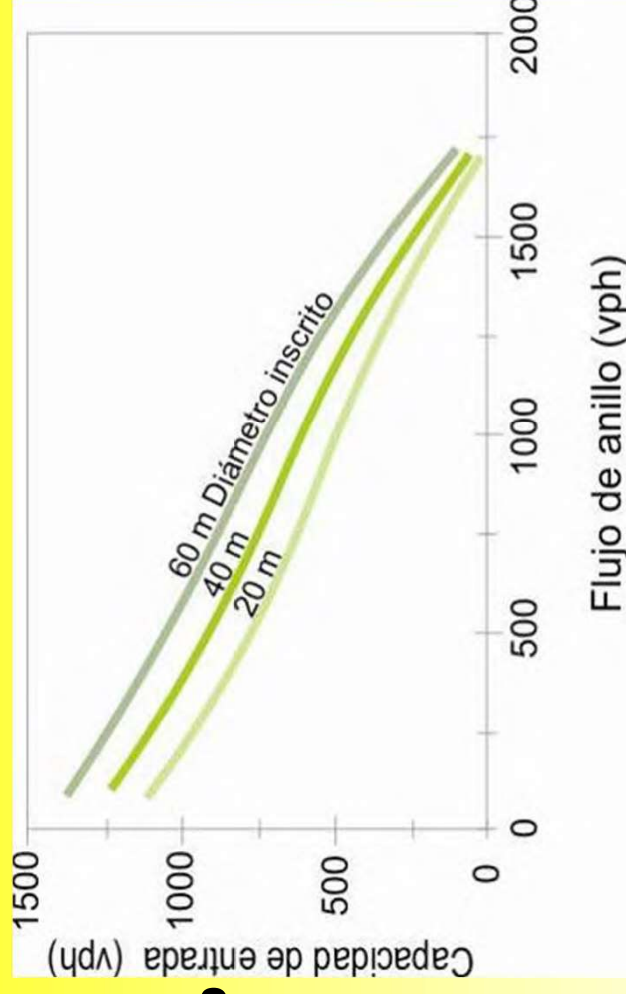
CONCEPTO DE CAPACIDAD

Se abandona el viejo concepto de la capacidad de los tramos de entrecruzamiento

Los vehículos entrantes se insertan en el flujo circular cuando se produce un claro. En consecuencia, pierde influencia la *longitud* de la plataforma circulatoria entre entradas y salidas sobre la capacidad de la intersección, y es posible reducir notablemente el diámetro de las rotondas modernas.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD

MÉTODOS EMPÍRICOS (por ejemplo TRRL, Reino Unido)

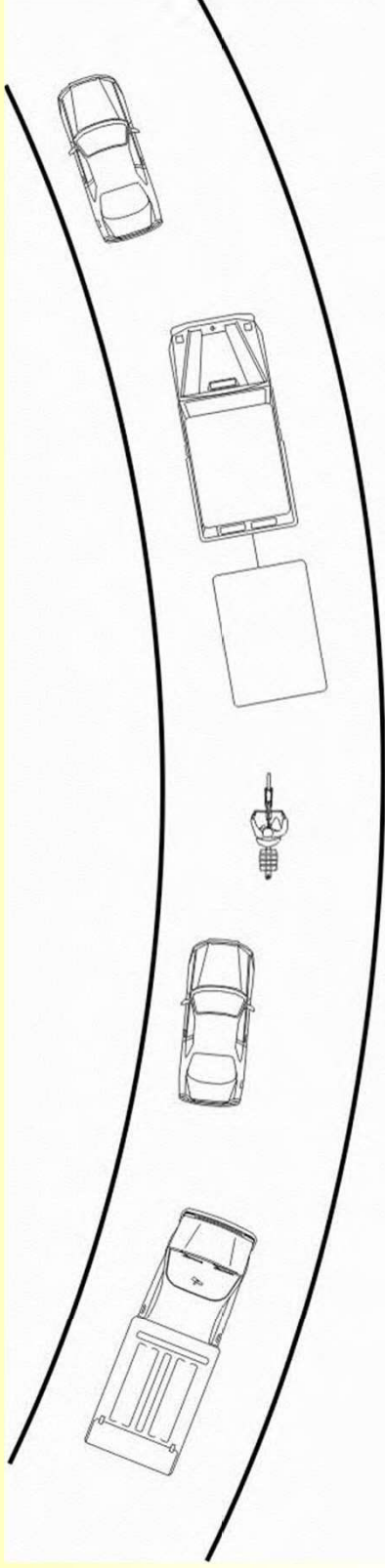


MÉTODOS ANALÍTICOS:
basados en el concepto de la teoría de la aceptación de claros que se aplica a la tarea de conducir en una rotonda.
Modelo utilizado en Australia (programa *SIDRA*)

CAPACIDADES REGISTRADAS

Las capacidades típicas registradas en vehículos que entran **por hora** son:

Un carril	2500 - 2800
Dos carriles	3500 – 4000
Tres carriles	5800 - +



Ubicación de los vehículos en un ancho de carril único

5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

PRINCIPIOS GENERALES

- *El proceso de diseño de la rotonda es esencialmente iterativo; pequeños ajustes en los atributos geométricos pueden tener significativos efectos operacionales y de seguridad*
- *Aceptado el principio estratégico de controlar la velocidad del tránsito que entra y circula por una RM mediante la deflexión de la trayectoria, y de aumentar la capacidad de entrada mediante su abocinamiento, el diseño geométrico debe proveer los recursos tácticos para obtener aquellos objetivos.*

5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

TRAYECTORIAS DE LOS VEHÍCULOS Y VELOCIDAD ASOCIADA

Para determinar la velocidad específica en una rotonda moderna se utilizan las trayectorias más rápidas permitidas por su geometría, para los tránsitos directos y de giro. Se dibujan las trayectorias de los tres movimientos principales: el de atravesar la rotonda continuando por la rama opuesta, el giro a la derecha y el giro a la izquierda.

- *La velocidad de diseño de la rotonda está dada por el radio más pequeño de la trayectoria más veloz posible para un vehículo liviano utilizando la relación:*

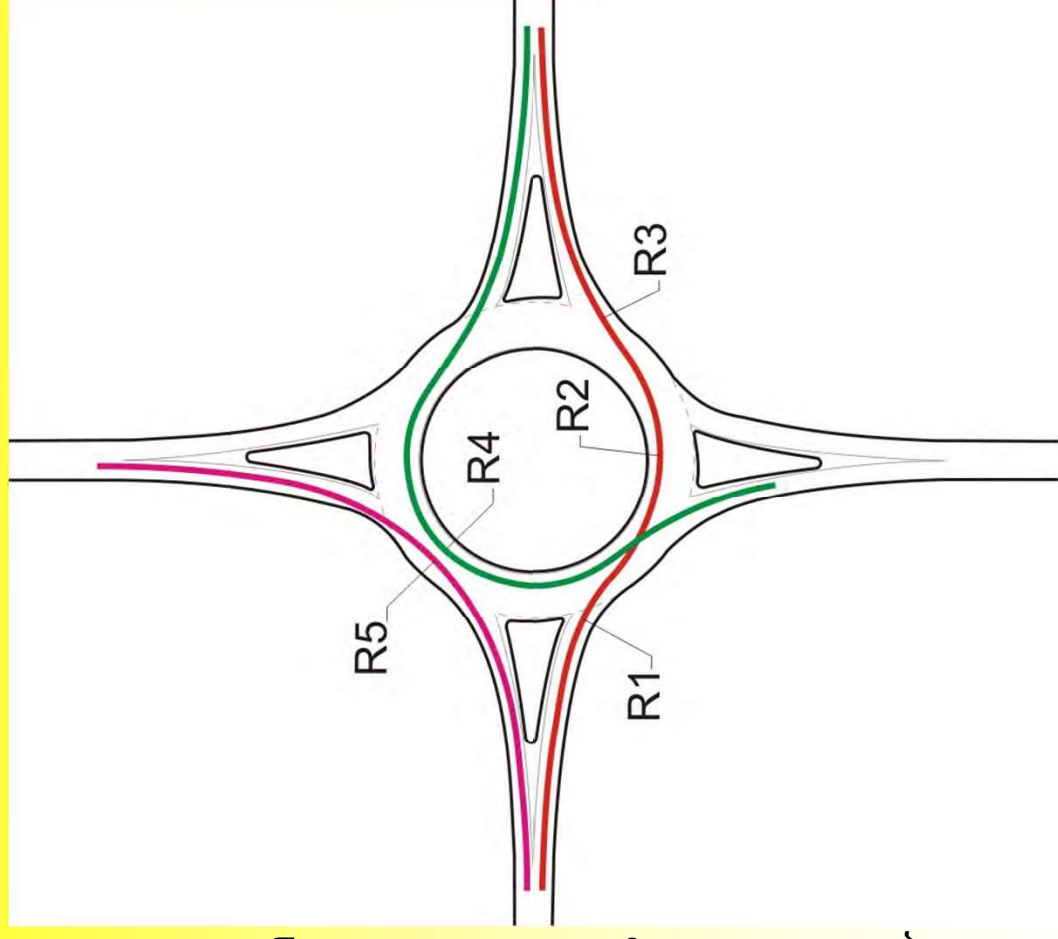
$$V^2 = 127 \cdot R \cdot (e + ft)$$

- *Con esta misma ecuación se determinan las velocidades específicas intervinientes en los tres movimientos. Al diseñar se debe tender a minimizar los siguientes aspectos:*
 - a) la diferencia de velocidad entre elementos geométricos consecutivos*
 - b) la diferencia de velocidad entre corrientes vehiculares conflictivas.*

TRAYECTORIAS DE LOS VEHÍCULOS

Relaciones entre los radios

- Es deseable que la velocidad asociada al radio de entrada R1 sea igual o menor que la de R2, o al menos que la diferencia sea menor que 20 km/h.
- La velocidad asociada a R3 en general será mayor que la de R2, salvo que la presencia de peatones sea importante en cuyo caso R3 no debe ser muy grande para desalentar las altas velocidades.
- La velocidad relativa entre R1 y R4 (corrientes vehiculares en conflicto) debe ser también menor que 20 km/h.
- La velocidad relativa entre R5 y R4 también debe mantenerse debajo de los 20 km/h



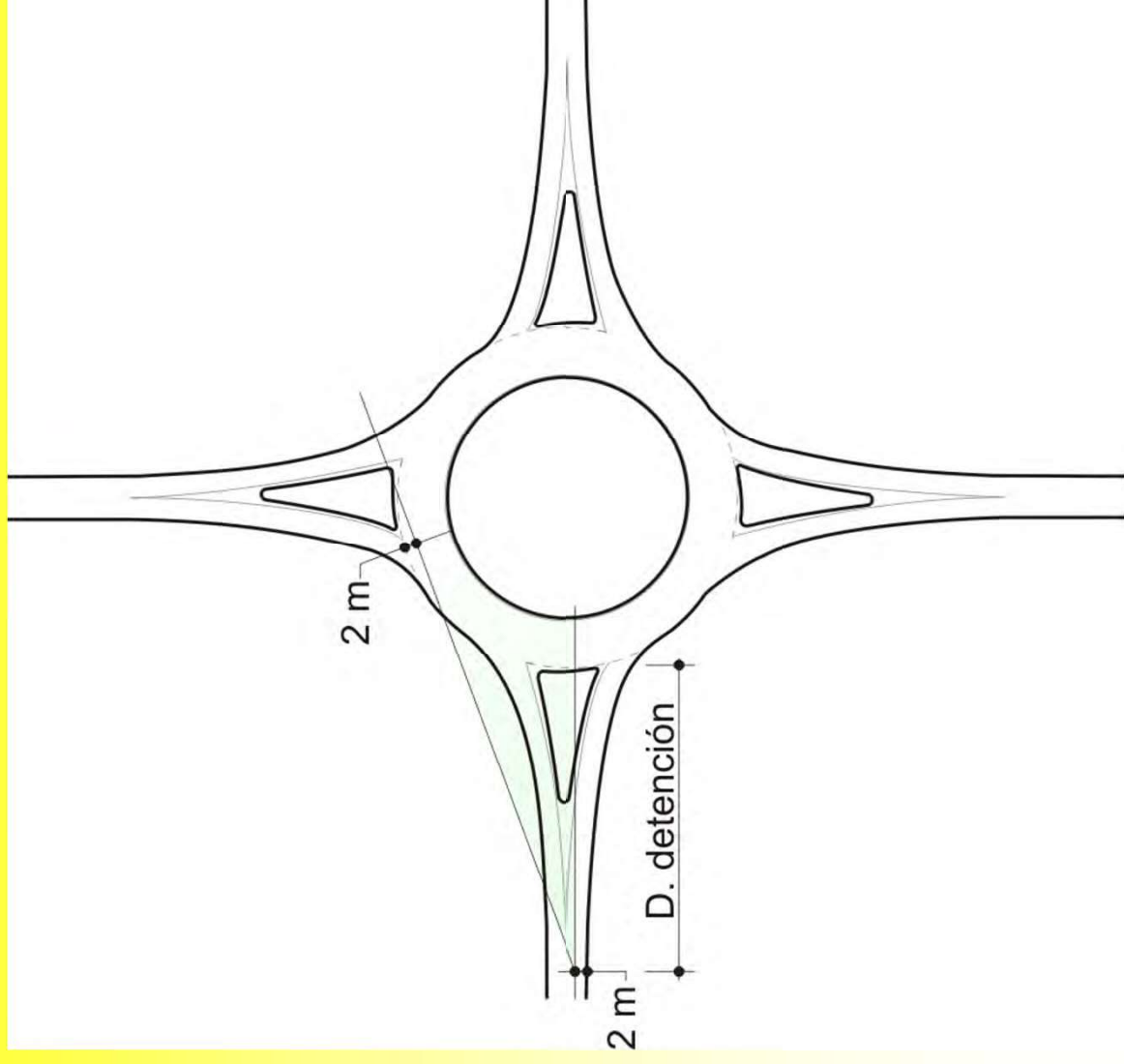
5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

VISIBILIDAD

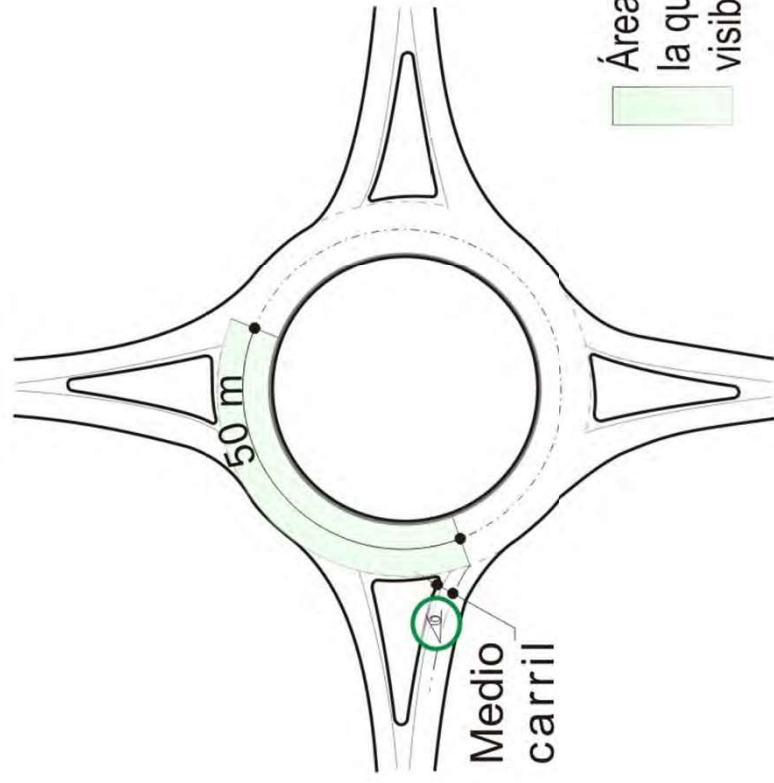
Para una buena percepción de la rotonda moderna:

- *Debe existir un **área despejada** de obstáculos que permita niveles mínimos de visibilidad de los conductores **en la aproximación a la intersección**;*
- *Debe haber una **buena visibilidad en la propia entrada**, es decir donde se sitúa el ceda el paso.*

VISIBILIDAD “LEJANA”
LÍMITE DE LA ZONA LIBRE DE
OBSTÁCULOS VISUALES
HACIA LA IZQUIERDA EN
ENTRADAS

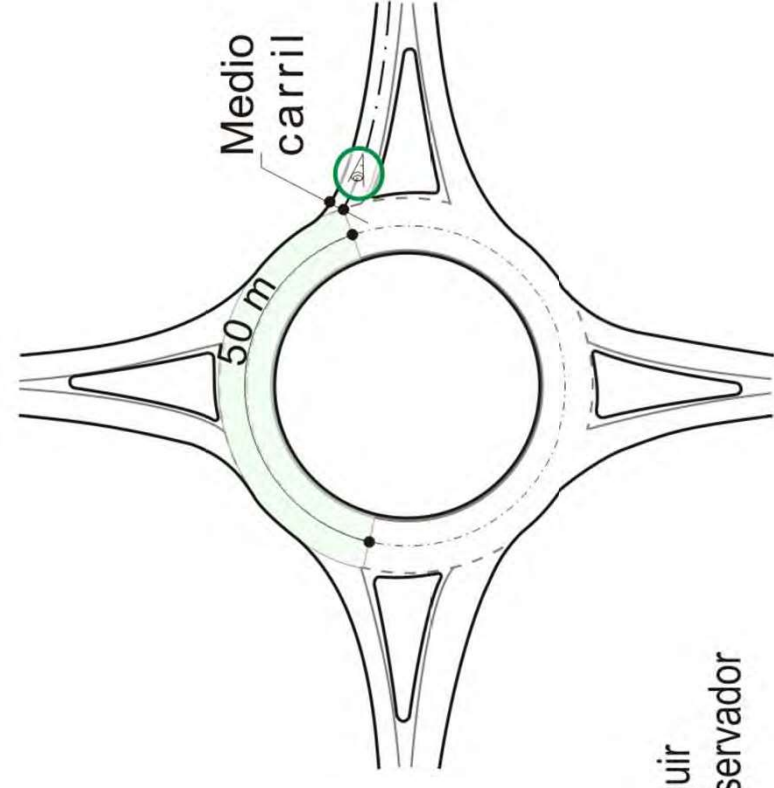


VISIBILIDAD EN LA ENTRADA



Área mínima sobre la que hay que conseguir visibilidad desde el observador

Visibilidad hacia la izquierda en la entrada



Visibilidad hacia la derecha en la entrada

5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

ISLETA CENTRAL

- **Forma:** se recomiendan isletas de forma circular o, ovaladas de baja excentricidad (de 0,75 a 1), ya que los cambios de curvatura pueden producir inestabilidad en los vehículos.
- **Tamaño:** la tendencia es ir a rotondas de tamaño medio, intentando conseguir una geometría adecuada de las entradas y evitando las trayectorias rectas tangenciales.
- **Delantal para camiones:** provee superficie pavimentada adicional para permitir la sobrehuella de los semirremolques grandes sobre la isleta central, sin comprometer la deflexión de los vehículos chicos.



- **Acondicionamiento:** La parquización de la isleta central puede mejorar la seguridad al resaltar la intersección e inducir a la reducción de las velocidades. Deben mantenerse las distancias visuales indicadas en el apartado anterior, considerando el futuro mantenimiento.

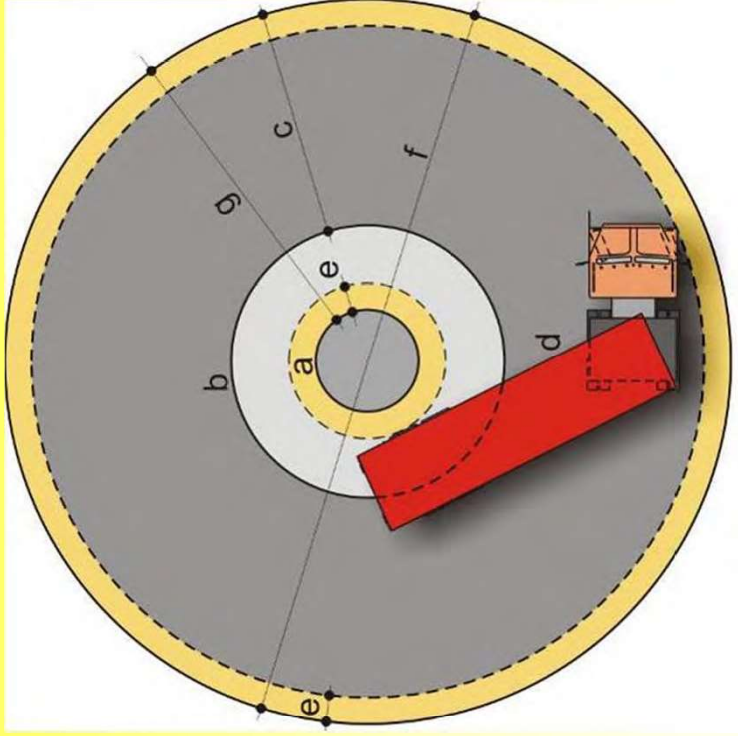
5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

CALZADA ANULAR

- **Ancho:** *definido por dos cuestiones: por capacidad y por la necesidad de garantizar el sobreancho en la trayectoria de los vehículos pesados. Típicamente es 1 a 1,2 veces el ancho de la entrada más ancha.*
- **Peralte:** *en general se recomienda disponer una pendiente transversal dirigida hacia el exterior, en torno a 2 - 2,5%.*
- **Pendiente longitudinal:** *Es preferible situar toda la calzada en un mismo plano, con pendientes menores que un 3%.*

ANCHO CALZADA ANULAR

Anchos de giro requeridos por la plataforma circulatoria de las RM



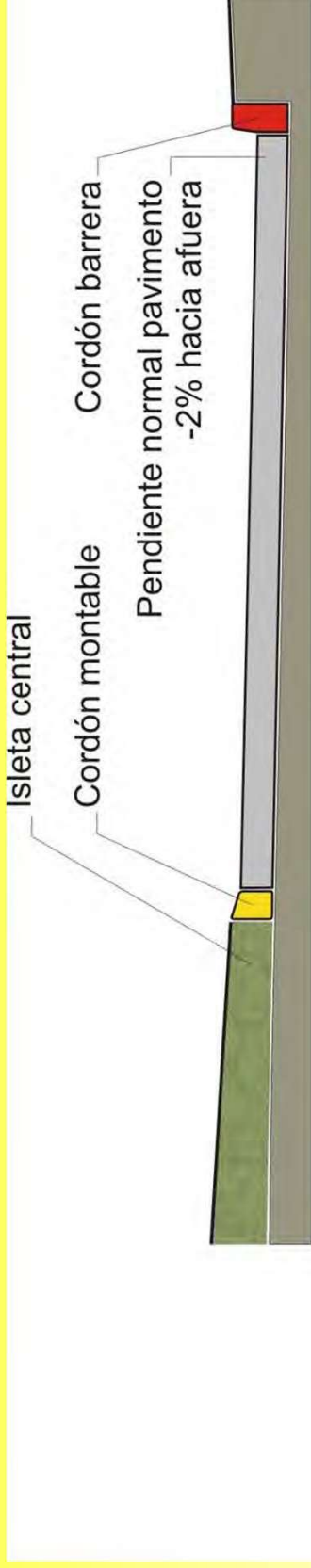
Referencias:

- a- Isleta central elevada
 - b- Cordón montable del camión
 - c- Ancho normal calzada anular, 1 a 1.2 veces ancho máximo de entrada
 - d- Vehículo de diseño
 - e- 1 m de separación mínima
 - f- Diámetro círculo inscrito
 - g- Ancho entre cordones
- Nota: La isleta partidora no debe sobresalir del círculo inscrito si la rotonda se diseña apretadamente como se ilustra, permitiendo sólo el ancho mínimo g.

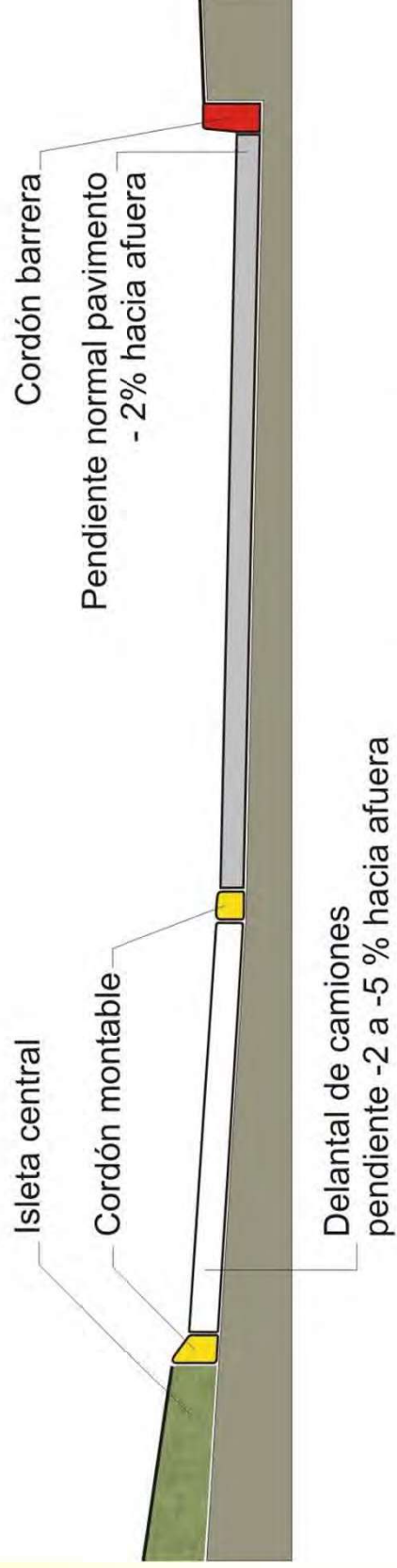
Diámetro círculo inscrito	Vehículo de diseño	
	Vehículo articulado	Ómnibus
f (m)	g mín (m)	g mín (m)
29	-	7,2
30,5	-	7
33,5	12,3 - 13,7	6,7
36,6	11,1 - 12,2	6,4
39,6	10,2 - 11,1	6,2
42,7	9,6 - 10,1	6,1
45,7	9,1 - 9,8	5,9
48,8	8,7 - 9,3	5,8
51,8	8,4 - 9	5,8
54,9	8,1 - 8,7	5,6
57,9	7,8 - 8,4	5,5
61	7,6 - 8,1	5,5

5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

PERFIL TRANSVERSAL TÍPICO



Sección típica de calzada circulatoria

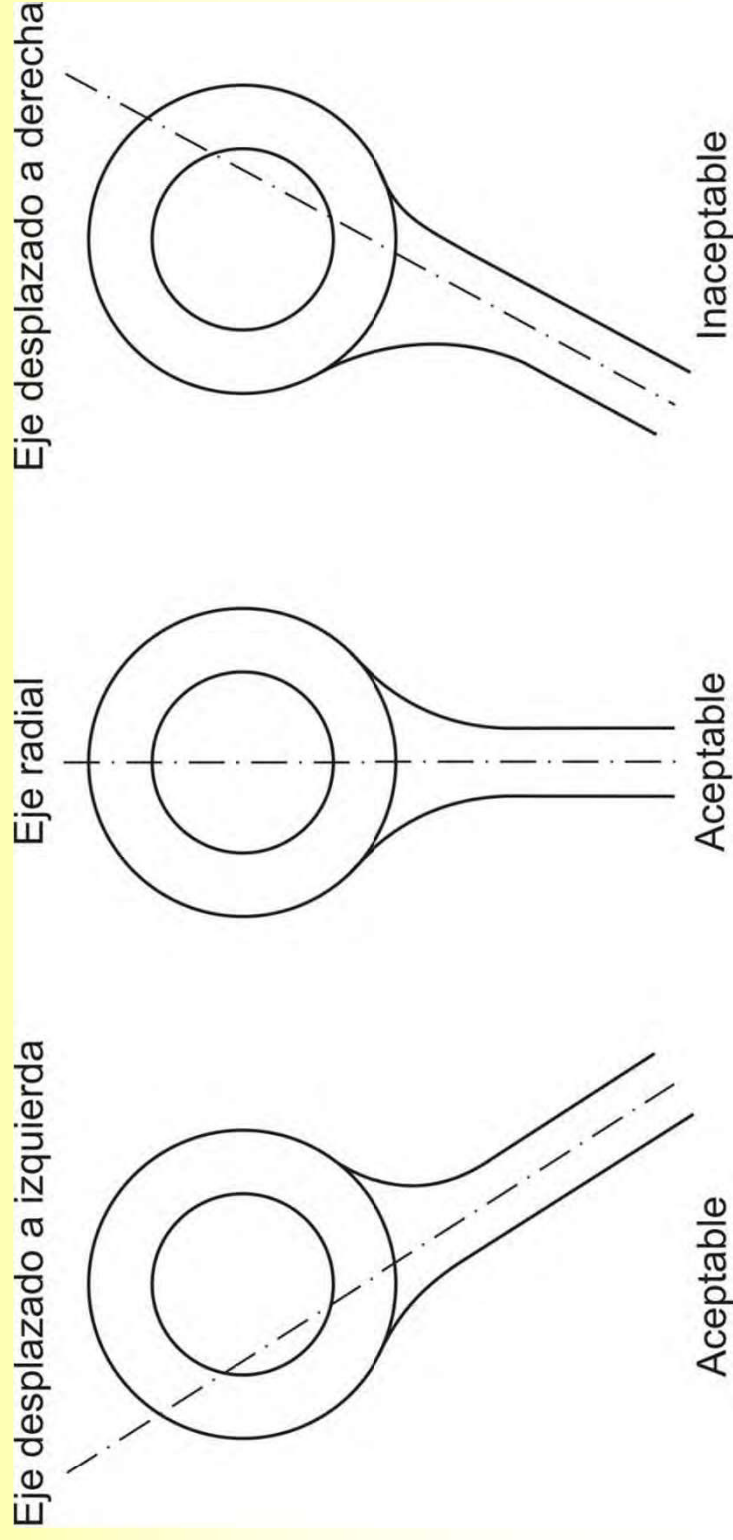


Sección típica con delantal de camiones

5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

DISPOSICIÓN DE LOS RAMALES DE ENTRADA Y SALIDA

La mejor disposición de los brazos de una rotonda moderna es una **localización equidistante**, ya que una secuencia repetida y rítmica de entradas y salidas, favorece la comprensión de la rotonda moderna y facilita una conducción sin inconvenientes. Además, se recomienda que los ejes de los ramales de aproximación pasen por el centro de la isleta central, o levemente desviados hacia la izquierda para aumentar la desviación de entrada.



5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

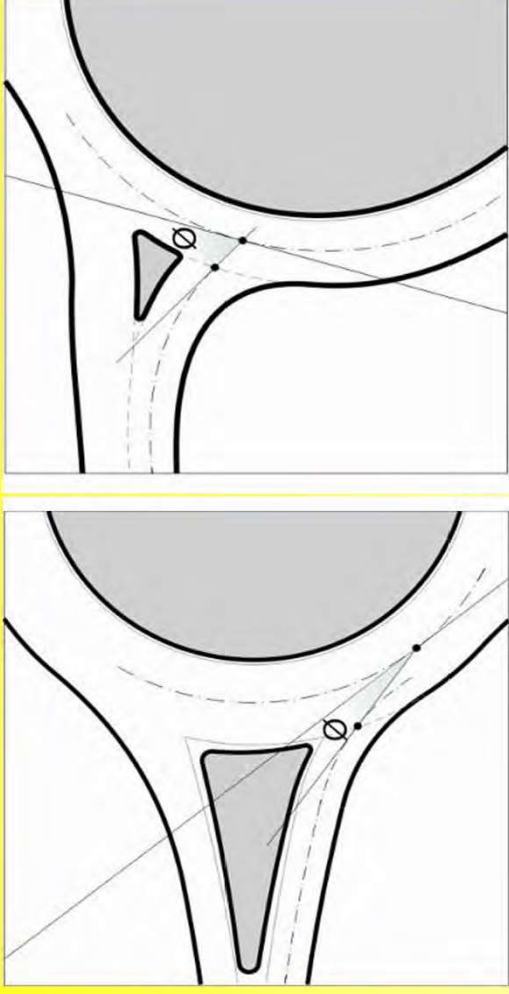
GEOMETRÍA DE LA ENTRADA

Funciones principales de la geometría de una entrada

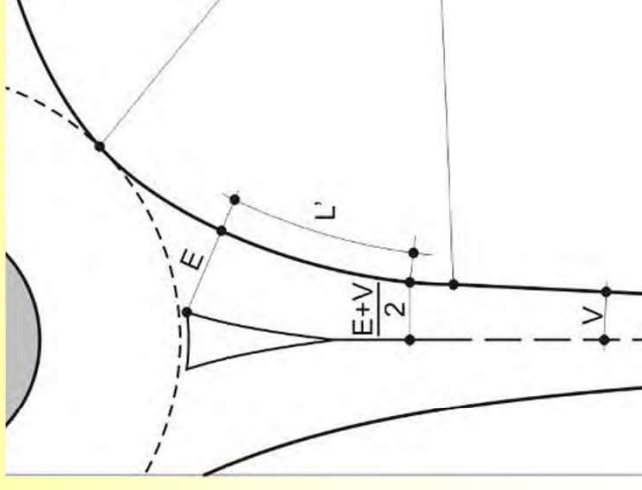
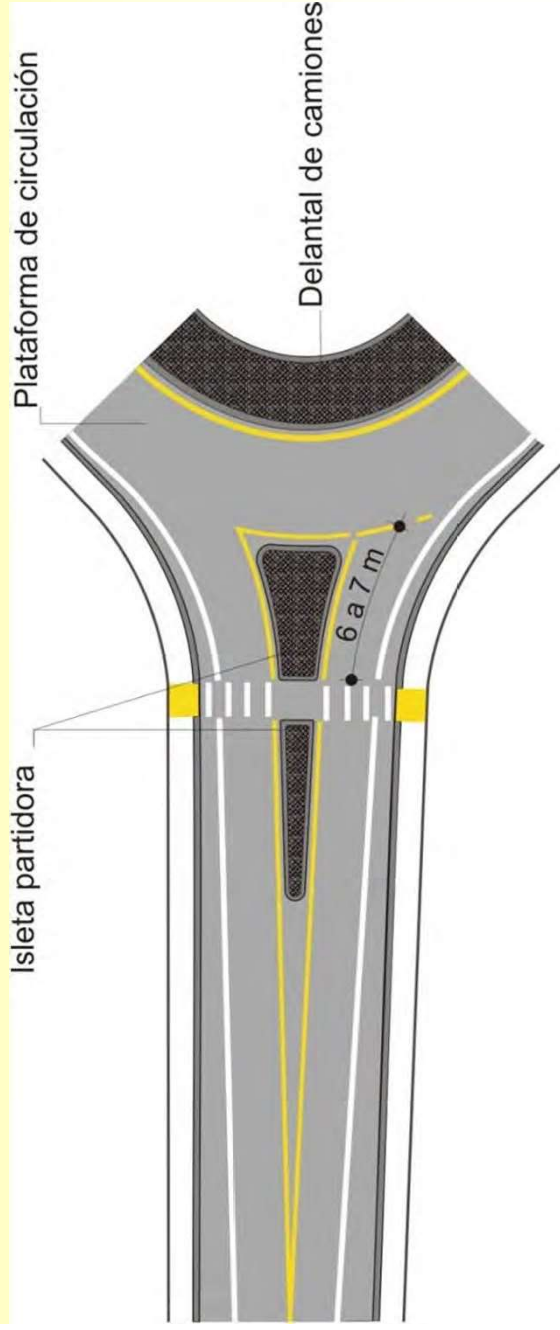
- a) conseguir una reducción adecuada de la velocidad de aproximación, y se obtiene mediante curvaturas crecientes.
 - b) permitir a los conductores una correcta percepción de la intersección y orientarlos hacia la calzada anular en un ángulo que garantice la mayor fluidez y seguridad en la maniobra de entrada.
- **Ángulo de entrada:** se recomiendan valores comprendidos entre 20º y 60º (preferible 30º)
 - **Las isletas separadoras:** además de canalizar la entrada, advierten al conductor de la proximidad de una intersección, aseguran una mínima distancia entre la salida y la entrada de un mismo brazo, sirven de soporte a la señalización vertical, facilitan un refugio para el cruce de peatones, etc.
 - **El radio de la entrada:** entre 15 y 30 m para rotondas urbanas, y puede ser algo mayor en las rurales.

ÁNGULO DE ENTRADA

Valor conveniente entre 20° y 40°,
con un óptimo de 30°.
Influye en la capacidad y seguridad de
las RM.



ISLETA PARTIDORA

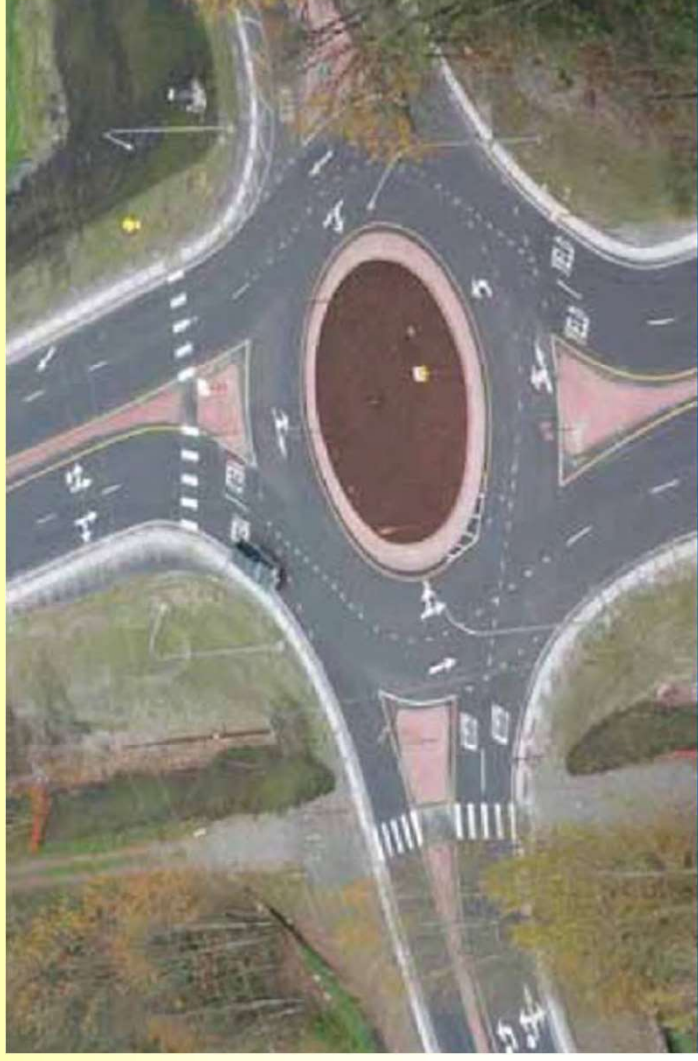


5.7.8 DISEÑO GEOMÉTRICO

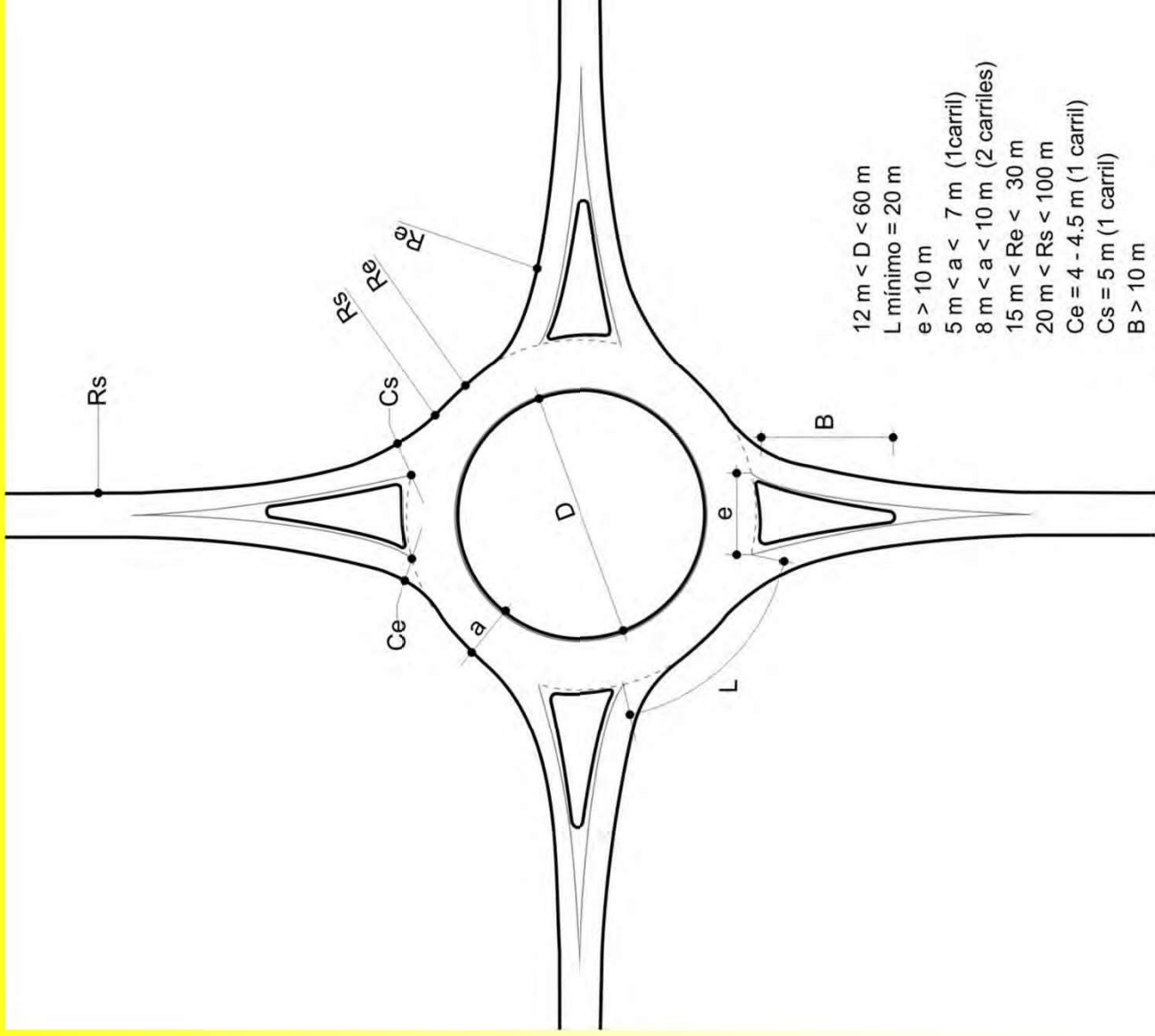
GEOMETRÍA DE LA SALIDA

*A la inversa de las entradas, la geometría de las salidas debe tener como objetivo principal **facilitar a los vehículos el abandono de la calzada circular** y aumentar su velocidad hasta la recomendada en el camino en que se integran, salvo que la circulación peatonal sea importante y obligue a limitar también la velocidad de salida.*

Se recomienda diseñarlas más anchas que las entradas (1 carril: 5 m), reduciéndose paulatinamente al ancho del carril tipo del camino.

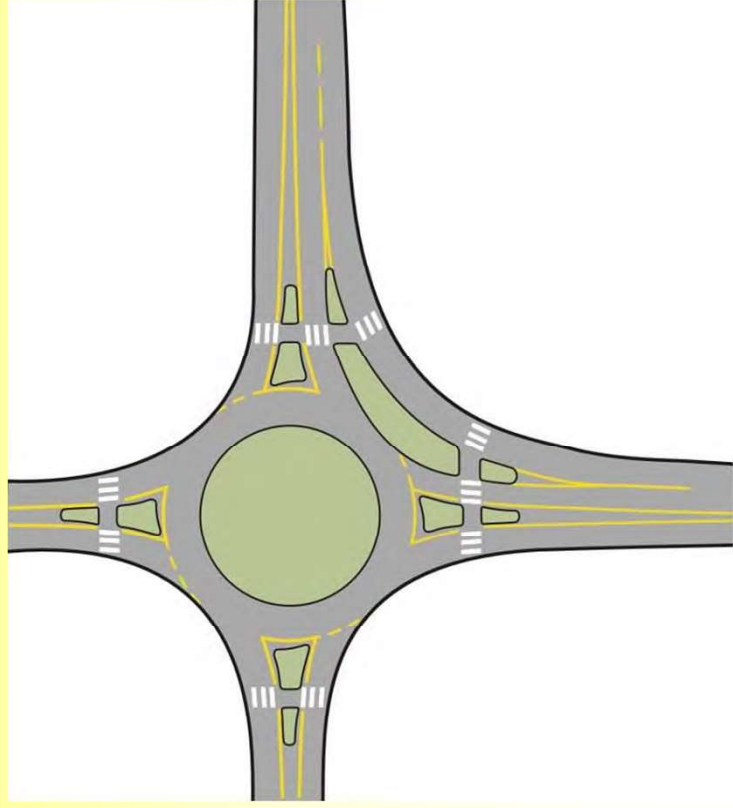


RESUMEN DE LA GEOMETRIA RECOMENDADA



CARRIL AUXILIAR DE GIRO A DERECHA

Se recomienda cuando la intensidad del giro sea al menos de 300 v/h en la hora pico, o si supone más del 50% del total de tránsito entrante por ese ramal.

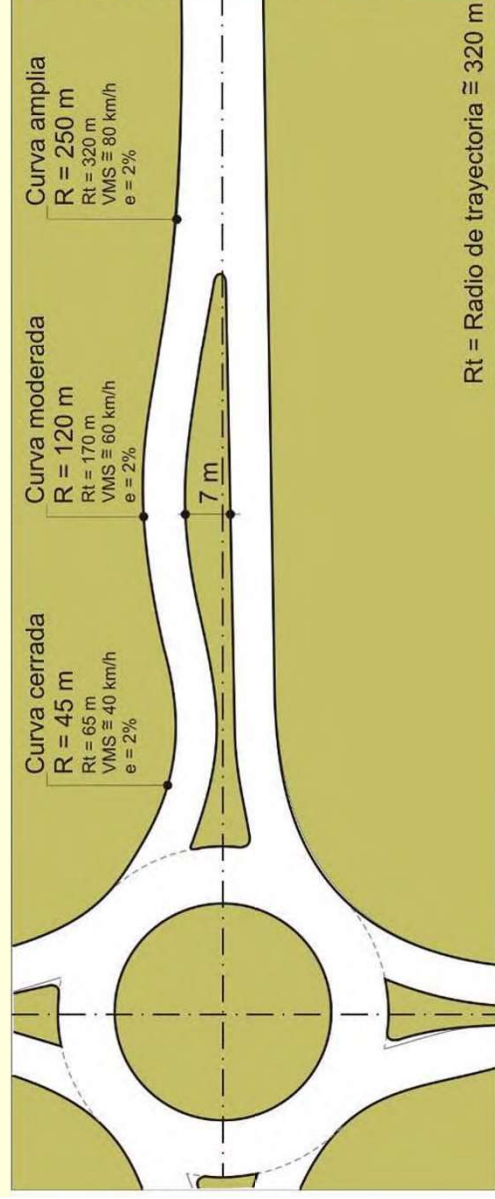


CURVAS DE APROXIMACIÓN

Donde las velocidades de aproximación sean altas, se recomienda un diseño que aliente a los conductores a REDUCIR su velocidad de desplazamiento antes de llegar al Ceda el Paso. Se evitará así que toda la reducción de velocidad se logre por medio de la curvatura en la rotonda misma.

Una forma para lograr una gradual reducción de velocidad que reduzca los choques traseros en las entradas y minimice las salidas de vehículo en el anillo es usar curvas sucesivas con curvatura creciente en las aproximaciones.

Se recomienda limitar a 20 km/h el cambio en la velocidad de operación en sucesivos elementos geométricos.



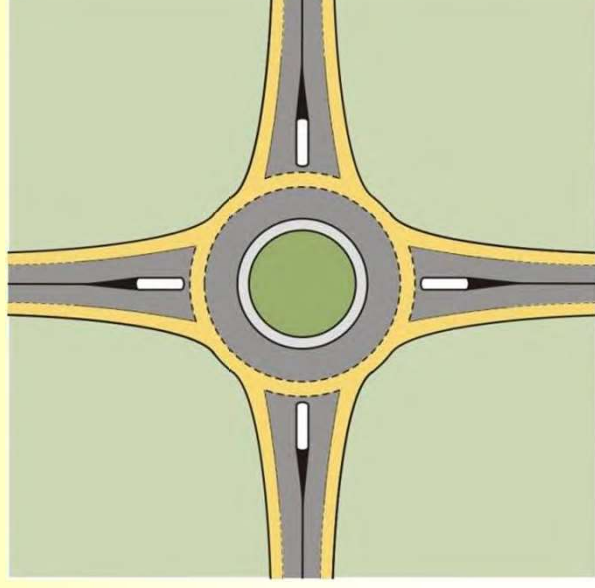
$R_t = \text{Radio de trayectoria} \cong 320 \text{ m}$

5.7.9 COMPLEMENTOS PEATONES - CICLISTAS

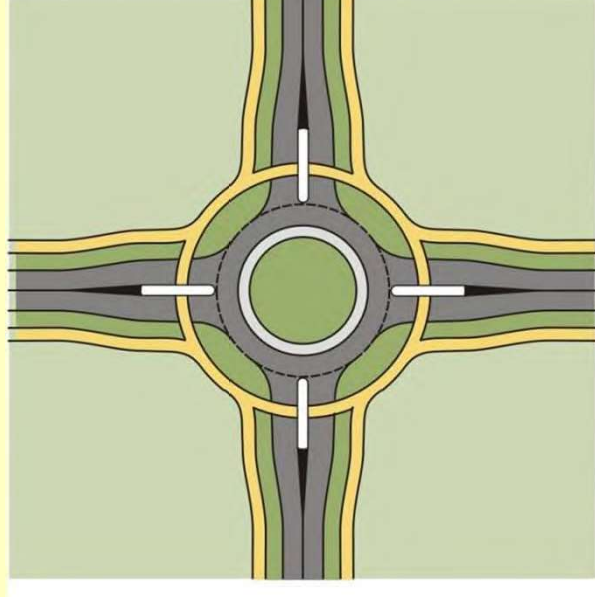


MEJORAMIENTO DE LA SEGURIDAD

- *reducir las velocidades de aproximación de los vehículos mediante la provisión de una adecuada deflexión en cada acceso;*
- *diseñar isletas partidoras adecuadas;*
- *proveer iluminación;*
- *ubicar las señales y la vegetación de modo de no obstaculizar la visión de peatones y ciclistas.*



Rotonda con carril ciclista

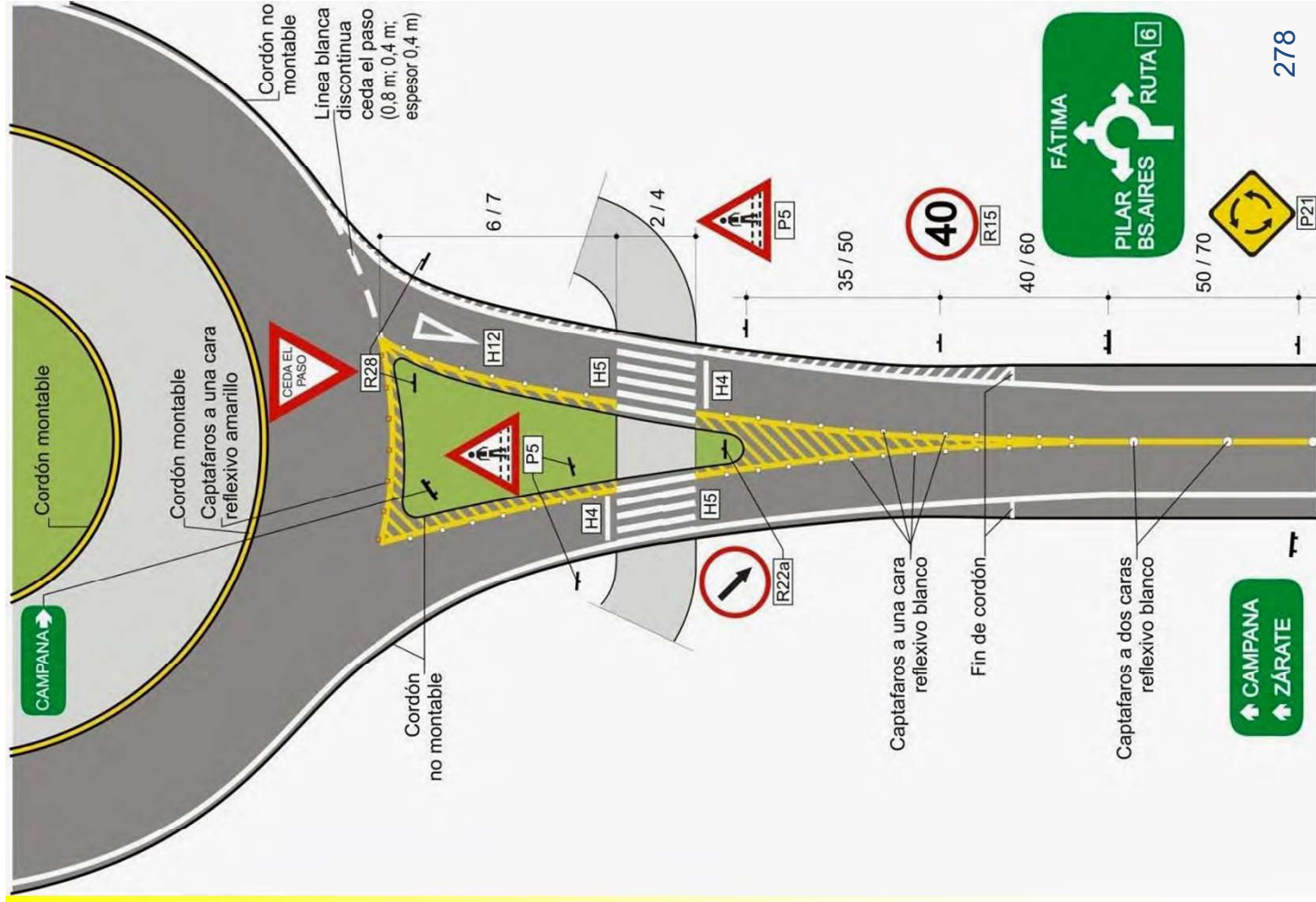


Rotonda con senda ciclista separada

SEÑALES DE LAS RM

- **OBJETIVOS:**
 - *Advertir a los conductores sobre la presencia de la rotonda, básicamente para que reduzcan la velocidad*
 - *Recordar que rige el principio de prioridad para el anillo*
 - *Informar sobre los destinos que se alcanzan en cada una de las salidas*
- **SEÑALIZACION VERTICAL:**
 - *Señales preventivas y reglamentarias: de velocidad máxima, ceda el paso, flechas direccionales, preventiva de rotonda*
 - *Señales de destinos: carteles croquis específico de rotonda, de destinos en cada salida y de confirmación en cada ruta luego de cada salida*
- **DEMARCACIÓN HORIZONTAL:**
 - *Líneas de borde de calzada y cebrados en isletas*
 - *Línea discontinua de ceda el paso en cada entrada, de 0,4 m de espesor, y triángulos de ceda el paso*

SEÑALIZACIÓN EN ROTONDA MODERNA



ILUMINACIÓN

Normalmente las rotondas deben iluminarse como un requerimiento de seguridad, según normas y especificaciones. Los postes deben ubicarse para iluminar especialmente las zonas de conflicto.



- ① Iluminación en zona de "ceda el paso"
- ② Iluminación al comienzo de isleta partidora sobreelevada



PAISAJISMO

El paisajismo de la isleta central, isletas separadoras y aproximaciones puede beneficiar la seguridad, y mejorar la calidad de la intersección. Los beneficios del paisajismo de la rotonda y sus aproximaciones son:

- *Hacen la isleta central más visible.*
- *Mejoran la estética de la zona, al tiempo que complementan paisajes urbanos que rodean la intersección.*
- *Visualmente refuerzan la geometría.*
- *Mantienen la distancia de visibilidad adecuada en zonas de bloqueo.*
- *Indican claramente a los conductores que no pueden pasar directamente a través de la intersección.*



RECOMENDACIONES

- *Los diseñadores de rotondas modernas deben saber las necesidades de los vehículos de diseño y ser conscientes de que los delanteros de camiones son un elemento de diseño para la geometría compacta.*
- *En muchos casos las franjas pintadas son efectivas (como las destinadas a los giros izquierda), pero no deberían ser obligatorias en todas las rotondas de varios carriles. En cambio, el mejoramiento de la aproximación mediante guías que comprendan correctas flechas de carril y señales de designación de carriles facilitarán la adecuada elección del carril de entrada y reducirán la necesidad de cambios de carril en la circulación, tanto como el consumo de vitaminas en lugar remedios.*
- *las reglas y códigos deben poner énfasis en los simples principios de circulación por las rotondas: los vehículos de la izquierda tienen prioridad. La policía necesita una normativa clara para un control sin ambigüedades. Los automovilistas deben entender que no deben atosigar a los camiones, independientemente de las franjas de circulación pintadas en la plataforma circulatoria.*
- *Muchos organismos adoptan el tipo de sección transversal de la plataforma circulatoria, basados en primeras impresiones, hábitos o intuiciones. Se recomienda un diseño prudente y mayor estudio e investigación.*

5.8 BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA












En español original o traducciones

ROTONDAS MODERNAS

- 2.00 DNV - Consorcio Inconas-Cepic. *Programa de Corredores Viales Nacionales – Asistencias Técnicas – Rubro XI – Accesos a Ciudades en Corredores Viales, 1997 Anexo 1 – Rotondas*
- 2.01 XIII CAVyT – Buenos Aires 2001
- 2.01.1 **Monografía: Consideraciones sobre el Diseño de Rotondas**
- 2.01.2 **Monografía: Seguridad y capacidad de las rotondas modernas**
- 2.01.3 **Ponencia: A) Rotondas modernas**
- 2.01.3.1 **TA 42/84 Diseño Geométrico de Rotondas**
- 2.01.3.2 **TD 16/84 Diseño Geométrico de Rotondas**
- 2.02 MOPU - España 1989 **Recomendaciones sobre Glorietas**
- 2.03 FHWA - EUA 2000 **Rotondas: Guía Informativa**
- 2.04 KANSAS DOT - EUA 2003 **Guía de Rotondas**
- 2.05 AASHTO - Libro Verde *Capítulo 9 Intersecciones – EUA 2001 Rotondas Modernas*
- 2.06 MICHIGAN STATE UNIVERSITY – EUA 1999 **Conversión de Viejos Círculos de Tránsito en Rotondas Modernas: un Caso de Estudio**
- 2.07 MICHIGAN DOT – EUA 1997 **Evolution of Roundabout Technology: A History-Based Literature Review**
- 2.08 TAC – Canada 2007 **740 Roundabout – Supplement to TAC Geometric Design Guide**
- 2.09 MAIN ROADS Queensland – Australia 2006 **Road Planning and Design Manual – Chapter 14 Roundabouts**
- 3.01 AUSTRROADS - Australia 1993 **Guide to Traffic Engineering Practice Part 6: Roundabouts**

En español – Archivos pdf en DVD Actualización 2010

C5 Bibliografía Particular de Consulta

-  2.01.1 XIII CAVyT **Consideraciones Rodondas.pdf**
-  2.01.2 XIII CAVyT **Rotondas Modernas.pdf**
-  2.01.3 XIII CAVyT **RM Ponencia.pdf**
-  2.01.3.1 XIII CAVyT **RM TA42'84.pdf**
-  2.01.3.2 XIII CAVyT **RM TD16'84.pdf**
-  2.02 MOPU **RecomendGlorietas.pdf**
-  2.03 FHWA **GUÍA RM 2000.pdf**
-  2.04 KANSAS **GUÍA RM 2003.pdf**
-  2.05 AASHTO **GreenBook'01.pdf**
-  2.06 MICHIGAN **Conversión CT-RM.pdf**
-  2.07 MICHIGAN **HistoriaRotondaModerna.pdf**
-  2.08 TAC **Rotondas.pdf**
-  2.09 MAIN ROADS **Q5L C14 Rotondas.pdf**