

# **EMPLEO DE MINI-ROTONDAS URBANAS, CARACTERISTICAS Y CAMPOS DE APLICACIÓN**

**J. Julián Rivera – Subdirector LEMaC**  
**Gustavo A. Das Neves – Investigador LEMaC**  
**Martín Raúl R. Villanueva – Técnico LEMaC**  
**Rocío Rolón Fariña – Becaria LEMaC**

**LEMaC Centro de Investigaciones Viales**  
**Universidad Tecnológica Nacional, Fac. Reg. La Plata – Argentina**  
**Calle 60 y 124 (1900) La Plata, Bs. As. Te/Fax: 0054-221-4890413.**  
[lemac@frlp.utn.edu.ar](mailto:lemac@frlp.utn.edu.ar) [www.frlp.utn.edu.ar/lemac](http://www.frlp.utn.edu.ar/lemac)

## **RESUMEN**

Las mini-rotondas son unas de las soluciones viales en intersecciones urbanas incluíbles en las “soluciones para la seguridad vial de bajo costo”. Se trata de rotondas como las rurales, insertas en una trama urbana, pero con mucho menor diámetro en la isleta central y, por lo tanto, un comportamiento diferente ante los cruzamientos de tránsito. Esto hace que su campo de aplicación y diseño sean diferentes y, por ello, deban ser analizados en forma particular.

Además, por ser soluciones que nos llegan del orden internacional, su empleo en la Argentina debe efectuarse contemplando la normativa local y otras particularidades de orden técnico.

Estas condicionantes se repiten en otros tipos de soluciones para la seguridad vial. Atento a esto el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales de la UTN La Plata, con el apoyo de PSA Peugeot-Citroen Argentina ha redactado un proyecto I+D incluido en el Programa de Incentivos de la Nación denominado “Empleo de micro-simulación de tránsito para análisis de soluciones viales”. Mediante este se busca analizar y adaptar diversas soluciones viales a los condicionantes propios de la Argentina y estudiar sus potenciales campos de aplicación y características imponibles mediante el empleo de moderno software de micro-simulación.

Se incluyen en este trabajo las conclusiones arribadas mediante el citado proyecto para el empleo de mini-rotondas urbanas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los aumentos en los niveles de movimientos de cargas y personas registrados en los últimos años, son sólo un indicio de la importancia que tiene, y tendrá en el futuro, el transporte para el desarrollo de una región. Este crecimiento del transporte se ha traducido en un aumento de la demanda en los diversos medios de transporte, entre los cuales se destaca el terrestre automotor, con la consecuente puesta en juego de un factor muy importante, la “seguridad vial”.

Por su parte, las cada vez más amplias facilidades ofrecidas por la computación, han favorecido a la aparición de complejas técnicas resolutivas para las diversas problemáticas que se originan sobre la red vial. Por esto en la actualidad resulta habitual, si no necesario, el desarrollo de proyectos de seguridad vial para obras viales que tratan en forma simultánea y en un área reducida temas tales como: diseño geométrico especial, semaforización actuada, señalamiento activo, estacionamiento público, paradas de transporte público, segregación de tránsito, etc.

Cada uno de estos aspectos posee una técnica resolutiva distinta, que incluso muchas veces proceden de instituciones o normalizaciones diferentes. Así, se torna factible la pérdida de confiabilidad en la obtención de los resultados buscados, ya que la situación excede a los pronósticos que por experiencias previas pueda efectuar el proyectista. Por esto han aparecido en los últimos años programas computacionales que permiten la micro-simulación de una zona en estudio previo a la obra vial, durante su ejecución y durante su operación, permitiendo el reajuste de los diseños implementados y la optimización de las soluciones de seguridad vial.

Es necesario por consiguiente el análisis de estos programas de micro-simulación; el desarrollo de una metodología de levantamiento de datos tipificada, adaptada a las técnicas habituales de los proyectistas viales de nuestro país; la micro-simulación de diversas opciones de soluciones viales para la seguridad vial; y la generación de un manual en donde se vuelquen los resultados obtenidos en estas experiencias, para que sean aprovechados por reparticiones públicas o privadas de la Argentina. Buscando cubrir estas tareas el LEMaC, con el apoyo de la Empresa PSA Peugeot-Citroen, ha

redactado un proyecto I+D denominado “Empleo de micro-simulación de tránsito para análisis de soluciones viales” a ser incorporado en el Programa de Incentivos del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación.

Para el citado proyecto se ha establecido un listado de tareas entre las cuales se encuentra la redacción de un catálogo de soluciones viales urbanas para la seguridad vial.

## **2. CATALOGO DE SOLUCIONES VIALES URBANAS**

Se encuadran dentro de este grupo aquellos elementos o dispositivos de seguridad vial aplicables en puntos conflictivos, donde estudios preliminares arrojen niveles preocupantes de accidentes, lo cual hace indispensable la toma de medidas correctivas. Como alternativa a los grandes proyectos de infraestructura que insumen grandes presupuestos, existe una gama de medidas llamadas de ingeniería de bajo costo a las que se las puede definir como *“las medidas físicas tomadas especialmente para aumentar la seguridad del sistema viario que se caracterizan por tener un bajo costo económico, rápida implementación y alta tasa de rentabilidad”* (Asociación Española de Carreteras).

Las podemos agrupar de la siguiente manera:

Medidas de control de volumen: desviando el tránsito hacia otra ruta, limitando o desviando el tránsito directo en una zona.

- Clausura total de calles
- Clausura parcial de calles
- Desviadores diagonales
- Desviadores parciales
- Barreras de mediana
- Isletas de giro forzado

Medidas de control de velocidad: utilizando las fuerzas de aceleración y freno para lentificar a los vehículos; comprenden tres subcategorías: cambio vertical, cambio horizontal y angostamientos.

Los dispositivos de cambio vertical utilizan las subidas y bajadas aceleradas para desalentar la velocidad.

Los dispositivos de cambio horizontal usan las fuerzas centrífugas sobre el vehículo, debidas a pronunciados desvíos de la trayectoria para desalentar la velocidad.

Los dispositivos de angostamiento en lugar de fuerzas físicas usan un sentido psicológico de encierro o “fricción” para desalentar los excesos de velocidad.

Cambio vertical	Cambio horizontal	Angostamiento
Lomos de burro	Mini-rotondas	Extensiones en esquina (tipo vereda o tipo puerta o restrictor de ancho)
Tablas de velocidad	Chicanas	Ahogadores
Cruces peatonales elevados	Cambios laterales	Isletas centrales
Intersecciones Elevadas	Intersecciones realineadas	
Badenes		

### Medidas Combinadas

- Intersecciones elevadas y extensión esquina
- Ahogadores y resalto
- Isleta central (angostamiento) y paso peatonal.

### Dispositivos de control

- Topes de contención
- Vallas Peatonales

- Limitadores de altura

### **3. MINI-ROTONDAS**

#### **3.1. CARACTERISTICAS PARA ADAPTACION A LA NORMATIVA ARGENTINA**

Son elementos encauzadores de flujo vehicular, instaladas en intersecciones, basándose en la circulación de todos los vehículos por una calzada anular, en la que confluyen las diferentes vías, que discurre en torno a una isla central y que funciona con prioridad a los vehículos que circulan por la calzada anular.

El islote central es de pequeño diámetro, cercano a los 4 m, dependiendo de que las características del entorno permitan su adecuada percepción. Se recomienda construirla abombada, con materiales diferentes a los de la calzada. No puede haber actividad peatonal en la isla central. La reducción de la velocidad que consiguen las glorietas en la circulación se produce, en gran medida, por la percepción que tienen los conductores de la existencia de un obstáculo en su camino (el islote central), que les obliga a frenar, para desviar su trayectoria y rodearlo. Es decir, las mini-rotondas, en tanto que reductores de la velocidad, actúan básicamente por la percepción visual del obstáculo que suponen al tránsito. De ahí, la importancia que tiene en ellas una buena visibilidad en sus accesos. El desarrollo de un buen aspecto estético y a la vez efectivo de una mini-rotonda, debe formar parte del proyecto de trazado de la misma, ya que ayuda al conductor a apreciar la existencia de la intersección y por consiguiente a ajustar su velocidad y trayectoria. Por ejemplo, un contraste en color y configuración con islas cubiertas de hierbas o con plantaciones de grupos de arbustos que destaquen a distancia, avisa al conductor que se aproxima a la mini-rotonda y que necesita reducir la velocidad. La única precaución que hay que tener en cuenta es que las plantaciones no reduzcan la visibilidad necesaria.



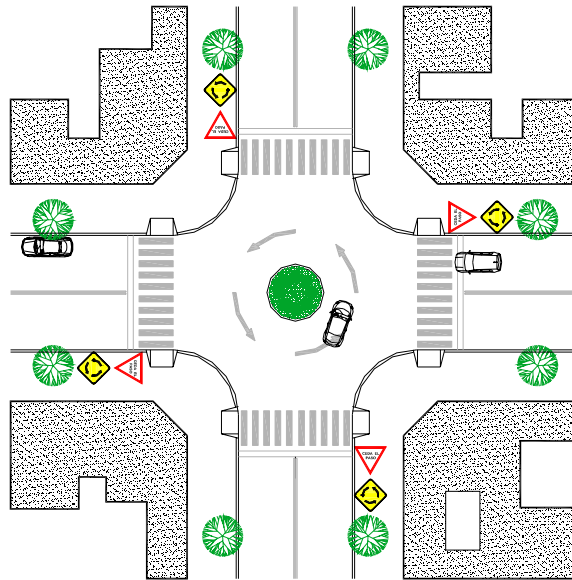
Mini rotondas

Las mini-rotondas, con la pérdida de prioridad que imponen a todas las vías que en ellas confluyen, son intersecciones muy adecuadas para marcar cambios en el régimen de circulación. En particular resultan muy útiles:

- En zonas urbanas para intersecciones a las cuales llegan tres y más brazos; en donde existen muchos conflictos de giro a la izquierda; y donde las velocidades de circulación no superan los 50 Km/h.
- Como reductores de velocidad, en general.



Encauzador vehicular con rebaje peatonal



Las mini-rotondas requieren señales informativas y preventivas, etc, reflectantes o preferiblemente iluminadas, ellas desempeñan un papel preponderante en la seguridad del tránsito, en especial cuando es necesaria una reducción de velocidad en los accesos.

*Demarcación horizontal:* Tres o cuatro flechas blancas de dirección del círculo. Deben estar desde su borde interior al borde de la isla a una distancia de aproximadamente el doble del diámetro de la isla pero no inferior a 1,25 m ni mayor que 3 m. El largo depende de la dimensión de la isla.

*Señalización vertical:* Círculo formado por tres flechas sucesivas indicando sentido de giro contrario al de las agujas del reloj. La señal debe estar a una distancia tal de la mini-rotonda de modo que el vehículo de mayor velocidad pueda detenerse totalmente antes de la misma (aunque la detención no sea necesaria).

*Complementaria:* Señal reglamentaria de ceda el paso R. 28



SEÑAL PREV. DE ROTONDA P. 21



SEÑAL REG. DE CEDA EL PASO R. 28

### 3.2. ANALISIS PARA DETERMINAR EL CAMPO DE APLICACION

Para determinar el campo de aplicación óptimo de las mini-rotondas se decide efectuar un análisis empleando el software de micro-simulación de tránsito TSIS 5.0 (Traffic Software Integrated System de ITT para FHWA). Para esto se establecen una serie de parámetros fijos para la simulación, otros variables y finalmente los indicadores que permiten desde ese punto de vista saber cuando una solución es óptima. Si bien los índices accidentológicos no son pueden ser incluidos explícitamente como indicadores, si lo son de forma implícita a buscar parámetros de “circulación segura”.

Los casos en estudio para el análisis comparativo son:

- Intersección normal
- Mini-rotonda de un carril
- Mini-rotonda de dos carriles

Los parámetros fijos para todas las corridas de la simulación y para todos los casos en estudio son:

- Tránsito de solo automóviles con longitud de 4,3 m y máxima desaceleración en emergencia de  $4,6 \text{ m/s}^2$  y en situaciones de no emergencia de  $2,4 \text{ m/s}^2$ . Ante tránsitos con otra clasificación el empleo de las tablas resultantes deberá efectuarse tomando vehículos equivalentes para cada categoría, de forma tal de llevar el tránsito real a autos equivalentes.
- Ingreso de los vehículos al sistema en intervalos con distribución normal.
- Intersección de vía principal de dos sentidos con un carril por sentido y vía secundaria de idéntica geometría.

- Vía principal y secundaria sin carriles de estacionamiento, con velocidad de flujo libre de 40 km/h (máxima admisible para vías de estas características según la Ley Nacional de Tránsito 24.449) y anchos de carril 3,65 m.
- Solo giros a la izquierda en intersección (se considera a los giros a la derecha con idéntico efecto de cruces francos de la intersección).
- Tiempo de simulación 1 hora.
- Configuración básica de intersección sirviendo a 4 cuadras de 100 m cada una.

Los parámetros variables en cada corrida son:

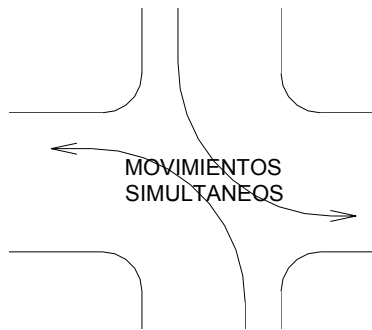
- Volúmenes horarios cada 200 veh/h por sentido (igual volumen en sentidos contrario de una misma vía), analizándose 100, 300, 500, 700 y 900 veh/sentidoxhora, considerados flujos de hora pico para el ingreso posterior a las tablas resultantes.
- Giros a la izquierda para un mismo volumen de tránsito cada 20 %, analizándose para los grupos de 0 % a 20 %, 20 % a 40 %, 40 % a 60 %, 60 % a 80 % y 80 % a 100 %.

Los parámetros indicadores seleccionados luego de algunas corridas de ensayo son:

- Tiempo Total (TT), constituido por la sumatoria del Tiempo de Recorrido (TR) de todos los vehículos simulados desde el ingreso hasta la salida del sistema y el Tiempo de Demora (TD) de estos mismos vehículos (por detenciones o por tramos en donde no pueden alcanzar la velocidad máxima de flujo libre establecida).

Una vez efectuada la totalidad de las corridas, con los resultados señalados en el Anexo A, pueden realizarse las siguientes observaciones:

- En la situación sin proyecto existen menores demoras cuando aumentan los giros a la izquierda desde ambos lados, pues el programa considera que dos vehículos girando a la izquierda desde sentidos contrarios en una misma intersección pueden efectuar esta maniobra simultáneamente, como se observa en la figura. Esto no sería admisible en la Argentina en función de las costumbres circulatorias, pero se incluyen los resultados obtenidos en estos casos pues de todos modos resultan indicativos del comportamiento esperable.

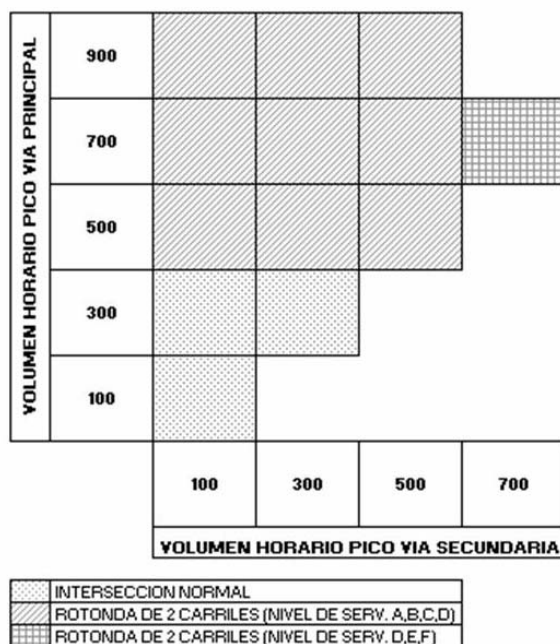


- Para el análisis deben llevarse las comparaciones a términos monetarios. Para esto, suponiendo un costo de operación medio por recorrido de 0,50 \$/km (considerar aproximadamente \$ 3,1 por cada 1 dólar estadounidense) y un recorrido de 40 km/h, en función de la velocidad máxima de flujo libre buscada, podemos suponer un costo por recorrido de 20 \$/hora para los vehículos en hora pico dada por los volúmenes con que se ingresa al cuadro.
- Suponiendo que la intersección normal ya se encuentra pavimentada y que, en función del mercado actual, para la rotonda de un carril se tiene un costo aproximado de \$ 250.000 y para la de dos carriles de \$ 350.000 (aproximadamente 250 \$/m<sup>2</sup> por pavimentación, más demolición, señalización y demarcación). Una vida útil de la obra de 15 años de 52 semanas de 5 días típicos con 6 horas “pico” en las cuales es justificable la obra (tres por la mañana y tres por la tarde), tenemos un costo por hora de \$ 10 para la rotonda de un carril y de \$ 15 para la de dos carriles. Para el análisis no se incluyen los conceptos de mantenimientos ni beneficios en el tiempo, lo que implicaría el empleo de tasas de descuento para llevar los valores monetarios al año 0, por ejemplo.
- La elección se basa en tomar el menor costo total (costo por recorrido más costo de obra) entre las tres alternativas (se analiza el costo de recorrido por hora por el TT más el costo de la obra por hora).
- Ante volúmenes bajos los costos de la intersección normal son menores que con proyecto, pero al incrementarse los mismos y los porcentajes de giro comienzan a ser más económicas las rotondas, hasta que éstas llegan a su capacidad. Aunque en un principio la rotonda de un carril ofrece menores costos que la de

dos carriles, cuando deja de ser óptima la intersección normal ya es la rotonda de dos carriles más económica que la de un carril. Por esto puede deducirse que si se debe incluir una rotonda en la intersección, ésta debe ser directamente de dos carriles. Con estos resultados se confecciona el CUADRO 1 de resumen.

- Luego de este estudio comparativo se efectuaron nuevos ensayos variando los costos por recorrido y los costos por obra para analizar la sensibilidad de la metodología empleada, obteniéndose resultados similares en cada experimento.
- Por esto puede tomarse por válido el CUADRO 2 que representa sintéticamente el campo de aplicación de las rotondas de dos carriles. Por debajo de estos volúmenes es conveniente la intersección normal y por encima de los mismos debe optarse por soluciones de mayor categoría.

**CUADRO 2 - CAMPO DE APLICACIÓN Y VELOCIDADES DE FLUJO LIBRE OBTENIBLES**

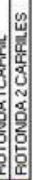


**CUADRO 1 - CONVENIENCIAS POR COSTOS**

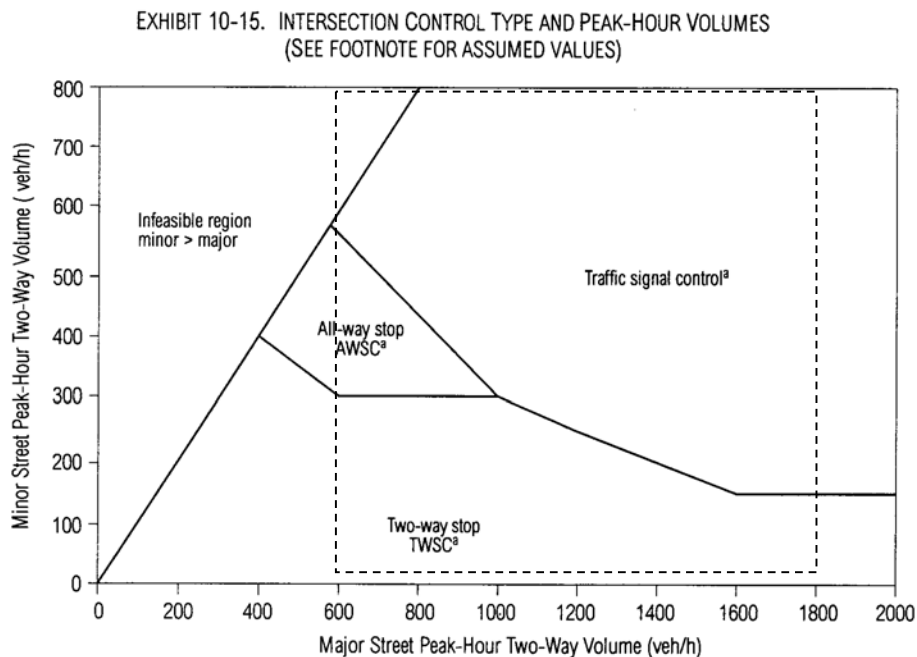
VIA PRINCIPAL		VIA SECUNDARIA																													
VOLUMEN HORARIO	% GIROS A IZQ.	<200					200-600					600-1000					1000-1400					1400-1800									
		<20	20-40	40-60	60-80	80-100	<20	20-40	40-60	60-80	80-100	<20	20-40	40-60	60-80	80-100	<20	20-40	40-60	60-80	80-100	<20	20-40	40-60	60-80	80-100	<20	20-40	40-60	60-80	80-100
<200	<20																														
	20-40																														
	40-60																														
	60-80																														
200-600	<20																														
	20-40																														
	40-60																														
	60-80																														
600-1000	<20																														
	20-40																														
	40-60																														
	60-80																														
1000-1400	<20																														
	20-40																														
	40-60																														
	60-80																														
1400-1800	<20																														
	20-40																														
	40-60																														
	60-80																														
% DE GIRO A IZQ.	<20																														
	80-100																														
VOLUMEN HORARIO		<200					200-600					600-1000					1000-1400					1400-1800									

SOLUCION SUPERIOR
NORMAL
ROTONDA 1 CARRIL
ROTONDA 2 CARRILES

CONGESTION ROTONDA 2 CARRILES



Los volúmenes óptimos para las mini-rotondas obtenidos (cuadro de trazos discontinuos) son amplios y engloban los recomendados por el Highway Capacity Manual (HCM) de la TRB.



Notes

a. Roundabouts may be appropriate within portion of these ranges.

Source: Adapted from *Traffic Control Devices Handbook* (8, pp. 4–18) - peak-direction, 8-h warrants converted to two-way peak-hour volumes assuming ADT equals twice the 8-h volume and peak hour is 10 percent of daily. Two-way volumes assumed to be 150 percent of peak-direction volume.

En la figura se observa en la nota el área destinada a AWSC (all-way stop control) que puede ser adecuada para la aplicación de mini-rotondas (roundabouts) y combinaciones de giros en donde el uso de señales de PARE en dos sentidos (two-way stop control) y semáforos (traffic signal control). Básicamente las diferencias en los volúmenes óptimos se deben a que en este estudio las mini-rotondas analizadas cuentan con dos carriles (por las razones ya explicadas), y en las detalladas en el cuadro del HCM se han considerado sólo mini-rotondas de un carril, agregándose además la siguiente frase “...las experiencias con mini-rotondas multi-carriles en EEUU son insuficientes para establecer un procedimiento de análisis... si es necesario establecer capacidades en estos casos, deberán emplearse modelos particulares para mini-rotondas...”.

## 5. CONCLUSIONES

- Es posible determinar los flujos de tránsito para los cuales una mini-rotonda es viable y segura en un análisis preliminar mediante el empleo de software de micro-simulación.
- Cuando las mini-rotondas de un carril comienzan a ser económicamente viables frente a las intersecciones normales ya existentes, las mini-rotondas de dos carriles ya resultan más económicas, razón por la cual no se recomienda el empleo de las primeras.
- Si bien fue necesario fijar algunas variables de borde y emplear costos locales, los resultados obtenibles en análisis similares en otros países no deberían variar ampliamente de los alcanzados en este estudio, por lo que, siempre a nivel preliminar, es posible emplear los resultados obtenidos como indicativos del campo de aplicación de las mini-rotondas de dos carriles. Esta afirmación se sustenta además en el análisis de sensibilidad efectuado sobre la metodología al variar los costos por recorrido y por obra.
- Para obtener una herramienta, adaptada a los condicionantes locales, que permita conocer la solución segura económicamente óptima, entre la gama de soluciones existentes, para una combinación de volúmenes horarios de tránsito, se debe extender el análisis efectuado a las otras soluciones disponibles (objetivo principal de este proyecto I+D).

## 4. BIBLIOGRAFIA

- Banco Mundial (2002), "**Ciudades en movimiento**", TWU-44.
- Cal y Mayor (2004), "**Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte**", Alcaldía Mayor de Bogotá, Colombia.
- Cal y Mayor R., Cárdenas J. (1995), "**Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones**", Alfaomega, México.
- Hay W. (1998), "Ingeniería de transporte", Limusa, México.

- ITT (2001), “**TSIS user guide**”, FHWA, EEUU.
- MIDEPLAN (1998), “**Recomendaciones para el diseño del espacio vial-urbano (REDEVU)**”, Ministerio de Planificación y Cooperación, Chile.
- Navin F. (1993), “**The science, engineering and practice of land transport**”, University of British Columbia, Canada.
- Rivera J. (2007), “**Memoria de experimentos sobre rotondas**”, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
- Rivera J., Das Neves G. et al (2007), “**Diseño de soluciones viales rurales y urbanas. Empleo de micro-simulación**”, Universidad Tecnológica Nacional, ISBN 978-950-42-0086-4, Argentina.
- Sociedad Argentina de Ingeniería de Tránsito (1989), “**2° Reunión de la Ingeniería de Tránsito**”, Equitel S.A., Argentina.
- Transportation Research Board (2000), “**Highway Capacity Manual 2000**”, National Research Council, EEUU.
- TRRL (1995), “**Overseas Development Administration**”, TRRL, Inglaterra.
- Vidal Roca (2007), “**Aplicación de modelos de micro-simulación en la ingeniería de tránsito**”, Revista Vial, ISSN 0329-1146, N°56 pág. 82-85, Argentina.
- Wahr C. (2003), “**Vialidad II**”, Universidad Técnica Federico Santa María, Chile.

**ANEXO A**

VOL VIA PPAL	VOL VIA SEC	% GIRO IZQ PPAL	% GIRO IZQ SEC	N	R1	R2	COSTOS TOTALES		
				TT	TT	TT	N	R1	R2
100	100	20	0	2,01	2,01	1,82	40,2	50,2	51,4
100	100	40	0	1,83	2,05	1,85	36,6	51	52
100	100	60	0	2,03	2,07	1,87	40,6	51,4	52,4
100	100	80	0	2,04	2,1	1,89	40,8	52	52,8
100	100	20	20	2,03	2,04	1,83	40,6	50,8	51,6
100	100	40	20	2,05	2,07	1,86	41	51,4	52,2
100	100	60	20	2,06	2,09	1,88	41,2	51,8	52,6
100	100	80	20	2,06	2,13	1,9	41,2	52,6	53
100	100	40	40	2,07	2,08	1,85	41,4	51,6	52
100	100	60	40	2,08	2,12	1,88	41,6	52,4	52,6
100	100	80	40	2,08	2,13	1,89	41,6	52,6	52,8
100	100	60	60	2,08	2,14	1,88	41,6	52,8	52,6
100	100	80	60	2,09	2,15	1,89	41,8	53	52,8
100	100	80	80	2,1	2,16	1,89	42	53,2	52,8
300	100	20	0	4,09	4,03	3,66	81,8	90,6	88,2
300	100	40	0	4,17	4,12	3,71	83,4	92,4	89,2
300	100	60	0	4,21	4,19	3,74	84,2	93,8	89,8
300	100	80	0	4,21	4,3	3,8	84,2	96	91
300	100	20	20	4,11	4,06	3,68	82,2	91,2	88,6
300	100	40	20	4,2	4,13	3,72	84	92,6	89,4
300	100	60	20	4,23	4,22	3,76	84,6	94,4	90,2
300	100	80	20	4,24	4,31	3,8	84,8	96,2	91
300	100	40	40	4,21	4,14	3,72	84,2	92,8	89,4
300	100	60	40	4,24	4,26	3,77	84,8	95,2	90,4
300	100	80	40	4,25	4,31	3,8	85	96,2	91
300	100	60	60	4,24	4,24	3,77	84,8	94,8	90,4
300	100	80	60	4,25	4,33	3,82	85	96,6	91,4
300	100	80	80	4,25	4,34	3,82	85	96,8	91,4
300	300	20	0	6,11	6,05	5,5	122,2	131	125
300	300	40	0	6,17	6,16	5,57	123,4	133,2	126,4
300	300	60	0	6,21	6,22	5,65	124,2	134,4	128
300	300	80	0	6,23	6,31	5,74	124,6	136,2	129,8
300	300	20	20	6,22	6,16	5,54	124,4	133,2	125,8
300	300	40	20	6,28	6,22	5,6	125,6	134,4	127
300	300	60	20	6,32	6,31	5,67	126,4	136,2	128,4
300	300	80	20	6,35	6,39	5,73	127	137,8	129,6
300	300	40	40	6,34	6,27	5,61	126,8	135,4	127,2
300	300	60	40	6,4	6,4	5,69	128	138	128,8
300	300	80	40	6,42	6,47	5,76	128,4	139,4	130,2
300	300	60	60	6,43	6,47	5,72	128,6	139,4	129,4
300	300	80	60	6,45	6,53	5,76	129	140,6	130,2
300	300	80	80	6,43	6,58	5,78	128,6	141,6	130,6
500	100	20	0	6,67	6,09	5,54	133,4	131,8	125,8
500	100	40	0	6,56	6,22	5,54	131,2	134,4	125,8
500	100	60	0	6,54	6,42	5,7	130,8	138,4	129
500	100	80	0	6,45	6,54	5,79	129	140,8	130,8
500	100	20	20	6,71	6,1	5,55	134,2	132	126
500	100	40	20	6,59	6,26	5,61	131,8	135,2	127,2
500	100	60	20	6,56	6,42	5,71	131,2	138,4	129,2

VOL VIA PPAL	VOL VIA SEC	% GIRO IZQ PPAL	% GIRO IZQ SEC	N	R1	R2	COSTOS TOTALES		
				TT	TT	TT	N	R1	R2
500	100	80	20	6,47	6,57	5,82	129,4	141,4	131,4
500	100	40	40	6,6	6,27	5,62	132	135,4	127,4
500	100	60	40	6,57	6,42	5,71	131,4	138,4	129,2
500	100	80	40	6,48	6,58	5,8	129,6	141,6	131
500	100	60	60	6,58	6,44	5,72	131,6	138,8	129,4
500	100	80	60	6,49	6,6	5,81	129,8	142	131,2
500	100	80	80	6,48	6,61	5,82	129,6	142,2	131,4
500	300	20	0	8,78	8,23	7,5	175,6	174,6	165
500	300	40	0	8,82	8,35	7,55	176,4	177	166
500	300	60	0	8,76	8,52	7,7	175,2	180,4	169
500	300	80	0	8,58	8,7	7,83	171,6	184	171,6
500	300	20	20	8,87	8,29	7,5	177,4	175,8	165
500	300	40	20	8,92	8,42	7,6	178,4	178,4	167
500	300	60	20	8,83	8,63	7,71	176,6	182,6	169,2
500	300	80	20	8,66	8,79	7,82	173,2	185,8	171,4
500	300	40	40	8,99	8,47	7,61	179,8	179,4	167,2
500	300	60	40	8,89	8,67	7,71	177,8	183,4	169,2
500	300	80	40	8,73	8,86	7,85	174,6	187,2	172
500	300	60	60	8,91	8,74	7,73	178,2	184,8	169,6
500	300	80	60	8,75	8,96	7,86	175	189,2	172,2
500	300	80	80	8,75	9,02	7,87	175	190,4	172,4
500	500	20	0	11,13	10,32	9,38	222,6	216,4	202,6
500	500	40	0	11,11	10,56	9,56	222,2	221,2	206,2
500	500	60	0	10,98	10,7	9,73	219,6	224	209,6
500	500	80	0	10,88	10,95	9,99	217,6	229	214,8
500	500	20	20	11,8	10,46	9,41	236	219,2	203,2
500	500	40	20	11,62	10,68	9,54	232,4	223,6	205,8
500	500	60	20	11,52	10,92	9,7	230,4	228,4	209
500	500	80	20	11,54	11,11	9,9	230,8	232,2	213
500	500	40	40	11,57	10,71	9,55	231,4	224,2	206
500	500	60	40	11,49		9,69	229,8		208,8
500	500	80	40	11,33	11,3	9,87	226,6	236	212,4
500	500	60	60	11,41	11,08	9,72	228,2	231,6	209,4
500	500	80	60	11,23	11,33	9,81	224,6	236,6	211,2
500	500	80	80	11,1		9,87	222		212,4
700	100	20	0	11,28	8,24	7,46	225,6	174,8	164,2
700	100	40	0	9,69	8,49	7,59	193,8	179,8	166,8
700	100	60	0	9,15	8,69	7,71	183	183,8	169,2
700	100	80	0	8,81	8,92	7,9	176,2	188,4	173
700	100	20	20	11,29	8,24	7,47	225,8	174,8	164,4
700	100	40	20	9,77	8,49	7,6	195,4	179,8	167
700	100	60	20	9,16	8,72	7,72	183,2	184,4	169,4
700	100	80	20	8,84	8,97	7,89	176,8	189,4	172,8
700	100	40	40	9,79	8,55	7,63	195,8	181	167,6
700	100	60	40	9,17	8,76	7,72	183,4	185,2	169,4
700	100	80	40	8,85	8,99	7,9	177	189,8	173
700	100	60	60	9,17	8,73	7,71	183,4	184,6	169,2
700	100	80	60	8,85	9,01	7,92	177	190,2	173,4
700	100	80	80	8,85	8,99	7,9	177	189,8	173

VOL VIA PPAL	VOL VIA SEC	% GIRO IZQ PPAL	% GIRO IZQ SEC	N	R1	R2	COSTOS TOTALES		
				TT	TT	TT	N	R1	R2
700	300	20	0	14,42	10,45	9,38	288,4	219	202,6
700	300	40	0	11,82	10,7	9,55	236,4	224	206
700	300	60	0	11,32	11,01	9,76	226,4	230,2	210,2
700	300	80	0	11,11		10,1	222,2		217
700	300	20	20	14,02	10,48	9,46	280,4	219,6	204,2
700	300	40	20	11,94	10,65	9,56	238,8	223	206,2
700	300	60	20	11,4	11,08	9,79	228	231,6	210,8
700	300	80	20	11,2	11,43	10,03	224	238,6	215,6
700	300	40	40	12,02	10,68	9,59	240,4	223,6	206,8
700	300	60	40	11,45	11,04	9,78	229	230,8	210,6
700	300	80	40	11,22		10,06	224,4		216,2
700	300	60	60	11,45	10,97	9,78	229	229,4	210,6
700	300	80	60	11,2	11,41	9,99	224	238,2	214,8
700	300	80	80	11,19	11,24	9,99	223,8	234,8	214,8
700	500	20	0	18,11	12,69	11,48	362,2	263,8	244,6
700	500	40	0	15,08	13,12	11,75	301,6	272,4	250
700	500	60	0	14,06		12,12	281,2		257,4
700	500	80	0	13,58		12,42	271,6		263,4
700	500	20	20	19,61	12,93	11,54	392,2	268,6	245,8
700	500	40	20	16,07		11,71	321,4		249,2
700	500	60	20	14,8		11,94	296		253,8
700	500	80	20	14,19		12,37	283,8		262,4
700	500	40	40	15,67		11,79	313,4		250,8
700	500	60	40	14,64		11,93	292,8		253,6
700	500	80	40	14,07		12,23	281,4		259,6
700	500	60	60	14,37		11,98	287,4		254,6
700	500	80	60	13,95		12,18	279		258,6
700	500	80	80	13,79		12,16	275,8		258,2
700	700	20	0	25,97		13,48	519,4		284,6
700	700	40	0	18,64		13,89	372,8		292,8
700	700	60	0	16,91		14,36	338,2		302,2
700	700	80	0	16,13			322,6		
700	700	20	20			13,59			286,8
700	700	40	20						
700	700	60	20	21,15			423		
700	700	80	20	19,33			386,6		
700	700	40	40	22,02		13,77	440,4		290,4
700	700	60	40	19,71		14,03	394,2		295,6
700	700	80	40	17,81		14,66	356,2		308,2
700	700	60	60	17,9		14,08	358		296,6
700	700	80	60	17,1		14,2	342		299
700	700	80	80	16,4		14,28	328		300,6
900	100	20	0	16,69	10,47	9,46	333,8	219,4	204,2
900	100	40	0	13,2	10,79	9,62	264	225,8	207,4
900	100	60	0	11,81	11,17	9,84	236,2	233,4	211,8
900	100	80	0	11,15	11,74	10,16	223	244,8	218,2
900	100	20	20	19,31	10,47	9,47	386,2	219,4	204,4
900	100	40	20	13,14	10,81	9,64	262,8	226,2	207,8
900	100	60	20	11,84	11,32	9,87	236,8	236,4	212,4

VOL VIA PPAL	VOL VIA SEC	% GIRO IZQ PPAL	% GIRO IZQ SEC	N	R1	R2	COSTOS TOTALES		
				TT	TT	TT	N	R1	R2
900	100	80	20	11,18	11,73	10,17	223,6	244,6	218,4
900	100	40	40	13,07	10,86	9,66	261,4	227,2	208,2
900	100	60	40	11,81	11,33	9,87	236,2	236,6	212,4
900	100	80	40	11,18	12,27	10,21	223,6	255,4	219,2
900	100	60	60	11,83	11,25	9,83	236,6	235	211,6
900	100	80	60	11,18		10,14	223,6		217,8
900	100	80	80	11,18		10,15	223,6		218
900	300	20	0			11,55			246
900	300	40	0	17,37		11,68	347,4		248,6
900	300	60	0	14,59		12,09	291,8		256,8
900	300	80	0	13,58		12,8	271,6		271
900	300	20	20		13,09	11,65		271,8	248
900	300	40	20	16,86	13,48	11,74	337,2	279,6	249,8
900	300	60	20	14,91		12,06	298,2		256,2
900	300	80	20	13,78		12,79	275,6		270,8
900	300	40	40	17,19		11,78	343,8		250,6
900	300	60	40	14,7		12,09	294		256,8
900	300	80	40	13,82		12,65	276,4		268
900	300	60	60	14,72		12,03	294,4		255,6
900	300	80	60	13,76		12,44	275,2		263,8
900	300	80	80	13,67		12,38	273,4		262,6
900	500	20	0			13,56			286,2
900	500	40	0			13,9			293
900	500	60	0	17,92		14,45	358,4		304
900	500	80	0	16,36		15,75	327,2		330
900	500	20	20			13,58			286,6
900	500	40	20			13,83			291,6
900	500	60	20	19,35		14,31	387		301,2
900	500	80	20	17,1		15,19	342		318,8
900	500	40	40			13,85			292
900	500	60	40	18,71		14,31	374,2		301,2
900	500	80	40	16,84		14,93	336,8		313,6
900	500	60	60	18,3		14,19	366		298,8
900	500	80	60	16,67		14,73	333,4		309,6
900	500	80	80	16,37		14,71	327,4		309,2
900	700	20	0			15,93			333,6
900	700	40	0			16,31			341,2