

# XVII CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRANSITO

## Presentación de Trabajo Técnico

**“CRITERIOS DE PREFACTIBILIDAD PARA DISEÑOS DE INTERSECCIONES VIALES”**

Dedicado al Ing. Aníbal Vázquez

### Autores

Inga. María Dolores Ruiz

Inga. Elisa Frígoli Albert

Inga. María Celeste Diez

Sr. Luis Ernesto Bianchi

Srita. Marilina Macey

Sr. Germán Fernández

*Dirección postal completa: Calle 48 y 115 – La Plata - Bs As*

*Número de teléfono: (0221) 4236687*

*Dirección de correo electrónico: lapiv@ing.unlp.edu.ar*

*Dirección de correo electrónico: transportesunlp@yahoo.com.ar*

### **A-Objetivos:**

Si la mejor solución para el diseño geométrico de una intersección es el resultado de estudios asociados a una serie de factores, donde se encuentran las características geométricas, la topografía, el volumen vehicular con sus movimientos; los costos operativos y el tiempo, en este estudio además de lo anteriormente citado quiere sumar para priorizar el diseño geométrico de la misma la seguridad vial, o sea aquellas que además de cumplir con su capacidad reduzcan la siniestralidad.

### **B-Desarrollo:**

Cuando se trata de obras viales, es bueno tener presente lo que enseñaba en la década del 40 el fundador de Cátedra de Vías de Comunicación en la Universidad de Buenos Aires Ing. Pascual Palazzo:

“El camino ideal no tiene ningún cartel de peligro, porque todos los peligros previsibles fueron eliminados por la ingeniería vial”.

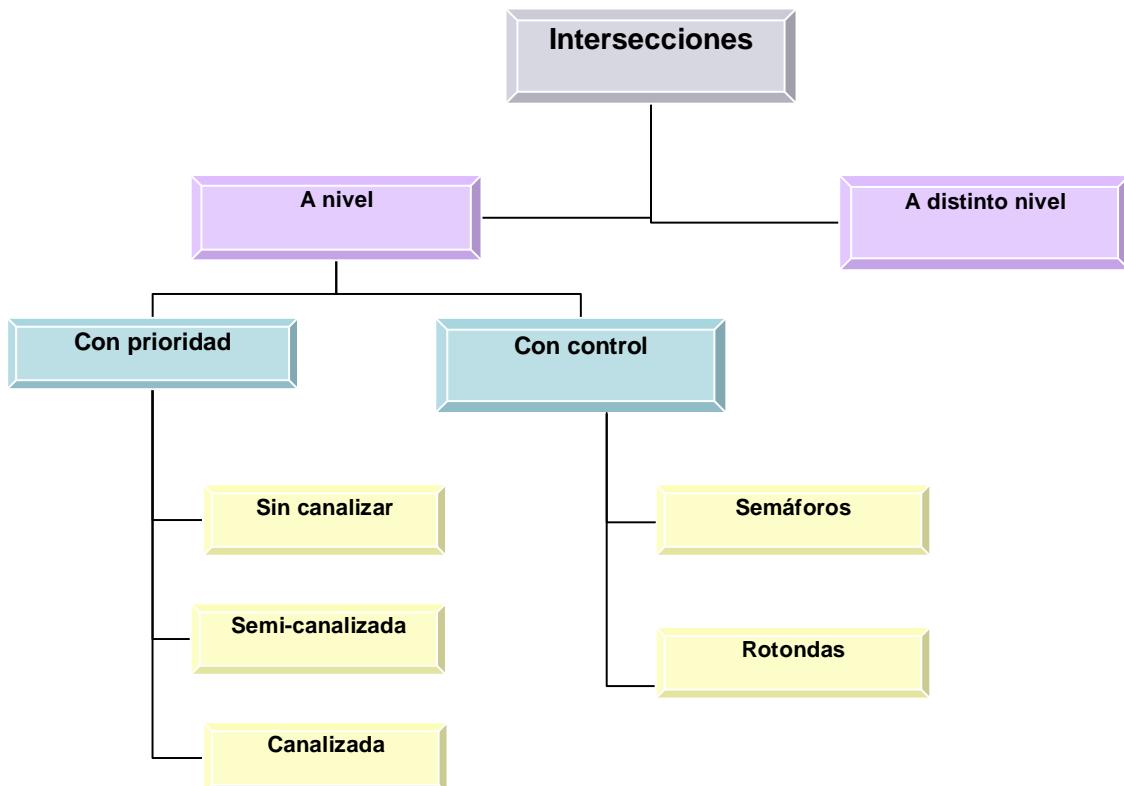
El presente estudio presenta una propuesta a través de gráficos donde ingresamos con el TMDA (tránsito medio diario anual) actual permita establecer como están funcionando las distintas intersecciones o cuáles deberían diseñarse si tenemos el TMDA futuro.

A partir del análisis de las distintas bibliografías estudiadas, se puede observar la falta de homogeneidad en los criterios de selección del tipo de intersección.

Consideramos que los gráficos diseñados de acuerdo a todo el material estudiado, debe ser el comienzo, a partir del cual, con la incorporación de los antecedentes propios obtenidos en evaluaciones de comportamiento o a través distintos cambios geométricos que se puedan realizar a intersecciones materializadas, permitan ir corrigiéndolos, con el fin de obtener mejores resultados, a partir de acotar errores.

Se ha demostrado que cualquier inversión que se realice sobre esta infraestructura produce para el conjunto social y económico ahorros del orden de 5 veces su monto.

Las distintas tipos de intersecciones posibles en nuestro estudio son:



**B-1-Intersecciones con prioridad de paso:** Las intersecciones con prioridad las podemos clasificar en:

- ⌚ Intersección sin canalizar: Es el diseño más simple y no tiene isletas. Para bajos volúmenes de tránsito;
- ⌚ Parcialmente canalizada: Es un diseño para las intersecciones con un volumen moderado. Cuenta con una isleta sobre la vía secundaria. En las zonas urbanas, la isleta se halla acordonada con el fin de proporcionar un refugio para los peatones;
- ⌚ Canalizada: Es un diseño para las intersecciones con un volumen alto para este tipo de intersecciones. Cuenta con una isleta sobre la vía secundaria e isletas sobre la vía principal con dársenas.

#### **B-2-Intersecciones con control:**

Las intersecciones con control se utilizan sobre todo en las ciudades, es decir en áreas urbanizadas. Sin embargo, las rotundas se pueden utilizar en las zonas rurales en las intersecciones entre las principales vías u otras intersecciones con altos volúmenes de tránsito.

Un requisito básico para todas las intersecciones controladas es que los conductores deben ver el dispositivo de control suficientemente antes para realizar la acción que indica.

## B-2-1 -Rotondas

Las rotondas son controladas por la regla, de que todo el tránsito de entrada debe dar paso a circulante. La relación entre el entrante de la carretera secundaria al total de entrada debe ser preferiblemente entre un 10 a 15%. Rotondas pueden ser de tamaño normal, es decir, con isleta central 10m radio o más, o el tamaño pequeño, es decir, con el radio central de menos de 10 m. El número de carriles de entrada pueden ser uno ó dos en general.

### B-2-1-a Tipos de rotondas

- Mini rotondas: medio de implantación en área residencial, diámetro del islote central menor de 4m., diámetro externo entre 10m. - 20m.



- Rotondas medianas: en zonas urbanas y suburbanas, diámetro externo entre 23m. - 35m.



- Rotondas grandes: en zonas interurbanas y rurales, velocidades demasiado altas, diámetro externo entre 30m. - mayor de 40m.



### **B-2-1-b Capacidad en rotondas**

En las **Tablas 3 y 4**, se observan clasificaciones detalladas de las rotondas y valores de parámetros que las caracterizan y diferencian entre sí, entre ellos a nivel capacidad de las mismas.

	Rotondas				
	Mini rotondas	Urbana (un carril)	Urbana (dos carriles)	Rural (un carril)	Rural (dos carriles)
Máx. veloc. entrada [Km/h]	25	35	40	40	50
Diámetro [m]	13 - 25	30 - 40	40 - 55	35 - 40	55 - 60
Vol. Servicio cuatro ramas [veh/día]	10000	20000	25000	20000	30000
	1000 - 20000	5000 - 25000	18000 - 32500	6000 - 24000	20000 - 40000
Vol. Servicio cuatro ramas [veh/h]	1300	2600	3250	3000	4500
	130 - 2600	650 - 3250	2350 - 4250	900 - 3600	3000 - 6000

Tipos de rotondas.

Fuente: *Roundabouts: An Informational Guide*. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. / *Turbo - roundabout an experience from Germany*. Institute for Transportation and Traffic Engineering.

	Mini rotondas	Rotondas un carril	Rotondas muticarril
Máx. veloc. entrada [Km/h]	25 - 30	30 - 40	40 - 50
Diámetro [m]	13 - 27	27 - 55	46 - 91
Vol. Servicio cuatro ramas [veh/día]	15000	25000	45000
Vol. Servicio cuatro ramas [veh/h]	1950	3250	5850

Tipos de rotondas.

Fuente: *Roundabouts: An Informational Guide* (2da ed.). U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.

La capacidad de las rotondas se encuentra condicionada por la geometría de la rotonda (cada metro suplementario por encima del ancho estándar aumenta un 10% la capacidad de la rotonda) y los movimientos que soporta.

### **B-2-1-c Reducción de accidentes**

Las rotondas, demuestran cierta superioridad en cuanto al nivel de seguridad respecto de las intersecciones convencionales con o sin semaforizar. Estudios realizados en varios países sobre intersecciones convertidas en rotondas, exponen cómo el número de accidentes y el de víctimas mortales se reduce considerablemente tras la implantación del nuevo tipo de intersección. A continuación se observan los principales estudios llevados a cabo:

- Holanda: C. Schoon y J. van Minnen, en “The Safety of Roundabouts in the Netherlands”, publicado por el Institute for Road Safety Research en 1992, muestra el análisis de 181 intersecciones convertidas a rotondas.

Se presentan reducciones del 51% en el número de accidentes y del 72% en la gravedad de los mismos; en el caso de los ciclistas se tienen reducciones del 44% y para los peatones se observa una reducción de 76% en todos los choques contra peatones, y de 89% de peatones heridos.

- Estados Unidos: del análisis de 24 intersecciones convertidas en rotondas, se estiman reducciones de 39% para todas las gravedades combinadas de los choques y del 76% para todos los choques con heridos.

Eisenman y otros, (2004) analizaron antes y después de la actuación operacional y de seguridad de 33 instalaciones de rotondas, convertidas de intersecciones de prioridad y con control de señales, la reducción global de accidentes con lesión fue del 72%, mientras que todos los accidentes se redujeron en un 47%.

La conversión de intersecciones con semáforos a rotondas, mostró una reducción del 48% en todas las colisiones, 78% en colisiones mortales o con lesiones y 60% en colisiones mortales o con lesiones en áreas urbanas.

- Australia: R.T. Tudge publicó en 1990 un estudio llamado “Accidents at Roundabouts in New South Wales” realizado sobre 230 rotondas australianas que presentaron una disminución del 41% en el número de accidentes, reduciéndose asimismo su gravedad.
- Alemania: Werner Brilon analizó en 1996, 34 intersecciones convertidas en rotondas modernas, donde los accidentes se habían reducido un 40%.
- Francia: El Centre D'Etudes Techniques de l'Equipement de l'Ouest realizó en 1986 un estudio sobre 83 rotondas que concluye destacando las mejoras que se obtienen en

materia de seguridad al cambiar una intersección convencional por una rotonda, a la vez que indica que estas mejoras se ven incrementadas por la regla de prioridad del anillo; se observan reducciones de entre 57-78% de accidentes con lesión.

- Churchill y otros, (2010) evaluaron los efectos de la conversión de las intersecciones de prioridad a las rotondas, y el efecto de la instalación de nuevas rotondas sobre víctimas de accidentes. Se analizaron los datos de accidentes para todas las rotondas, conocidos entre 1995-2005 a través de los Países Bajos, encontrando una reducción estadísticamente significativa en los siniestros; la reducción de víctimas mortales fue del 76% y de las lesiones graves o mortales del 46%.

En la siguiente tabla se detallan los valores de reducción de accidentes, tanto del total como de los que presentan lesionados, observándose valores coherentes entre el estudio realizado por Estados Unidos y otros países.

Países	Medida de reducción (%)	
	Todos los accidentes	Accidentes con lesión
Australia	41-61	45-87
Francia		57-78
Alemania	36	
Holanda	47	
Gran Bretaña		25-39
Estados Unidos	37	76

Reducción de accidentes según estudios en varios países.

Fuente: Roundabouts: An Informational Guide (2da ed.). U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.

La frecuencia y gravedad de los accidentes en rotondas depende de diseño geométrico, el volumen de tránsito, la velocidad y el número de brazos.

La reducción en el número y la gravedad de los accidentes de automóvil que experimenta una intersección tras la construcción de una rotonda, se debe fundamentalmente:

- A la reducción de velocidad que acompaña a su funcionamiento.
- A la desaparición de ángulos próximos al recto en el encuentro entre corrientes de tránsito, siempre que las entradas tengan la geometría adecuada.
- A la sencillez de su funcionamiento.

## B-2-2- Turborrotundas

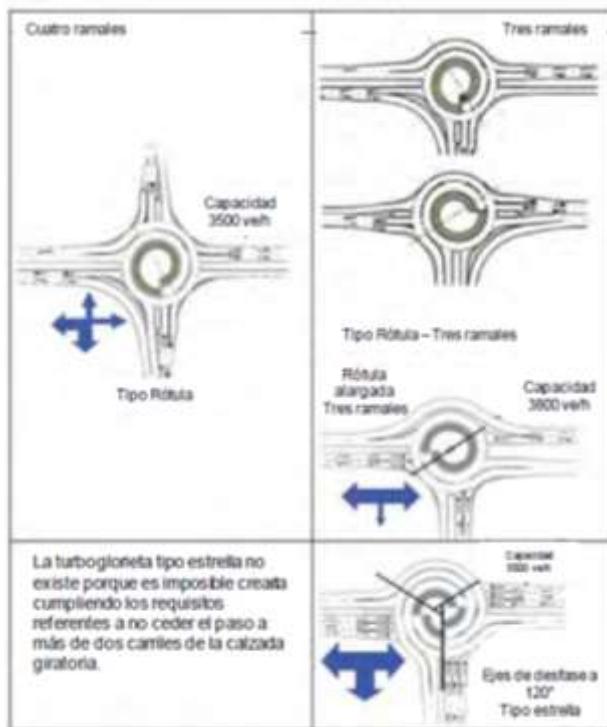
La geometría básica de la turborrotundas corresponde a la de una rotonda convencional, con un desfase de un carril en la calzada giratoria; lo que hace que la isla central tome forma de turbina. Este desfase permite que los vehículos provenientes del flujo principal, sólo tengan que ceder el paso a los vehículos que circulan por un (1) carril de la calzada

giratoria, en el caso de una turborotonda de dos (2) carriles en dicha cañada, conocida como turborotonda básica. Los vehículos provenientes de los ramales secundarios deben ceder el paso a uno (1) ó dos (2) de los carriles de giro, dependiendo del movimiento a realizar.

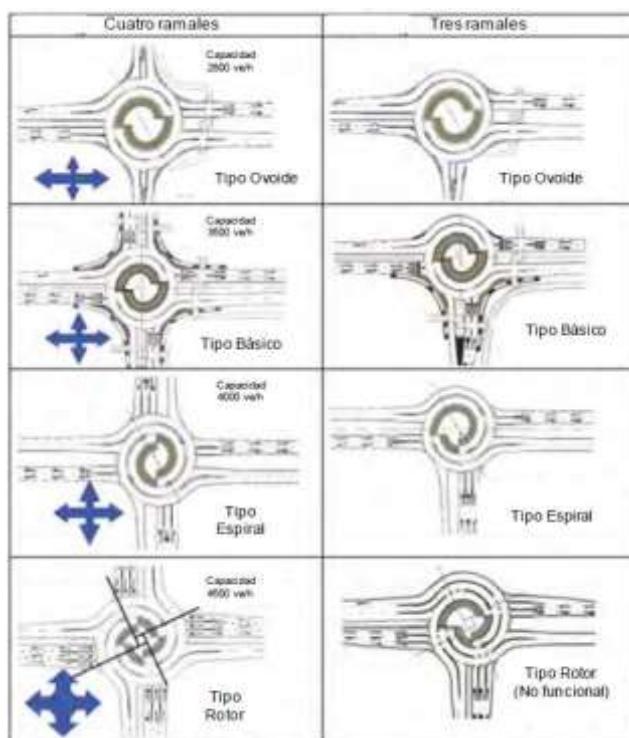


### **Tipos de turborotondas**

En las **Figuras siguientes**, se detallan distintas alternativas geométricas de Turborotondas.



Fuente: Fortuin, Lambertus. Turbo Roundabouts. Design principles and safety performance (2009a).



Fuente: Fortuijn, Lambertus. Turbo Roundabouts. Design principles and safety performance (2009a).

### Capacidad en turborrotundas

En la **Tabla a continuación** se detallan para cada tipo de Turborrotonda, la capacidad de las mismas.

Tipo	No. de ramales	Capacidad (pcu/h)
Knee - Rótula	4	3500
	3	3300
Stretched knee - Rótula alargada	3	3800
	3	5500
Star - Estrella	4	Solución imposible dado que no se cumpliría el criterio de ceder el paso a máximo dos carriles paralelos de la calzada giratoria.
Egg - Ovoide	3	*
	4	2800
Basic - Básica	3	*
	4	3500
Spiral - Espiral	3	*
	4	4000
Rotor	3	Considerada no funcional por su autor.
	4	4500

Capacidad según tipo de Turborrotonda

Fuente: Adaptado de Fortuijn, Lambertus. Turbo Roundabouts. Design principles and safety performance (2009a)

Citado por: Bulla Cruz, Lenin Alexander (2010) Metodología para la Evaluación Técnica y Operativa de Turboglorias como Alternativa de Intersección Vial en el Ámbito Urbano Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Bogotá.

La característica principal de las turborrotondas es que separa los flujos direccionales desde antes de entrar en la intersección, reduciendo los puntos de conflicto en la entrada.

Por lo tanto genera una:

- Mejora de la seguridad vial, dado que su diseño curvado invita a los conductores a reducir la velocidad en el entorno de las turborrotondas, resultando más seguras que una intersección con prioridad, intersección semaforizada y rotonda multicarril.
- Mejora de capacidad: aumenta entre un 15%-20% la capacidad respecto de las rotondas tradicionales.

### **Intersección semaforizada**

Se implementan en áreas urbanas o suburbanas, a partir de umbrales de intensidad de tránsito, por encima de los cuales las intersecciones convencionales se muestran incapaces de funcionar sin regulación, es una alternativa a los problemas de congestión o seguridad del tránsito.



Cruce Camino Centenario – Villa Elisa. Intersección controlada con semáforos.



Cruce RP51 – RN8, Arrecifes. Intersección en zona urbana, controlada con semáforos.

Se justifica el empleo de la semaforización por volumen vehicular, volumen peatonal, demoras en el acceso secundario, accidentes (cinco o más accidentes anuales de cierta consideración en los últimos 3 años).

Las rotondas son adecuadas para casi todas las situaciones, siempre y cuando haya espacio suficiente. Las rotondas son más seguras que las intersecciones semaforizadas, y son adecuados tanto para el tránsito de bajo y medio. A volúmenes de tránsito muy elevados tienden a obstruirse debido a los conductores que no obedecen las reglas de prioridad.



Las intersecciones semaforizadas son la opción preferida en las zonas urbanas con grandes volúmenes vehiculares. Redes coordinados de semáforos (Área de Control de Tránsito) puede traer grandes mejoras en el flujo de tránsito y una reducción significativa en retrasos y paralizaciones. Sin embargo, deben ser basados en la demanda, con el fin de obtener el máximo la capacidad de cada intersección.

Si una intersección semaforizada es considerada sobre la base de las condiciones de planificación o el volumen de tránsito, se deben hacer análisis de la capacidad y el análisis económico. Esto debe incluir la construcción de rutas y los costos de mantenimiento, los costos de accidentes, costos de tiempo de viaje, costos de operación vehicular y los costos ambientales.

Una correcta intersección semaforizada, adecuadamente diseñada, puede mejorar la seguridad y eficiencia del tránsito por la reducción de la congestión y los conflictos entre los diferentes movimientos de los vehículos. Las principales ventajas son:

- *El tiempo máximo de espera es fijo y conocido (si no se alcanza la capacidad);*
- *la capacidad disponible se distribuye equitativamente entre los enfoques; y*
- *el conductor en la vía secundaria no tiene que hacer un juicio sobre cuándo es seguro ingresar.*

La mayoría de los problemas de seguridad que surgen en estas intersecciones están relacionados con los conductores que pasan por el semáforo en rojo, y colisiones traseras por los cambios de señal de verde a rojo. Esto tiene implicaciones para la visibilidad de la señal y los tiempos.

### **Capacidad en intersecciones semaforizadas**

La capacidad en intersecciones reguladas por semáforos se basa en conceptos de: saturación e intensidad de saturación (veh/hv: vehículos por hora de tiempo de verde efectivo), que es la máxima intensidad de circulación que puede circular por grupo de carriles dado en condiciones de calzada y circulación prevalecientes; el nivel de servicio se determina en términos de demora (demora media de parada por vehículo para un período de análisis de 15 minutos).

Si la relación intensidad de tránsito/capacidad es mayor que 1, el semáforo y diseño geométrico no pueden acomodar combinación de flujos críticos de intersección.

**Un valor de intensidad muy común en tránsito y determinativo de un nivel de servicio aceptable es de 250 veh/m de ancho y hora de verde**

Fuente: Bañón Blázquez Luís y Beviá García José F (2000).

Manual de carreteras. Volúmenes I y II

### **Reducción de accidentes**

La reducción de accidentes con heridos en este tipo de intersección semaforizada, respecto de las intersecciones convencionales o controladas por otros medios, para cruces de tres ramas es de 15% y para cruces de cuatro ramas 30%.

En la **Tabla siguiente**, se detalla el porcentaje de cambio en el número de accidentes, en relación a la implementación de semáforos.

Severidad del accidente	Porcentaje de cambio en el número de accidentes		
	Tipos de accidentes afectados	Mejor estimación	Intervalo de 95% de confianza
<b>intersecciones de tres ramas semaforizadas</b>			
Accidentes con lesiones	Accidentes en los cruces	-15	(-25; -5)
Daño a la propiedad sólo por accidentes	Accidentes en los cruces	-15	(-40; +15)
<b>Intersecciones de cuatro ramas semaforizadas</b>			
Accidentes con lesiones	Accidentes en los cruces	-30	(-35; -25)
Daño a la propiedad sólo por accidentes	Accidentes en los cruces	-35	(-45; -25)

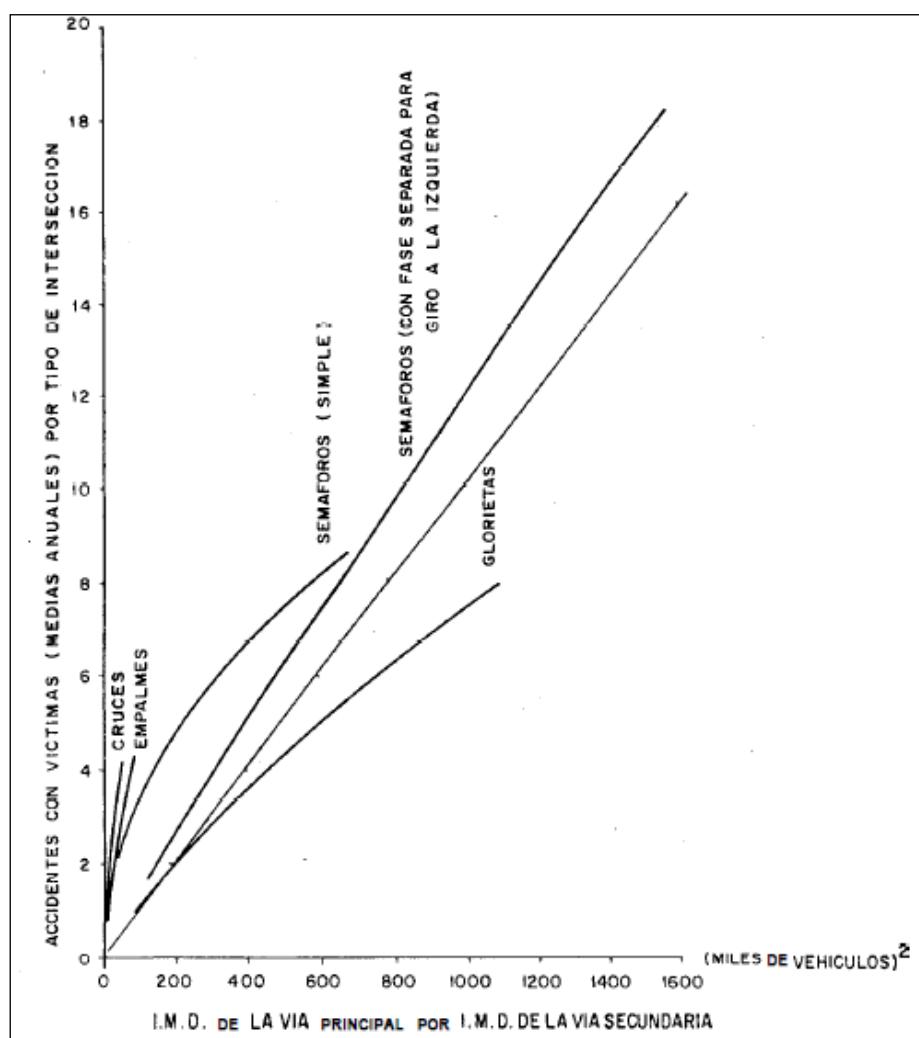
Efecto sobre accidentes cuando se transforma una intersección con prioridad a una semaforizada.

Fuente: *The Handbook of Road Safety Measures* (2<sup>da</sup> ed.)

## Comparación entre Rotondas y Semáforos-Capacidad

Si comparamos ahora, implementación de rotondas y semáforos que define los tipos de intersecciones mediante el volumen vehicular en vías principales y secundarias, ambas alternativas pueden evaluarse para adoptar la más conveniente a aplicar en un cruce dado, lo cual se puede determinar mediante el análisis de grados de accidentes, a través de estudios que muestran la reducción de los mismos ante el empleo de alguna de estas intersecciones, desde el punto de vista económico, considerando las demoras y el espacio utilizado. Se ha demostrado que el índice de choques graves en rotondas es la mitad del índice en las intersecciones con semáforos (caminos urbanos, Victoria).

Una unión tiene siempre un espacio común compartido por varios flujos de tránsito. Los conflictos entre los flujos de tránsito son las principales fuentes de accidentes de tránsito.



### Accidentes con víctimas en intersecciones de carreteras de calzadas separadas

Fuente: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, (1999) Recomendaciones sobre glorietas / Dirección General de Carreteras.-3" reimp. - Madrid: .45 p: il. ; 30 cm.- (Serie normativas. Instrucciones de construcción)

Para evitar los accidentes de tránsito, los flujos de tránsito en conflicto deben ser separados en el tiempo. La rotonda es un cruce con una isleta central donde los flujos de tránsito en conflicto están separados en el tiempo por las reglas de prioridad, es decir, los vehículos de entrada deben dar paso a los vehículos que circulan.

Cruce semaforizado es un cruce con semáforos donde los conflictos están separados en el tiempo por el semáforo. En un diseño de unión nos enfrentamos a menudo con la posibilidad de elegir entre un diseño de rotondas y un diseño de cruce semaforizado.

Para tomar la decisión, una pregunta importante debe ser contestada es cual diseño da una mayor capacidad y seguridad. Hasta ahora, hay pocas investigaciones que responden claramente a esta pregunta. Por lo tanto se necesita una investigación acerca de la comparación detallada de la capacidad de estos dos tipos de diseños de unión. Un trabajo realizado por Jian-an Tan en la 1st Swis Transport Research Conference se trata de comparar la capacidad de rotonda y semaforizadas. Las dificultades sobre la comparación de las capacidades es que, por las rotondas se utiliza el concepto de capacidad de entrada, y para las intersecciones semaforizadas se utiliza el concepto de grupo de carril o la capacidad de enfoque.



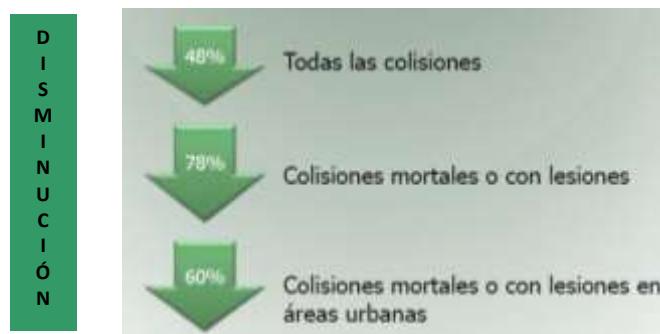
Si bien considera que deben seguir haciéndose estudios, los resultados a los que arriba el estudio son en la mini-rotonda, la capacidad total de diseño rotonda es siempre mayor que diseño de intersección semaforizada; en la rotonda pequeña, la capacidad total de la rotonda es mayor que la intersección semaforizada en la mayoría de los casos; en la rotonda mediana, la capacidad total de rotonda es mayor que la intersección semaforizada cuando la relación de girar a la izquierda y seguir derecho es relativamente baja, de lo contrario la capacidad total de diseño de intersección señalizada será mayor que la de rotonda; en la rotonda grande, la capacidad total de rotonda es menor que la señal de intersección en los casos más comunes. Se puede demostrar, que las mismas conclusiones

también son aplicables a las uniones con tres ramas. Si bien este es un estudio preliminar nos da rápidamente una visión del comportamiento de una y otra condición.

Fuente: Tan, Jian-an (2001). Citec ingénieurs conseils SA Comparison of capacity between roundabout design and signalised junction design Conference paper STRC 2001 Session Engineering 1st Swiss Transport Research Conference. Monte Verità / Ascona

### Comparación entre Rotondas y Semáforos-Accidentes

Del análisis de los antecedentes evaluados, respecto a estudios llevados a cabo, en relación a las investigaciones efectuadas desde el punto de vista de los siniestros viales, cuando se produce la conversión de una intersección semaforizada a una intersección del tipo rotacional, podemos concluir en los siguientes resultados.



Fuente: Safe Road for a Safer Future(2010). *Aspectos de seguridad en las glorietas* U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration

### Intersecciones a distinto nivel.

Dada la diferenciación de los tipos de intersecciones, se analiza la capacidad y los niveles de servicio de las mismas para determinar cuándo resulta conveniente pasar de un tipo de intersección a otro.

Se considera el grado de accidentes de acuerdo al tipo de intersección observando los puntos de conflicto (la frecuencia de choques en una intersección es relativa al número de puntos conflictivos de la misma como a la magnitud de flujo que llega a cada uno de estos puntos) y la velocidad (basado en las velocidades relativas de los flujos que confluyen velocidad y ángulo). En una intersección, la posibilidad de maniobras evasivas de urgencia son menores si la velocidad es mayor, el aumento de la velocidad no solo aumenta el número de accidentes sino también la gravedad de los mismos, sumado a que el aumento de velocidad reduce el campo de visión del conductor.

Tal como el análisis de accidentes, el análisis de puntos conflictivos debe ser algo más que una simple enumeración de los mismos, debería contener al menos los siguientes factores:

Existencia del punto de conflicto

Exposición, medida a través del producto de dos volúmenes de flujo vehicular chocando en el punto conflictivo

Severidad, basado como anteriormente se citó en las velocidades relativas de los flujos que confluyen (velocidad y ángulo)

Vulnerabilidad, basado en la habilidad para cada miembro del flujo conflictivo para sobrevivir al accidente

Si bien las rotundas en las intersecciones están contribuyendo a una significativa mejora de la seguridad vial, reduciendo el número de colisiones y la gravedad de las lesiones que estas pueden ocasionar. Los casos más serios de colisiones en intersecciones convencionales (cruce vivo) fueron virtualmente eliminados por las rotundas, el número de accidentes tiende a ser menor porque la velocidad del tránsito es menor, pero ¿qué valores de TMDA son los que nos determinan su inclusión o exclusión?, y si no tenemos espacio suficiente ¿qué tipo de intersección será más conveniente?

Otra importante ventaja, cuando se las compara con los sistemas semaforizados es que evitan que los automóviles se detengan, favoreciendo de tal manera el flujo de tránsito en las zonas urbanas.

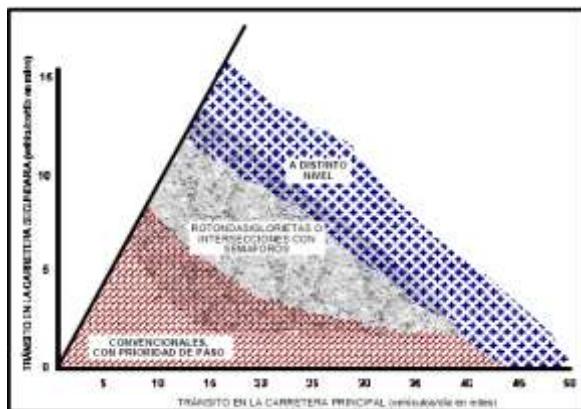
Estas son probablemente las razones principales para que hayan logrado la aceptación de los conductores que se resistían a ellas, que han terminado prefiriéndolas a las semafóricas para volúmenes de tránsito bajo y medio.

### **Antecedentes relacionados a nuestro estudio**

A continuación, se presentan una serie de antecedentes que fueron obtenidos y vinculados a nuestro estudio. Los mismos están relacionados a Gráficos, a partir de los cuales teniendo los datos de tránsito de la vía principal y secundaria del cruce a evaluar, se establece el tipo de intersección a implementar.

Los antecedentes se encuentran en normas europeas y de latinoamericanas.

El origen de las mismas es, IHT, Dot – Road and Traffic in UrbanAreas, 1987.



Tipos de intersecciones para diferentes volúmenes de tránsito.

Fuente: *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* (2<sup>da</sup> ed., cap. 5), SIECA (2004).

También se analizaron las tablas que siguen el mismo criterio:

- Tipos de intersecciones para diferentes volúmenes de tránsito Fuente: Ayuntamiento de Madrid y El Instituto Juan de Herrera de la Universidad Politécnica de Madrid. (2000) Estudios de Transporte Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid .Ficha 5.0 Intersecciones. Localización y Tipos
- Dirección de Vialidad Chile (2014) Manual de Carreteras. VOLUMEN N°3 "Instrucciones y Criterios de Diseño"

Además se analizaron las tablas de diseño de intersecciones que figuran en las siguientes bibliografías:

- National Roads Authority (1995) Geometric Design of Major/Minor Priority Junctions. Volume 6 Section 2 Part 6 NRA TD42/95 Dublin
- Design Manual for Roads and Bridges (1981). Junctions and Accesses:Determination of size of Roundabouts and Major/Minor Junctions Volume 6 Section 2 Chapter 4 Ta 23/81.Dublin
- National Roads Authority (2009) Geometric Design of Major/Minor Priority Junctions and Vehicular Access to National Roads.VOLUME 6 SECTION 2 PART 6 NRA TD 41-42/09 Dublin
- Criterios de tránsito para la selección del tipo de diseño de intersección. [Tracz, et al, 2000]
- Tipos de intersecciones canalizadas. Fuente: Intersecciones (Tema 9), Gestión técnica del tránsito.
- Estudios de Seguridad de Tránsito. Tomo II. DNV 1980.

- Dirección Nacional de Vialidad (DNV). (1967). Características de diseño geométrico de caminos rurales

Se analizó la metodología vinculada a Intersecciones a nivel, que desde nuestro punto de vista consideramos de importancia, a partir del enfoque que presenta implementada en:

- SweRoad (2000) Highway Design Report Appendix 1 Proposed Principles for Selection of Intersection Type Attachment A Selection Diagrams and Traffic Conditions. TRAFFIC SAFETY PROJECT Ankara Traffic Safety Consultancy Services
- SweRoad (2000). Traffic Safety Project. Traffic Safety Consultancy Services. Highway design report. Proposed principles for selection of intersection type (Appendix 1). Ankara.

La metodología se basa en establecer una selección que se divide en dos pasos:

- ✓ selección de la categoría de intersección (prioridad o control)
- ✓ y selección del tipo de intersección.

Se basa en los siguientes supuestos:

- ✓ • Intersecciones prioritarias pueden ser seguras y dar capacidad suficiente para la circulación de determinados volúmenes y los límites de velocidad;
- ✓ • Si una intersección de prioridad no es suficiente para la seguridad y la capacidad, la pasamos a una intersección controlada; y,
- ✓ • Dependiendo de la ubicación, las condiciones del tránsito y los límites de velocidad, se seleccionan los diferentes tipos de intersecciones con prioridad o controladas

A partir de lo anteriormente citado se conforman dos gráficos, donde el valor del TMDA, correspondientes a las vías principal y secundaria vinculadas al cruce a evaluar, nos permita determinar, a nivel de prefactibilidad, que tipo de intersección debería existir, vinculadas no solo a áreas rurales, sino también a áreas urbanas.

Las alternativas de intersecciones que incluye la metodología, son las anteriormente citadas.

En relación a las turborrotundas, destacamos que es un diseño innovador, que presenta muchas ventajas, y respecto a las intersecciones a distinto nivel, no se han diferencia a los distintos tipos existentes, pues se necesitaría poder contar con un estudio de tránsito más detallado, como por ejemplo evaluación de los movimientos de giros que se producen en el cruce en estudio.

Los gráficos propuestos se conformaron para una intersección que presente las siguientes características:

cuatro ramas

velocidad media de 70 Km/h

clasificación vehicular promedio de autos 85%, 7% ómnibus-camión liviano, 8% camión pesado.

Cualquier variable afectara a esta decisión pero lo que se busca es un análisis rápido altamente conservador desde el punto de vista de la seguridad.

Todo este procedimiento es para la Red primaria provincial o nacional.

En nuestra propuesta, se establecen como límites entre los distintos tipos de intersecciones a implementar, líneas rectas, y las áreas grises (donde hay que poner mayor atención para definir) estarían conformadas por  $\pm 20\%$  de los límites establecidos.

#### **Grafico A** (diferenciación para área rural)

Sin canalizar se considera que el límite superior que establecemos es desde 500 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 1500 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal. Se ha tomado los límites más conservadores de las distintas bibliografías estudiadas ya que esta alternativa es muy peligrosa desde la seguridad vial.

Semicanalizada: el límite superior que establecemos es desde 1000 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 8000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal.

Canalizada: el límite superior que establecemos es desde 1200 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 10000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal, pero podemos establecer una zona donde comparten con la intersección con control sería el límite inferior es desde 1200 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 10000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal y el límite superior 1200 equivalentes /día para las dos vías hasta 30000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal, si bien siempre decide el proyectista de acuerdo a su criterio y con estudios más exhaustivos de la intersección en la prefactibilidad podemos decir que debemos ir pensando en una intersección de control.

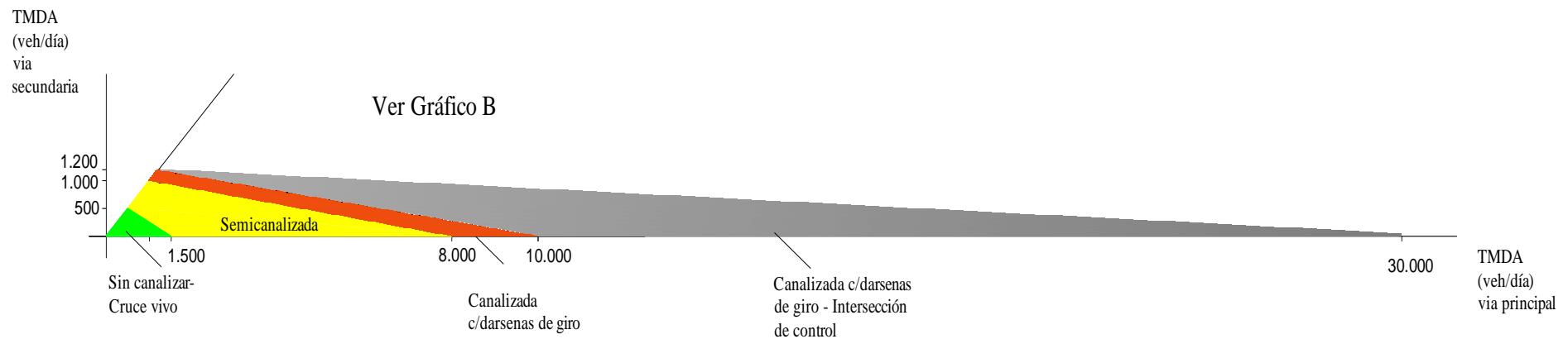


Grafico A

**Intersecciones con prioridad de paso. Este análisis detallado es referenciado al área rural**

## **Grafico B**

Intersección con prioridad ( urbano y rural) el límite superior que establecemos es desde 1200 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 10000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal, pero podemos establecer una zona donde comparten con la intersección con control seria el límite inferior es desde 1200 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 10000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal y el límite superior 1200 equivalentes /día para las dos vías hasta 30000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal, si bien siempre decide el proyectista de acuerdo a su criterio y con estudios más exhaustivos de la intersección en la prefactibilidad podemos decir que debemos ir pensando en una intersección de control.

Rotonda o Turborrotonda (urbano y rural) el límite superior que establecemos es desde 12000 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 20000 vehículos equivalentes /día en la vía principal y 9000 equivalentes /día en la vía secundaria. En el caso de una vía urbana si no disponemos de espacio para la Rotonda o turborrotonda se aconseja una intersección semaforizada.

Intersección semaforizada (urbano): el límite superior que establecemos es desde 20000 vehículos equivalentes /día en la vía principal y 9000 equivalentes /día en la vía secundaria hasta 45000 vehículos equivalentes /día en la vía principal. En el caso de una zona rural se debe implementar una rotonda o turborrotonda. Recordemos el trabajo de Tan, Jian-an (2001), para grandes volúmenes la intersección semafórica da mejores resultados, en zona urbana.

Intersección a distinto nivel: límite inferior establecemos es desde 12000 vehículos equivalentes /día para las dos vías hasta 45000 vehículos equivalentes /día sólo sobre la vía principal.

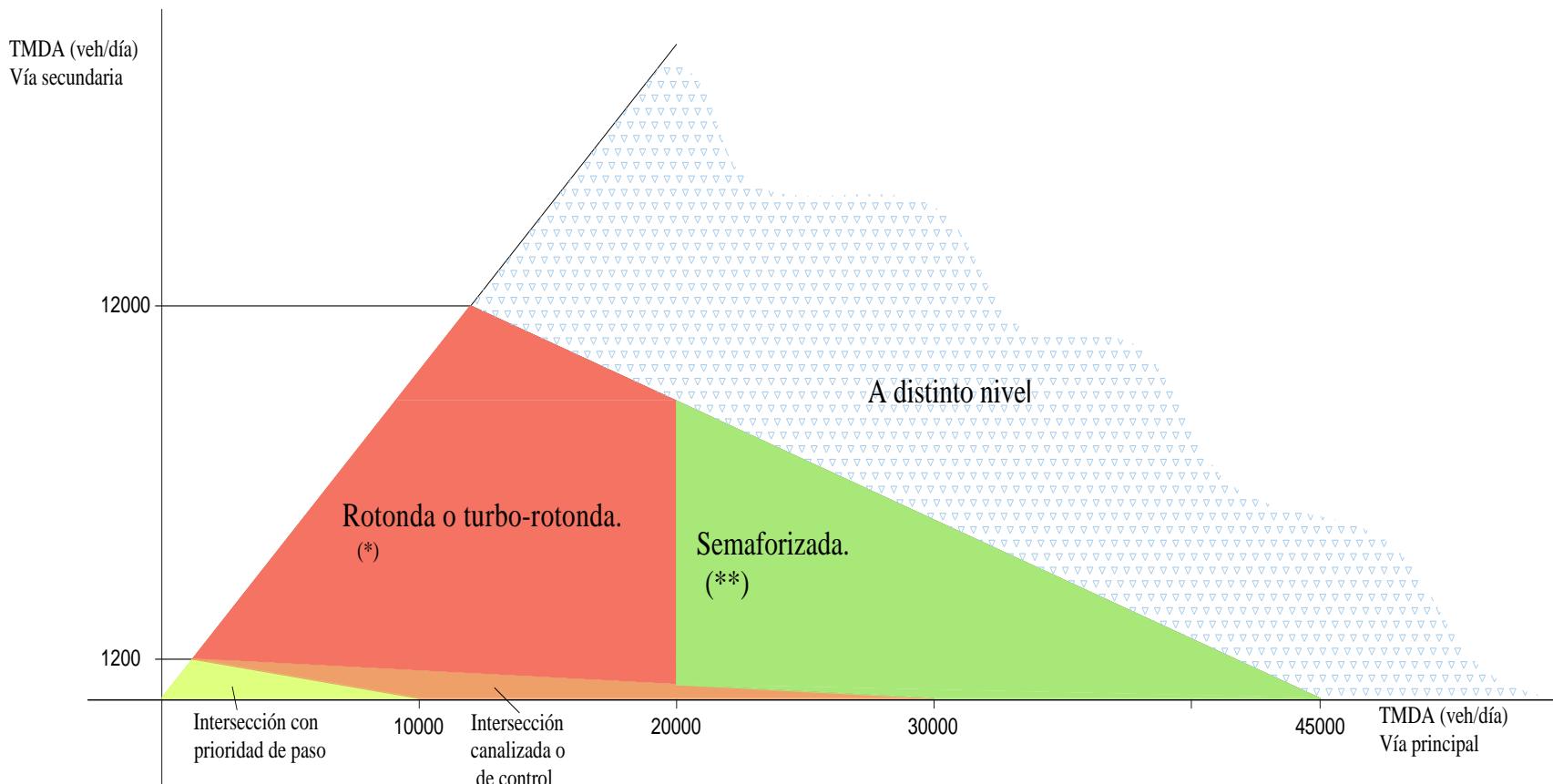


Gráfico B

**Intersecciones** (\*) En vías urbanas donde no hay espacio disponible se aconseja intersección semaforizada,  
 (\*\*) En vías rurales Rotonda o turborotonda

## Algunas consideraciones

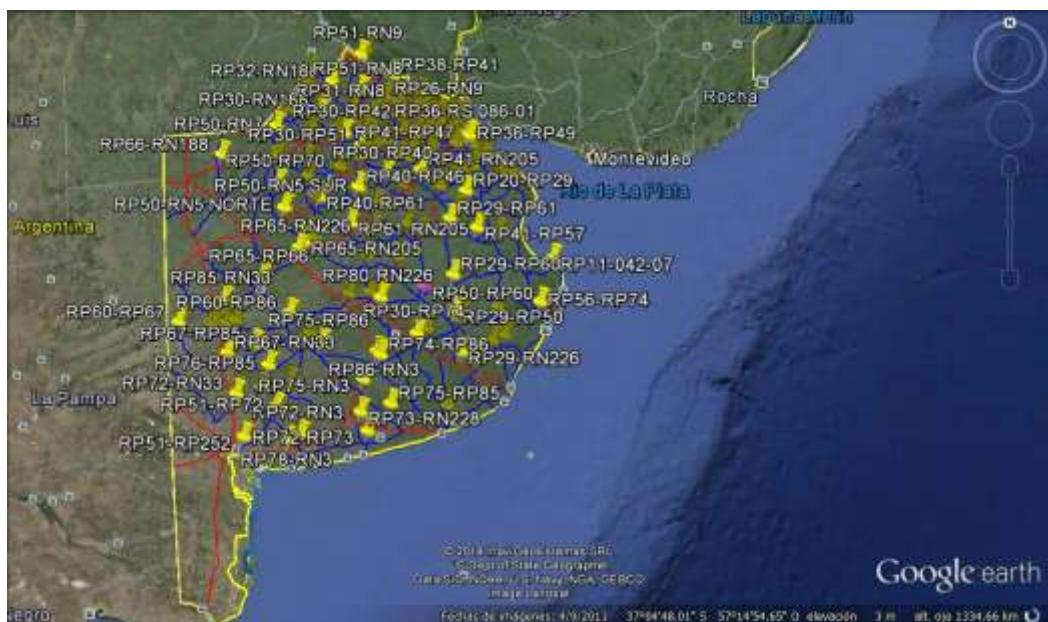
- ¿Si la zona es urbana y la velocidad es menor a la planteada en el estudio cómo se comporta el gráfico? Este grafico tendría límites conservadores.
- ¿Si la zona es rural y la velocidad es mayor a la planteada en el estudio cómo se comporta el gráfico? Seguramente tendría que pensar en soluciones mayores a las que se observan, si estoy cerca del límite tomaría la alternativa superior. Recordemos que en el caso que las vías tengan distintas velocidades de diseño, debería considerar la más alta velocidad
- ¿Si la intersección es de tres ramas? Los valores van a ser conservadores.
- ¿Qué sucede si una de las vías su capa de rodamiento es de tierra? Seguramente no tendrá medición de tránsito pero el volumen de la otra ruta me condiciona la obra mínima que debería existir.

## Aplicación

Una vez definido los gráficos a utilizar, efectuamos la aplicación a la Red Primaria Provincial de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires.

A continuación se detallan los pasos realizados, de acuerdo a Metodología propuesta en nuestro estudio.

- 1- Se identificó en Google Earth todas las intersecciones de la Red Provincial de la DVBA existentes . Cuyos datos conforman una base de datos

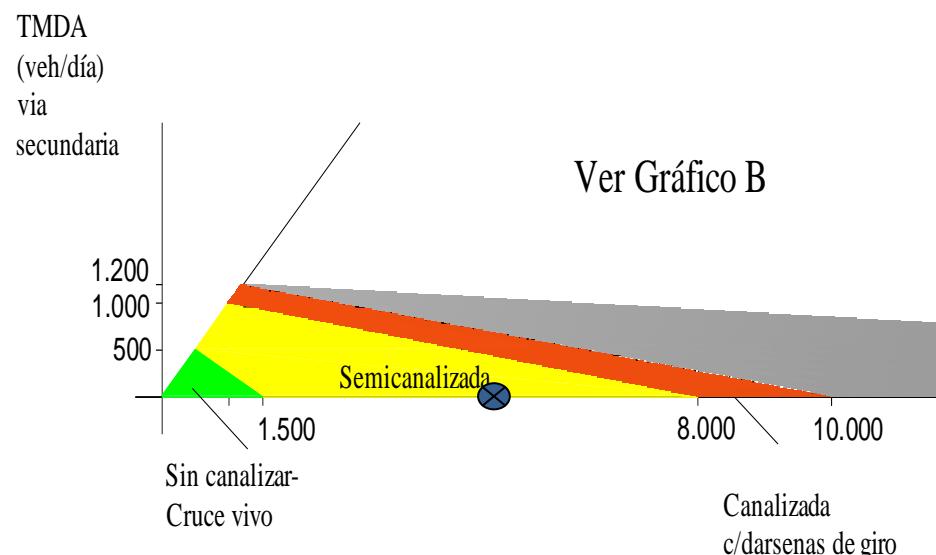


- 2- La base de datos a su vez está compuesta por los tramos que conforman cada intersección, con los tránsitos actualizados al año del estudio. Nuestro caso 2014.
- 3- Se consideran los TMDA mayores de cada tramo de la ruta que conforma la intersección, a partir de ello identificamos la vía principal y secundaria.
- 4- A través de funciones de Excel, establecemos en que lugar de los gráficos se encuentra el punto de encuentro de ambos datos y nos da el resultado de la intersección que debiera estar actualmente.
- 5- Se comparan ambos resultados y vemos que intersecciones estarían funcionando deficientemente de acuerdo a lo establecido.

A continuación se presentan una serie de ejemplos de aplicación de la Metodología.

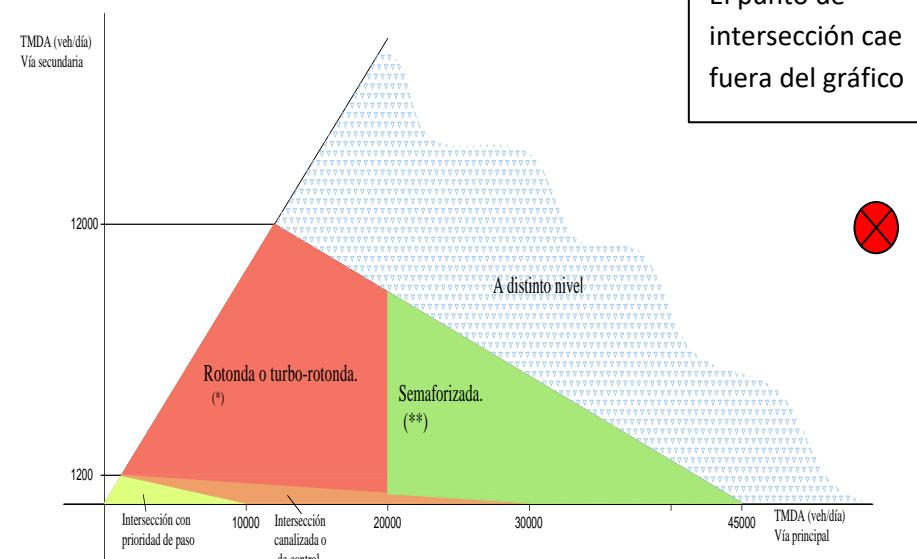
Ejemplos de aplicación:

Intersección RP 42 – RN47



Ruta	Nº	Límites del Tramo	Zona	Longitud	TMDA1(prov)	Mayor TMDA1(prov)	TMDA2	Mayor TMDA2	Intersección estimada 2014 de acuerdo a Diagrama	Intersección existente
	Tramo									
42	1	RP40 (ex RP200) - RP47	II		S/D				Semi canalizada - Canalizada	Semi canalizada
42	2	RP47 - RN5 (MERCEDES)	II		535	535				
47	1	RP40 - RP42	II			1092				
47	2	RP42 - RN5 (Lujan)	II			4206	4206			

## Intersección RP36 - RP49 Zona urbana



Ruta	Nº	Límites del Tramo		Zona	Longitud	TMDA1(prov)	Mayor TMDA1(prov)	TMDA2	Mayor TMDA2	Intersección estimada 2014 de acuerdo a Diagrama	Intersección existente
		Tramo	Tramo								
36	3	Av.DARDO ROCHA (086-01) - RP49 (Av.Lamadrid)		III	2,5	67879	67879			A distinto nivel	Semaforizada
36	4	RP49 (Av.Lamadrid) - Av.12 de Octubre (ex-RP49)		III	1,5	54524					
49	3	AV.LA PLATA (086-01) - RP36		III	1,29			31895	31895		
49	4	RP36 - RP14		III	2,5			29534			

## **Conclusiones**

El objetivo de nuestro estudio es establecer en primer lugar, si el diseño existente de cada una de las intersecciones vinculadas a la Red Primaria de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, es el indicando o no y cuál sería el aconsejable a partir de tener en cuenta los TMDA actuales de las vías involucradas. En este estudio además de considerar la intersección óptima por el ahorro de tiempo, hicimos hincapié en la seguridad vial.

Por otro lado, creemos que la Metodología propuesta, brinda una herramienta que permitirá generar un Plan de Priorización de intersecciones a materializar a nivel de prefactibilidad. Para los proyectistas, a partir de los TMDA futuros de diseño, podrán contar con un instrumento más, a nivel de prefactibilidad desde el punto de vista del diseño geométrico.

**Este estudio no pretende que dejemos de debatir en relación a este tema, sino que sigamos cuestionándonos y que vayamos acotando errores, a partir principalmente de poder sumar más antecedentes, que nutrirán de información clave para poder ir ajustando la metodología propuesta.**