



Funciones de Congestión en Corredores Segregados de Buses

Leonardo J. Basso – Universidad de Chile

Cristián E. Cortés - Universidad de Chile

Jaime Orrego – UOCT, MTT

Introducción

- Se han hecho esfuerzos por entender como funcionan los sistemas de transporte y de predecir el impacto de la implementación de proyectos de infraestructura o gestión.
- Este interés se hace particularmente relevante al momento de definir políticas públicas afines, así como de priorizar planes de inversión.

Introducción

- Debemos ser capaces de identificar claramente los parámetros de la demanda y capturar adecuadamente su relación con la oferta.
- Caso especial relevante: transporte público, debido a su sensibilidad sobre las personas.
- En este análisis interesa la relación de la velocidad comercial con la frecuencia, demanda, posición de los paraderos, número de puertas de los buses, etc.

Introducción

- Disponer de **herramientas claras** permiten al planificador evaluar de mejor forma proyectos de transporte (ej. buses) incluyendo diseño de infraestructura, así como otros proyectos de gestión (ej. tarificación vial).

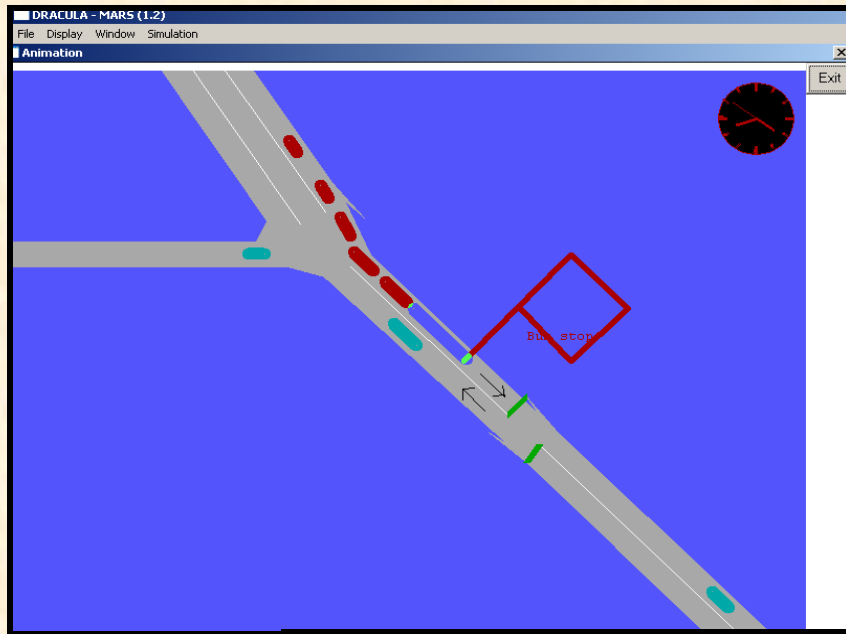


Motivación

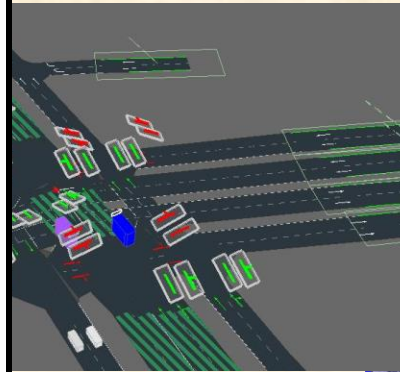
- Parte esencial de la definición de la oferta es el nivel de servicio, estrechamente ligado con la velocidad comercial.
- El estudio de proyectos a nivel estratégico y táctico obvia la diferencia que existe entre buses y autos, pese a que su comportamiento difiere enormemente. Por lo tanto se requieren herramientas que sean capaces de distinguir esa **diferencia**.

Motivación

- Naturaleza multivariable del problema no permite un desarrollo teórico analítico de funciones realistas.
(P, x, f, S, p, C)
- Punto de vista empírico: impracticable obtener todos los escenarios posibles con variabilidad suficiente para calibrar buenos modelos.
- Esfuerzos han estado en el desarrollo de herramientas para complementar estos aspectos: ejemplo, **microsimulación de tráfico**.

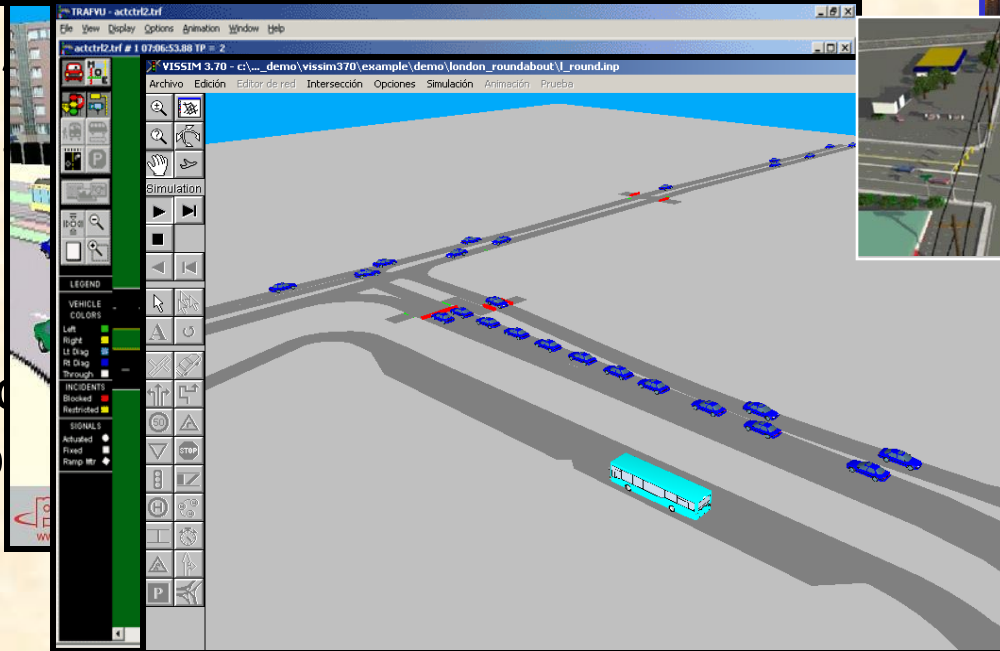


Simulación de tráfico



visualizar el
tráfico (unidad

en tres partes:



- Esto
rep

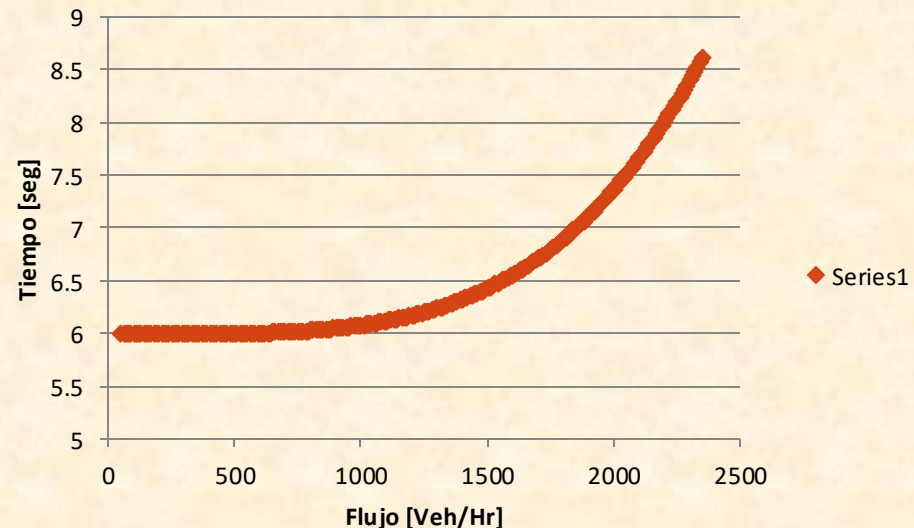
atos d

Contexto actual

- Plan maestro de transporte 2025
 - Corredores de TP en Gran Santiago
 - Proyectos de vialidad en tráfico mixto en escenario con el doble de autos
- Herramienta actual: Funciones BPR

$$t = t_f \left(1 + a \left(\frac{q}{Q} \right)^b \right)$$

Castiga velocidad cuando se alcanza Q entre 10% y 20%



Premisa

- *Existe una gran simplificación en el modelamiento de la velocidad en sistemas de tráfico. Por ello se plantea extender el análisis del fenómeno a través del uso de pseudodata generada con suficiente variabilidad mediante simulación de tráfico, de donde sea posible estimar funciones de flujo demora robustas y confiables.*

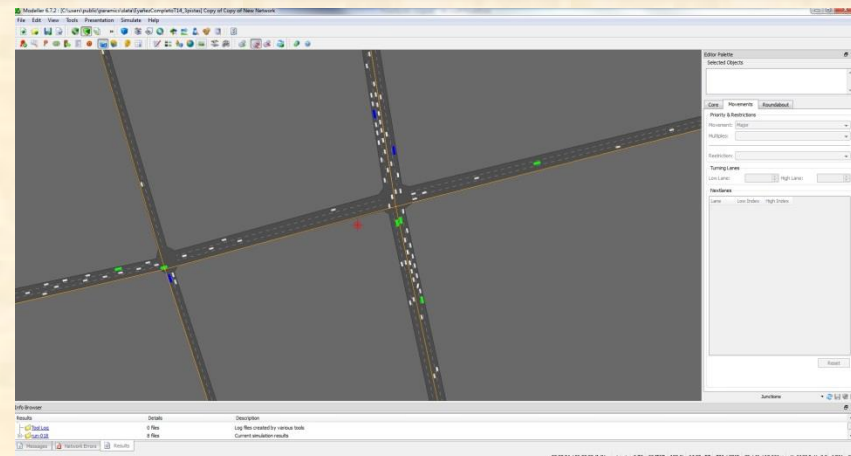


Función de congestión

- Modelamiento matemático: se distingue dos casos,
 - Tráfico segregado,
 - Modelos de velocidad de autos en función de los autos.
 - Modelos de velocidad de buses en función de frecuencia, demanda, etc.
 - Tráfico mixto:
 - Modelos de velocidad de autos en función de autos y buses (incluyendo frecuencia, demanda, etc.)
 - Modelos de velocidad de buses en función de autos, buses (incluyendo frecuencia, demanda, etc.)

Enfoque de modelación

- Se trabajó utilizando un API del microsimulador comercial *PARAMICS*.
- *PARAMICS* por defecto presenta limitaciones en el tratamiento al transporte público. (Cortés et. al, 2010; Fernández et. al, 2010)
- Desarrollo de API se detalla en Castillo et. al (2011), el cual se ajusta para efectos de este trabajo.



API: PARAMICS



- API desarrollado:
 - Incorpora pasajeros como objetos con características propias.
 - Modela la interacción de pasajeros con el bus (TSP)
- API se mejora con:
 - Diferentes modelos estocásticos en la llegada de buses y pasajeros.
 - Modelo nuevo de interacción de pasajeros con el bus.
 - Optimización en el proceso de simulación.

Modelo de tiempo de servicio de pasajeros

- Modelo TSP calibrado con data de Castillo et. al (2011)

$$\text{TSP} = \beta_0 + \text{máx} \left\{ (\beta_1 + \beta_{dum_9} * \delta_{P_s > 9}) * P_s; \beta_2 * \frac{P_b}{P} \right\}$$

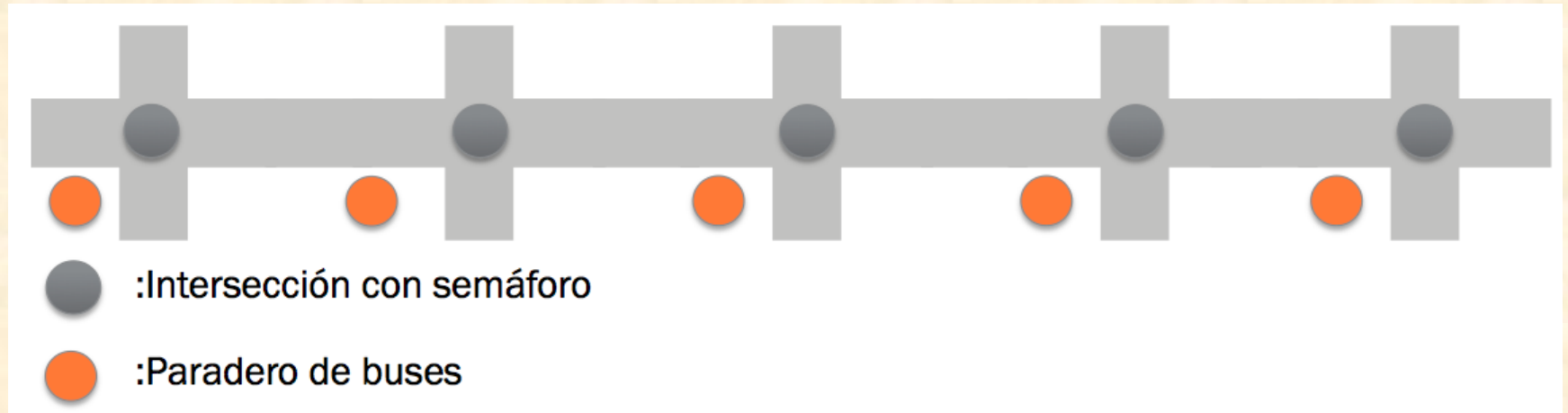
P_b Pasajeros que bajan

P_s Pasajeros que suben

P Número de puerta

$\delta_{P_s > 9}$ Variable binaria por número de pasajeros

Escenarios de simulación



Red tipo sobre la cual se variarán distintos parámetros para simular muchos casos posibles.

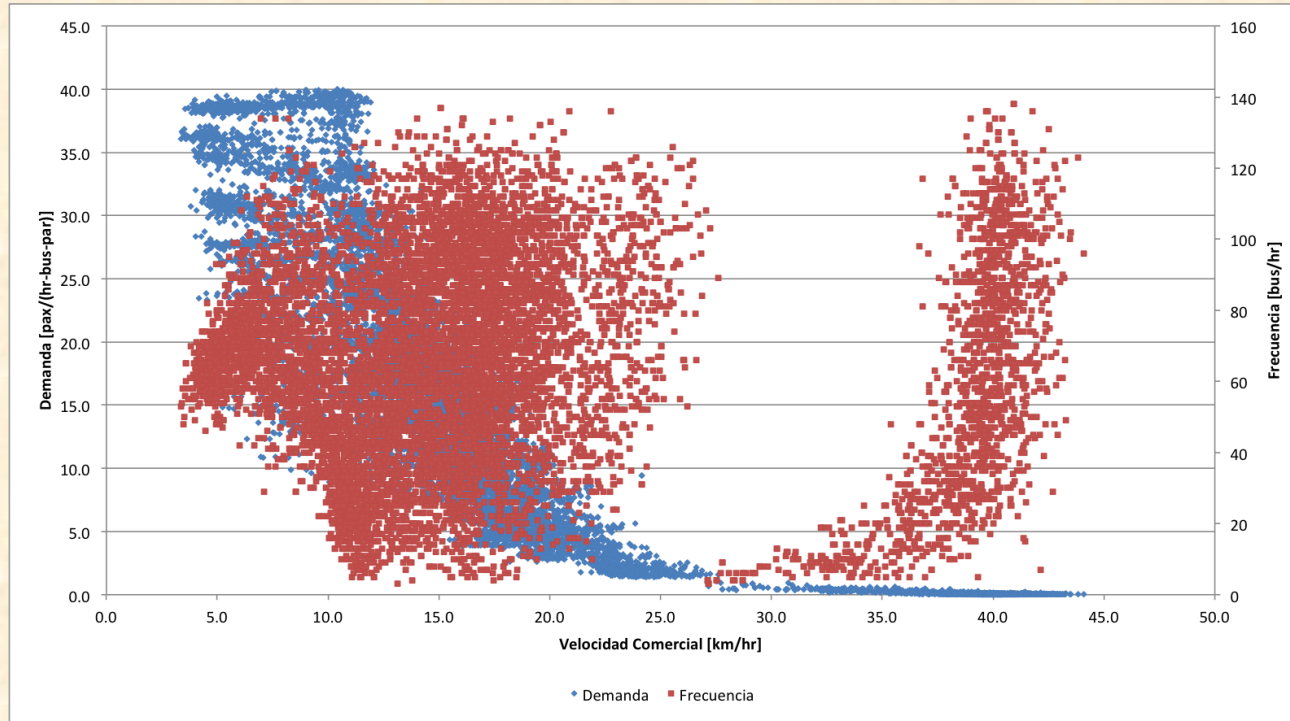
Parámetro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Puntos intermedios
Pasajeros por paradero por bus [Pax/par*bus]	100	2000	10
Frecuencia [Bus/Hr]	10	120	10

Escenarios de simulación

Parámetro	#1	#2	#3
Ciclo ($u=0.67$)	60	120	-
Posiión Relativa	Inmediatamente antes	Inmediatamente después	Al medio
Largo entre intersecciones	150	250	300
Tipo de Bus	Pequeño (2 puertas)	Mediano (3 Puertas)	Articulado (4 puertas)

En total resultan más de 100.000 simulaciones

Resultados de la simulación



- Dos regímenes claramente definidos, uno con congestión y otro sin.

Especificación del modelo

- Congestión existente en paraderos y no en la circulación de los buses.

f

- Frecuencia

pax

- Pasajeros

PR

- Posición relativa

L

- Después de distintos análisis se obtiene la siguiente especificación

K

- Largo entre intersecciones

C

- Capacidad de los buses

$$V_{com} = \beta_0 + \beta_1 f + \beta_2 \text{pax} f + \beta_3 \text{pax} + \beta_4 \text{PR} \\ + \beta_5 (L - 150) + \beta_6 \text{PR} * L + \beta_7 (K - 40) + \beta_8 \frac{L}{C}$$

Calibración Modelo de Velocidad

Parámetro	Valor
R^2	0.901
β_0	15.906
β_1	0.005 (6.52)
β_2	-0.004 (93.76)
β_3	-0.188 (-73.79)
β_4	-1.981 (-13.21)
β_5	0.035 (85.03)
β_6	0.007 (11.66)
β_7	-0.010 (-42.26)
β_8	0.603 (61.78)

$$V_{com} = \beta_0 + \beta_1 f + \beta_2 \text{pax} f + \beta_3 \text{pax} + \beta_4 \text{PR} \\ + \beta_5 (L - 150) + \beta_6 \text{PR} * L + \beta_7 (K - 40) + \beta_8 \frac{L}{C}$$

Aplicación *Jansson*

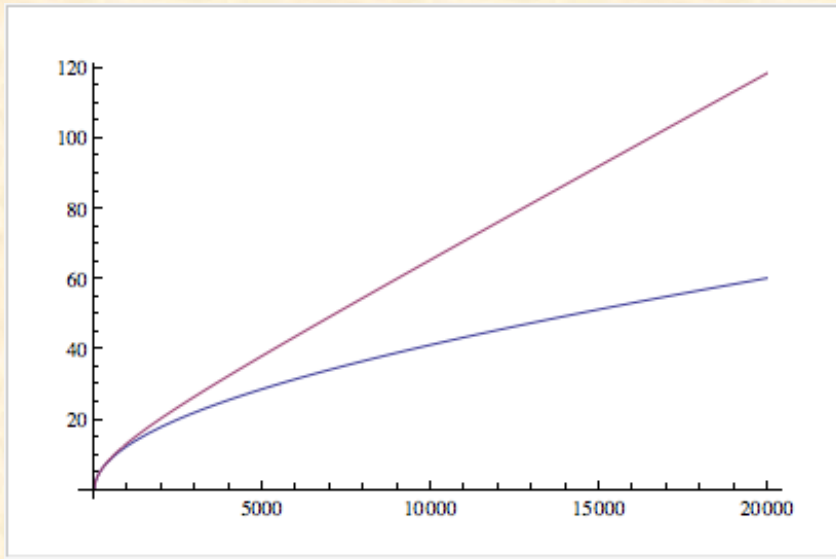
- Se propone como ejemplo hacer una aplicación sobre el modelo clásico de Jansson (1984). Este enfoque clásico consigue obtener un resultado para la frecuencia y capacidad óptima, a través de la minimización del gasto total del sistema en una línea única.

$$GT = (Tf + tY)(C_0 + C_1K) + P_w \frac{Y}{2f} + P_v \frac{l}{L_r} t_c Y$$

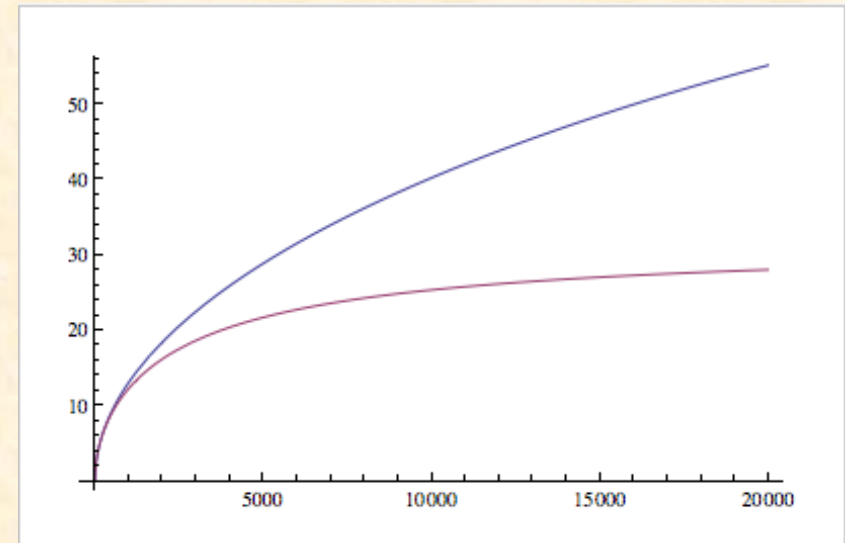
Este modelo considera un tiempo fijo para la subida y bajada de pasajeros y para el tiempo de ciclo.

Resultados de la aplicación

Frecuencia vs Demanda



Capacidad vs Demanda

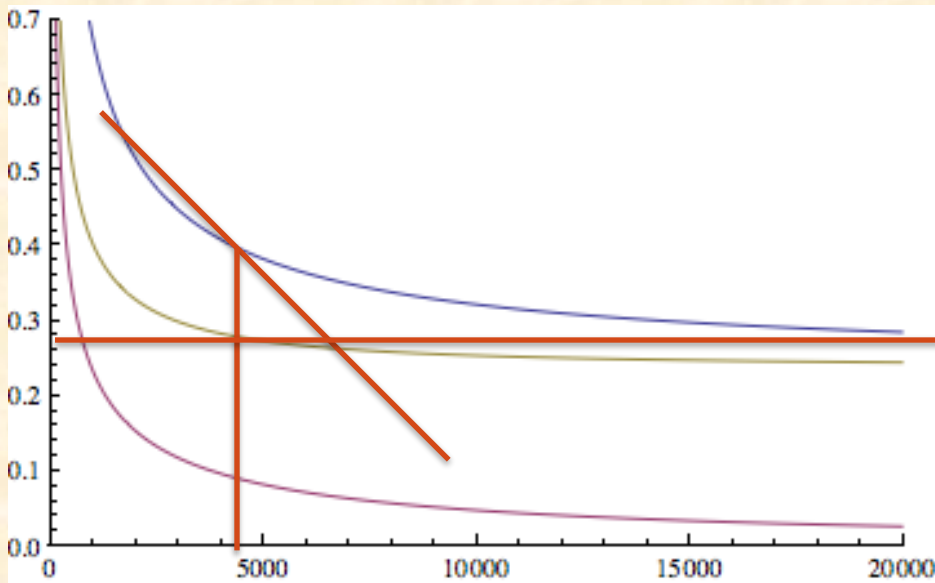


Rojo(Jansson Clásico), Azul(Modelo de velocidad)

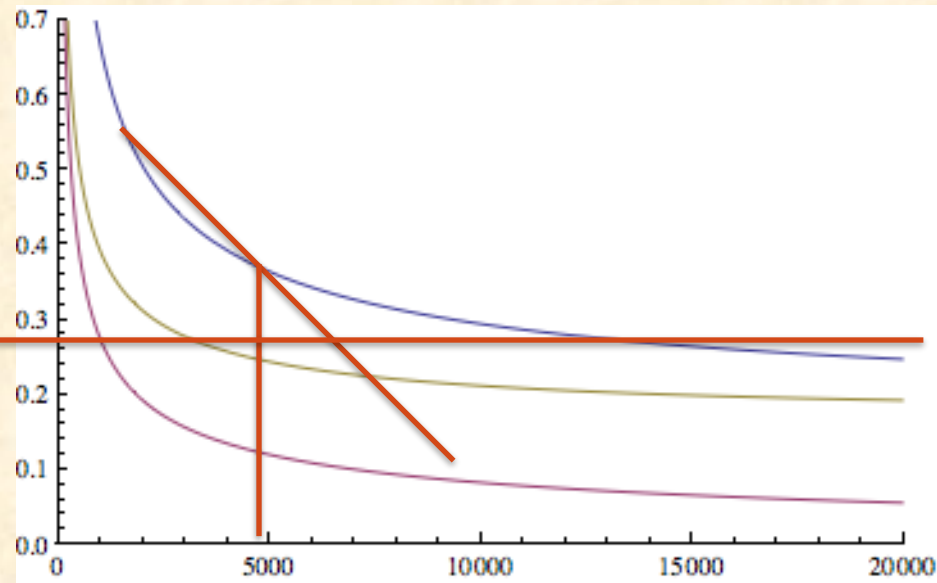
- Las frecuencias considerando congestión y otros parámetros resultan más bajas que las frecuencias con tiempo de subida y bajada fijos, con tiempo de ciclo fijo. Del mismo modo el primero obtiene capacidades más altas que el segundo.

Efectos en el subsidio óptimo

Velocidad fija



Modelo de velocidad



CMeU (Rojo), CMgT (Amarillo verdoso) y CMeT(Azul)

El subsidio óptimo sería mayor, pese a que el CMeT es más bajo, el CMgT bajaría más en proporción.

Conclusiones

- Los modelos actualmente utilizados en la práctica son demasiado simplificados, por lo que se cuestiona su capacidad para hacer una buena predicción del impacto de proyectos de transporte.
- En este trabajo se obtiene una función de velocidad a partir de *pseudodata* obtenida utilizando un modelo de simulación microscópica de tráfico.
- Este enfoque, que calibra una función, puede ser replicada para evaluar el desempeño de políticas públicas a nivel estratégico y táctico.
- El paso siguiente es adecuar la API del microsimulador para operar en tráfico mixto y así calibrar esas funciones.