

## El Impacto de la Inversión en infraestructura para el automóvil: La paradoja de Mogridge

La agrupación TranVivo posee una página en internet llamada "Conociendo el Transporte", donde es posible conocer más de la ingeniería de transporte y su quehacer, especialmente dirigida a un público que no tiene conocimientos de ingeniería y cuyo fin último es informar y acercar al mundo académico con el resto de la sociedad. Revista Tranvía incluye en cada edición, como sección estable, uno de los documentos disponibles de dicha página web. El conjunto de documentos puede encontrarse en <http://tamarugo.cec.uchile.cl/~tranvivo/tranvivo/index.html>

[www.cafedelasciudades.com.ar](http://www.cafedelasciudades.com.ar)

Para analizar el impacto de la construcción de infraestructura para automóviles, pensemos que en una cierta ciudad existen sólo dos modos disponibles para transportarse: el bus (transporte público) y el automóvil (transporte privado). Supondremos además que en un cierto período (digamos un día), hay una cierta cantidad de personas que necesitan viajar. Llamaremos a esta cantidad  $Y$ .

Hay que reconocer en el proceso del transporte a dos actores fundamentales:

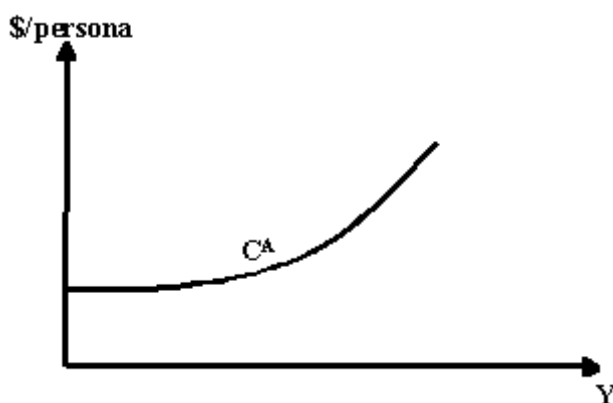
Los **operadores**, quienes aportan vehículos, mano de obra, combustibles, etc.

Los **usuarios**, quienes aportan su tiempo.

Es claro que, en el caso de los automóviles particulares, el usuario y el operador son la misma persona, en tanto en el caso de los buses no es así.

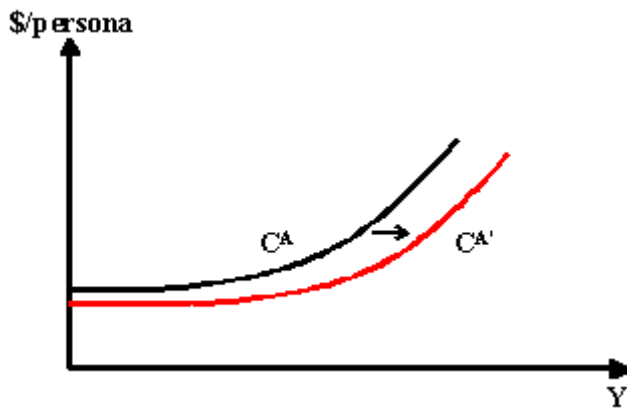
Nos referiremos a "costos" (medidos en dinero) como los elementos físicos y el tiempo aportados para la realización de un viaje. Veamos ahora, para ambos modos de transporte, cuáles son los costos en los que se incurre, y cómo varían éstos a medida que aumenta el número de usuarios.

En el caso del auto, es claro que, en una vía no congestionada, el que se incorporen nuevos vehículos no influirá sobre los tiempos de viaje de los otros usuarios. Sin embargo, a medida que comienza a haber congestión, los viajes comienzan a hacerse más largos, y ahora viajar en auto implica un mayor costo. Así, el costo del transporte privado (por auto) aumenta a medida que crece la cantidad de usuarios. Al graficar el costo (por usuario) versus la cantidad de usuarios de automóvil  $Y^A$  se tendrá:



### **Costos del Automóvil**

Si se construye infraestructura para los automovilistas, el costo de andar en auto disminuye porque ahora es posible gastar menos tiempo producto de más y/o mejores vías. Gráficamente, esto se vería como un desplazamiento hacia la derecha de la curva anterior.



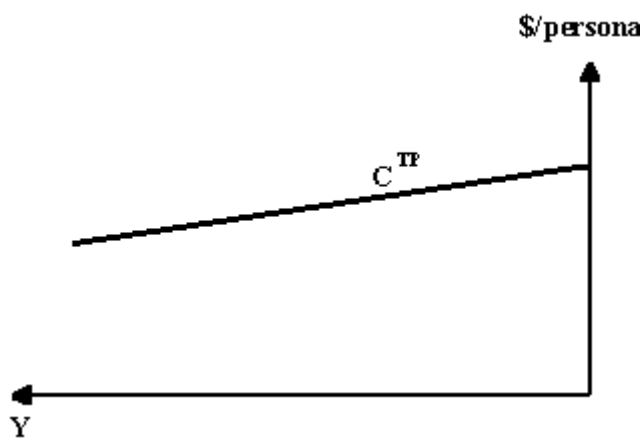
### Variación en los costos del automóvil cuando se construye infraestructura

Para conocer cómo sería la curva de costos para el bus, debemos analizar qué pasa con los costos para los operadores por una parte y los de los usuarios por otra, al aumentar el número de pasajeros en este medio de transporte. Ambos costos, sumados, representan el costo total del bus.

Respecto de los operadores, es aceptado en general que el costo promedio de un viaje disminuye a medida que aumenta el número de usuarios. En cuanto a los usuarios, cuyo costo es tiempo utilizado, se requiere un análisis algo más detallado. El tiempo de los usuarios se puede dividir en tres tipos: tiempo de acceso a los paraderos y desde los paraderos; tiempo de espera en los paraderos y tiempo de viaje en el vehículo.

A medida que el número de usuarios de transporte público aumenta, el tiempo de acceso disminuirá, puesto que un mayor número de usuarios implicará que se densifiquen los recorridos en la red, y que por lo tanto haya paraderos "más cerca". Del mismo modo, si aumentan los usuarios, el tiempo de espera disminuirá, puesto que la frecuencia con que pasan los buses aumentará (como en el caso del metro). El tiempo de viaje debiese crecer, debido a que los procesos de subida y bajada pueden tomar más tiempo que antes. El tiempo total de los usuarios se acepta que disminuirá, pese al alza del tiempo de viaje.

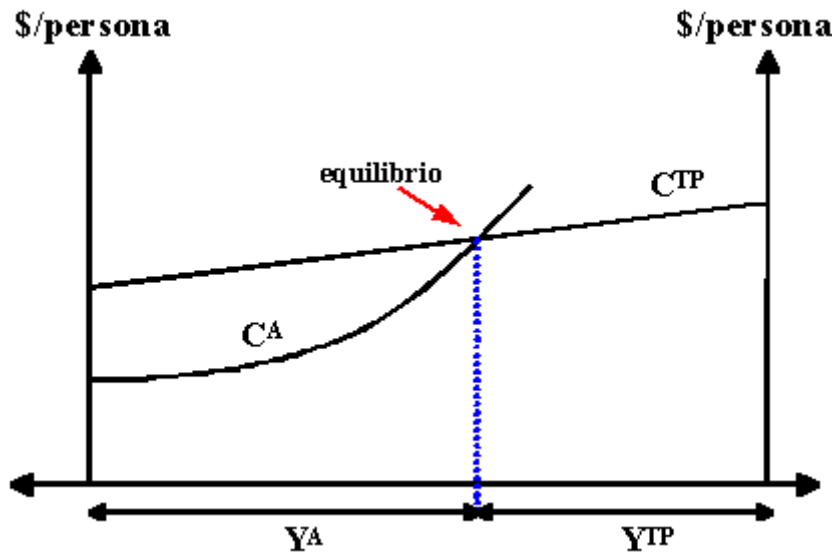
De acuerdo a estos análisis, y sumando los costos de los usuarios y los operadores, el costo total de un viaje en bus se hace menor a medida que aumenta el número de usuarios. Gráficamente esto se ve como:



Costos del transporte público

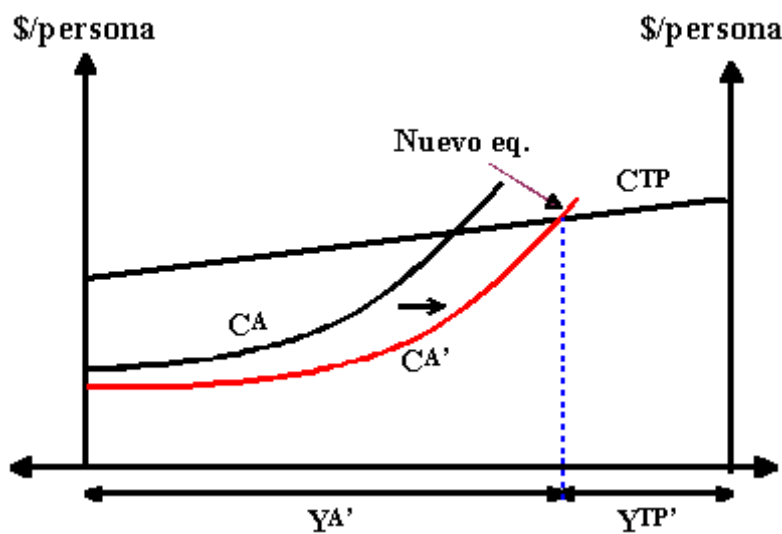
La razón por la cual el último gráfico está al revés, es porque ahora estudiaremos qué es lo que sucede con la partición modal, es decir, dado que hay  $Y$  personas dispuestas a movilizarse, cuanta gente se irá en auto, y cuanta gente lo hará en bus. Se funden entonces los gráficos, pero de modo que la diferencia entre los orígenes de cada gráfico, sea  $Y$ .

Para determinar la cantidad de gente que se va en uno u otro modo, aceptaremos que se llega a un equilibrio, esto es, nadie puede disminuir sus costos unilateralmente (conocido como principio de Wardrop). Este punto de equilibrio es el lugar donde ambas curvas se intersectan. De esta manera, se puede visualizar la cantidad  $Y_A$  de usuarios de automóvil, y la cantidad  $Y_{TP}$  de usuarios del transporte público.



### Equilibrio

Finalmente, supongamos que se construye más infraestructura para el transporte privado (por ejemplo, la Costanera Norte). En ese caso, la curva de costos de los autos se desplaza hacia la derecha, y nos lleva al nuevo punto de equilibrio  $Y^{A'}$  e  $Y^{TP'}$ .



Nuevo equilibrio cuando se construye infraestructura para el automóvil

Es fácil comprobar que el número de usuarios del transporte público disminuye y que el número de usuarios de automóviles aumenta. Lo interesante es que, en el nuevo equilibrio, **los costos aumentan no sólo para los usuarios de transporte público sino también para los usuarios de transporte privado**. Este fenómeno es conocido como la *Paradoja de Mogridge*. Lo paradójico es que, pese a que se ha mejorado la infraestructura, todos terminan peor, pues cada usuario gasta más tiempo que el que gastaba en la situación anterior.

Lo que está ocurriendo es que, al mejorarse la situación para el automóvil, los usuarios de transporte público ven que es mejor viajar en auto, de modo que se produce una migración de usuarios desde los buses al auto. Esto, por un lado, aumenta el número de automóviles y aumenta la congestión. Y por otro, al disminuir los usuarios de transporte público, el servicio de buses se ajusta quitando líneas y bajando las frecuencias, lo que hace que ahora andar en bus consume más tiempo en acceso y espera.

Por el contrario, si se hubiese creado mejor infraestructura para el transporte público en vez de para el auto, entonces la migración ocurriría en dirección contraria a la anterior. Todos estarían mejor, pues los usuarios de automóvil que no se cambian ven sus calles menos congestionadas y por ende reducen sus tiempos de viaje, mientras que los usuarios de buses verían cómo el servicio se ajusta para satisfacer el mayor número de usuarios agregando más líneas y aumentando las frecuencias, lo que disminuye sus tiempos de acceso y espera.

No deja de ser extraño que al crear más infraestructura para el automóvil la situación termine peor. De hecho, todos hemos visto cómo inmediatamente después de una mejora a una vía, la movilidad mejora, de modo que puede parecer absurdo todo el análisis anterior. Por eso, es importante hablar sobre plazos respecto de las afirmaciones anteriores. Que las líneas de bus se densifiquen, por ejemplo, corresponde a lo menos a un mediano plazo; del mismo modo, la capacidad de los buses de aumentar su frecuencia dependerá de la posibilidad que tengan de variar la flota, que puede significar un mediano plazo también. La capacidad de los usuarios de transporte público para cambiarse al auto significa poseer autos, cuya adquisición puede verse en el mediano y largo plazo. En general cualquier inversión en infraestructura implicará siempre menores costos, pero en el corto plazo. Lo importante es notar qué pasa a la larga, en el mediano y largo plazo. Y es allí donde el análisis de Mogridge tiene relevancia, diciéndonos que, a la larga, cuando tanto la población como los operadores pueden adaptarse a las nuevas situaciones, mejorar la infraestructura para el automóvil sólo empeora el sistema para todos.