

IMPACTO DE LA TARIFICACIÓN DINÁMICA SOBRE EL BIENESTAR SOCIAL EN CARRETERAS METROPOLITANAS

Sergi Saurí¹, Francesc Robusté² y Albert Gragera³

¹Departament d'ITT y CENIT <f.robuste@nobel.upc.edu>, ²Departament d'ITT y CENIT <sergi.sauri@upc.edu> y ³CENIT <albert.gragera@upc.edu>

Palabras Clave: Pricing, congestión y asignación dinámica

Resumen: *La aplicación de una tarifa dinámica se fundamenta en la aplicación de precios variables según segmentos horarios del día para motivar el cambio en la elección del momento del desplazamiento, con lo que se busca un laminando de la demanda en los momentos de mayor congestión. Se desarrolla un algoritmo para la aplicación de una tarifa dinámica para el caso de modelizar el tráfico mediante asignación dinámica. Ello se aplicará a un corredor metropolitano concreto para validar la bondad del modelo. Los resultados de la simulación permitirán analizar el impacto de este tipo de tarifas sobre el bienestar social y valorar así su idoneidad como medida contra la congestión.*

1. INTRODUCCIÓN

La introducción de cualquier esquema *road pricing* conlleva la aplicación de una tarifa al usuario sujeta a distintas variables, si bien todas ellas significan un aumento en el coste generalizado del desplazamiento y por tanto un cambio en la utilidad percibida por este sobre la decisión tomada. Con lo que cualquier esquema tarifario tiene un impacto sobre las decisiones de desplazamiento del usuario.

En lo que se refiere a la elección del momento de desplazamiento hay que tomar en consideración la teoría inicialmente desarrollada por Vickrey (1969) en la que se toma en consideración el *schedule delay* dentro de la función de coste generalizado del usuario, lo que define un incremento de coste para la desviación entre el momento preferido para el inicio del desplazamiento más el tiempo de viaje respecto del tiempo requerido de llegada. Esto significa que el usuario planea su decisión, tomando en consideración experiencias pasadas, en base a qué hora debe iniciar el viaje para llegar en un momento determinado a destino, tal como demuestra Small (1982) en su verificación empírica del comportamiento de los usuarios. En la literatura existente podemos encontrar comparativas entre los distintos esquemas y sus efectos sobre la toma de decisión del usuario, como por ejemplo Arnott, De Palma y Lindsey (1993).

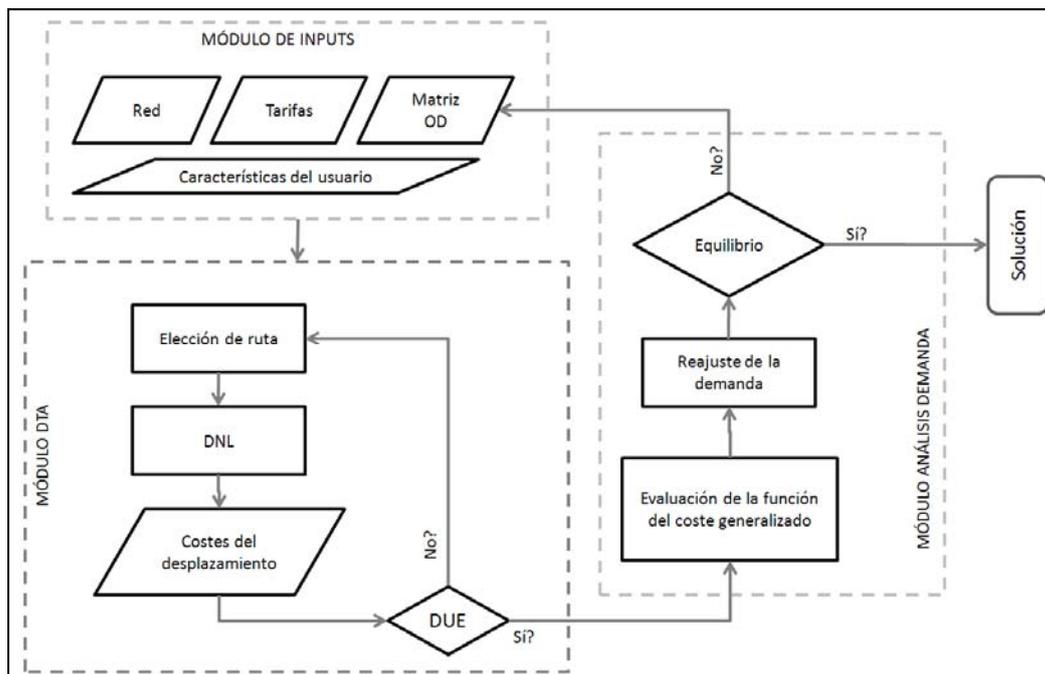
El objetivo de la presente comunicación es analizar el impacto de la tarificación dinámica (por franjas horarias) sobre el bienestar social. Para ello, se desarrollará un algoritmo para modelizar las decisiones de cambio de franja horaria de usuarios habituales (*commuters*) de una red metropolitana. Los resultados permitirán establecer cómo deben de articularse estas medidas tarifarias (número de franjas y valores de las tarifas) para que sea lo más eficiente posible.

2. MODELIZACIÓN DEL TRÁFICO

El modelo propuesto para el análisis de los efectos sobre el comportamiento del tráfico por la implantación de esquemas tarifarios está ideado de forma modular. Está formado por dos módulos distintos, que se retroalimentan mutuamente para realizar los cálculos apropiados que permitan la evaluación que actualmente ningún software comercial tiene disponible.

Los datos que alimentan el modelo, que incluye la definición de los esquemas y topologías tarifarias, son aplicados sobre una red definida en base a una caracterización de la demanda de desplazamientos con una matriz origen-destino. En primer lugar, todos estos datos son introducidos en un módulo de asignación dinámica de tráfico (*Dynamic Traffic Assignment – DTA*) capaz de calcular los flujos, tiempos de viaje y costes que esa demanda conlleva sobre la red analizada, a través de un simulador dinámico del tráfico (AIMSUN). Éste, a partir de la modelización de la elección de rutas, plasma éstas sobre la red aplicando el *Dynamic Network Loading* (DNL) y evalúa los costes de desplazamiento en los que incurren los usuarios. En La figura adjunta se muestra el esquema de funcionamiento del mismo.

Una vez tratados por el módulo DTA y asegurada la situación de equilibrio, estos datos son introducidos en el módulo de análisis de la demanda, en el que se busca evaluar la decisión del momento de desplazamiento del usuario a través del *shchedule delay* para modificar de nuevo la matriz origen-destino reasignando a los usuarios en nuevos intervalos de salidas, hasta alcanzar una situación de equilibrio que se acerque lo más posible al mínimo coste para cada uno de los usuarios.



Esquema del funcionamiento general del modelo e interacción entre sus distintos módulos

El módulo de análisis de la demanda, por su parte, será el encargado de modificar la matriz de origen-destino para tomar en consideración la posible modificación del comportamiento del usuario en cuanto a su elección del momento de salida del desplazamiento, a través del coste generalizado del desplazamiento (el coste inducido por la diferencia entre el momento

deseado de salida y el momento realmente elegido para cumplir con las restricciones temporales impuestas por el momento deseado de llegada y las condiciones del tráfico).

Proceso dentro del módulo de análisis de la demanda es el siguiente:

- Paso 1: Lectura de datos procedentes del módulo DTA y parámetros requeridos.
- Paso 2: Definición de los inputs del módulo de análisis de la demanda (transformar datos de DTA al formato requerido por el algoritmo time-swapping)

Para cada par $ij \in N$ y para cada grupo de usuarios $m \in M$ se realizan los siguientes pasos.

Establecer distribución de desplazamientos $D_{ij}^m(n)$ en base a la matriz $OD_{ij}^m(t)$.

Establecer la matriz de costes mínimos de desplazamiento $C_{ij}^m(n)_{\min}$ en base a $C_{ij}^m(t)_{\min}$.

Exportar datos de la matriz de coste generalizado del desplazamiento $C_{ij}^m(t)$ para todo par ij y categoría m . Establecer la parrilla de costes de desplazamiento según intervalo de salida en base al schedule delay para cada posible par (t, t^*) para $t = 1, \dots, T$ y $t^* = 1, \dots, T$.

- Paso 3: Obtener la matriz de diferencias de costes entre intervalos (t^*, T) ;

Modificación de la matriz de distribución de la demanda proporcional a la diferencia de costes (*time-swapping*).

Computar el cambio total de demanda y comprobar criterio de convergencia. Si $\text{Total.D. change}_{ij}^m(n) < \text{tolerancia}$; detener la ejecución. De lo contrario establecer $n = n + 1$ i ejecutar paso 5.

Otros criterios de parada pueden ser aplicables. Por ejemplo, debido a los condicionantes relativos a la posibilidad de programación de aplicaciones externas para el software de simulación elegido, se puede establecer un límite de iteraciones a realizar.

- Paso 4: Traducir datos al formato requerido por el módulo DTA

3. APLICACIÓN A LA C-32

El escenario base se realiza sobre una red simplificada que describe la relación entre Mataró y Barcelona en el corredor de transporte formado por la autopista C-32 y la carretera N-II. Estas dos ciudades están separadas unos 30 km y el desplazamiento en vehículo privado puede realizarse: a) a través de la autopista (C-32) de 3 carriles por sentido, en la que se aplica un peaje y supone una velocidad media de circulación de 100 km/h; o b) bien a través de la carretera (N-II) libre de peaje, por la que la velocidad media se supone de 60 km/h debido a sus múltiples tramos urbanos.

La demanda de desplazamientos entre el origen y destino se ha aproximado, para todo el corredor, en base a los datos extraídos del contaje realizado en el peaje de la autopista a la

altura de Vilassar de Mar y las IMD de los aforos de la N-II (siguiendo la misma distribución que los datos facilitados por la autopista). Ello supone unos 108.000 desplazamientos al día para ambos sentidos, con puntas de hasta 5.000 veh/h en dirección Barcelona para la hora punta de la mañana.

REFERENCIAS

Arnott, R., De Palma, A. & Lindsey, R. (1993) A structural model of peak-period congestion: a traffic bottleneck with elastic demand. *American economic Review*, 83 161-179.

Small, K. (1982). The scheduling of consumer activities: Work trips. *American Economics Review*. Issue 72 pp. 467-479.

Vickrey (1969). Congestion theory and transport investment. *American Economic Review*. Issue 59 pp.251-260.