

COMPARACION DE MODELOS DE ASIGNACION DE TRAFICO EN EVALUACION DE PROYECTOS VIALES.

Mark Smith,
Universidad de Chile.
Casilla 228-3, Santiago, Chile.
Fono: 689 4206 Fax: 671 2799 - 678 4373

RESUMEN

Este trabajo consiste en una investigación sobre la forma en que los resultados de la evaluación de proyectos viales, pueden ser afectados por los supuestos del modelo de asignación del tráfico. La metodología está basada en una teoría de sistemas complejos relacionada con desarrollos recientes de dinámica no lineal, la cual fue elaborada como tesis doctoral del autor.

El método de evaluación del Departamento de Transporte del Reino Unido fue usado como experimento en los que fueron comparados distintos modelos de asignación. Se experimentó con redes simples, comenzando con una matriz de viajes aleatoria. Un arco fue elegido al azar, al cual se le podía aumentar la capacidad, y se usó el modelo de asignación de los viajes en la red con y sin cambio de capacidad. Los costos y beneficios se calcularon según este aumento. Una sucesión de tales evaluaciones fue hecha con pequeños cambios de la matriz de viajes. Luego el proceso fue repetido con un modelo de asignación distinto, con la misma matriz de viajes inicial. Los resultados se compararon con los del primer modelo. Esto se experimentó repetidas veces, con distintas matrices de viajes inicial o distintos valores de algunos parámetros.

El modelo de equilibrio de Wardrop fue comparado con otros dos, basados en (i) minimización del costo total de viajes de la red y (ii) minimización del costo impuesto por cada conductor en los demás. Esto concluyó, que distintos supuestos en la asignación de tráfico, entregan resultados de evaluación, en que, si bien hay diferencias apreciables en los casos individuales, estos no guardan una tendencia estable que diferencie en el global los resultados asociados a los distintos supuestos.



1. INTRODUCCION.

El objetivo de este trabajo consiste en: Dado dos modelos distintos de asignación de tráfico:

¿ Es posible que las diferencias calculadas entre los flujos de los arcos de una red, influyan en los beneficios calculados en proyectos viales?

La respuesta a esta pregunta puede ser altamente complicada, por las siguientes razones:

(i) Existe un proceso de retroalimentación a largo plazo, en el cual, los resultados de una evaluación pueden influir sobre los datos utilizados en una evaluación siguiente, generada por los cambios de la red vial y los viajes realizados.

(ii) El sistema de modelación, planificación y uso de la red vial, se involucran en un sistema social muy complejo, en el cual las interacciones entre el sistema y el ambiente influyen posiblemente de una manera más profunda en el comportamiento, que, las interacciones entre sí dentro del sistema.

Estos problemas, en sistemas complejos han ocurrido en otros campos de investigación, durante los últimos años, dando como resultado, el desarrollo de un enfoque nuevo, utilizando una base teórica de dinámica no lineal. (Ver ejemplos en Schieve y Allen, 1982). En este enfoque, se pone el énfasis no en la predicción del comportamiento de sistemas, sino, en su entendimiento. Además, se reconoce el rol jugado por las interacciones entre las escalas grandes y pequeñas y de los fenómenos aleatorios o caóticos. Filosóficamente este es distinto del enfoque cartesiano, en el cual se forman leyes de tipo mecánico en un sistema, que se usa para predecir su futuro.

La metodología empleada en este trabajo se desarrolló a partir de esta misma base. En el siguiente capítulo se expondrá dicha metodología.

2. METODOLOGIA.

Vemos en el diagrama de la Fig. 1 una representación simple del proceso que estudiamos.

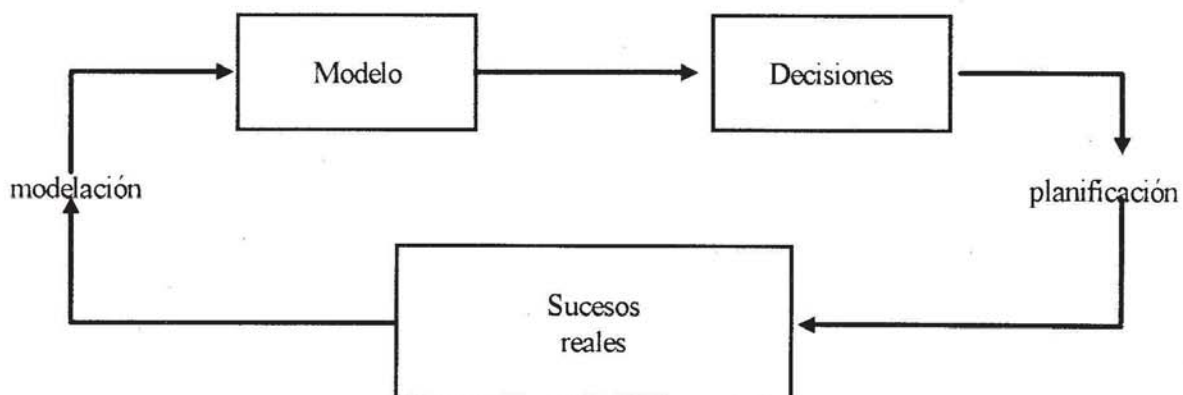


Fig. 1. Proceso de retroalimentación entre modelación y realidad.

El modelo es parte de un sistema de retroalimentación que influye en lo que sucede en el sistema de transporte real. Esta clase de sistema se puede denominar "autorreferencial", es decir, un sistema en que existe un elemento de autodescripción, por lo cual la información que determina el comportamiento del sistema está codificada dentro del mismo sistema. En el caso que vamos a estudiar esta información está contenida en el modelo, y podrá ser representada por ejemplo, por caracteres de un artículo, o por dígitos binarios en la memoria de un computador. Bartlett y Suber (1987) presentan ejemplos abstractos de autorreferencia, y Jantch (1982) discute sistemas reales con esta propiedad.

Lo que nos interesa aquí es cómo los contenidos del recuadro "modelo" de la Fig. 1 pueden influir en lo que pasa en el recuadro "sucesos reales". En algún caso dado de la planificación, es posible que no haya variación de gran magnitud en el comportamiento del sistema, pero aún así puede pasar que, sobre una larga sucesión de casos, el comportamiento muestre diferencias persistentes en el largo plazo.

El problema es que el uso de alguna forma de modelo matemático para investigar el sistema completo exigirá supuestos tan profundos como los usados en los modelos estudiados, y por lo tanto revelaría muy poco. Luego, lo que se necesita es una forma de "metamodelo" en que quepa todo el sistema representado en la Fig. 1 sin hacer los mismos supuestos que se hacen en el recuadro de dicho sistema.

En resumen, el proceso para llegar a la solución de este problema fue el siguiente:

- (i) Se vió que el recuadro "modelo" de la Fig. 1 puede ser representado por definición por un programa de computación. (Aquí se considera únicamente modelos matemáticos.)
- (ii) Luego, se consideró que los recuadros "modelo" y "objetivos" importan y exportan informaciones, que consisten en variables observables y cuantificables, como por ejemplo cantidad de viajes, duración de viajes, tarifas de buses, etc. Estas variables también se pueden representar en un programa de computación.
- (iii) Dado el punto (ii), podemos ver que el recuadro "sucesos reales" debe importar y exportar variables numéricas. Luego, es posible considerar esta parte como una "caja negra" que acepta las decisiones tomadas en la planificación como entradas, y exporta los datos usados en la modelación. Sin embargo, el funcionamiento de esta caja negra queda por conocerse.
- (iv) Si nos imaginamos una sucesión de n vueltas del lazo de la Fig. 1, vemos que cada vuelta genera una "fotografía" de la realidad, como visto por una "lente" del modelo. Se puede representar cada fotografía por un vector \underline{X}_i de variables observables, y luego una sucesión completa de tales fotografías por el conjunto ordenado:

$$S_j = \langle \underline{X}_1, \dots, \underline{X}_n \rangle$$



También podemos definir el conjunto de todos los conjuntos semejantes:

$$\Sigma = \{S_j\}$$

Este conjunto, Σ forma el espacio de todas las trayectorias posibles de la parte del sistema que representa la "realidad", es decir, de todas las sucesiones que pudieran ser generadas por la realidad, como es percibido por el modelo.

(v) Lo que buscamos no son las propiedades absolutas de un modelo dado, sino sus propiedades relativas en comparación con otro. Si vamos a concluir que existe una diferencia sistemática entre estas propiedades, la conclusión tiene que ser válida sobre la mayor parte del espacio Σ . Sin embargo, como es imposible probar todas las sucesiones S_j , tenemos que escoger una muestra σ , donde $\Sigma \supset \sigma$.

(vi) Las sucesiones S_j generadas en la "caja negra" de la Fig. 1, determinan la muestra σ (por elegir algún mecanismo para conectar los valores importados con los valores exportados). Si este mecanismo fuera un modelo determinístico, se esperaría que los supuestos que se hicieron en el modelo influirían en la comparación. Luego, se eligen las sucesiones al azar, para hacer que dicho mecanismo sea una conexión aleatoria. (En la práctica es sólo media aleatoria, por que es mejor hacer la selección del conjunto de sucesiones *creíbles* en Σ . Por ejemplo, Σ podría incluir sucesiones como una triplicación de la demanda por viajes siguiendo a una duplicación de tiempos de viaje.) La filosofía de esta técnica se puede resumir así: Si los dos modelos probados dan efectos distintos sobre una "realidad" aleatoria, es probable que darían la misma diferencia en la realidad real. Más adelante veremos como funciona esta técnica en la práctica.

3. ANALISIS.

Actualmente en el Reino Unido, las inversiones públicas en proyectos viales son políticamente controversiales. Mucha gente cree que no vale la pena sufrir los efectos ambientales y la destrucción de propiedades para acortar tiempos de viaje en auto en unos pocos minutos. Por lo tanto se hacen muchas críticas del proceso de evaluación usado, que consiste en un análisis de costos y beneficios (COBA). Una crítica específica es que en la asignación de tráfico se supone que los viajeros se comportan de una manera egoísta, y por lo tanto el proceso de evaluación tiende a favorecer esta forma de comportamiento. En el siguiente análisis, se investiga la posibilidad que este supuesto influya en los resultados de la evaluación en comparación con los otros dos.

3.2. El Proceso del COBA.

Cabe considerar que el COBA (ver DTp, 1981) consiste en cuatro distintas etapas:

- (i) Se determina la matriz de viajes por encuestas.
- (ii) Los flujos observados se asignan a la red actual, y así, se calcula el costo total de viajes.



Dado que se considera que la vida útil de la vía es de 30 años, el costo total durante este período se calcula de la siguiente manera:

- (a) Para cada año de vida útil de la vía, el flujo de cada arco se multiplica por un factor que representa el crecimiento del nivel de tráfico predicho por el " National Road Traffic Forecast" (Pronóstico de Tráfico Vial Nacional).
- (b) Se calcula el nuevo costo para ese nivel de flujo.
- (c) Este total se descuenta a los precios de 1979, y los totales se suman sobre los 30 años de la vida del proyecto para llegar a su valor actual.

(iii) la etapa (ii) se repite bajo el supuesto que se haya realizado el proyecto propuesto.

(iv) El total de (iii) se sustrae del total de (ii) para dar el valor corriente de beneficios (PVB). Los costos de planificación y construcción, y los costos ambientales, se calculan a los precios de 1979. Se llega al valor neto corriente del proyecto (NPV) al sustraer el total de los costos del PVB. Se considera justificable un proyecto que tenga un valor positivo del NPV.

3.3. Detalles del Análisis.

Dos redes pequeñas fueron creadas para el análisis; se las muestra en las Figs. 2 y 3.

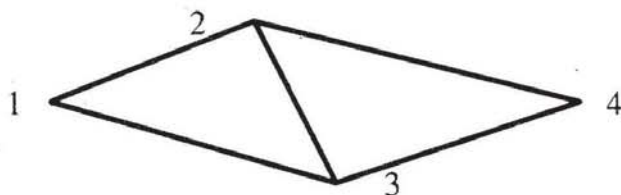


Fig. 2: Red de 4 nodos (red 1).

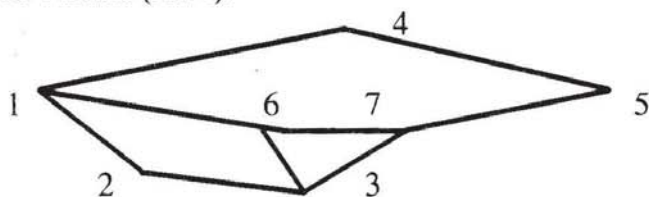


Fig. 3: Red de 7 nodos (red 2).

El proceso del análisis se describe en las 5 etapas siguientes (en donde ϵ es un valor aleatorio entre 0 y 1, y $\zeta(n)$ es un número aleatorio entero entre 1 y n):

1. Los cambios en el número de viajes desde zona i (O_i) hasta zona j (D_j) se calcularon así:

$$O_i = (0.95 + 0.1\epsilon)O_i$$

$$D_j = (0.95 + 0.1\epsilon)D_j$$

- con un ajuste para asegurar que $\sum O_i = \sum D_j$.

2. La matriz de viajes $\{T_{ij}\}$ se calculó de O_i y D_j . Además, se tomó en cuenta que el aumento de la capacidad de un arco en la iteración anterior puede generar viajes adicionales. Si la ruta de costo mínimo entre i y j pasa por el arco cuya capacidad fue aumentada, se calculan los viajes generados mediante la función:

$$\Delta T_{ij} = T_{ij}(-0.1 + 0.2m\epsilon) \quad (1)$$

donde m es el factor de aumento de la capacidad vial (Ver etapa 3).

La partición modal se calcula según la fórmula:

$$B_{ij} = 0.7 T_{ij} \frac{I}{1 + (c_{1ij}/c_{2ij})^\gamma} - 0.05 + 0.1\epsilon \quad (2)$$

donde B_{ij} es el número de viajes en bus de i a j
 c_{1ij} es el costo de viajar en auto de i a j
 c_{2ij} es el costo de viajar en bus de i a j
 γ es la sensibilidad de la partición modal a los costos relativos.

En cada iteración, se asignaron los viajes en bus a la ruta de costo mínimo. En cambio, los viajes en auto fueron asignados al azar entre tres conjuntos de rutas mínimas. Los costos generalizados de viajes fueron calculados de la manera normal, con costos fijos de tiempo y distancia. Los tiempos de viaje en bus incluían un componente para representar los tiempos de espera e intercambio entre rutas. Las tarifas de buses consistieron en un precio fijo por kilómetro, (que se fijaron al nivel que recuperara los costos de operación). Las frecuencias de los buses (que operaban por todos los arcos) fueron cambiadas al azar en cada iteración por -2 hasta +2 buses por hora.

3. Se eligió el arco más congestionado, es decir, el arco con la mayor razón de flujo a capacidad, para ser evaluado. Se propuso un proyecto que aumenta la capacidad del mismo arco por la misma razón (la m de ecuación (1)).

4. El modelo de asignación se utilizó para calcular los flujos de los arcos, con y sin el cambio de capacidad, con una matriz de viajes dada.

5. Con estos flujos, el costo total para los usuarios, según el manual de COBA (en peniques, 100p=£1 esterlina), se calcularon de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{costo de viaje} &= c_t + c_d \\ c_d &= 2.86 + 41.3/v + 0.00094v^2 \end{aligned} \quad (3)$$



donde t , d , v son tiempo, distancia y velocidad media del viaje, con unidades de minutos, kilómetros y km/hora, respectivamente. El valor actual (PV) del total de costos de usuarios (S) se calculó por la fórmula:

$$PV(S) = \sum_{i=1}^{30} S / (1.07)^i \quad (4)$$

y los beneficios como la diferencia entre los valores actuales del proyecto sin y con la construcción. Su costo se obtiene por una ecuación sencilla:

$$\text{costo del proyecto} = kd(C_d - C_a) \quad (5)$$

donde k es una constante
 C_a es la capacidad sin el proyecto
 C_d es la capacidad con el proyecto
 d es el largo de la vía en km.

Se supone un costo fijo por unidad de capacidad por km. Se nota que este método para calcular el costo de un proyecto es muy simple, pero no pretende ser creíble como una representación de dicho costo. La justificación para usar una función tan simple es que nuestro interés es comparar dos maneras de llegar a los beneficios de un proyecto, por lo cual el costo sirve solamente para un base de comparación; lo importante es que sea igual en los dos casos. Luego se usa una forma que es fácil y rápida para calcular.

El NPV se calculó como la diferencia entre este costo y el PVB arriba calculado.

3.4. Procedimiento.

La sucesión de etapas 1-5, que constituye una iteración (es decir una vuelta de la Fig. 1) se repitió 30 veces con cada modelo comparado, partiendo con la misma matriz de viajes inicial. Este proceso se repitió 10 veces con diferentes matrices de viajes iniciales, y se calculó valores medios de las variables utilizadas para comparación, los que serán descritos en la sección 5.

4. LOS MODELOS DE ASIGNACION.

Sea:

T_{pij} = número de viajes de i a j por ruta p
 c_{pij} = costo del viaje de i a j por ruta p en auto
 c_{ij}^* = costo mínimo del viaje de i a j en auto



V_a = flujo en arco a
 c_a = costo de pasar por arco a
 $\delta_{pij}^a = 1$ si arco a está incluido en ruta pij , 0 si no

En asignación de tráfico, lo normal (y lo que se usa en COBA) es asignar los viajes a la red de tal manera que ningún usuario pueda bajar el costo de viaje por cambiar su ruta. Este estado se llama el equilibrio de Wardrop, y se expresa así:

$$\begin{aligned} T_{pij} &> 0 \text{ si } c_{pij} = c_{ij}^* \\ T_{pij} &= 0 \text{ si } c_{pij} > c_{ij}^* \end{aligned} \quad (6)$$

El modelo busca un conjunto de rutas, $\{T_{pij}\}$ que cumpla estas condiciones. Lo hace al minimizar una función objetivo, la que en este caso es:

$$Z_0(\{V_a\}) = \sum_a \int_0^{V_a} C_a(v) dv \quad (7)$$

sujeto a la restricción:

$$\sum_p T_{pij} = T_{ij} \quad (8)$$

La función Z_0 representa el costo en exceso (es decir, superior al mínimo) de todos los viajes en la red. En este trabajo, vamos a comparar el equilibrio de Wardrop (el que vamos a llamar el **Caso 0**) con otros dos casos:

Caso 1: Se supone, que el tráfico se distribuye de tal manera que minimiza el costo total de todos los viajes en la red.

Claramente, en este caso la función objetivo es la función de costo total de la red:

$$Z_1(\{T_{pij}\}) = \sum_{pij} T_{pij} c_{pij} = \sum_a V_a c_a(V_a) \quad (9)$$

El problema es cómo identificar condiciones equivalentes a (6), que definen el patrón de flujos que minimiza dicha función. Es posible probar que la cantidad:

$$\frac{\partial Z_1}{\partial T_{pij}} = \sum_a (V_a \frac{dc_a}{dV_a} + c_a) \delta_{pij}^a \quad (10)$$

actúa como la función de costo en el caso de Wardrop. Luego, para buscar el equilibrio de costo mínimo, se usa la función bajo la sumatoria en lugar de la del costo, $c_a(v)$.



Caso 2: Se supone, que cada uno de los conductores trata de minimizar el costo impuesto por su viaje sobre los demás.

Se duda que este supuesto represente la realidad. (Seguramente si fuera la verdad todos irían en bus o andarían en bicicleta.) No obstante, como es el contrario del supuesto de Wardrop, es interesante comparar los dos.

En este caso, la función objetivo es:

$$Z_2(\{T_{pij}\}) = \sum_a \left(2 \int_0^{V_a} C_a(v) dv - C_a V_a \right) \quad (11)$$

y, como la derivada de función objetivo es la siguiente:

$$\frac{\partial Z_2}{\partial T_{pij}} = \sum_a V_a \frac{dC_a}{dV_a} \delta_{pij}^a \quad (12)$$

en vez de $c_a(v)$ se usa la función bajo la sumatoria. (La prueba se omite por brevedad.)

4.1 Diferencias en Flujos Asignados.

Como vamos a comparar los modelos en un contexto dinámico y complejo, es útil conocer cómo se diferencian en un caso estático, en términos de los flujos que generan. Por esto, se corrieron los tres modelos con la misma matriz de viajes aleatoria y se compararon los flujos obtenidos. Se repitió este proceso unas 50 veces, y se calcularon las diferencias medias en cada uno de los arcos. Los resultados para la red 2 (para valores de distancia de 1p/km y de tiempo de 1p/seg, 100p = \$1 esterlina) se resume en al Fig. 4:

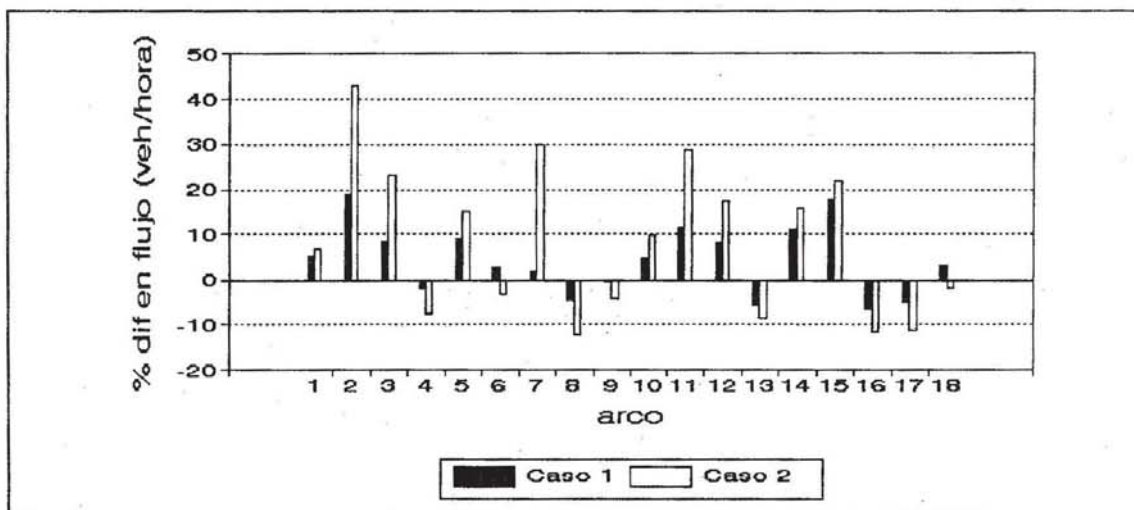


Fig. 4: Diferencias en flujos asignados entre los modelos alternativos (los casos 1 y 2) y el de Wardrop (el caso 0). Por falta de espacio se presenta las diferencias solamente para la red 2, de las cuales sólo aquellas de los arcos 6, 7, 9, 15 y 18 no fueron significativas en ningún caso. Las de la red 1 fueron parecidas.

Sin discutir los detalles de estos resultados, podemos ver que los dos modelos alternativos calculan flujos significativamente distintos de los obtenidos con el equilibrio de Wardrop. Sin embargo, aunque se obtienen flujos diferentes, no debemos suponer que vayan a dar diferencias en los cambios de flujos que surgen de un cambio de capacidad vial. Esto es lo que se trata de resolver con el análisis descrito en este trabajo. Los resultados se presentan a continuación.

5. RESULTADOS DEL ANALISIS.

Recordamos que el objetivo de la aleatorización es escoger sucesiones que cubran lo mejor posible el espacio de sucesiones Σ (ver sección 2). Vemos que la región de Σ en la que estamos está determinada por los parámetros usados en la "realidad" aleatoria. Luego, cabe considerar el espacio de estos parámetros equivalente al espacio Σ .

Desafortunadamente, debido al tiempo exigido para correr cada experimento, no nos fue posible probar muchos valores de los parámetros, por lo cual el espacio de parámetros explorado contiene pocos puntos. No obstante, los resultados obtenidos sirven para sacar una conclusión interesante. Se usaron dos grupos de valores de parámetros:

Grupo	Partición modal (γ)	Valor de distancia (p/km)*	Valor de tiempo (p/seg.)*	Pronóstico de tráfico
1	4	20	1	alto
2	2	5	3	bajo

* 100p=£1 esterlina.

Cabe señalar que los valores de tiempo y distancia son los usados en la parte del programa que representa la "realidad". Dentro de los modelos de asignación, se usaron valores de 1p/seg para tiempo y 0 o 1 p/km para distancia (los valores frecuentemente usados en el modelo SATURN).

Luego, podemos mostrar los resultados distribuidos sobre tres "dimensiones" del espacio de parámetros, es decir:

- A el grupo de parámetros (1 o 2)
- B el valor de distancia utilizado en el modelo de asignación (0 o 1)
- C la red usada (1 o 2, ver Figs. 2 y 3)

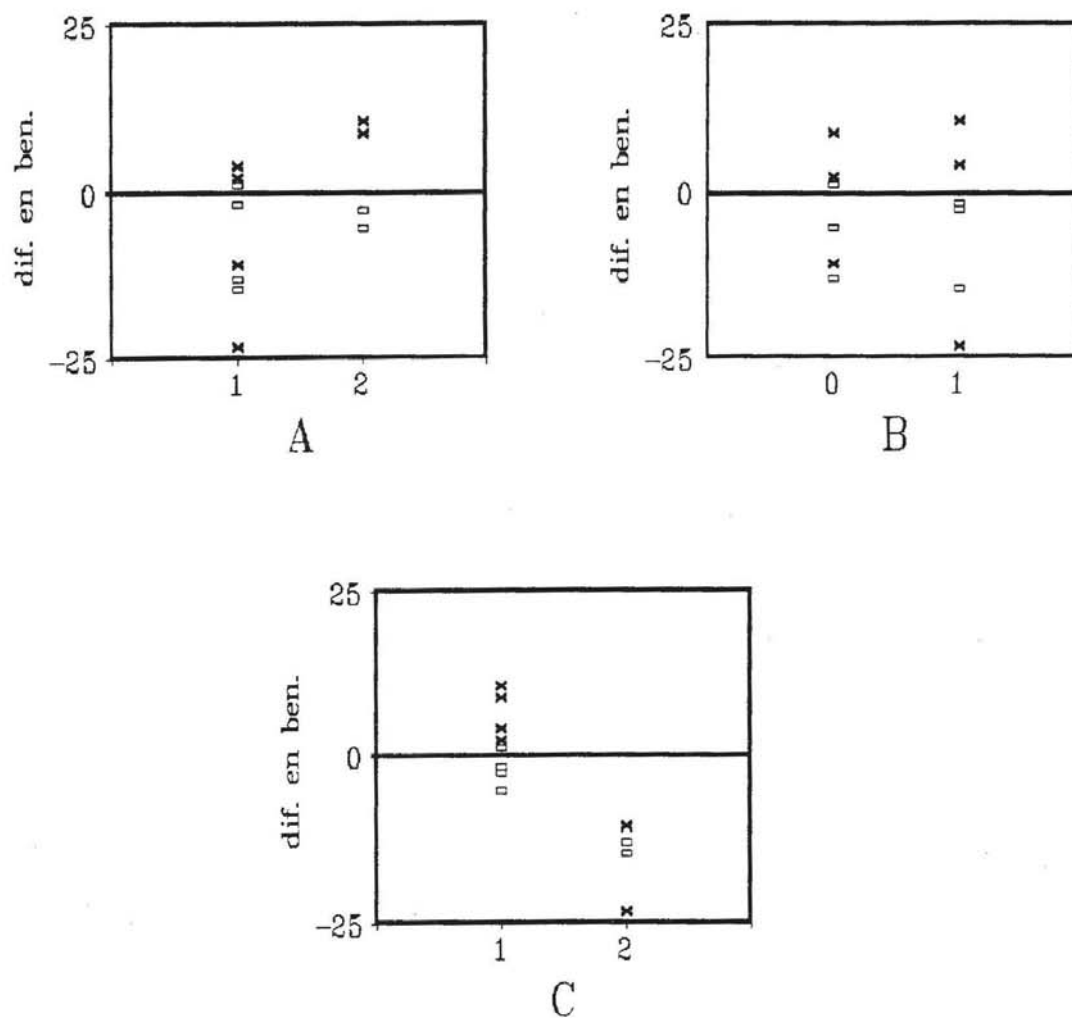
Nos vamos a centrar en dos variables que nos muestran el comportamiento del sistema:

- (i) Los beneficios calculados por cada evaluación (aquí dados en millones de libras esterlina, £M).
- (ii) La capacidad media por km de las vías de la red (en veh/hora).

En todos los gráficos que siguen, la cantidad mostrada en el eje vertical representa la diferencia en variable (i) o (ii) entre el caso 0 y el caso alternativo (es decir, el valor de caso 1 o 2 menos el de caso 0). Esta diferencia es la media para el experimento, y es representado por el punto mostrado en el gráfico.

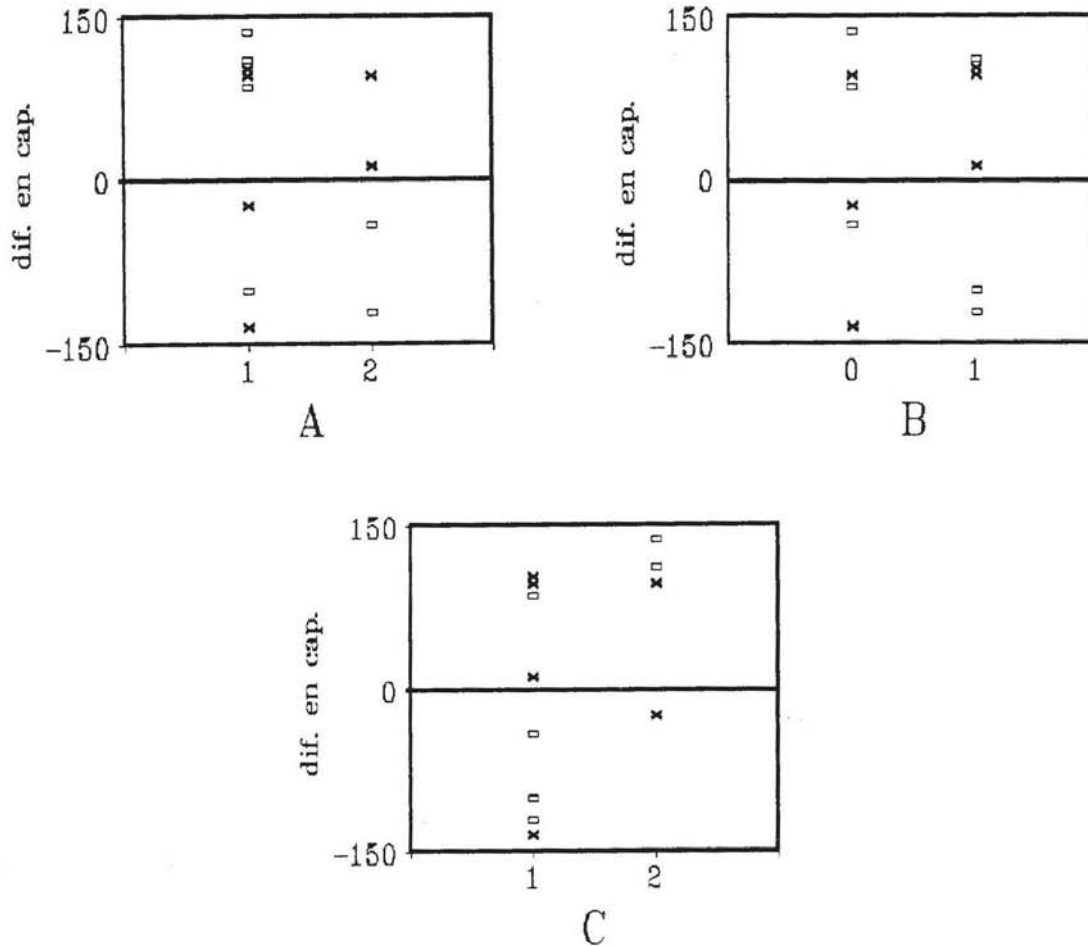


Se presentan en la Fig. 5 las diferencias en los beneficios, y en la Fig. 6 las de la capacidad media.



□ caso 1 - caso 0 x caso 2 - caso 0

Fig. 5: Diferencias en beneficios (£M) entre los modelos alternativos y el equilibrio de Wardrop, distribuidas sobre el espacio de parámetros. Los parámetros A, B y C son los arriba descritos.



□ caso 1 - caso 0 x caso 2 - caso 0

Fig. 6: Diferencias en capacidad media (veh/hora) entre los modelos alternativos y el equilibrio de Wardrop, distribuidas sobre el espacio de parámetros. Los parámetros A, B y C son los arriba descritos.

Si bien algunas de las diferencias son estadísticamente significativas, no todas van en la misma dirección (ni en el caso 1 ni en el 2). Así, los resultados no nos muestran ninguna tendencia.

Resulta entonces que no es necesario hacer una gran cantidad de experimentos con diferentes valores de parámetros. Como los valores investigados no rinden diferencias constantes, parece razonable concluir que tales diferencias no existen sobre todo el espacio de parámetros.

6. CONCLUSIONES.

Los resultados obtenidos indican que se puede usar cualquiera de los supuestos aquí comparados sin influir en la tasa de construcción vial. Lo sorprendente es que este resultado sale así tanto para los supuestos de Wardrop como los de la minimización de costo impuesto (el caso 2), los cuales son directamente opuestos.

Sin embargo, hay que tomar esta conclusión con cuidado. Lo que se demuestra es que sobre cierto conjunto de matrices de viajes, las diferencias generadas por el uso de los distintos modelos no favorecen a ningún modelo específico. Es discutible si eso se debe a los procesos aleatorios en el análisis o a las propiedades de los modelos. Por esto, es importante reconocer la posibilidad que estos existan en algún caso específico.

Luego, aunque no se haya probado una diferencia pronosticable, queda la posibilidad que la selección del modelo influya sobre las decisiones tomadas, y por consecuencia, sobre la realidad. Esta conclusión lleva a un tema más amplio: el de la subjetividad de los modelos empleados en planificación.

En el Capítulo 1, se sugirió que esta investigación, si bien se trata de un problema específico, puede que en el fondo el tema no sea analítico, sino filosófico. Luego, cabe señalar que implicaciones surgen de esta forma de análisis.

En el enfoque aquí expuesto, el modelo se considera como un componente inseparable del sistema que intenta describir. Por lo tanto, es inevitable que el modelo influya de alguna manera sobre lo que se pretende predecir. Este efecto es independiente a la ausencia de diferencias entre modelos específicos, dado que en todos casos es posible elegir un modelo que tenga distinta influencia sobre las decisiones. Otra investigación (Smith, 1994) en este tema, ha demostrado un caso en que tales influencias diferencian con modelos de calidades técnicas iguales. Otros autores (Tribe, 1972, Wachs 1985) han expuesto ejemplos reales de la influencia de modelos sobre la política, pero no con un enfoque analítico.

Luego, resulta que la responsabilidad de quienes construyen o eligen modelos en planificación se extiende mas allá de la exactitud de sus predicciones. También tienen que tomar en cuenta las posibles consecuencias éticas o comerciales de sus acciones.

Es característica de las ciencias sociales que seamos actores del sistema, el cual estudiamos. Por ello, nuestros modelos, sean matemáticos o conceptuales, no pueden tener la objetividad de las ciencias físicas.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a los profesores guías de mi tesis: Sr Howard Kirby y Sr. John Brindley, de la Universidad de Leeds, Inglaterra; así como al Science and Engineering Research Council del Reino Unido por financiar este proyecto.

7. REFERENCIAS.

BARTLETT, S.J. y SUBER, P. (Compiladores) (1987). *Self-reference: reflections on reflexivity*. Nijhoff, Holland.

Dtp. (1981). *COBA 9 Manual*. Department of Transport, London.



JANTSCH, E. (1982). *From Self-Reference to Self-Transcendence: The Evolution of Self-Organization Dynamics*. En Schieve y Allen (1982).

SCHIEVE, W. y ALLEN, P. (Compiladores) (1982). *Self-Organisation and Dissipative Systems*. University of Texas Press.

SMITH, M.A. (1994). Identifying Subjectivity in Transport Models. *Presentado al 26 congreso del University Transport Studies Group, Leeds, 1/94*. (No publicado).

TRIBE, L. (1972). Policy Science: analysis or ideology? *Philosophy and Public Affairs* 2 p66.

WACHS, M. (1985). Planning, Organisations and Decision-Making: A Research Agenda. *Transportation Research* 19A p521.

