

APLICACION DEL MODELO TRAFFICQ A LA EVALUACION
ECONOMICA DE NUDOS VIALES

Mónica Zucker y Eugenio Labarca
INTRAT LTDA.

Resumen

El presente trabajo aborda algunos aspectos generales de la evaluación económica de proyectos de vialidad urbana haciendo hincapié en la importancia de una correcta aplicación de los modelos computacionales generalmente usados como apoyo. En particular, se analiza el modelo TRAFFICQ y se presenta un programa computacional complementario a éste desarrollado por los autores, que conduce a resultados más fidedignos. Finalmente, se muestran resultados de una aplicación, con fines comparativos.

1. Introducción

1.1. Antecedentes generales

Los resultados que se obtienen al comparar la evaluación económica teórica de proyectos con los índices reales observados tras la realización de ellos tienden a demostrar que se presentan importantes discrepancias. A mayor abundamiento, puede decirse que el signo de las diferencias parece reflejar un marcado optimismo por parte de los entes evaluadores.

En el caso de los proyectos de vialidad urbana, a que este trabajo se refiere, no se han realizado hasta donde los autores tienen conocimiento, experiencias orientadas a comprobar la precisión de la evaluación económica, lo que permitiría afinar las metodologías aplicadas.

La necesidad de tal análisis comparativo resulta más evidente si se considera que la evaluación se apoya en los resultados de modelos computacionales desarrollados por lo general en países europeos o en Estados Unidos y adecuados por consiguiente a las condiciones de tránsito en sus ciudades.

Los beneficios generados por los proyectos de tránsito urbano provienen fundamentalmente de los ahorros por concepto de ahorro de combustible y tiempo.

En el caso de redes semaforizadas, el modelo más difundido es el TRANSYT, que permite simular la operación y optimizar los desfases, entre gando valores físicos de consumo de combustible y tiempo utilizados en la evaluación.

Para redes pequeñas o intersecciones aisladas, se utiliza frecuentemente el modelo TRAFFICQ para simular la operación; también este programa entrega información acerca del consumo de tiempo y combustible.

La intención de desarrollar el presente trabajo surgió en los autores precisamente al emplear las salidas del modelo TRAFFICQ en la evaluación económica de un nudo vial. Al analizar la información entregada, se observó que ésta resultaba insuficiente para obtener la precisión requerida, particularmente en el caso de vías que presentan un componente relevante de vehículos pesados o de locomoción colectiva, así como al intentar desagregar el consumo de combustible según flujo libre, ralentí o detenciones. La inspección del programa llevó a suponer que la utilización directa de la información de salida podría conducir a resultados afectos a un error importante y condujo por otra parte a buscar un mejor aprovechamiento de las potencialidades del modelo.

1.2. Objetivos

A través del presente trabajo se persiguen básicamente dos objetivos.

El primero de ellos consiste en destacar la importancia de la utilización adecuada de las herramientas de análisis, en particular cuando

se trata de modelos computacionales complejos que son, en muchos aspectos, una caja negra, cuyos resultados es preciso validar para establecer su grado de confiabilidad.

Como segundo elemento, se presenta un programa complementario al TRAFFICQ, que permite mejorar considerablemente su precisión en la estimación de los consumos de combustible para cualquier red o nudo simulados con el modelo.

2. La Evaluación Económica de Proyectos de Vialidad Urbana

El objetivo de la evaluación social de proyectos de vialidad urbana, tal como lo define la Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Transporte Urbano, es determinar si la ejecución de las obras se justifica, lo que sucede si las tasas de rentabilidad social superan un valor umbral determinado para la selección de inversiones en el sector.

Se trata por lo tanto de asociar a los proyectos del sector un conjunto de parámetros que permite compararlos y priorizarlos. Dado que el patrocinio de proyectos proviene de fuentes diversas y los estudios son realizados por numerosas entidades independientes entre sí, se deduce la necesidad de establecer reglas suficientemente claras y objetivas. Es lo que se ha propuesto la Secretaría Ejecutiva, a partir de la publicación del Manual de Evaluación de Proyectos de Vialidad Urbana.

Sin embargo, veremos que la gama de opciones metodológicas y de utilización de modelos computacionales conduce en la práctica a que los indicadores de rentabilidad no sean necesaria y estrictamente comparables.

Discutiremos a continuación, a modo de ejemplo, algunos aspectos cuja interpretación incide directamente en los resultados de la evaluación.

Un primer y muy importante punto es el cálculo de las relaciones flujo/capacidad.

Las mediciones de flujos de saturación son complejas (por lo tanto caras) y solamente pueden efectuarse en vías que presenten en algún período niveles altos de saturación.

A causa de lo anterior, en muchos casos se opta por utilizar valores teóricos. La Comisión de Transporte Urbano ha definido tres valores:

Calles céntricas: 1.650 (V.Eq./H)
Calles normales : 1.800 (V.Eq./H)
Vías rápidas : 2.000 (V.Eq./H)

Sin embargo, la realización de mediciones en más de 100 diferentes puntos de Santiago en el marco del Censo de Infraestructura de la Red Vial, lleva a concluir que, para el caso de vías normales y rápidas, esos valores subestiman en rangos entre 5 y 15% los flujos reales de saturación. Una explicación de ello puede provenir de las modificaciones de las características de los vehículos en los últimos años, con la masificación de los automóviles europeos y japoneses.

Las diferencias entre los valores medidos y los teóricos redundan en una sobreestimación de las condiciones de saturación al utilizar los segundos y lleva por consiguiente a que los beneficios calculados en este caso sean superiores a los reales.

El uso de valores de flujos de saturación subvalorados incide también en la calidad de los resultados de la modelación de semáforos y en las condiciones que debe satisfacer el diseño.

Otros parámetros en que la utilización de valores teóricos, estimados o medidos puede conducir a diferencias importantes en los resultados son las velocidades y los factores de equivalencia entre vehículos.

En el caso de las velocidades, existe una relación directa entre ellas y los consumos de combustible y tiempo. En cuanto a los factores de equivalencia, afectan las relaciones flujo/capacidad.

Hasta aquí nos hemos referido especialmente al efecto que tiene sobre los resultados de la evaluación económica la utilización de valores teóricos o de valores medidos en terreno. Existen también aspectos más generales en las metodologías usuales de evaluación que se han aplicado hasta el momento sin mayor profundización y merecerían ser sujetos a revisión. Es el caso, por ejemplo, de la simplificación consistente en asumir que los costos de operación corresponden al doble del consumo de combustible, o que el efecto sobre la contaminación atmosférica debe asumirse como un beneficio indirecto de los proyectos.

Además de los elementos señalados, la propia utilización de la información entregada por los modelos computacionales puede conducir a resultados distintos según la forma en que se lo haga, especialmente si se trata de programas concebidos para otros fines y no específicamente a la evaluación económica. Tal es el punto que a continuación se desarrolla, en torno al empleo del TRAFFICQ como herramienta de evaluación económica.

3. Breve Descripción del Modelo TRAFFICQ

TRAFFICQ es un modelo de simulación orientado principalmente al estudio detallado de diseños viales y gestión de tránsito en los cuales pueda haber problemas de congestión, colas, bloqueos, etc., cuyo efecto pueda restringirse a relativamente pocas vías o intersecciones. El modelo contempla todos los sistemas de gestión de tránsito comúnmente usados en la práctica, como señales de prioridad, semáforos de tiempo fijo y accionados por vehículo o peatones, rotundas, etc.

TRAFFICQ trabaja simulando vehículo a vehículo su paso por la red, considerando la señalización a la que se enfrenta y la ocurrencia de colas o bloqueos y va calculando tiempos de viaje, consumos de combustible y otros parámetros para entregarlos en forma agregada.

Un buen ejemplo de la utilidad de este enfoque detallado es el caso en que la cola que se forma en una intersección alcanza a bloquear otra. Esto puede ocurrir durante un corto período de tiempo, pero las consecuencias, ser considerables. Esta situación y sus efectos negativos son detectados por TRAFFICQ, a diferencia de la mayoría de las técnicas

basadas en largos de cola promedio (como TRANSYT), que no son capaces de identificar el hecho y sus consecuencias.

3.1. Datos de entrada al modelo

La información de entrada al modelo consiste en características geométricas de los arcos, rutas, señalización en intersecciones, flujos de saturación, consumos unitarios de combustible, matriz de origen y destino de flujos de vehículos sobre la red, velocidad de viaje libre e información referente a peatones.

3.2. Resultados del modelo

TRAFFICQ produce los siguientes resultados:

- Distribuciones de longitud de cola y tiempos de viaje en los arcos
- Distribuciones de tiempo de viaje en la red
- Distribuciones de demoras de peatones
- Tiempos promedio de viaje entre pares origen/destino
- Tiempos promedio de viaje por arco y para la red
- Viajes entre orígenes y destinos de Veh-hora/hora
- Matriz de viajes promedio
- Resúmenes de flujos de entrada y salida por arco
- Consumo de combustible para el total de la red y por arco

4. Descripción del Programa Complementario al TRAFFICQ

La idea central de este programa es rescatar información producto de la simulación del TRAFFICQ y en base a ella hacer una estimación más fina del consumo de combustible.

Se distinguen tres componentes en el consumo de combustible: Uno asociado al desplazamiento en flujo libre, otro asociado al tiempo de permanencia en ralentí y el tercero, al hecho de que se produzca una detención.

TRAFFICQ entrega el consumo de combustible en cada arco de la red en base a un consumo unitario único para cada componente, aplicado a la totalidad de la red, y con velocidades medias calculadas para cada arco de acuerdo a la composición del flujo.

El programa complementario desarrollado por los autores trabaja con velocidades distintas para cada arco de la red por tipo de vehículo. El programa asocia arco por arco un consumo unitario a cada tipo de vehículo en base a su velocidad.

4.1. Datos de entrada al modelo

- a) El porcentaje de vehículos livianos y pesados en cada arco de la red.
- b) La velocidad de cada tipo de vehículo en cada arco. A partir de esta información, el programa calcula los consumos unitarios mediante una interpolación lineal de acuerdo a los valores entregados por el Manual

de Evaluación de Proyectos de Vialidad Urbana.

4.2. Salida del modelo

Como complemento a la salida del TRAFFICQ, este programa entrega la siguiente información:

- a) El consumo de combustible por arco desagregado por componente de acuerdo a los patrones del TRAFFICQ.
- b) El consumo de combustible por arco y por tipo de vehículo de acuerdo a los nuevos parámetros de composición de flujo y de velocidad por arco.

5. Ejemplo

El siguiente ejemplo se basa en un proyecto a nivel de la intersección de Panamericana Norte con Américo Vespucio, cuya malla se presenta al final.

Se supone la siguiente composición de flujo:

Américo Vespucio: 75 % de vehículos livianos
25 % de vehículos pesados

Panamericana Norte: 33 % de vehículos livianos
67 % de vehículos pesados

Las velocidades asignadas son:

Américo Vespucio : 65 Km/H para vehículos livianos
45 Km/H para vehículos pesados
Panamericana Norte: 80 Km/H para vehículos livianos
64 Km/H para vehículos pesados

El factor de equivalencia de los vehículos pesados es 2,0.

Se simuló durante 60 minutos con un transiente de 10 minutos e incrementos de 3 segundos.

Los flujos de la matriz O/D y los flujos de saturación están en V.Eq./H.

El reparto del semáforo se obtuvo con SIGSET.

5.1. Resultados

Los resultados detallados arco por arco se incluyen al final del trabajo.

El programa complementario entrega un consumo de combustible un 34% mayor que el calculado por TRAFFICQ:

Consumo según TRAFFICQ:	409 litros
Consumo según programa complementario :	547 litros
Diferencia:	138 litros

Considerando un precio social único del combustible de \$/litro 37,00; suponiendo que este período de punta abarque dos horas diarias y que el flu

jo en el resto del tiempo corresponda a un 40% del observado en las horas de punta, obtenemos los siguientes resultados aproximados en unidades monetarias:

TRAFFICO:	36.000 (miles \$)
Programa complementario:	48.000 (miles \$)
Diferencia:	12.000 (miles \$)

Un análisis arco por arco de los resultados nos muestra que en Panamericana Norte el consumo de combustible calculado por el programa complementario duplica aproximadamente el valor entregado por TRAFFICQ, en tanto que en Américo Vespuicio prácticamente no se observan diferencias. Esto es producto de la composición de flujo y velocidades asignadas a estos arcos, lo que nos hace concluir que otras composiciones y velocidades podrían llevar a diferencias aún mayores.

Bibliografía

- DAWSON, J.A.L. y LOGIE, D.M.W. (1983) TRAFFICQ, a Design Aid for Traffic Management. MVA Systematica, Londres.
- SECTU (1982) Metodología para la Evaluación Social de Proyectos de Inversión en Vialidad Urbana. Comisión de Transporte Urbano, Santiago.

ARCO	MOVIM. [1t]	RALENTI [1t]	DETENC. [1t]	TOTAL [1t]
1	20,74	0,00	0,00	20,74
2	2,84	0,46	0,00	3,29
3	15,09	0,00	0,00	15,09
4	22,13	0,00	8,24	30,37
5	2,84	0,00	0,00	2,84
6	7,54	0,00	0,00	7,54
7	1,89	0,00	7,92	9,80
8	1,89	1,23	7,92	11,03
9	7,54	1,23	9,90	18,67
10	1,28	0,99	8,38	10,66
11	1,28	0,99	3,59	5,87
12	3,77	0,00	0,00	3,77
13	6,24	0,00	0,00	6,24
14	0,57	0,00	1,94	2,51
15	1,13	0,92	4,36	6,41
16	2,57	1,98	10,78	15,33
17	0,57	0,00	0,00	0,57
18	7,54	0,00	0,00	7,54
19	0,00	0,00	1,98	1,98
20	3,77	1,23	9,90	14,90
21	1,89	0,00	1,98	3,87
22	1,28	0,99	8,38	10,66
23	0,00	0,00	0,00	0,00
24	3,77	0,00	0,00	3,77
25	24,40	0,00	0,00	24,40
26	6,81	0,00	0,00	6,81
27	1,70	0,00	5,33	7,03
28	1,70	0,92	3,39	6,01
29	1,23	0,99	4,19	6,40
30	0,57	0,00	0,00	0,57
31	19,29	0,00	0,00	19,29
32	1,70	0,00	0,00	1,70
33	50,91	0,00	0,00	50,91
34	5,67	0,00	0,00	5,67
35	39,60	0,00	0,00	39,60
36	11,35	0,00	0,00	11,35
37	3,97	0,00	0,00	3,97

TABLA 1: Consumo de combustible por componente y por tipo de vehículo de acuerdo a los parámetros del programa complementario

Vehículos Livianos.

ARCO	MOVIM. [lt]	RALENTI [lt]	DETENC. [lt]	TOTAL [lt]
1	2,37	0,00	0,00	2,37
2	2,19	0,84	0,00	3,03
3	1,72	0,00	0,00	1,72
4	17,12	0,00	7,27	24,39
5	2,19	0,00	0,00	2,19
6	0,86	0,00	0,00	0,86
7	0,22	0,00	0,92	1,14
8	0,22	0,37	1,92	1,51
9	0,86	0,37	1,15	2,38
10	0,28	0,51	1,97	2,77
11	0,28	0,51	0,85	1,64
12	0,40	0,00	0,00	0,40
13	4,83	0,00	0,00	4,83
14	0,44	0,00	1,71	2,15
15	0,88	1,68	3,85	6,40
16	0,56	1,03	2,54	4,12
17	0,44	0,00	0,00	0,44
18	0,86	0,00	0,00	0,86
19	0,00	0,00	0,23	0,23
20	0,43	0,37	1,15	1,95
21	0,22	0,00	0,23	0,45
22	0,28	0,51	1,97	2,77
23	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,43	0,00	0,00	0,43
25	18,87	0,00	0,00	18,87
26	5,27	0,00	0,00	5,27
27	1,32	0,00	4,70	6,02
28	0,32	1,68	2,99	5,98
29	0,27	0,51	1,05	1,83
30	0,44	0,00	0,00	0,44
31	14,92	0,00	0,00	14,92
32	1,32	0,00	0,00	1,32
33	5,81	0,00	0,00	5,81
34	4,39	0,00	0,00	4,39
35	4,52	0,00	0,00	4,52
36	8,78	0,00	0,00	8,78
37	3,07	0,00	0,00	3.07

TOTAL VEH.LIVIANOS:

150,26 litros

TABLA 2: Consumo de combustible por componente y por tipo de vehículo de acuerdo a los parámetros del programa complementario

TIPO DEL CONSUMO: MOVIMIENTO

RESUMEN DE CONS. DE COMP. POR ARCO (L/HR)

ARCO 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
L/HR 11	5	8	39	5	4	1	1	4	1	1	2	11	1	2	2	1
ARCO 18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
L/HR 4	0	2		1	1	0	43	12	3	3	1	1	34	3	27	10
ARCO 35	36	37														
L/HR 21	20	7														

TIPO DE CONSUMO: RALENTI

RESUMEN DE CONST. DE COMP. POR ARCO (L/HR)

ARCO 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
L/HR 0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2	2	0
ARCO 18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
L/HR 0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
ARCO 35	36	37														
L/HR 0	0	0														

TIPO DE CONSUMO: DETENCIONES

RESUMEN DE CONST. DE COMP. POR ARCO (L/HR)

ARCO 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
L/HR 0	0	0	17	0	0	4	4	5	7	3	0	0	4	9	9	0
ARCO 18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
L/R 0	1	5	1	7	0	0	0	0	11	7	4	0	0	0	0	0
ARCO 35	36	37														
L/HR 0	0	0														

CONSUMO TOTAL

RESUMEN DE CONST. DE COMP. POR ARCO (L/HR)

ARCO 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
L/HR 11	6	8	56	6	5	6	6	11	9	4	2	11	5	13	13	2
ARCO 18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
L/HR 4	1	8	2	10	1	2	43	11	14	11	6	1	33	3	27	10
ARCO 35	36	37														
L/HR 21	20	7														

CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE = 409 LT/HR

TABLA 3: Consumo de combustible por componente de acuerdo a los parámetros del modelo TRAFFICQ

(3)

35

N

Mollo Traffic

