

FLUJOS DE SATURACION EN LA ZONA CENTRICA DE SANTIAGO

Tristán Gálvez P.

Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile

y

Francisco Martínez C.

CITRA LTDA. *

R E S U M E N

Se presenta la metodología seguida y resultados obtenidos en la medición de flujos de saturación en la zona céntrica de Santiago. Los resultados son comparados con los provenientes de estudios anteriores. Además de los flujos de saturación, se exponen y comparan datos relativos a factores de equivalencia de vehículos, factores de viraje y factores de comportamiento en paraderos de buses. Finalmente, se sugieren líneas para futuras investigaciones en la materia.

* Actualmente en SECTU.

1. Introducción

En Noviembre de 1983, como parte de un contrato entre la I. Municipalidad de Santiago y la firma CITRA Ltda. [1] se realizó un programa de mediciones de flujos de saturación en el centro de Santiago, entendido aproximadamente, como el área comprendida entre el Río Mapocho, la Av. Nor^{te}-Sur y la Alameda.

Estas mediciones tuvieron como objetivo la generación de datos para correr el modelo SATURN aplicado a la red del centro, mediante el cual se deseaba evaluar diversos esquemas alternativos de gestión de la red. Se recurrió a esta medición directa en terreno debido a que los flujos de saturación son uno de los parámetros más importantes en la modelación de una red, de modo que su correcta determinación condiciona en gran medida la calidad de las predicciones del modelo.

El presente trabajo recoge los aspectos metodológicos y resultados de estas mediciones, con el objeto de compararlos con valores provenientes de estudios anteriores. Se ha preferido no incluir los aspectos conceptuales y de definición relacionados con los flujos de saturación, dado que éstos pueden ser consultados en publicaciones anteriores [2], [3].

2. Metodología

Para la medición de flujos de saturación se utilizó el método sincrónico 6 con las siguientes convenciones:

- a) Se definió como "instante de pasada" de un vehículo el instante en que su parachoque posterior (o parte equivalente) coincidía con la línea de parada.
- b) Se definió que el "intervalo" entre dos vehículos consecutivos equivale a la diferencia entre sus respectivos instantes de pasada. Este intervalo, dada esta definición, puede dividirse en dos subintervalos: el que transcurre entre la pasada del parachoque trasero del vehículo antecesor y la del parachoque delantero del vehículo sucesor, que es el "intervalo libre"; y el que se produce durante la pasada del vehículo sucesor propiamente tal.
- c) Se asumió que el "intervalo libre" era función sólo del tipo de vehículo "sucesor", y que era independiente del tipo de vehículo "antecesor". Este supuesto es el más discutible. Sin embargo, para levantarlo se requeriría modelos excesivamente complejos de dudosa aplicabilidad práctica. Con este supuesto, más el obvio supuesto adicional de que el tiempo de pasada de un vehículo depende también de su propia naturaleza, se tiene que el "intervalo" definido en b) es función sólo del tipo de vehículo "sucesor".
- d) Se supuso que los 10 segundos iniciales luego de la aparición de la luz verde corresponden al transiente, por lo cual deben ser excluidos de la medición.

- e) Se consideró que los vehículos elegibles para la medición eran sólo aquellos que se habían detenido completamente ante la cola.
- f) Todas las mediciones se hicieron considerando sólo una pista. Por convención, se asignó el número 1 a la pista de la derecha.

El procedimiento utilizado en la medición fue el siguiente:

- i) Se formó un equipo con dos observadores. El primero de ellos echaba a andar el cronómetro al presentarse la luz verde. Al aproximarse los 10 segundos elegía un vehículo y transmitía al segundo observador (anotador) su instante de pasada según lo definido en a).
- ii) El anotador hacía un conteo clasificado a partir del vehículo siguiente, distinguiendo los siguientes tipos de vehículo: automóviles, taxis vacíos, taxis ocupados, taxis colectivos, buses, taxibuses y camiones.
- iii) El primer observador elegía el vehículo con el cual terminaría la medición, de acuerdo al criterio e), y transmitía al anotador su instante de pasada según el cronómetro. Esta indicación servía, además, para dar por terminado el conteo.
- iv) Los datos fueron registrados en una hoja de terreno, cuyo formato se indica en la Figura N° 1.-

Los lugares y horarios de medición se eligieron luego de una inspección preliminar en terreno. Muchas intersecciones debieron descartarse, siendo las principales razones las siguientes:

- bajo grado de saturación, disipándose las colas antes de 10 segundos o muy poco después.
- desorden en el uso de pistas, que impedía la medición por separado de cada una de ellas.
- coordinación de la red de semáforos, que hacía las detenciones casi inexistentes en algunos lugares.

Las dificultades anteriores implicaron que, en general, sólo pudo medirse en los períodos de punta en algunos lugares. Parte de las mediciones debió descartarse posteriormente por ser sus resultados poco confiables.

El procedimiento se orientó a obtener los siguientes resultados:

- a) Factores de equivalencia de vehículos, estimados como promedio para el conjunto de la red interna. Estos factores resultan necesarios dado que el SATURN no permite asignar factores de equivalencia variables entre un punto y otro de la red.

- b) Flujos de saturación característicos de diversos subsectores de la red.
- c) Factores de virajes
- d) Factores aplicables a los paraderos de buses

Para todos estos cálculos se utilizó regresión lineal múltiple, mediante el paquete TSP.

3. Procesamiento y resultados

3.1 Factores de equivalencia

Los factores de equivalencia se obtuvieron mediante regresiones lineales de la ecuación

$$T = \sum A_i X_i$$

donde T es el intervalo de medición y X_i el número de vehículos del tipo i que pasan. Luego la razón

$$a_i = \frac{A_i}{A_1}$$

representa el factor de equivalencia del vehículo i respecto del automóvil particular (1: automóvil particular).

Considerando que los parámetros A_i son desconocidos, y sólo se conoce sus estimaciones \hat{A}_i , el factor de equivalencia debe calcularse como [7]:

$$a_i = \frac{\hat{A}_i}{\hat{A}_1} - \frac{\text{Cov}(\hat{A}_i, \hat{A}_1)}{\hat{A}_1^2} + \frac{\hat{A}_i \cdot \text{Var}(\hat{A}_1)}{\hat{A}_1^3} \quad y$$

$$\text{Var}(\hat{a}_i) = \frac{\hat{A}_i^2}{\hat{A}_1^4} + \frac{\text{Var}(\hat{A}_i)}{\hat{A}_1^2} + \frac{\text{Var}(\hat{A}_1)}{\hat{A}_1^2} - \frac{2 \text{Cov}(\hat{A}_i, \hat{A}_1)}{\hat{A}_1 \cdot \hat{A}_1}$$

Se estimaron valores de los parámetros A_i mediante regresiones lineales, utilizando el paquete estadístico TSP. Se realizaron aproximadamente 50 corridas, en las cuales se probaron diversas hipótesis para diferentes conjuntos de intersecciones medidas.

A partir de los resultados de estas corridas se concluyó:

- 1) Los taxis ocupados tienen un factor de equivalencia muy cercano a 1.0 y no existe evidencia estadística para suponer un intervalo de pasada diferente al automóvil particular.

- ii) En el centro, la base de datos no permite establecer una diferencia estadísticamente significativa entre buses y taxibuses.
- iii) Los flujos de saturación de diferentes períodos presentan variaciones menores. En todo caso, éstas son inferiores a la variación que experimenta el flujo de saturación cuando se mide el mismo período en fechas diferentes. Por lo tanto, se decidió estimar flujos de saturación no diferenciados por períodos.
- iv) La escasa presencia de taxis colectivos, en los lugares de medición, no permitió obtener factores de equivalencia para este modo. Por lo tanto, los registros que contenían taxis colectivos fueron eliminados de la muestra.

Así, los factores de equivalencia finales resultan de ajustar la siguiente ecuación:

$$T = A_1 \cdot \text{AUTO} + A_2 \cdot \text{BULI} + A_3 \cdot \text{TV} + A_4 \cdot \text{CA}$$

donde T es el intervalo de medición en segundos y las variables son número de pasadas, en el intervalo de medición, de los siguientes modos:

AUTO : automóvil particular más taxis ocupados

BULI : buses más taxibuses

TV : taxis vacíos

CA : camiones

CUADRO N° 1.

Mediciones seleccionadas para el cálculo de factores de equivalencia

Calle	Al llegar a:	Pista*	N° Observac.
Agustinas	San Martín	2	62
Fuente Recoleta	J.M. Caro	3	79
J.M. Caro	Puente Recoleta	4	
San Pablo	San Martín	2	27
Agustinas	Amunátegui	1	31
Merced	J.M.de la Barra	2	90
J.M.de la Barra	I.V. Vergara	1	50
Bellavista	Purísima	2	49
Purísima	Bellavista	1	
Monjitas	Miraflores	2	30
J.M. Caro	Plaza Italia	1	15

* Se ha considerado como pista 1 la de la derecha.

En esta regresión intervienen los datos de las mediciones que aparecen en el cuadro N° 1.- El criterio utilizado para seleccionar la muestra fue el de incluir sólo pistas "normales" en las cuales no existieran virajes ni paraderos de locomoción colectiva. Se excluyó también el sector próximo a los paseos peatonales, por presentar características radicalmente diferentes al resto, como se verá más adelante.

Los resultados de la regresión son:

	INTERVALO (seg)	DESV. STANDARD (seg)
\hat{A}_1 (AUTO) =	1.94461	0.034754
\hat{A}_2 (BULI) =	4.52497	0.140334
\hat{A}_3 (TV) =	2.75719	0.149409
\hat{A}_4 (CA) =	3.77250	0.503298

y los factores de equivalencia correspondientes son:

Buses y taxibuses	: 2.33	(Desv. Est. = 0.12)
Taxis vacíos	: 1.42	(Desv. Est. = 0.12)
Camiones	: 1.94	(Desv. Est. = 0.37)

El flujo de saturación (\hat{S}) se deduce del intervalo de pasada del automóvil particular [7]:

$$\hat{S} = \frac{1}{\hat{A}_1} + \frac{\text{Var}(\hat{A}_1)}{\hat{A}_1^3} \quad y$$

$$\text{Var } \hat{S} = \frac{\text{Var}(\hat{A}_1)}{\hat{A}_1^4}$$

Así, el flujo de saturación básico para el Centro de Santiago resulta con media $\hat{S} = 1852$ (veq/hr) y desviación estándar de 33 (veq/hr.). Este valor es representativo del promedio de los flujos de saturación en las pistas "normales" de la red.

3.2. Flujos de Saturación Sectoriales

Los resultados preliminares de las regresiones de prueba realizadas indicaron que la red podía ser subdividida en tres sectores homogéneos:

- 1) Un sector en el cual los flujos de saturación eran notoriamente superiores al promedio, ubicado próximo al Río Mapocho, comprendiendo las Avdas. J.N. Caro, Santa María y Bellavista. A este sector se le llamó Zona B.

- ii) Un sector con flujos de saturación notoriamente inferiores al promedio, ubicado en las intersecciones con paseos peatonales. A este sector se le llamó Zona C.
- iii) Un sector normal compuesto por el resto de los nodos de la red. Se le llamó Zona A.

Para cada uno de estos tres sectores se obtuvo un valor medio representativo del flujo de saturación. Para ello se construyó una variable INT1 dada por la relación:

$$INT1 = T - 4.52*BULI - 2.76*TV - 3.77*CA$$

La variable INT1 representa el tiempo de saturación ocupado por automóviles, dado que a la duración total "T" de la medición se le ha sustraído el tiempo ocupado en promedio por las restantes categorías de vehículos. Los factores de ponderación de estos últimos corresponden a los intervalos medios calculados en el punto 3.

Las intersecciones utilizadas como dato para cada regresión se presentan en el Cuadro N° 2.- La zona C se subdividió en dos sectores:

C₁ : pistas normales en la zona

C₂ : pista 1 (la de la derecha) en calles con alto flujo de taxis va
cíos.

Para cada uno de los 4 casos considerados se corrió una regresión del tipo

$$INT1 = \alpha * AUTO.$$

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro N° 3

3.3. Factores de Viraje

Para el cálculo de factores de viraje se realizó mediciones en pistas exclusivas de viraje que se indican en el Cuadro N° 4.- Se procesó por separado los virajes de radio amplio de los de radio normal. Se definió primero una nueva variable INT2 dada por la expresión:

$$INT2 = 1.94*AUTO+4.52*BULI+2.75*TV+3.77*CA$$

y a continuación se hizo la regresión

$$T = \alpha * INT2$$

La variable INT2 representa el tiempo medio que habría demorado el pa
so de la combinación de vehículos presente en la medición, si se hubiera trada
do de un flujo directo. Por lo tanto, el parámetro α mide directamente el factor
de viraje.

CUADRO N° 2.-

DATOS UTILIZADOS PARA EL CALCULO DE FLUJOS DE SATURACION SECTORIALES

ZONA	N° OBSERVACIONES	CALLE	AL LLEGAR A:
A	27	San Pablo	San Martín
	62	Agustinas	San Martín
	31	Agustinas	Amunátegui
	75	Catedral	Bandera
	13	J.M.de la B.	Merced
	90	Merced	J.M. de la Barra
	30	Monjitas	Miraflores
B	19	Bellavista	Purísima
	30	Purísima	Bellavista
	15	J.M. Caro	Pza. Italia
	57	J.M. Caro	Pte. Recoleta
	22	Pte.Recoleta	J.M. Caro
C1	89	Bandera	Huérfanos
C2	132	Agustinas	Ahumada

CUADRO N° 3.-

FLUJOS DE SATURACION SECTORIALES

Z O N A	A	B	C1	C2
Intervalo (seg)				
- valor medio	2.039	1.749	2.75	6.68
- desviación típica	0.043	0.057	0.16	0.73
Flujo de saturación (veh/hora)				
- valor medio	1.766	2.060	1.313	545
- desviación típica	37	67	78	59
Valor adoptado para el flujo de saturación (veh/hora)	1.750	2.050	1.300	550

CUADRO N° 4.-

DATOS UTILIZADOS PARA EL CALCULO DE FACTORES DE VIRAJE

TIPO VIRAJE	N° OBS.	DESDE	VIRANDO HACIA	PISTA	SENTIDO VIRAJE
Radio	29	J.M.Caro	J.M.de la Barra	5	Izq.
Amplio	9	Bellavista	Loreto	4	Izq.
Radio	31	Miraflores	Merced	1	Der.
Normal	30	San Pablo	Puente	1	Izq.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

	Viraje amplio	Viraje normal
Factor de viraje	1.10	1.31
Desv. típica	0.016	0.036

3.4. Factores de Paradero de Buses

El efecto de los paraderos de buses consiste más bien en una elevación del factor de equivalencia de éstos que en una reducción del flujo de saturación. Por lo tanto, el trabajo estadístico se orientó a la búsqueda de dicho factor de equivalencia. Sin embargo, dado que el modelo SATURN exige un factor de equivalencia único para toda la red, en tanto acepta flujos de saturación variables, se recurrió finalmente a un artificio de modelación según el cual se buscó una reducción al flujo de saturación que causara un efecto similar al del aumento del factor de equivalencia de buses.

Los datos utilizados en la regresión se presentan en el cuadro N° 5.

CUADRO N° 5.-

DATOS UTILIZADOS PARA EL CALCULO DE FACTORES DE PARADERO DE BUSES.-

N° OBSERVAC.	CALLE	AL LLEGAR A	PISTA
30	San Antonio	Compañía	1
30	Bandera	Moneda	1
31	Teatinos	San Pablo	1

Con estos datos, se realizó el ajuste de la siguiente ecuación:

$$INTI = \alpha * BULI \quad \text{donde}$$

$$INTI = T - 1.94 \text{ AUTO} - 2.75 \text{ TV} - 3.77 \text{ CA}$$

El intervalo medio resultante de la regresión fue de 5.64 (seg/veh), con una desviación típica de 0.33. Este valor debe ser comparado con el de 4.52 (seg/veh) obtenido en pistas sin paradero. Por lo tanto, el factor de equivalencia de buses aumenta en paraderos de 2.33 a 2.90, esto es, en un 25%.

El flujo de saturación necesario para compensar este efecto depende de la proporción de buses en el flujo que ocupa la pista paradero. En el caso límite, si no hay buses se mantendrá el flujo de saturación normal. En el otro caso extremo, si sólo hay buses, el flujo de saturación debiera reducirse en un 25%. Para situaciones intermedias cabe la interpolación lineal entre ambos puntos extremos. Esta relación se ha representado esquemáticamente en la figura N° 2. En esta figura, debe llevarse en abscisas el flujo de buses expresado en vehículos equivalentes, calculado con el factor de equivalencia común para la red (2.33), como proporción sobre el flujo total de la pista, expresado también en vehículos equivalentes.

3.5. Resultados Finales

Los valores finalmente adoptados han sido redondeados a la cincuentena y se presentan en el Cuadro N° 6.

CUADRO N° 6.-

FLUJOS DE SATURACION ADOPTADOS
(veh.equiv./hora)

Z O N A	A	B	C1	C2
Flujo de saturación directo	2050	1750	1300	550
Pista con paradero	1650	1400	1050	450
Viraje amplio	1850	1550	1150	500
Viraje normal	1550	1300	1000	400
Paradero+viraje amplio	1500	1250	950	400
Paradero+viraje normal	1250	1050	800	300

4. Resultados de Estudios Anteriores

A mediados de 1980, como parte de un convenio entre la Universidad de Chile, ODEPLAN y la Ilustre Municipalidad de Santiago, se realizó un programa de mediciones de flujos de saturación, cuya metodología se describe en [4]. Los lugares y fechas de medición, así como los tipos de vehículos y movimientos considerados en cada uno, se presentan en el Cuadro N° 7.

CUADRO N° 7.-

MEDICIONES DE 1980.-

UBICACION	TIPOS DE VEHICULOS	MOVIMIENTOS	FECHA	HORA DE MEDICION
Merced esq. Mac Iver	mixto	derecho	31/7/80	12:30
Merced esq. Mac Iver	mixto	derecho	29/7/80	12:15
Monjitas esq. S. Antonio	livianos	viraje	30/7/80	12:15
Agustinas esq. S. Antonio	livianos	viraje	29/7/80	11:30
Sto. Domingo esq. Mac Iver	livianos	derecho	30/7/80	13:21
Mac Iver	livianos	derecho	31/7/80	13:15
Alameda esq. San Antonio	livianos	derecho	28/7/80	12:45
Moneda esq. S. Antonio	livianos	derecho	28/7/80	11:30

Aplicando el método de regresión múltiple ya descrito se obtuvieron valores para los flujos de saturación y factores de equivalencia de vehículos. Estos parámetros fueron significativamente diferentes para la medición en Alameda con respecto a los restantes. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro N° 8.

CUADRO N° 8.-

RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE 1980.-

	Alameda	Zona Céntrica
Flujo de saturación	2.358	1.667
Factores de equivalencia		
- locomoción colectiva	-	1.75
- taxis	1.28	1.13
Factores de viraje	-	1.38

En estas mediciones, el tipo de vehículo locomoción colectiva incluye buses y taxibuses, dado que no se encontraron diferencias significativas entre ellos. En la categoría de taxis se incluyó taxis ocupados y taxis libres.

Por otra parte, mediciones realizadas por la Universidad Católica de Chile, citadas en [5], entregaron los resultados que se presentan en el Cuadro N° 9. Estos valores se refieren a zonas fuera del área céntrica.

CUADRO N° 9.-

RESULTADOS DE MEDICIONES DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA.-

Flujo de saturación	:	1836
Factores de equivalencia	:	
- Buses		1.98
- Taxibuses		1.65
- Taxis sin pasajeros		1.35

Los resultados de estos estudios han sido aparentemente recogidos por el Manual del Ministerio de Transportes [2], el cual indica que si no se dispone de mediciones de terreno puede adoptarse por defecto los valores siguientes para los flujos de saturación:

- En zonas céntricas : 1650 (similar a 1667)
- En zonas no céntricas : 1840 (similar a 1836)

5. Conclusiones

La gran diversidad de resultados presentados podría conducir a la conclusión obvia de que, en general, será siempre preferible realizar mediciones directas de los flujos de saturación cuando se desee modelar una red urbana. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los resultados de estas mediciones deben ser sistematizados y analizados si se quiere pasar de la mera recolección de datos a la formulación de criterios o teorías de alguna generalidad.

En el cuadro N° 10 se presenta una comparación de los factores de equivalencia de vehículos procedentes de diversos estudios. Los valores obtenidos para taxis son en general consistentes, y la diferencia de las fuentes B y C con respecto a las restantes proviene del hecho de que consideran conjuntamente taxis ocupados y vacíos. Sin embargo, se obtiene para esta combinación un valor intermedio entre los calculados por las otras fuentes para ambos tipos por separado. Por lo tanto, el conjunto de los datos disponibles tiende a indicar que los taxis sin pasajeros constituyen una categoría significativamente diferente a los automóviles, lo cual debiera tomarse en cuenta no sólo en mediciones futuras de flujos de saturación sino también en los conteos clasificados de vehículos.

En el caso de los vehículos de locomoción colectiva se presentan, en cambio, diferencias de consideración. En primer lugar, la fuente D entrega un factor distinto para buses y taxibuses, en tanto que las fuentes A y B entregan un factor único. Ello puede deberse a que la primera ha sido obtenida de mediciones fuera del área céntrica. Este resultado tiende a sugerir que en el área céntrica puede predominar la función de recogida de pasajeros sobre la de circulación, tendiendo a atenuar la diferencia entre ambos tipos de vehículo. De hecho, en los resultados preliminares de las mediciones de 1983 [1] se observó un factor de equivalencia levemente mayor para buses, pero esta diferencia no llegó a ser estadísticamente significativa. Comparando ahora los valores absolutos entre las fuentes A y D, se observa que los primeros son sustancialmente mayores. Esta diferencia es especialmente relevante

CUADRO N° 10.-

COMPARACION DE FACTORES DE EQUIVALENCIA DE VEHICULOS

Tipo de Vehículo	Fuente				
	A	B	C	D	E
Automóvil	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Taxi ocupado	1.00	1.13	1.23	1.00	1.00
Taxi sin pasajeros	1.42	1.13	1.23	1.35	1.35
Taxibús	2.33	1.75	-	11.65	1.65
Bus	2.33	1.75	-	1.98	2.00
Camión liviano	1.94	-	-	-	2.00

- A : Mediciones de CITRA Ltda [1]
 B : Mediciones de U. de Chile [4] ; zona céntrica
 C : Mediciones de U. de Chile [4], Alameda
 D : Mediciones de U. Católica [5]
 E : Manual de Tránsito [2]

si se observa que los flujos de saturación base son muy similares: 1852 y 1836 veh/hora respectivamente. La conclusión que puede obtenerse es que aparentemente el factor de equivalencia de buses y taxibuses es variable entre una y otra vía, de modo que trabajar con factores de equivalencia únicos podría introducir sesgos en la modelación de redes heterogéneas. Comparando ahora las fuentes A y B se observa una diferencia apreciable entre los factores obtenidos, del orden de un 33%. Sin embargo, estos factores de equivalencia son referidos a flujos de saturación diferentes, por lo cual resulta más acertado comparar los intervalos medios entre vehículos. Estos son de 4,52 seg. para la fuente A y de 3.78 seg. para la fuente B, lo que implica una discrepancia de sólo un 20%. No es claro el origen de esta diferencia, pero probablemente se deba a la variabilidad intrínseca del fenómeno estudiado.

El factor de equivalencia de camiones livianos obtenido en la fuente A resulta muy similar al recomendado en la fuente E. Llama la atención que resulte menor que el factor de equivalencia de locomoción colectiva, pese a tratarse de vehículos de tamaño similar. Esto puede deberse al diferente comportamiento de los conductores.

En el cuadro N° 11 se comparan los valores obtenidos de las diversas fuentes en cuanto a factores de viraje. Dado que cada estudio ha desagregado estos factores en forma diferente las cifras no son directamente comparables. Las principales conclusiones para mediciones futuras o para reprocesamiento de las ya realizadas se refieren a la necesidad de dirimir las incógnitas siguientes:

- si debe definirse factores de viraje por tipo de vehículo o factores comunes para todos ellos.

- forma de introducir cuantitativamente el radio de giro en el modelo de funcionamiento de la intersección.
- forma de introducir cuantitativamente la presencia de peatones que obstruyan el viraje.
- si debe establecerse un factor de viraje a izquierda con flujo contrario prioritario y, en caso afirmativo, cómo introducir cuantitativamente la magnitud de dicho flujo en contra.

CUADRO N° 11.-

FACTORES DE VIRAJE

FUENTE	TIPO DE VIRAJE	VALOR
CITRA Ltda [1]	amplio	1.10
	normal	1.31
Universidad de Chile [4]	céntrico	1.38
Manual de Tránsito [2]	automóvil	1.25
	taxi sin pasajeros	1.11
	taribuses	1.09
	buses	1.25
	camión liviano	1.25

Lamentablemente, en cuanto a paraderos de buses no se cuenta con datos de estudios anteriores para efectos de comparación. Sin embargo, los resultados presentados en este trabajo son concluyentes en el sentido que estos paraderos tienen una influencia significativa sobre los factores de equivalencia de buses, lo cual debiera ser considerado en versiones futuras del Manual de Señalización de Tránsito y en trabajos que impliquen modelación de redes o intersecciones.

En cuanto a los flujos de saturación obtenidos, puede afirmarse que en el nivel actual de conocimiento resulta extraordinariamente difícil precisar los factores objetivos que los condicionan y la forma cuantitativa en que actúa cada uno. Comparando resultados ya expuestos, el flujo de saturación obtenido en las mediciones de la U. de Chile [4], de 1667 veq/hora es intermedio entre los valores indicados en el Cuadro N° 6 para las zonas B y C1, respectivamente 1750 y 1300 veq. Comparando las vías en cuales fueron medidos estos flujos, se observa que, a priori, las mediciones de la U. de Chile se ubican en vías de naturaleza intermedia entre las incluidas en las zonas B y C1. Sin embargo, esta afirmación apriorística suele ser refutada por la realidad, como ocurre normalmente en los primeros procesos de los datos de terreno. Hipótesis que parecían bien fundadas en cuanto a la probable similitud de un conjunto de vías, suelen derrumbarse y deben ser sustituidas.

Sin duda alguna la discusión anterior no agota el tema, sino más bien cumple el objetivo de abrir nuevas interrogantes que estudios posteriores debieran dilucidar. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- cuál es la variabilidad intrínseca de los parámetros de comportamiento (flujos de saturación, factores de equivalencia y de viraje), esto es, si se repite sucesivamente la misma medición, en días diferentes, cuál será la variación de los resultados.
- existe o no una variación temporal de los parámetros de flujo, esto es, si es o no distinta, por ejemplo, la punta mañana de otros períodos.
- qué criterios deben aplicarse para decidir fundadamente si una vía para la cual no se dispone de mediciones es o no similar a otra que sí las tiene.
- qué variedad de situaciones y tipología de vías es la más adecuada.
- cuál es la real influencia de factores aún no medidos y publicados en el país, como el efecto de los flujos peatonales, de la pendiente de la vía, de la rugosidad de la vía y del ancho de las pistas.

Referencias

1. Ilustre Municipalidad de Santiago - CITRA Ltda. "Impactos del Proyecto Plaza Baquedano sobre esquemas de operación del Centro". Informe Final, Diciembre de 1983.
2. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Manual de Señalización de Tránsito. 1983.
3. J. Gibson, A. Saavedra y J. Spoerer. "Metodología para la programación de redes de semáforos de tiempos prefijados". U. de Chile. Depto. de Ingeniería Civil, Publicación ST-INV/01/82, 1982.
4. A. Saavedra y J. Spoerer. "Programación de redes de semáforos de tiempos prefijados". U. de Chile. Depto. de Ingeniería Civil, Trabajo de Título, 1981.
5. J.E. Coeymans y L.G. Willumsen. "Técnicas Modernas de Gestión de Tránsito". 1981.
6. Branston D. y H. Van Zuylen. "The estimation of saturation flow, effective green time and passenger car equivalents at traffic signals by multiple linear regression". Transpn. Res., Vol. 12, pp. 47-53, 1978.
7. Mood, Graybill y Boes, "Introduction to the theory of statistics". pp. 181. Mac Graw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, 1969.

CITRA LTDA

PERÍODO :

MEDICIONES DE FLUJOS DE SATURACION

NODE N° ARCO DESDE PISTA VERDE

FECHA HORA INICIO MEDIDOR

N° MEDICION

TIPO

T1	AUTOS	BUSES	LIEBRES	TAXI VACIO	TAXI OCUPADO	TAXI GLE.CT.	CAMIONES	T2

Figura N° 1.- Encabezamiento del formulario de terreno.

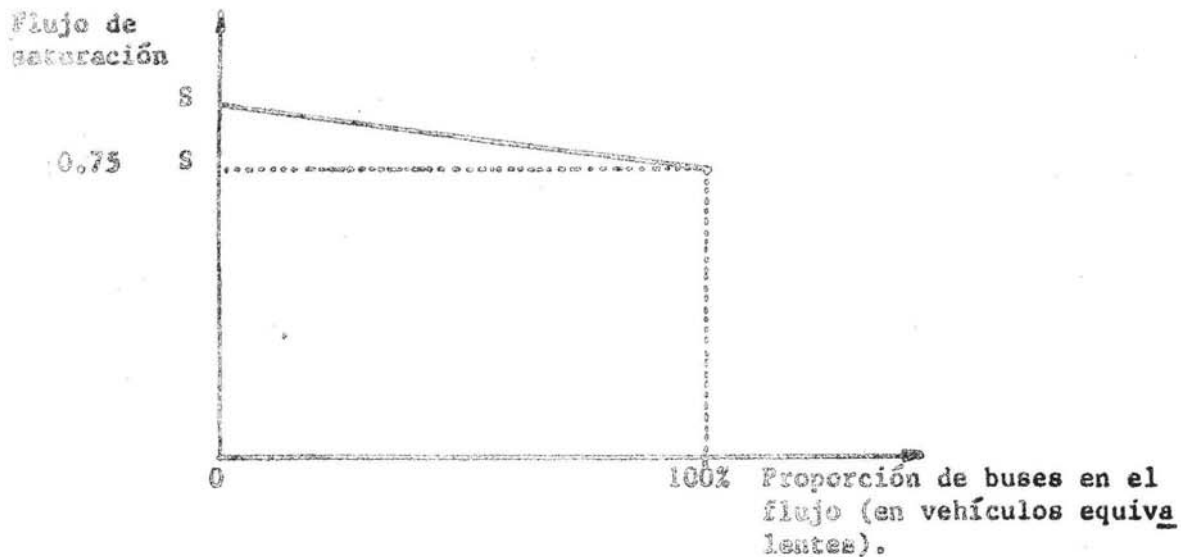


Figura N° 2.- Efecto de los paraderos de buses sobre el flujo de saturación