



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Efecto del estacionamiento sobre la capacidad de intersecciones urbanas semaforizadas

Apellidos, nombre	Soriano Ferriol, Javier (jasofer@tra.upv.es)
Departamento	Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos



1 Resumen

Cuando los responsables de la Administración competente en materia de gestión del tráfico de una ciudad se plantean el **diseño de la planta viaria** de una calle o avenida, es decir, el reparto del espacio urbano entre las alineaciones de fachada para los distintos usos (aceras, alineación de alcorques, estacionamientos, carriles de circulación, medianas, carriles bici, etc.), se hace necesario realizar una prognosis del tráfico futuro en dicha vía y, teniendo en cuenta la capacidad de la calzada planificada, comprobar que el tráfico calculado circulará con fluidez.

Ahora bien, cuando la vía ya existe y se da una situación de congestión, cabe analizar todos los factores que influyen en la capacidad de la vía para actuar sobre aquellos que puedan mejorar la situación.

De ellos, el **estacionamiento** a derecha e izquierda, según el sentido de la marcha, es uno de los que más repercute sobre la capacidad. Es por ello, que en las ciudades con problemas de congestión, una de las primeras medidas que se suelen adoptar es su supresión total, a menudo sin hacer un análisis cuantitativo de sus efectos.

Así pues, a lo largo del artículo se analiza la formulación de la capacidad de una calle con intersecciones semaforizadas según el "Highway Capacity Manual 2010" (publicado por el "Transportation Research Board" de Washington D.C.), el cual, en su tercer volumen, capítulos 16 a 18, establece los factores que influyen en dicha capacidad.

Seguidamente, se estudia el factor de estacionamiento para una avenida genérica y se cuantifica su efecto sobre la capacidad.

Finalmente, se identifican las posibles medidas a adoptar para mejorar o incluso resolver una congestión de tráfico.

2 Objetivos

El objetivo principal del presente artículo es identificar, en un caso de congestión en una calle o avenida de una ciudad, qué medidas progresivas de restricción al estacionamiento existente se pueden adoptar, así como cuantificar su efecto sobre la capacidad de la vía, a fin de no llegar a la prohibición total si no es necesario.

Para ello, se evaluará el efecto de los parámetros que influyen en el factor reductor de la capacidad a causa del estacionamiento permitido, de manera que al aplicarlo para el caso genérico, luego pueda resolverse un caso particular.

También se pretende capacitar para aplicar los conocimientos adquiridos con este análisis en futuras concepciones de diseños geométricos de viales urbanos.



3 Introducción

Es frecuente que cuando circulamos por un carril de una avenida de una ciudad y vamos pasando los semáforos en verde, nos encontremos con que de repente el coche de delante se detenga y active el intermitente. No es que nos sorprenda que se ponga a esperar a que salga un vehículo estacionado, sino que, a veces, ¡ni siquiera ha cerrado el maletero donde está guardando los paquetes o está ajustando la sillita del bebé!

Además de la crispación que genera en toda la fila de vehículos detenidos, ya que ven cómo se pondrá irremediablemente el semáforo en rojo, también se generan frecuentes situaciones de peligro cuando tratan de cambiar de carril de cualquier manera para continuar la marcha.

¿A quién no le ha ocurrido esto alguna vez?

Si a eso se le añade una situación de congestiones frecuentes con esperas de varios ciclos semafóricos para atravesar una intersección, lo primero que se suele plantear es la supresión del estacionamiento, que suele tener un doble efecto:

1º- eliminación del problema de las maniobras

2º- posibilidad de añadir carriles que darán más fluidez al tráfico

Pero, ¿no cabría preguntarse hasta qué punto es una medida eficaz? ¿Hay soluciones intermedias?

Porque no nos olvidemos que a la vez que somos conductores, deseosos de una fluidez en la circulación, también somos vecinos con necesidad de estacionar en las proximidades de nuestro domicilio, trabajo o lugar de gestiones, y no siempre disponemos de garaje fuera de la vía pública.

Pasaremos a identificar las medidas a adoptar en una situación como la planteada aquí y cuantificar sus efectos.

4 Desarrollo

Como quiera que los conceptos que se manejan son sencillos y de sentido común, y que la formulación empleada es bastante simple, no resulta necesario un estudio previo significativo para seguir el hilo de lo que se va a exponer.

Se suponen conocidos unos conocimientos básicos sobre las magnitudes utilizadas en la Ingeniería de Tráfico, tales como velocidad, intensidad, composición, separación, intervalo o densidad del tráfico. También es necesario conocer los conceptos de ciclo semafórico y fases en una intersección semaforizada.

A partir de esos conceptos, empezaremos definiendo la capacidad de una vía urbana y viendo cómo se obtiene el factor por estacionamiento.

A continuación analizaremos los parámetros de los que depende dicho factor y simularemos diversas situaciones para ver cómo afectan a la capacidad.

Finalmente lo aplicaremos para un ejemplo genérico cuantificando las mejoras, tras lo cual se estará en disposición de identificar las medidas necesarias a adoptar.



Comenzamos definiendo **capacidad** como el máximo número de vehículos que pueden atravesar una sección dada de vía durante un período de quince minutos, en unas condiciones determinadas de la propia vía y del tráfico correspondiente, expresada en [vehículos / hora].

Según el "Highway Capacity Manual 2010", la capacidad en vías con intersecciones semaforizadas, como sería el caso de las ciudades objeto del presente artículo, se determina para cada uno de los grupos de carriles.

Un **grupo de carriles** es cada conjunto de carriles que permiten el mismo movimiento. Así, un grupo sería el que obliga el giro a izquierda; otro, el que permita elegir entre seguir al frente o girar a la izquierda; otro, el que obliga a seguir al frente; otro el que permita elegir entre seguir al frente o girar a la derecha, y otro, el que sólo permite girar a la derecha. También puede ocurrir que en calles de un único carril se dé uno, dos o los tres movimientos simultáneamente.

Como la casuística en las ciudades es extensa, lo primero a hacer cuando nos planteamos resolver un problema de congestión en una calle o avenida es realizar un estudio de campo determinando la señalización horizontal en los carriles, el sentido de circulación en las bocacalles, el tipo de estacionamiento en ambos lados de la calle, etc.

Según el Manual, la **capacidad de un grupo de carriles** viene determinada por la fórmula 1.

$$c_i = N \cdot s_i \cdot g_i / C$$

Fórmula 1

donde:

c_i = capacidad del grupo de carriles i [veh / h]

N = número de carriles del grupo de carriles i

s_i = intensidad de saturación de un carril [veh / h · carril]

g_i / C = proporción efectiva de verde para el grupo de carriles i

g_i = duración de la fase verde para el grupo de carriles i [s]

C = duración del ciclo [s]

De esta fórmula deducimos que si ya hemos maximizado la duración de la fase verde semaforica y nuestra demanda o intensidad de tráfico sigue superando la capacidad, hemos de actuar sobre la intensidad de saturación.



El Manual establece la **intensidad de saturación de un carril** mediante la fórmula 2.

$$s = s_o \cdot F_w \cdot F_{HV} \cdot F_g \cdot F_p \cdot F_{bb} \cdot F_a \cdot F_{LU} \cdot F_{LT} \cdot F_{RT} \cdot F_{Lpb} \cdot F_{Rpb}$$

Fórmula 2

donde:

- s_o = intensidad de saturación de base = **1900 veh / h · carril**
- F_w = factor de ajuste por anchura de carril
- F_{HV} = factor por vehículos pesados
- F_g = factor por pendiente del ramal
- F_p = factor por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras
- F_{bb} = factor por bloqueo por buses que se detienen en la zona
- F_a = factor por tipo de zona
- F_{LU} = factor por uso de los carriles
- F_{LT} = factor por giros a izquierda
- F_{RT} = factor por giros a derecha
- F_{Lpb} = ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y bicicletas
- F_{Rpb} = ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y bicicletas

Con esta fórmula, observamos que la capacidad varía de unos carriles a otros.

Así, cuando decimos que una avenida está “congestionada”, puede que lo estén sólo unos carriles mientras otros funcionan correctamente.

Normalmente, los carriles más problemáticos son los de la derecha e izquierda, a los que no sólo les afectan los factores comunes a todos los carriles (anchura de carril, pendiente, vehículos pesados, tipo de zona o uso de carriles), sino también los factores de giro (con o sin paso de peatones y/o bicicletas en la bocacalle), de paradas de transporte público (normalmente en el derecho) y el que vamos a analizar: el de estacionamiento.

A la hora de la verdad, los vehículos atascados en un carril o grupo de carriles enseguida buscan un hueco para cambiar a uno de los carriles no congestionados... ¡sí pueden!

Pero si el tráfico es lo bastante denso, eso no es posible sin comprometer la seguridad vial.

En la fórmula 3 se obtiene el **factor por maniobras de estacionamiento**.

$$F_p = [N - 0'1 - (18 * N_m / 3600)] / N$$

Fórmula 3



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

donde:

N = número de carriles en el grupo de carriles

N_m = número de maniobras por hora en 75 m antes del semáforo, y con límite de 180

con las limitaciones siguientes:

F_p = 1 si no hay aparcamiento

F_p \geq 0'05

Pasemos a analizar la fórmula.

Observamos que **el factor depende**, además del número de carriles del grupo de carriles (parámetro sobre el que normalmente no podemos actuar), **del número de maniobras de estacionamiento por hora** en la zona próxima al cruce semafórico.

Si llegamos a $N_m = 180$ maniobras / hora, el factor saldría nulo y anularía la intensidad de saturación y, por tanto, la capacidad. Como en la realidad no se llega a anular totalmente, el Manual establece el valor mínimo de $F_p = 0'05$.

Por otro lado, nos puede llamar la atención que lo que afecta a la capacidad son sólo los 75 m más próximos al semáforo. Esto es así porque a más distancia los carriles se comportarían como si tuviesen circulación continua no interrumpida por el mismo, y a la fórmula 1 no se le aplicaría el último factor de "proporción efectiva de verde".

Identificación de las medidas a adoptar

Ahora es cuando nos hacemos la pregunta: **¿cómo podemos actuar?**

Pues, en principio, **podemos actuar sobre dos aspectos:**

- 1- el número de plazas en los 75 m más próximos al semáforo
- 2- el número de [maniobras / plaza · hora]

Respecto al primer aspecto, teniendo en cuenta que las plazas se señalizan habitualmente de 5 m si es en cordón, y de unos 2'5 m si son en batería, es evidente que sólo cabe adoptar dos medidas:

- pasar de estacionamiento en batería, si lo hay, a cordón
- supresión del estacionamiento

Respecto al segundo aspecto, se producirán más maniobras en zonas de la ciudad con más servicios públicos (hospitales, administraciones, comercio, etc) que en barrios meramente residenciales donde el que estaciona lo hace por períodos de tiempo más prolongados.



Sobre el uso urbanístico de la zona difícilmente podremos actuar. Además, presenta el agravante de que, en la mayoría de las zonas con servicios públicos, lo que se fomenta precisamente es una mayor rotación en el uso de las plazas mediante parquímetros.

Ahora bien, si la intersección congestionada se encuentra en zonas periféricas o de pocos servicios, la medida a tomar para mejorar la capacidad sería suprimir la regulación horaria mediante parquímetro.

Por eso, frente a la tendencia actual de ir extendiendo las zonas de estacionamiento regulado con el objetivo de fomentar un mayor aprovechamiento de las plazas existentes, conviene recordar a quien la proponga, que dicha medida afecta negativamente a la capacidad de la vía.

Cuantificación de las medidas a adoptar

Vamos a calcular el factor por estacionamiento F_P para las siguientes hipótesis:

- 1 - con estacionamiento en batería → afectan 30 plazas
- 2 - con estacionamiento en cordón → afectan 15 plazas

y a su vez, cada una, para los casos de:

- A - regulación horaria
- B - sin regulación horaria

Hay que tener en cuenta que en una zona regulada con limitación de estacionamiento a dos horas como en muchas ciudades, son frecuentes estancias medias de entorno a una hora o poco más. Por tanto, se produce aproximadamente una maniobra por plaza y hora.

Sin embargo, en zonas sin dicha regulación, las estancias medias se disparan siendo imprescindible un estudio de campo para el caso real con que nos enfrentemos. A fin de continuar con el razonamiento, adoptaremos un valor medio de 5 horas.

Así pues, el valor de N_m a utilizar sería:

- 1 A (batería con parquímetros) → $N_m = 30$ maniobras / h
- 2 A (cordón con parquímetros) → $N_m = 15$ maniobras / h
- 1 B (batería sin parquímetros) → $N_m = 6$ maniobras / h
- 2 B (cordón sin parquímetro) → $N_m = 3$ maniobras / h

Acudiendo a la fórmula 3 con estos valores de N_m , y dependiendo de si se trata de un carril de giro (y por tanto $N = 1$) o sin giro (con lo cual forma parte de un grupo de varios carriles al frente, siendo N mayor o igual a 1) obtendríamos los siguientes valores de F_P :



Valor F_p

<i>N</i>	<i>batería con parquímetro</i>	<i>cordón con parquímetro</i>	<i>batería sin parquímetro</i>	<i>cordón sin parquímetro</i>
<i>1</i>	0,75	0,83	0,87	0,89
<i>2</i>	0,88	0,91	0,94	0,94
<i>3</i>	0,92	0,94	0,96	0,96
<i>4</i>	0,94	0,96	0,97	0,97

Tabla 1

Antes que nada, y fijándonos en la tabla 1, conviene señalar que, a más carriles, mayor factor y , por tanto, menor afección a la capacidad de la vía; pero, ese menor porcentaje de afección lo hace a más cantidad de carriles y el efecto sobre la capacidad total de la sección de calle es el mismo.

Por otro lado, observamos que para calles semaforizadas de un único carril, se disminuye la capacidad en un 11 a 25 %. Y si hubiese aparcamiento a ambos lados, ¡la capacidad podría llegar a reducirse a la mitad!

Debe tenerse en cuenta que con variaciones de tráfico de un 2-3 % anual como venían dándose antes de la crisis económica, este tipo de medidas sólo consiguen aplazar unos pocos años otro tipo de actuaciones más contundentes.

Vamos a analizarlo con un ejemplo para aplicar bien lo expuesto.



Ejemplo práctico de aplicación

Avenida de varios carriles, con giro en el derecho, estacionamiento en batería con parquímetro (caso más desfavorable) y una demanda de tráfico para el giro superior en un X % a la capacidad del mismo (ver figura 1)

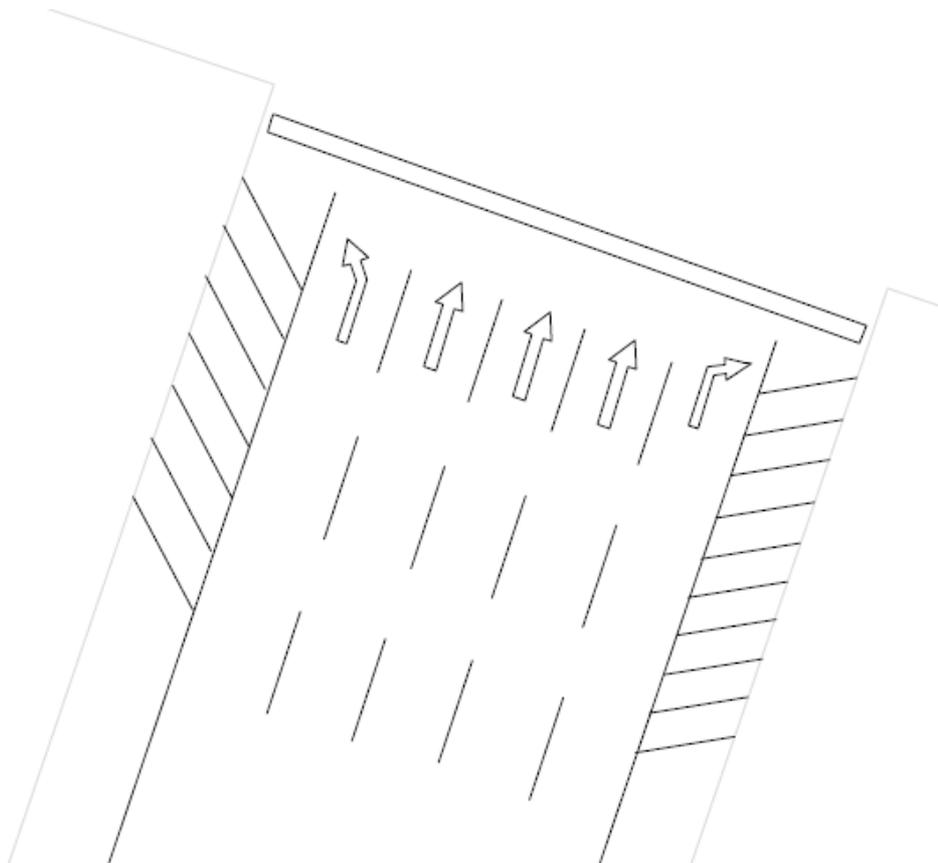


Figura 1

Solución:

Aplicaríamos según sea el valor de X las siguientes medidas:

- si $X < 8\%$, bastaría con pasar de batería a cordón
- si $8\% < X < 12\%$, habría que suprimir la regulación por parquímetros
- si $12\% < X < 14\%$, habría que pasarse a cordón y sin parquímetros
- si $14\% < X < 25\%$, nos obligaría a suprimir totalmente el estacionamiento

Además, si se llega a la supresión total, se podría utilizar la calzada ganada para establecer un nuevo carril para el giro con lo que se duplicaría la capacidad de dicho movimiento.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos aprendido a analizar una intersección semaforizada con problemas de congestión, identificando las medidas a adoptar sobre el estacionamiento en la vía a fin de su resolución.

Se ha desarrollado un ejemplo típico cuantificando las medidas posibles a adoptar al respecto, a fin de comprobar que no siempre es necesaria la eliminación total del estacionamiento como habitualmente se plantea, sino que en función de la saturación del cruce se identifica un limitado abanico de posibilidades previas de actuación.

6 Bibliografía

6.1 Manuales:

-Transportation Research Board (2010) - *"Highway Capacity Manual 2010"*
Washington D.C.