PREDICCION DE LA DEMANDA DE ESTACIONAMIENTO EN UN AREA

Jaime Gibson y Alicia Santana
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile
Casilla 228/3, Santiago, Chile.

RESUMEN

Los actuales modelos de planificación del transporte urbano raramente contemplan el hecho que la utilización del automóvil genera la necesidad de una plaza de estacionamiento en el entorno del destino final. Los impactos producidos por este fenómeno son observables a simple vista, poniendo de manifiesto la importancia de crear técnicas de modelación del estacionamiento que no precisen gran cantidad de información y que además sean compatibles con los referidos modelos.

El objetivo de este trabajo es dar un paso en esta dirección, desarrollando un método que permite predecir el patrón temporal de demanda de estacionamiento en un área, a partir de las predicciones típicas de la demanda de viajes en automóvil por propósito (matriz origen-destino) y algunos parámetros de la distribución de duración del estacionamiento.

Como se sabe, la duración del estacionamiento depende del propósito del viaje. Sin embargo, para simplificar la estructura del modelo, se maneja esta variación mediante los parámetros de la distribución, manteniendo una misma forma funcional. Para ello se utiliza una distribución flexible que con sólo variar sus parámetros cambia sensiblemente de forma. Una virtud adicional de esta distribución es que sus parámetros representan valores directamente observables de la duración: la mínima, la máxima, la moda, la probabilidad de la duración mínima y la de la moda.

Conociendo el patrón temporal de llegada de vehículos a estacionar en el área según propósito de viaje y los parámetros respectivos de la distribución de duraciones, un modelo recursivo predice la evolución de la demanda de estacionamiento a lo largo del tiempo.

Este trabajo presenta la función de probabilidad desarrollada y el modelo recursivo de predicción. Finalmente, se discute la aplicación del método, desde puntos de vista teóricos y prácticos, y algunas investigaciones necesarias para avanzar en la modelación del estacionamiento.

1. INTRODUCCION

El empleo del automóvil privado como modo de transporte urbano genera la necesidad de plazas de estacionamiento en el entorno del destino de su conductor. Para satisfacer esta necesidad hay que dedicar espacios que tienen usos alternativos, sea en las mismas vías o en áreas especializadas (edificios o playas de estacionamiento). Por otro lado, el hecho de estacionar afecta el nivel de servicio. Directamente, a través del tiempo de búsqueda de un lugar y de la caminata desde o hacia éste; indirectamente, sobre otros usuarios de la red, por la reducción de capacidad y velocidad que originan los vehiculos estacionados o que procuran estarlo.

Estos impactos pueden alcanzar considerable importancia, sobre todo en áreas con alta densidad de actividades o población. En ellas, proveer una adecuada oferta de estacionamiento supone altos costos por la escasez de terrenos; no hacerlo, estimula a estacionar en la calzada, aunque sea ilegalmente, con serias consecuencias en términos de congestión. Es difícil mantener estos costos en niveles razonables pues son percibidos sólo parcialmente por los usuarios. En particular, la tarificación del estacionamiento en la calzada, incluyendo sus externalidades, y la fiscalización del estacionamiento ilegal constituyen severos obstáculos prácticos a este respecto. No obstante, es conocido que políticas restrictivas del estacionamiento en ciertas zonas son altamente efectivas para desincentivar el uso del auto, cuando están bien diseñadas y ejecutadas. Es también sabido que es relativamente sencillo perder el control sobre el estacionamiento ilegal, especialmente en épocas de aumento rápido de la tasa de motorización, y recuperarlo resulta extremadamente costoso. Feeney (1989) y Wright (1982) aportan elementos valiosos sobre estas materias.

Pese a lo anterior, el estacionamiento es pobremente incorporado (cuando lo es) en el proceso de planificación del transporte urbano. No hay una modelación explícita de él para alimentar los modelos de demanda en una óptica de equilibrio. Los niveles de servicio y costos que se predicen para el modo automóvil privado sufren pues de distorsiones. Esto se agrava en la evaluación de proyectos con la no consideración de los costos de provisión de infraestructura para estacionar.

Hay cierta tradición de tener en cuenta el estacionamiento como problema de gestión de tránsito y aun dentro de esta disciplina, los modelos de redes más utilizados no lo incorporan de manera directa. Sólo recientemente se está trabajando en esta dirección (Polak, 1988).

No obstante, si no se quiere ir detrás de los hechos, es indispensable abordar el estacionamiento en la etapa de planificación. Reconociendo la complejidad y especificidad de los fenómenos de equilibrio asociados, es posible avanzar gradualmente en la ampliación de los modelos típicos de planificación. Un primer paso es traducir la demanda de viajes en automóvil en una demanda de estacionamiento. El objetivo de este trabajo es presentar un modelo desarrollado con este propósito, en cuya concepción se fijó como meta que la información requerida sea compatible con la disponible en estudios de planificación y que el modelo sea de sencilla aplicación.

Para cumplir estos objetivos fue necesario crear una función de distribución especial para la duración del estacionamiento, a partir de la cual se genera un modelo recursivo de predicción.

En el Capítulo 2 se discute una definición de la demanda de estacionamiento, consistente con los propósitos enunciados. El Capítulo 3 presenta la función de distribución y el Capítulo 4, el modelo recursivo. En el Capítulo 5 se entrega una discusión y las principales conclusiones del trabajo.

2. LA DEMANDA DE ESTACIONAMIENTO

Si la demanda de viajes representa el deseo de desplazarse a cierta hora entre dos puntos a lo largo de cierta ruta, la demanda de estacionamiento representa el deseo de permanecer en un punto por un cierto tiempo.

Los modelos de planificación estiman la demanda de viajes en auto como una variable V_{lj}^{hk}, flujo (en veh/hr) con origen en una zona **l** y destino en otra **j**, en el período **h** y con el propósito de viaje **k**.

Suponiendo que los vehículos que tienen destino en una zona determinada serán estacionados dentro de ella, la cantidad de vehículos que llega a estacionar en un período será $H\cdot\sum_l\sum_k V_{lj}^{hk}$, donde **H** es la duración del período (en horas). Pero esto no es la demanda de estacionamiento para la zona, ya que puede haber también vehículos llegados en períodos anteriores que todavía no se van. Por lo tanto, dicha demanda depende además de la duración del estacionamiento.

Los datos sobre esta duración normalmente provienen de encuestas de patentes realizadas a intervalo constante. Esto implica una discretización del tiempo, dividiéndose cada período **h** en intervalos de igual longitud **T**.

Suponiendo que las llegadas (o salidas) se distribuyen aleatoriamente al interior de un intervalo, se define la duración del estacionamiento como la diferencia entre el intervalo en que el vehículo abandona el espacio que ocupaba y el intervalo en que llegó a él. Un vehículo llega a estacionar en un intervalo dado si es registrado al final de éste y no lo fue al final del precedente. Análogamente, un vehículo se va en un intervalo dado si no fue registrado al terminar éste y lo fue al terminar el precedente.

Resulta así un tratamiento discreto en el espacio (zonas) y el tiempo (intervalos).

La duración del estacionamiento está relacionada con el propósito del viaje. Viajes de estudio o trabajo tenderán a generar permanencias más prolongadas que los de compras o trámites. No obstante, hay variabilidad en la duración para un mismo propósito por la diversidad de actividades que cada uno de éstos comprende. Puede entonces considerarse la duración como una variable aleatoria, sujeta a distintas funciones de distribución según propósito de viaje, la que se denotará por **e**.

Sea $V_k(i)$ el flujo de autos que llega a una cierta zona de destino en el intervalo **i** de un período dado, con motivo de viaje **k**. Obviamente:

$$V_k(i) = \alpha(i)\cdot\sum_l V_{l.}^{\cdot k} \tag{1}$$

donde $\alpha(i)$ es el multiplicador del flujo total del periodo que corresponde al intervalo, para la zona en referencia, y satisface la condición $\sum_i \alpha(i) = H/T$.

Con estas definiciones y supuestos, la demanda de estacionamiento en la zona al final de un intervalo **t**, para el propósito **k**, $N_k(t)$ está dada por:

$$N_k(t)=T\cdot\sum_{i=1}^{t} V_k(i)\cdot P_k[e > (t-i)] \qquad (2)$$

donde $P_k[e]$ es la función de masa de probabilidad de la duración del estacionamiento para el propósito **k**. La demanda total de espacios al final del intervalo **t**, será:

$$N(t)=T\cdot\sum_k \sum_{i=1}^{t} V_k(i)\cdot(1-F_k[t-i]) \qquad (3)$$

donde $F_k[t-i]$ es la respectiva función de distribución de la duración, evaluada en t-i.

Normalmente, T es del orden de 15 minutos. En cambio, V_{ij}^{hk} se predice para periodos característicos (punta de la mañana, punta de la tarde, fuera de punta) de 1 hora. Surgen dos problemas. Uno, el perfil del flujo al interior de los períodos de predicción (los $\alpha(i)$). Este puede resolverse recurriendo a perfiles sintéticos típicos provenientes de mediciones de flujos en la zona. Otro, la necesidad de contar con un patrón temporal completo de demanda de viajes en auto, no sólo en ciertos periodos. Aquí no vale la misma solución anterior porque en marcos temporales más amplios es altamente probable que los perfiles sintéticos difieran entre propósitos (dato que no se tiene en mediciones de flujos). Sin embargo, esta información puede extraerse, con razonable aproximación, de las encuestas origen-destino o los diarios de viaje con que han sido alimentados los modelos de demanda de viajes.

Disponiendo de una serie diaria completa para $V_k(i)$, $N(0)$ es resultado interno del proceso de predicción de $N(t)$. Por lo tanto, la única información adicional a la que es manejada en los actuales modelos de planificación del transporte urbano, son las funciones de distribución de la duración del estacionamiento.

Puesto que la composición de viajes según propósito varía significativamente entre zonas y horas del dia, es inconducente pensar en una función de distribución representativa de alguna mezcla promedio. Por otro lado, funciones distintas (y desconocidas) por propósito hacen cuestionable la aplicabilidad del modelo dado por la ec.(3).

De esta consideración nació la inquietud de encontrar una función de distribución de geometría variable. Esto es, que permite cambios de forma pero ellos están regidos únicamente por los valores de los parámetros. De este modo, todo el desarrollo matemático queda preestablecido y el modelo sólo precisa de datos sobre esos valores.

Este enfoque es avalado por lo razonable que parece suponer que estos parámetros son bastante estables en el tiempo y el espacio para, por lo menos, una ciudad dada. Entonces, el esfuerzo práctico se reducirá a obtener parámetros característicos para cada uno de los propósitos de viaje especificados en los modelos de demanda de viajes, que son un conjunto reducido.

Así y todo, las formas posibles cubren casi todo el espectro. En efecto, para el propósito trabajo es imaginable que la moda esté cercana al valor máximo de la duración y lo opuesto sucede para el propósito compras. A su vez, el inevitable propósito "otros" seguramente conllevará una función de densidad más bien simétrica. Por otra parte, los valores mínimo y máximo de la duración del estacionamiento pueden diferir considerablemente. Cubrir todas estas situaciones es la exigencia planteada.

La no consideración de éste y otros aspectos prácticos discutidos en este Capítulo quizá expliquen la poca repercusión que tuvo un interesante trabajo de Lautso (1981) en materia de caracterización del estacionamiento. Coincidiendo en el punto de partida para el modelo de demanda de estacionamiento , usa el tiempo como variable continua y una exponencial negativa como única función de distribución para la duración. Este autor no aborda la cuestión de relacionar el estacionamiento con la planificación del transporte urbano.

3. LA FUNCION DE PROBABILIDAD DE LA DURACION

3.1 Especificación de la función

Los requerimientos identificados en el Capítulo 2 son, en principio, satisfechos con una función de forma triangular en que el triángulo puede ser de cualquier tipo: isósceles, escaleno, rectangular (con el ángulo recto al extremo izquierdo o derecho de la base). La Figura 1 da una idea de esta función.

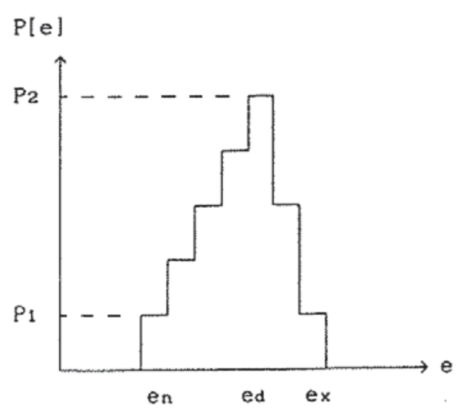

FIGURA 1: PROBABILIDAD DE DURACION DEL ESTACIONAMIENTO

Sus parámetros son:

e_n, e_d, e_x: mínimo, moda y máximo de la duración del estacionamiento (en intervalos)

P_1: probabilidad de las duraciones mínima y máxima (supuestas iguales excepto que la moda coincida con alguna de ellas)

P_2: probabilidad de la moda.

El carácter triangular está dado porque uniendo las marcas de clase de cada intervalo se forma un triángulo. Las diversas formas pedidas son posibles y están controladas por un parámetro: la moda. Nótese que imponiendo $P_1=P_2$, resulta una distribución uniforme. Es decir, el objetivo de geometría variable mediante parámetros está cumplido.

Los parámetros están sujetos a una serie de restricciones:

$$e_n,\ e_d,\ e_x \in \mathbb{Z}^+ \ \text{y} \ e_n \le e_d \le e_x \tag{4a}$$

$$P_1 = \begin{cases} P[e_n] = P[e_x], & \text{si } e_n < e_d < e_x \\ P[e_x], & \text{si } e_d = e_n \\ P[e_n], & \text{si } e_d = e_x \end{cases} \tag{4b}$$

$$0 < P_1 < \frac{1}{e_x - e_n + 1}, \ \text{y} \tag{4c}$$

$$P_2 - P_1 = \frac{2 \cdot [1 - P_1 \cdot (e_x - e_n + 1)]}{e_x - e_n + \alpha}$$

$$\text{donde} \quad \alpha = \begin{cases} 0, & \text{si } e_n < e_d < e_x \\ 1, & \text{en otro caso.} \end{cases} \tag{4d}$$

La función de masa de probabilidad está dada por:

$$P[e] = \begin{cases} 0 & , \text{si } e < e_n \text{ ó } e > e_x \\ (P_2-P_1)\cdot\dfrac{e - e_n}{e_d - e_n} + P_1, & \text{si } e_n \le e \le e_d-1 \\ P_2 & , \text{si } e = e_d \\ (P_2-P_1)\cdot\dfrac{e_x - e}{e_x - e_d} + P_1, & \text{si } e_d+1 \le e \le e_x \end{cases} \tag{5}$$

De los cinco parámetros, sólo 4 son independientes dada la ec.(4d).

Se puede demostrar (Santana, 1989) que la duración media viene dada por la expresión:

$$\bar{e} = \frac{e_x + e_d + e_n}{3} + \frac{P_1}{6} \cdot (e_x - e_n + 1) \cdot (e_x + e_n - 2 \cdot e_d) + \beta \qquad \textbf{(6a)}$$

donde

$$\beta = \begin{cases} \dfrac{-(1 - P_1 \cdot (e_x - e_n + 1))}{3}, & \text{si } e_d = e_n \\ 0, & \text{si } e_n < e_d < e_x \\ \dfrac{1 - P_1 \cdot (e_x - e_n + 1)}{3}, & \text{si } e_d = e_x. \end{cases} \qquad \textbf{(6b)}$$

3.2 Estimación de los parámetros

Con la especificación presentada se dispone de una distribución genérica tal que la variación de la duración del estacionamiento según propósito de viaje puede ser recogida sólo por los parámetros. Siendo todos estos observables parecería que basta con elegir cuatro de ellos y asignarles los valores que tienen en la distribución real correspondiente.

Sin embargo, por flexible que sea la distribución propuesta, ella tiene alguna rigidez (no acepta formas curvas). Es recomendable entonces considerar un proceso de ajuste de la distribución a los datos.

Habida cuenta de que la media, la moda y el valor mínimo de la duración son los parámetros más característicos de la conducta de los usuarios se sugiere fijarlos en sus valores reales. Queda un solo grado de libertad y tres parámetros: e_x, P_1 y P_2. Dadas las restricciones y relaciones detalladas en la sección precedente, la administración de este grado de libertad se traduce en la existencia de un conjunto limitado de valores factibles para e_x, dado por los enteros positivos que satisfacen la siguiente condición:

$$2 \cdot \bar{e} - e_n < e_x \leq 3 \cdot \bar{e} - 2 \cdot e_n + 1, \text{ si } e_d = e_n \qquad \textbf{(7a)}$$

$$2 \cdot e_d - e_n < e_x \leq 3 \cdot \bar{e} - e_d - e_n, \text{ si } e_n < e_d < \bar{e} \qquad \textbf{(7b)}$$

$$e_x = 2 \cdot \bar{e} - e_n, \text{ si } e_d = \bar{e} \qquad \textbf{(7c)}$$

$$3 \cdot \bar{e} - e_d - e_n \leq e_x < 2 \cdot e_d - e_n, \text{ si } e_d > \bar{e}. \qquad \textbf{(7d)}$$

Para cada valor factible de e_x, si hay más de uno, se calcula P_1 y P_2 (ecs. 4 y 6) y con ello se puede construir la distribución ajustada respectiva. En cada caso, se determinan las diferencias al cuadrado con la real y se elige el e_x que minimice este valor.

Aplicando este procedimiento para cada propósito de viaje por separado, resultarán los conjuntos de parámetros correspondientes.

4. MODELO RECURSIVO

Con la función de probabilidad dada por la ec.(5) y los parámetros para cada propósito, se puede obtener $P_k[e > (t-i)]$ y aplicar el modelo de estimación de la demanda de estacionamiento de la ec.(2). Pero como éste define un patrón temporal para ella, por razones prácticas conviene darle una forma recursiva:

$$N_k(t) = N_k(t-1)+T\cdot\left[V_k(t)-\sum_{i=1}^{t} V_k(i)\cdot P_k[e = t-i]\right] \tag{8}$$

El segundo término dentro del paréntesis representa el flujo de vehículos que sale de su lugar de estacionamiento en el área durante el intervalo t, a la cual llegó con el propósito k, y se denotará por $S_k(t)$. Luego, la ec.(8) se puede reescribir :

$$N_k(t) = N_k(t-1) + T\cdot[V_k(t)-S_k(t)]. \tag{9}$$

Siendo T y $V_k(t)$ datos, sólo se requiere conocer $S_k(t)$ y el valor inicial de $N_k(t)$. A su vez, $S_k(t)$ sólo depende de $V_k(t)$ y de la función de probabilidad. Aquí se aprecia la ventaja de disponer para ésta de una forma genérica (sólo sus parámetros son específicos al propósito k) ya que hace posible obtener una expresión general para $S_k(t)$. Por las características de la función resulta también conveniente una forma recursiva.

En este contexto, es necesario precisar los límites del período de predicción. Supóngase por el momento que $t=1,\dots,n$ y que $N_k(0) = 0,\ \forall\ k$. Si hay p propósitos considerados, se puede demostrar (Santana, 1989) que para todo $k = 1,\dots,p$:

$$\text{si } t \in [1;\ en_k + 1),\ S_k(t) = 0 \tag{10}$$

y si $t \in [en_k + 1;\ n]$:

$$S_k(t) = S_k(t-1) + \left[\frac{P2_k - P1_k}{ed_k - en_k}\right]\cdot\sum_{i=t-ed_k}^{t-en_k-1} V_k(i) - \left[\frac{P2_k - P1_k}{ex_k - ed_k}\right]\cdot\sum_{i=t-ex_k}^{t-ed_k-1} V_k(i) + \left[V_k(t-en_k) - V_k(t-ex_k-1)\right]\cdot P1_k,\ \text{si } en_k < ed_k < ex_k \tag{11a}$$

$$S_k(t) = S_k(t-1) - \left[\frac{P2_k - P1_k}{ex_k - en_k}\right] \cdot \sum_{i=t-ex_k}^{t-en_k-1} V_k(i) + V_k(t-en_k) \cdot P2_k - \tag{11b}$$

$$- V_k(t-ex_k-1) \cdot P1_k, \qquad \text{si } ed_k = en_k$$

$$S_k(t) = S_k(t-1) + \left[\frac{P2_k - P1_k}{ex_k - en_k}\right] \cdot \sum_{i=t-ex_k}^{t-en_k-1} V_k(i) + V_k(t-en_k) \cdot P1_k - \tag{11c}$$

$$- V_k(t-ex_k-1) \cdot P2_k, \qquad \text{si } ed_k = ex_k.$$

Estas expresiones son fáciles de calcular con un sencillo programa computacional. La ec.(10) y la ec.(11) pertinente entregan un patrón completo para $S_k(t)$ en el período de predicción que introducido en la ec.(9), permite estimar la demanda de estacionamiento a lo largo de éste para cada propósito. Evidentemente, la demanda total será la suma en cada intervalo.

Admítase ahora que al inicio del período hay vehículos estacionados. Lo único que interesa de ellos es su número total y la duración remanente (e') de su estacionamiento. Por simplicidad, pueden ser incorporados al análisis como un propósito de viaje adicional (k=0) para el cual, en todo intervalo t, se cumple:

$$V_0(t) = 0, \text{ y}$$

$$S_0(t) = N_0(0) \cdot P_0[e'=t]. \tag{12}$$

Sean:

$$V(t) = \sum_{k=0}^{P} V_k(t) \quad \text{y} \tag{13a}$$

$$S(t) = \sum_{k=0}^{P} S_k(t). \tag{13b}$$

Con estas definiciones, la demanda total de estacionamiento en el área al final del intervalo t, N(t), está dada por:

$$N(t) = N(t-1)+T\cdot[V(t)-S(t)], \quad 1 \leq t \leq n. \qquad \textbf{(14)}$$

En este modelo más general cabe preguntarse sobre el modo de determinar $S_0(t)$. Si el período de predicción se inicia a una hora en que se sabe que la cantidad de vehículos estacionados en el área es despreciable, basta imponer $N_0(0)=0$. Si no ocurre así, hay todavía dos casos que distinguir. Primero, que se haya hecho una predicción de la demanda de estacionamiento para el período previo. En esta situación, es obvio que $N_0(0)$ será igual al valor estimado para N(n) en dicho período. Más aun, $S_0(t)$ puede ser obtenido directamente aplicando al período previo las ecs.(11) correspondientes para t>n, teniendo en cuenta que $V_k(i>n)=0$, y sumando sobre los períodos. El otro caso, sin predicción previa, requerirá una estimación exógena de $N_0(0)$ y un supuesto sobre la función de probabilidad de la duración remanente. Esto puede ser evitado con una buena elección del inicio del período de predicción.

5. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Si bien el modelo propuesto necesita poca información, y ella está disponible en la metodología característica del proceso de planificación del transporte urbano, validarlo es otra cosa. Esto exige datos sobre la demanda efectiva de estacionamiento en ciertas áreas, lo que excede largamente las posibilidades de esta investigación. No obstante, se diseñó un experimento limitado, con el objetivo de lograr una primera impresión sobre la capacidad predictiva del modelo.

Para ello se recurrió a dos estudios de estacionamiento en zonas pequeñas de la comuna de Providencia (Bunster, 1987; Jiménez y Ramírez Ltda., 1987). En ambos, hay datos muy confiables sobre llegadas a lugares de estacionamiento y salidas de ellos, cada 30 minutos, durante varias horas del día. Pero no hay información sobre el propósito del viaje.

Habida cuenta de que en esas zonas hay una marcada mezcla de usos del suelo, se ajustó distribuciones de duración distintas según hora de llegada, como una manera de acercarse a la distinción entre propósitos. Esto es, se supone, por ejemplo, que los autos que estacionan entre 8 y 9 A.M. corresponden mayoritariamente a viajes al trabajo mientras los que llegan entre 10.30 y 11.30 A.M. contienen principalmente viajes de compras o trámites.

Más allá de esta limitación, y otros problemas de ajuste originados por el uso de un intervalo de 30 minutos que resulta excesivo donde hay parquímetros, se encontró que la distribución triangular flexible permite un buen ajuste a los datos. Las Figuras 2 y 3 muestran la demanda de estacionamiento real y predicha en ambas zonas para un cierto período. Todo lo que se puede inferir de este experimento es que el modelo tiene un comportamiento promisorio.

En definitiva, la calidad del modelo depende exclusivamente de que la distribución asumida replique bien la distribución real por propósito.

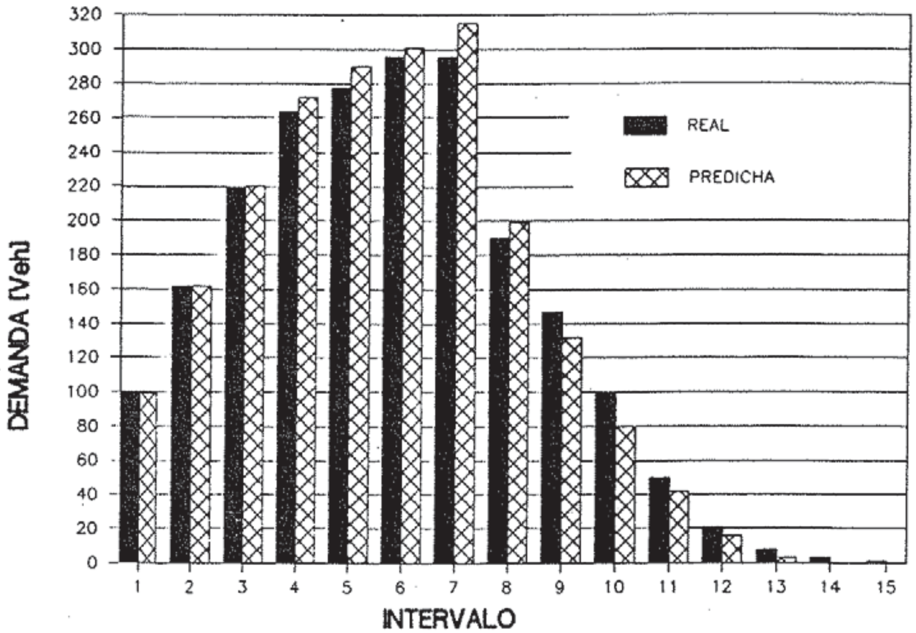

FIGURA 2: DEMANDA DE ESTACIONAMIENTO (ZONA MERCADO PROVIDENCIA)

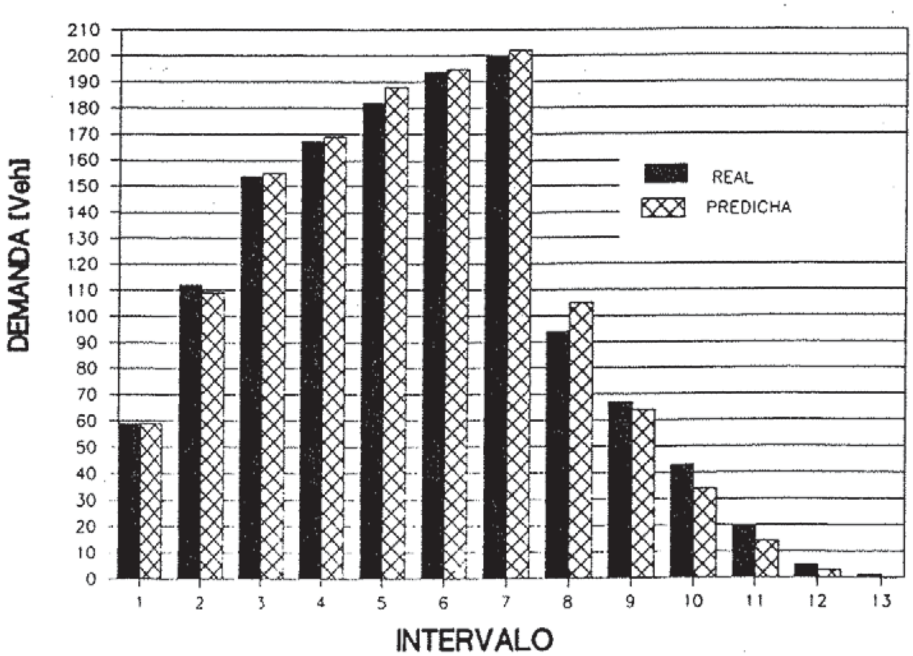

FIGURA 3. DEMANDA DE ESTACIONAMIENTO (ZONA PEDRO DE VALDIVIA)

En cuanto a su aplicabilidad, hay dos asuntos claves. Uno es el tipo de datos que se necesita, lo que parece bien resuelto con las recomendaciones señaladas para la obtención del perfil temporal de flujos con destino en cada zona y para la estimación de los parámetros de la duración. El segundo, es si el supuesto de que estos parámetros, asociados al propósito de viaje, son estables en el tiempo y el espacio resulta acertado. Esta es la principal línea de investigación que surge como continuación de este trabajo.

Podría objetarse la necesidad de usar un marco temporal mayor que las tres horas típicas con que se trabaja en la predicción de flujos. Pero debe tenerse en cuenta que por su propia naturaleza, el estacionamiento no es susceptible de enfoques del estilo "hora punta". Además, es obvio que las horas de mayor demanda de estacionamiento difícilmente coincidirán con las de mayor demanda de viajes. Este es uno de los serios obstáculos metodológicos que habrá que superar para conseguir una plena incorporación del estacionamiento en los modelos de planificación.

Independientemente del largo camino que queda por recorrer hasta llegar a modelos de equilibrio comprensivos, la sola estimación de la demanda de estacionamiento tiene indudable utilidad. Desde luego, para calibrar el realismo de las predicciones de viajes en auto a zonas de alta concentración de actividades. Tal vez la vialidad de acceso a ellas soporte una, digamos, duplicación de los flujos, pero ¿habrá espacio para estacionar todos estos vehículos?. Si la respuesta es negativa, puede procederse a mejorar las predicciones aumentando los costos y tiempos de viaje en auto hacia esa zona en los modelos de demanda.

Por otra parte, también sirve para la evaluación de planes estratégicos en la estimación del consumo del recurso suelo. Hay en éste una notable diferencia entre el transporte colectivo y el auto que al ser ignorada, conduce a subestimar el costo social del auto y a sesgar las decisiones de inversión.

Por último, la demanda de estacionamiento esperada es una base para generar proyectos de oferta especializada y diseñar políticas de regulación, al menos en las áreas en que se prevén mayores problemas.

Estas consideraciones son de especial relevancia en la etapa de desarrollo en que se encuentra Chile, en la que tiende a producirse un rápido aumento de la tasa de motorización. Puesto que en el futuro cercano se dispondrá de las herramientas de planificación estratégica para las tres áreas metropolitanas del país, es perfectamente posible avanzar en la dirección propuesta.

REFERENCIAS

BUNSTER, M. (1987) **Sistema para el diagnóstico de la necesidad de espacios de estacionamientos en zonas urbanas.** Memoria de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago.

FEENEY, B.P. (1989) A review of the impact of parking policy measures on travel demand. **Transportation Planning and Technology, Vol. 13(4),** 229-244.

JIMENEZ Y RAMIREZ LTDA. (1987) Estudio de prefactibilidad técnico económico de mejoramiento de la Avenida Pedro de Valdivia. Informe Final a la I. Municipalidad de Providencia, Santiago.

LAUTSO, K. (1981) Mathematical relationships among parking characteristics and revising reduction methods of parking field survey information. **Transportation Research B, Vol. 15B(2),** 73-83.

POLAK, J. (1988) Parking policy analysis: a Conference Report. **Traffic Engineering and Control, Vol. 29(6),** 361-362.

SANTANA, A. (1989) **Modelación recursiva del estacionamiento basada en una distribución triangular discreta de su duración.** Memoria de Ingeniero Civil, Universidad de Chile, Santiago.

WRIGHT, C.C. (1982) The collapse of parking enforcement in large towns: some causes and solutions. **Traffic Engineering and Control, Vol. 23(6),** 304-310.