

CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SUPERFICIE EN SANTIAGO DE CHILE

Freddy Ponce B., Pablo Beltrán C., Henry Malbrán R.

Secretaría Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones – Región Metropolitana
(SEREMITT-RM)

Av. Bernardo O'Higgins N° 1632, Santiago de Chile

Fono: (562) 698.38.72 Fax: (562) 688.35.45

E-mail: hmalbran@mtt.cl

Tristán Gálvez P., Gonzalo Vejar L.

Analistas de Sistemas de Transporte Consultores Limitada
(ASTRA Ltda.)

Praga N° 534 – Providencia, Santiago de Chile

Fono: (562) 225.00.49 Fax: (562) 225.59.91

E-mail: tgalvez@cmet.net

1. INTRODUCCIÓN

Santiago, capital de Chile, alberga a unos 5,5 millones de habitantes y produce aproximadamente el 42% del PGB nacional (INE, 1996). El sistema de transporte de la ciudad posee una red de metro de tres líneas (36 kilómetros en total), 650.000 automóviles y 354 servicios de transporte público de superficie que son atendidos por 9.800 buses (SEREMITT, 1997).

En ese contexto, las autoridades de transporte de la ciudad detectaron la necesidad de contar con una herramienta que permitiera caracterizar adecuadamente los viajes realizados en transporte público de superficie (buses) y modelar las diferentes políticas diseñadas para el sector (Dourthé *et al*, 1999).

En el presente documento se describe la metodología desarrollada con el fin de obtener matrices Origen Destino (O/D) de viajes en buses en la ciudad de Santiago de Chile (ASTRA, 1998).

El proceso de recolección de información para obtener una matriz O/D de viajes puede ser enfrentado de dos maneras principales: encuestas en hogares y encuestas a bordo de buses. La gran ventaja de la primera forma es que entrega datos respecto a todos los modos de transporte. Sin embargo, dado que se basa en la declaración de los encuestados, puede no recoger todos los viajes realizados, y puede presentar sesgos o inexactitudes en las características de los viajes reportados. En cambio, la encuesta a bordo de buses captura la totalidad de los viajes efectivamente realizados y permite medir en forma objetiva características tales como el tiempo de viaje. El presente trabajo reporta una experiencia de aplicación del segundo método.

Asimismo se presentan resultados y se incluyen antecedentes respecto de las características del sistema (tiempos de viaje y de espera), características y preferencias de los usuarios y matrices O/D entre paraderos y entre zonas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema consiste en obtener, a partir de encuestas o mediciones realizadas a bordo de buses, dos tipos de matrices origen destino.

El primer tipo, que por conveniencia denominaremos matriz de paraderos, se refiere al flujo de pasajeros de categoría c , que viajan desde la parada p hasta la parada r del servicio de buses l y que inician su viaje dentro del período t . Se denominará como P_{prl}^{ct} .

El segundo tipo, que denominaremos matriz de zonas, se refiere al flujo de pasajeros de categoría c , que realizan viajes del tipo s , con origen en la zona i y destino en la zona j , que inician su viaje dentro del período de tiempo t . Se denominará como λ_{ij}^{st} .

Como se desprende de las definiciones anteriores, ambas matrices son de tipo dinámico, esto es, dependientes del tiempo.

3. METODOLOGÍA

El problema planteado posee características similares a la estimación de matrices O/D a partir de conteos o encuestas de intercepción en carreteras. Uno de los métodos de solución usados es la obtención, a partir de conteos en arcos, de matrices O/D periódicas o dinámicas mediante maximización de entropía (Willumsem, 1984). Otro método se refiere a la obtención de estas matrices a partir de encuestas O/D en carreteras, utilizando técnicas de máxima verosimilitud (Gálvez et al, 1996).

Estos métodos no resultaron adecuados para resolver este problema, por lo cual se decidió crear una nueva metodología que se basa principalmente en la expansión directa de los valores muestrales.

El proceso de generación de matrices O/D fue dividido en dos etapas secuenciales. En una primera, se determinan matrices considerando sólo el lugar de subida y de bajada de pasajeros, para cada uno de los servicios de buses de la ciudad (matrices de paraderos). En la segunda, se establece una estructura O/D de los viajes asociada a las zonas de inicio y término de los viajes (matrices de zonas). A continuación son descritas ambas etapas.

3.1 Matrices de Paraderos

Se ha definido la matriz de paraderos como una matriz de etapas de viajes entre los lugares donde abordan y descienden pasajeros para cada servicio. Para determinar esta matriz se utilizará como punto de partida el número de pasajeros de categoría c , que suben en el paradero p , al k -ésimo bus medido del

servicio I y que descienden en la paradero r , denominado por Q_{pri}^{ck} . Esta información puede ser obtenida a partir de la realización de mediciones a bordo de buses, por el método de entregar a cada pasajero una tarjeta numerada que es recogida cuando éste desciende. Los encuestadores anotan la parada en que cada tarjeta fue entregada y recogida, así como la categoría del pasajero.

El k -ésimo bus medido del servicio I , posee un intervalo promedio de salida desde su terminal de origen, dado por I_I^k . En este caso el valor recíproco de I_I^k representa la frecuencia promedio del servicio I , en el lapso de tiempo definido por el promedio entre la hora de salida del bus medido k y el bus anteriormente medido $k-1$ (VI^k) y el promedio entre la hora de salida del bus medido k y el siguiente bus medido $k+1$ (VF^k). Analíticamente:

$$VI^k = \frac{(HI^k + HI^{k-1})}{2} \quad . \quad (1)$$

$$VF^k = \frac{(HI^k + HI^{k+1})}{2} \quad (2)$$

donde:

HI^k : instante en que el bus medido k , salió desde su terminal.

VI^k : instante en que el bus medido k , sigue desde su término : instante en que se inicia la validez del bus medido k .

VF^k : instante en que finaliza la validez del bus medido k .

Con estos antecedentes es posible construir un indicador (por unidad de tiempo) del volumen de viajes del tipo c , entre los paraderos p y r , que abordan buses del servicio l en el paradero p , en el intervalo de tiempo en el cual es representativo el k -ésimo bus medido. Este indicador corresponde a la matriz de paraderos:

$$P_{prl}^{ct} = \frac{Q_{prl}^{ck}}{I_l^k} \quad (3)$$

Donde el intervalo de tiempo t está dado por:

$$\dots, \tau^k, \tau m^k, \tau \tau^k, \dots$$

$$\ldots x^k, \quad w^k, \quad uv^k, \quad m^k, \quad \quad \quad (5)$$

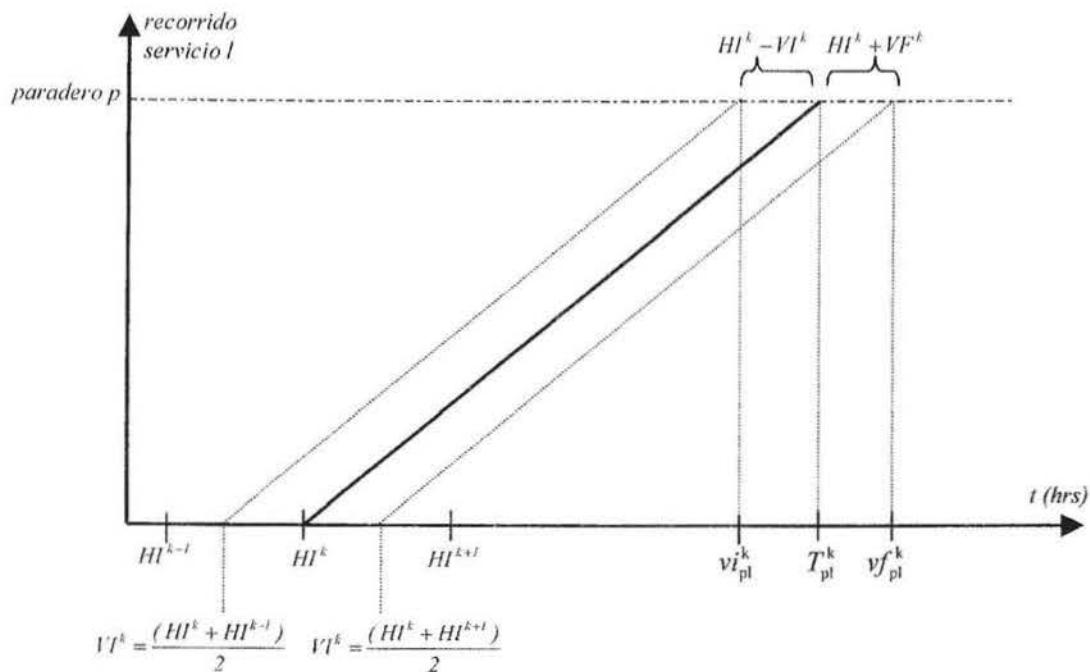
donde:

vi_{pl}^k : representa el instante de inicio del intervalo de tiempo válido para los viajes que abordan buses del servicio l en el paradero p , en el intervalo de tiempo en el cual es representativo el k -ésimo bus medido.

vf_{pl}^k : representa el instante de término del intervalo de tiempo válido para los viajes que abordan buses del servicio I en el paradero p , en el intervalo de tiempo en el cual es representativo el k -ésimo bus medido.

T_{pl}^k : instante en que el k -ésimo bus medido del servicio I , pasa por el paradero p .

Figura N° 1
Representación de los Intervalos de Validez de Buses y Viajes



3.2 Matrices de Zonas

Una vez obtenida la matriz de paraderos (etapas de viajes) es posible determinar la matriz de viajes a nivel de zonas Origen-Destino, sin embargo, la existencia de viajes en modos combinados impone complejidades al proceso que es necesario superar a través del establecimiento de relaciones funcionales entre los paraderos y las zonas O/D. En efecto, es necesario precisar que, usando la nomenclatura habitual en encuestas de viajes, un pasajero que utiliza dos buses aparecerá contabilizado dos veces en la matriz de paraderos, no así en la matriz de zonas.

Los antecedentes de subidas y bajadas, representadas a través de las matrices de paraderos, puede ser asociada a una matriz O/D de viajes a nivel de zonas, a través de la utilización de información de encuestas Origen-Destino. Estas encuestas permiten conocer para cada lugar de parada, servicio, categoría de usuario y tipo de viaje, la proporción de pasajeros que acceden al paradero según sus zonas de origen y la proporción de pasajeros que descienden de buses según sus zonas de destino. Estas proporciones se denominarán captura de subida (CS_{ipl}^{sck}) y bajada (CS_{ipl}^{sck}), respectivamente:

$$CS_{ipl}^{sck} = \frac{\sum_{k \in K} \sum_{jr} E_{ijprl}^{sck}}{\sum_{k \in K} \sum_{jr} E_{ijprl}^{sck}} \quad (6)$$

$$CB_{jrl}^{sck} = \frac{\sum_{k \in K} \sum_{ip} E_{ijprl}^{sck}}{\sum_{k \in K} \sum_{ip} E_{ijprl}^{sck}} \quad (7)$$

donde:

E_{ijprl}^{sck} : representa el número de pasajeros de categoría c , que realizan viajes del tipo s , entre el par de zonas origen-destino i, j , que abordan el k -ésimo bus medido del servicio l , en el paradero p , para descender en el paradero r .

K : corresponde a un subconjunto de buses medidos del servicio l .

Conocidas las proporciones de captura, es posible determinar un estimador del volumen de viajes del tipo s , realizados por pasajeros de categoría c que se desplazan entre las zonas i y j , en el servicio l , subiendo en p en el intervalo de tiempo en el cual es representativo el k -ésimo bus medido y bajando en el paradero r :

$$\mu_{ijprl}^{sck} = \frac{Q_{prl}^{ck}}{k} \cdot CS_{ipl}^{sck} \cdot CB_{jrl}^{sck} \quad (8)$$

La variable μ_{ijprl}^{sck} es un buen estimador del volumen de viajes en el intervalo definido por los siguientes valores:

$$G_{pl}^{sck} = \frac{T_{pl}^{k-1} + T_{pl}^k}{2} \quad (9)$$

$$G_{pl}^{sc(k+1)} = \frac{T_{pl}^k + T_{pl}^{k+1}}{2} \quad (10)$$

De esta manera, se tendrán valores de μ_{ijprl}^{sck} a lo largo de todo el día, los cuales se pueden redefinir mediante la siguiente forma funcional:

$$\mu_{ijprl}^{sc}(u) = \mu_{ijprl}^{sck} \quad \forall G_{pl}^{sck} \leq u \leq G_{pl}^{sc(k+1)} \quad (11)$$

Por lo tanto, para calcular el volumen de viajes entre las zonas i y j que abordan en p un bus del servicio I en el intervalo de tiempo t , para bajar en r , denotado por ϕ_{ijprl}^{sct} , bastará con obtener un promedio ponderado de las observaciones reportadas por cada bus k , para el intervalo de tiempo t . Una forma conveniente de expresarlo es:

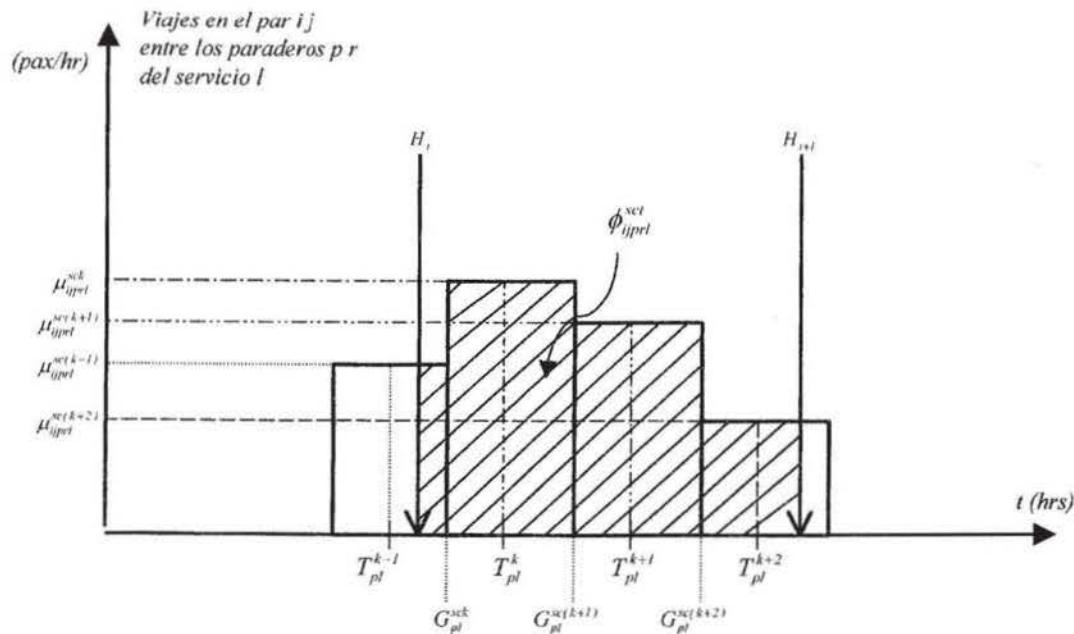
$$\phi_{ijprl}^{sct} = \frac{1}{H_{t+1} - H_t} \int_{H_t}^{H_{t+1}} \mu_{ijprl}^{sc}(u) \cdot du \quad (12)$$

donde H_t y H_{t+1} son los límites que definen el intervalo t .

La generalización de esta expresión a todos los servicios y paraderos de subida y bajada de pasajeros en una misma zona, permite obtener el volumen total de viajes del tipo s y categoría c entre las zonas i y j en el intervalo de tiempo t :

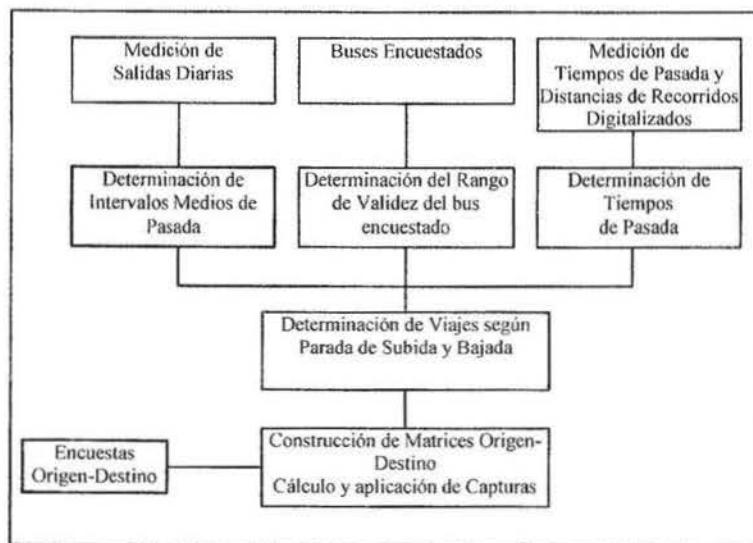
$$\lambda_{ij}^{sct} = \sum_{prl} \phi_{ijprl}^{sct} \quad (13)$$

Figura N° 2
Representación del Volumen Total de Viajes ϕ_{ijpl}^{sck} en el Intervalo de tiempo t



En síntesis, el proceso de generación de matrices se puede esquematizar a través de la Figura N° 3.

Figura N° 3
Representación Esquemática del Proceso de Construcción de Matrices



4. APLICACIÓN AL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SANTIAGO

Con el fin de caracterizar y cuantificar la demanda de transporte público de superficie en la ciudad de Santiago de Chile, se procedió a realizar diversas mediciones de terreno, de acuerdo a los requerimientos de información que impone la metodología recién descrita. Asimismo fue necesario realizar otras mediciones orientadas a determinar las variables de nivel de servicio del sistema. A continuación se describen las labores desarrolladas.

4.1 Medición de Subidas y Bajadas de Pasajeros de Buses

El objetivo de esta medición es obtener el número de pasajeros de categoría c , que suben en el paradero p , al k -ésimo bus medido del servicio I y que descienden en la parada r , denotado por Q_{prt}^{ck} .

Para obtener esta información se procedió a medir, en una muestra de alrededor del 10% del total de salidas de buses en la ciudad, las subidas y bajadas de pasajeros. En el caso de Santiago, se obtuvo 417.856 registros de subidas y bajadas de pasajeros, en un total de 6832 buses medidos.

Es necesario precisar que se distinguió dos categorías de usuarios: adultos y escolares. Además, en relación con las zonas de parada, se identificó alrededor de 14.000 lugares donde se produce la subida y bajada de pasajeros desde los buses.

Finalmente, en forma paralela a la realización de esta medición se obtuvo el instante en que el k -ésimo bus medido del servicio I , pasa por el paradero p (T_{pl}^k), lo cual permitió conocer la velocidad comercial desarrollada por el bus y los tiempos de viaje de cada uno de los pasajeros.

4.2 Encuesta Origen-Destino de Viajes

Con esta encuesta se determinó el número de pasajeros de categoría c , que realizan viajes del tipo s (sólo bus; bus – bus y bus en combinación con otros modos), entre el par de zonas origen-destino i, j (en el caso de Santiago se contempló 535 zonas), abordando el k -ésimo bus medido del servicio I , en el paradero p , para descender en el paradero r (E_{ijpr}^{ck}).

En el desarrollo de esta encuesta, realizada en un subconjunto de los buses donde se efectuaron las mediciones de subida y bajada de pasajeros, se obtuvo un total de 77.276 registros.

Como antecedente adicional, esta encuesta entregó los tiempos de espera percibidos por los usuario que abordan el bus k , del servicio I , en el paradero p , (Te_{lp}^k). Asimismo, se obtuvo información relevante en relación con las características del sistema de transporte público de superficie y de sus usuarios.

4.3 Frecuencia de los Servicios de Buses

Se registró el instante en el cual se produce cada salida (desde los terminales) de cada uno de los buses (a lo largo del día) que integran cada uno de los servicios de buses. Así, fue posible determinar el *intervalo promedio de salida* (I_t^k). En esta medición, se registraron los instantes de 59.386 inicios de recorrido desde los terminales.

4.4 Otras Mediciones Efectuadas

Adicionalmente, se recolectó información tendiente a caracterizar el sistema de transporte público de Santiago y sus usuarios. A continuación, se describe cada una de las mediciones efectuadas.

- ◆ *Mediciones de Causas de Demora*: en esta medición se dividió el tiempo total de recorrido de cada bus entre las cinco siguientes posibilidades: bus detenido para recoger o dejar pasajeros, bus detenido por condiciones de tránsito, bus avanzando a velocidad normal, bus a velocidad anormalmente alta y bus a velocidad anormalmente baja. Se realizó en 175 buses.
- ◆ *Encuesta de Preferencias Declaradas*: permitió caracterizar las preferencias de los usuarios de buses. Entre los atributos considerados en el diseño se pueden mencionar: tarifa, tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempo de caminata, variabilidad del tiempo de viaje, variabilidad del tiempo de espera, nivel de hacinamiento, tipo de chofer. Se realizaron 1617 encuestas en hogares y 2125 encuestas en paraderos.
- ◆ *Mediciones en Paraderos*: fundamentalmente, entregó el tiempo de espera real de los usuarios en los paraderos. Estas mediciones abarcaron una muestra de 295 zonas de parada, distribuidos en la ciudad de manera de obtener una muestra representativa.

5. RESULTADOS

A continuación son descritos los principales resultados obtenidos al aplicar la metodología desarrollada al caso de la ciudad de Santiago de Chile.

5.1 Matrices de Paraderos

A modo descriptivo, en el Cuadro N°1 se presenta la matriz de paraderos correspondiente al total de pasajeros transportados, para ambos tipos de usuarios (adultos y escolares).

Cuadro N° 1
Matriz de Paraderos
Total de Pasajeros Transportados Diariamente (pax)

| O/D | Norte | Occidente | Oriente | Centro | Sur | Suroriente | TOTAL |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|------------------|
| Norte | 326.653 | 53.750 | 40.180 | 156.309 | 46.442 | 18.991 | 642.325 |
| Occidente | 40.394 | 372.629 | 64.802 | 176.352 | 62.869 | 19.238 | 736.285 |
| Oriente | 37.863 | 64.575 | 517.790 | 161.679 | 44.607 | 110.674 | 937.189 |
| Centro | 160.093 | 165.184 | 144.231 | 251.077 | 152.683 | 90.872 | 964.140 |
| Sur | 37.652 | 59.212 | 47.178 | 170.088 | 499.087 | 80.391 | 893.608 |
| Suroriente | 19.125 | 19.030 | 125.387 | 101.268 | 85.533 | 329.662 | 680.006 |
| TOTAL | 621.779 | 734.381 | 939.569 | 1.016.773 | 891.221 | 649.829 | 4.853.552 |

De este total, el 17,6 % de ellos corresponde a usuarios escolares (es decir, 854.567 pasajeros). Además, del análisis del Cuadro N°1 se desprende que los pasajeros transportados al interior de las respectivas zonas (intrazonales) representan el 47,3 % del total de pasajeros transportados entre

paraderos.

5.2 Matrices de zonas

El procesamiento de los datos, efectuado de acuerdo al desarrollo metodológico presentado, permitió obtener matrices de zonas. El Cuadro N°2 presenta el total de viajes diarios, para ambos tipos de usuarios (adultos y escolares).

Cuadro N°2
Matriz Origen – Destino
Total de Viajes Diarios (pax)

| O/D | Norte | Occidente | Oriente | Centro | Sur | Suroriente | TOTAL |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| Norte | 253.022 | 48.433 | 53.987 | 150.029 | 63.997 | 37.644 | 607.112 |
| Occidente | 51.975 | 295.090 | 85.404 | 162.754 | 63.674 | 35370 | 694.266 |
| Oriente | 51.730 | 94.972 | 413.384 | 159.073 | 65.705 | 117.014 | 901.878 |
| Centro | 125.027 | 165.287 | 133.444 | 193.847 | 145.263 | 93.013 | 855.882 |
| Sur | 54.213 | 62.898 | 59.187 | 172.933 | 394.173 | 92.101 | 835.504 |
| Suroriente | 32.596 | 41.050 | 126.102 | 113.272 | 89.012 | 254.564 | 656.595 |
| TOTAL | 568.562 | 707.730 | 871.507 | 951.908 | 821.824 | 629.706 | 4.551.237 |

En la obtención de esta matriz de viajes O/D se ha supuesto que la proporción de capturas (subidas y bajadas) es invariante a lo largo del día. Lo anterior, en consideración a que cada matriz Origen-Destino periódica tiene 286.225 celdas, luego, no es posible generar en terreno toda la información necesaria para representar los períodos modelados con matrices estadísticamente confiables.

Adicionalmente, se debe notar que dado que la información Origen-Destino para un determinado servicio o paradero, fue insuficiente para estimar las proporciones de captura, con un nivel de confiabilidad aceptable, se realizó agregaciones sucesivas de la información Origen-Destino obtenida.

Finalmente, de la comparación de los Cuadros N°1 y N°2, se desprende que en un 6,6% de los viajes, los usuarios (adultos y escolares) utilizan más de un bus.

5.3 Matrices de Tiempos de Viaje.

Como resultado del estudio se obtuvo gran cantidad de información sobre tiempos de viaje. En particular, la hora de partida del terminal, pasada por cada paradero y llegada al terminal de destino para los 6.832 buses incluidos en la muestra de la encuesta de subidas y bajadas. Además, se recolectó información respecto a la hora de inicio, de fin y el tiempo de viaje de los 417.856 usuarios que participaron en la encuesta de subidas y bajadas. En el Cuadro N°3 se incluye la matriz de tiempos medios de viaje (total diario), a bordo de buses.

Cuadro N°3
Tiempos Medios de Viaje en Bus (minutos)
Promedio Diario

| O/D | Norte | Occidente | Oriente | Centro | Sur | Suroriente | TOTAL |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Norte | 14,8 | 30,4 | 46,8 | 28,8 | 60,3 | 72,7 | 26,4 |
| Occidente | 30,0 | 12,7 | 54,4 | 28,6 | 30,7 | 67,0 | 24,1 |
| Oriente | 45,2 | 57,1 | 13,3 | 26,1 | 57,5 | 31,6 | 24,1 |
| Centro | 26,0 | 29,2 | 25,8 | 9,0 | 36,0 | 47,9 | 25,7 |
| Sur | 52,5 | 31,6 | 52,2 | 33,5 | 15,0 | 28,4 | 24,5 |
| SurOriente | 62,3 | 67,6 | 30,3 | 45,8 | 28,2 | 13,3 | 26,1 |
| TOTAL | 24,2 | 24,6 | 23,8 | 25,9 | 25,5 | 26,4 | 25,1 |

5.4 Características del Sistema

A partir del conjunto de datos recolectados fue posible generar algunos indicadores que ilustran las principales características del sistema. En primer lugar, se presenta en el Cuadro N°4 el porcentaje de utilización de los modos de acceso y egreso al transporte público de superficie.

Cuadro N°4
Modos de Acceso y Egreso al Transporte Público de Superficie

| Modo | Acceso | | Egreso | |
|-------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| | Nº Personas | Porcentaje | Nº Personas | Porcentaje |
| Caminata | 72.154 | 93,37% | 69.209 | 89,56% |
| Bus | 3.161 | 4,09% | 6.016 | 7,79% |
| Metro | 909 | 1,18% | 1.343 | 1,74% |
| Taxi Colectivo | 350 | 0,45% | 368 | 0,48% |
| Taxi | 91 | 0,12% | 132 | 0,17% |
| Auto como chofer | 96 | 0,12% | 41 | 0,05% |
| Auto acompañante | 396 | 0,51% | 78 | 0,10% |
| Otro | 119 | 0,15% | 89 | 0,12% |
| TOTAL | 77.276 | 100,00% | 77.276 | 100,00% |

Por otro lado, las mediciones de causas de demora de los servicios de transporte público de superficie indican que del tiempo total de recorrido un bus se encuentra un 32% detenido para recoger o dejar pasajeros; un 26% avanzando lento por condiciones de tránsito; un 15% avanzando a velocidad normal; un 25% circulando a velocidad anormalmente alta y; un 2% circulando a velocidad anormalmente baja.

Un importante indicador del nivel de servicio del transporte público, lo constituyen los tiempos de espera de los usuarios. De este modo, se midieron los tiempos de espera de los usuarios de buses en 295 lugares de parada. El valor obtenido para el total diario bordea los 4 minutos y es estable a lo largo de los diversos períodos del día. Resulta interesante comparar este valor con los 8 minutos promedio que declaran esperar los usuarios de servicios de transporte público entrevistados en la encuesta origen destino, desprendiéndose que su percepción de dicho tiempo es doble del real.

5.5 Características y Preferencias de los Usuarios

En los Cuadros N°5 y N°6 se presentan las características más relevantes de los usuarios del transporte público, obtenidas desde la encuesta origen destino. En el primero de ellos se muestra la distribución de los usuarios de buses de acuerdo a la cantidad de vehículos disponibles en el hogar. En el siguiente, se hace lo propio de acuerdo al ingreso familiar.

Cuadro N°5
Distribución de los Usuarios del Transporte Público de
Superficie según Propiedad de Vehículo Motorizado en el Hogar

| Número de Vehículos en el Hogar | Número de Personas | Porcentaje (%) |
|---------------------------------|--------------------|----------------|
| 0 | 54.749 | 70,85% |
| 1 | 18.564 | 24,02% |
| 2 | 3.208 | 4,15% |
| 3 o más | 755 | 0,98% |
| TOTAL | 77.276 | 100,00% |

Cuadro N°6
Distribución de los Usuarios del Transporte Público de Superficie de Santiago
según Tramo de Ingreso

| Ingreso Familiar Medio (US/mes) | Número de Personas | Porcentaje Total | Porcentaje Subtotal |
|---------------------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| Menor que US 158 | 3.324 | 4,30% | 5,03% |
| US 158 – US 280 | 12.801 | 16,57% | 19,37% |
| US 280 – US 425 | 18.923 | 24,49% | 28,63% |
| US 425 – US 667 | 15.372 | 19,89% | 23,26% |
| US 667 – US 1010 | 8.133 | 10,52% | 12,30% |
| US 1010 – US 1564 | 4.710 | 6,10% | 7,13% |
| US 1564 – US 3858 | 2.163 | 2,80% | 3,27% |
| Mayor que US 3858 | 673 | 0,87% | 1,02% |
| Subtotal | 66.099 | 85,54% | 100,00% |
| No Contesta | 11.177 | 14,46% | |
| TOTAL | 77.276 | 100,00% | |

Finalmente, a partir de la Encuesta de Preferencias Declaradas fue posible determinar la importancia asignada por los usuarios a las diversas variables y atributos cualitativos del sistema de transporte público. A continuación se presenta el listado resultante, de acuerdo al orden de importancia obtenido.

- Reducir grado de hacinamiento en buses.
- Introducir buses de alto estándar (asiento butaca, buena iluminación, pasillo ancho).
- Introducir choferes profesionales.
- Paradero con alto equipamiento (banca, iluminación, basurero, información de recorridos).

6. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

La metodología descrita en el presente documento fue utilizada durante la realización del Estudio de Demanda de Transporte Público de Superficie de Santiago y significó un extenso e intenso proceso de toma de datos que, por su magnitud, corresponde a un esfuerzo sin precedentes en esta área.

Comparando las matrices origen destino del presente estudio con los resultados de la encuesta efectuada a hogares en 1991, se observa un crecimiento moderado de los viajes en bus, lo cual indica que en los últimos años la demanda por transporte público de superficie ha evolucionado de manera similar al crecimiento de la población.

Como parte de este estudio, por primera vez se midió masivamente tiempos de viaje en transporte público. El resultado de esta medición indica que el tiempo empleado por los usuarios de buses para desplazarse entre sectores de la ciudad es moderado, existiendo aún un potencial de mejoramiento, pues los buses emplean alrededor de un 25% de su tiempo de viaje detenidos por condiciones de tránsito adversas.

En relación con los tiempos de espera medidos en terreno es posible afirmar que son estables a lo largo del día y bordean los 4 minutos.

Los resultados del experimento de preferencias declaradas indican que los usuarios valoran altamente los mejoramientos de la calidad del servicio ofrecido, siendo los aspectos más relevantes detectados el mejoramiento del estándar de calidad de las máquinas, el mejoramiento del equipamiento de los lugares de parada y la existencia de choferes profesionales.

La información generada en el presente estudio servirá de apoyo al diseño de políticas para el sector y a la generación y evaluación de proyectos de mejoramiento del sistema de transporte público de superficie.

AGRADECIMIENTOS

La colaboración de los gremios del transporte público de pasajeros fue fundamental para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS

ASTRA (1998) **Estudio de Demanda del Sistema de Transporte Público de Superficie en Santiago.** Informe Final preparado para la Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones de la Región Metropolitana. Analistas de Sistemas de Transporte Consultores Limitada, Santiago, Chile.

Dourthé A., Malbrán H. y Wittyk M. (1999) **La Experiencia Política de la Regulación del Mercado de Transporte Público en Santiago de Chile.** Actas del 12º Congreso Brasilerio de Transporte y Tránsito. Recife, Brasil.

Gálvez T., Véjar G. y Hernández J.P. (1996). Metodología de consolidación de matrices origen-destino

obtenidas de encuestas en carreteras. **Actas del IX Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte.** Ciudad de La Habana, Cuba.

INE (1996) **Compendio Estadístico.** Instituto Nacional de Estadísticas de Chile.

SECTRA (1991) **Encuesta de Origen Destino de Viajes del Gran Santiago (EOD' 91).** Secretaría Ejecutiva de la Comisión de Inversiones en Infraestructura de Transporte.

SEREMITT (1997) **Registro Nacional de Servicios de Transporte de Pasajeros de la Región Metropolitana.** Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones de la Región Metropolitana, Chile.

Willumsen, L.G. (1984) Estimating time-dependent trip matrices from traffic counts. **Proceedings of the Ninth International Symposium on Transportation and Traffic Theory.** VNU Science Press. Utrecht, The Neatherlands.