

# Un Modelo de Generación-Distribución y Partición Modal para Viajes Interurbanos

Paula Iglesias, Francisco Godoy, Ana María Ivelic y Juan de Dios Ortúzar  
 Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística  
 Pontificia Universidad Católica de Chile  
 Casilla 306, Cod. 105, Santiago 22, Chile  
 Tel: (56 2) 686 4822; Fax: (56 2) 553 0281; E-mail: jos@ing.puc.cl

## RESUMEN

El trabajo discute la formulación, estimación y aplicación de un modelo de generación, distribución y partición modal conjunta de viajes interurbanos para la Macrozona Centro Norte de Chile. Se trata de un modelo jerárquico de elección estimado en forma secuencial, empezando por un modelo conjunto de elección de destino y modo, seguido de un modelo de generación que incluye una etapa de elección de la longitud de viaje. El modelo de generación incorpora entre sus variables una medida de accesibilidad, calculada como la utilidad compuesta (*logsuma*) del modelo de elección de destino y modo; destaca el hecho que su parámetro resultó con signo correcto y altamente significativo. Para la modelación se distinguió entre viajes basados (BH) y no basados (NBH) en el hogar, se consideró ocho segmentos, que diferenciaban los viajes según propósito, temporada y unidad de viaje (viajeros individuales o grupos), y se modeló en forma separada los viajes dependiendo de su longitud (cortos, medianos y largos). La información básica para la modelación provino de una encuesta origen destino de interceptación efectuada en el período 2001-2002 en la zona.

*Palabras clave* demanda interurbana de pasajeros; modelo de generación, distribución y partición modal conjunta; generación elástica a los costos de la red.

## ABSTRACT

We discuss the formulation, estimation and application of an interurban generation-distribution-mode choice model for the Chilean Macrozona Norte. A hierarchical choice model was estimated sequentially, starting with a joint destination-mode choice model, followed by a generation model including a trip-length choice stage. The generation model featured an accessibility variable computed as the composite utility (*logsum*) of the corresponding destination-mode choice model; it is important to mention that its parameter had a correct sign and was highly significant. We distinguished home-based (HB) and non home-based (NHB) trips, and considered eight segments differentiating trips by purpose, season and trip unit (alone or in group), modelling separately trips of different length (short, medium and long trips). The basic information used for estimating the model was obtained from an origin destination intercept survey applied in 2001-2002.

*Keywords:* interurban passenger demand, joint generation, distribution mode choice model, elastic trip generation.

## 1. INTRODUCCIÓN

Como parte del estudio “Análisis y Desarrollo del Sistema de Transporte Interurbano, Macrozona Centro-Norte”, encargado por el Ministerio de Planificación y Cooperación, a través de la Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA), se diseñó un modelo de generación, distribución y partición modal conjunta para viajes interurbanos, entre las 117 comunas comprendidas desde la I a la VI Región del país, incluyendo la Región Metropolitana (MIDEPLAN-SECTRA, 2006). El objetivo era estimar la demanda de transporte de pasajeros en cortes temporales futuros, utilizando la información proveniente del estudio “Censo Encuesta Origen Destino de Pasajeros y Carga Macrozona Centro - Norte” (MIDEPLAN-SECTRA, 2002).

## 2. ENFOQUE DE MODELACIÓN

El estado de la práctica a nivel internacional sugiere que para viajes interurbanos se modelen *tours* (Daly y Lindvelt, 1995), esto es, la cadena de viajes que compone un viaje completo de ida y vuelta. Sin embargo, en la encuesta de interceptación disponible para modelar sólo se contaba con información del viaje que en ese momento realizaba el encuestado. Así, la modelación se efectuó en base a los viajes de ida, por considerarse que al momento de iniciar un viaje se decide el destino del mismo, y el viaje de regreso es sólo una consecuencia de dicha decisión; es decir, se asumió que tanto los viajes basados en el hogar (BH) como los no basados en el hogar (NBH) eran simétricos. La modelación de ambos tipos de viaje fue distinta, pues se trata de viajes de naturaleza diferente. El período de referencia de la modelación fue el día y los viajes diarios se expandieron posteriormente a totales por temporada y anuales.

El enfoque general utilizado para los viajes BH corresponde a un modelo jerárquico de elección, compuesto por dos submodelos principales, estimados en forma secuencial (Figura 1):

- i. un modelo de *Generación*, que incluye una etapa de elección de la longitud de viaje, e incorpora entre sus variables una medida de accesibilidad calculada como la utilidad compuesta (*logsuma*) del modelo de *Elección de Destino y Modo* (esto permite que ambos modelos se vinculen secuencialmente);
- ii. un modelo conjunto de *Elección de Destino y Modo* de tipo logit jerárquico, en el que las alternativas están compuestas por la combinación de un destino y un modo.

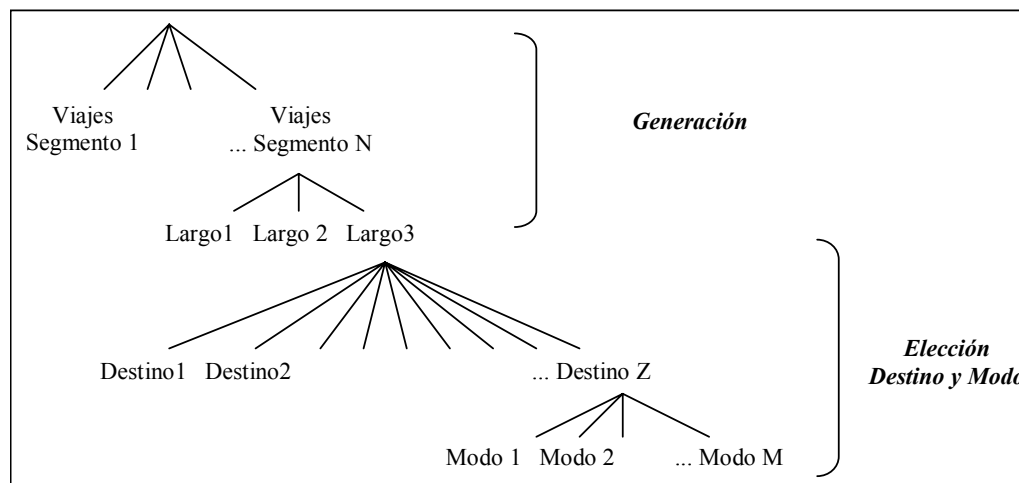


FIGURA 1: Modelo Jerárquico de Elección

Se distinguió ocho segmentos que diferenciaban los viajes según propósito (trabajo u otro), temporada (normal o verano) y unidad de viaje (individuos solos o grupos de viajeros). Además, los viajes fueron categorizados de acuerdo a su longitud, definiéndose viajes cortos (menos de 150 km), medianos (entre 150 km y 500 km) y largos (500 km o más).

En el caso de los viajes NBH la modelación fue un tanto distinta y más sencilla; esto último, por no contarse con información detallada sobre esos viajes y porque representaban un porcentaje menor del total de viajes internos de la macrozona (12,9%). Tal como en los viajes BH, se consideró dos etapas (*Generación y Elección de Destino y Modo*), pero en este caso ambas no se vincularon secuencialmente. El enfoque utilizado en la etapa de generación fue más simple, pero se consideraron los mismos segmentos y longitudes de viaje antes descritos.

## 2.1 Modelo de Generación de Viajes

Para los viajes BH, se estimó modelos de generación a nivel zonal del tipo logit binario, que predicen la probabilidad que un hogar perteneciente a una zona específica viaje. Así, si  $V_v$  es la utilidad correspondiente a viajar, se define la probabilidad de que un hogar viaje como:

$$P_v = \frac{e^{V_v}}{1 + e^{V_v}} \quad (1)$$

Aplicando la transformada de Berkson Theil y asumiendo una función de utilidad lineal en los parámetros ( $V_v = \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \delta$ ), la ecuación anterior toma una forma lineal que puede ser estimada mediante regresión:

$$\ln\left(\frac{P_v}{1 - P_v}\right) = \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \delta \quad (2)$$

donde  $x_i$  son variables explicativas a nivel zonal,  $\theta_i$  son los parámetros a estimar y  $\delta$  es una constante específica asociada a la alternativa "viajar" (Ortúzar y Willumsen, 2001). Se incluyeron diversas variables asociadas a la zona de origen, entre las que resultó relevante el tamaño del hogar, la cantidad de trabajadores en el hogar (en uno de los segmentos de viajes al trabajo), y ciertas características como la actividad económica de la zona, el porcentaje de urbanización y si se trataba de capitales regionales y/o provinciales.

En general los modelos presentaron un razonable valor para el índice  $R^2$  (sobre 0,7 en siete de los ocho segmentos) y buenos test-t. La variable asociada a la accesibilidad resultó significativa y de signo correcto en todos los segmentos (ver apéndice); esto es un logro importante de la modelación planteada, pues se consideraba un gran desafío obtener modelos razonables con datos tan agregados<sup>1</sup>. Además, son raros los casos (en nuestro país no se conocen) en que se ha logrado que la generación de viajes no resulte inelástica frente a las características de la oferta de transporte. En la siguiente sección se presenta la expresión analítica que define esta variable.

El modelo incorporó una etapa de elección de longitud de viaje, para clasificar los viajes generados en cada segmento en las distintas categorías de longitud; esto fue necesario ya que al tratarse de un área geográfica tan extensa se observaban viajes de entre 5 y 2.500 km. Así, para cada segmento se especificó un modelo logit en que las probabilidades de elección corresponden a la probabilidad de que un viaje generado en una cierta zona se realice a zonas de distancia corta, mediana o larga, según la siguiente expresión (en ella,  $V_c$ ,  $V_m$  y  $V_l$  corresponden a la utilidad de realizar un viaje corto, mediano o largo, respectivamente).

$$P_L = \frac{e^{V_L}}{e^{V_c} + e^{V_m} + e^{V_l}} ; L = \text{corto}(c), \text{mediano}(m), \text{largo}(l)$$

Para estimar esta probabilidad se utilizó la proporción observada de viajes en las distintas categorías para cada zona. La elección se supuso dependiente de características de la zona de origen y de las zonas disponibles para realizar el viaje, incorporándose linealmente en la función de utilidad variables relacionadas con ellas. Resultaron relevantes el tipo de zona de origen y la accesibilidad hacia el resto de las zonas (calculada para viajes cortos, medianos o largos), las que se incluyeron con parámetros específicos según longitud. La accesibilidad resultó especialmente relevante en viajes cortos y aquellos con propósito distinto del trabajo.

Por otro lado, la generación de viajes NBH se basó en el supuesto que los viajes de este tipo que son generados en una determinada zona, están directamente relacionados con los viajes BH atraídos a dicha zona. Por esto, se consideró simplemente que los viajes NBH generados correspondían a una proporción del total de viajes BH atraídos en cada zona; los factores de proporcionalidad se calcularon para los distintos segmentos y longitudes de viaje, considerando que los viajes BH de cada

<sup>1</sup> Daly, A.J. (2005), comunicación privada.

segmento generaban viajes NBH del mismo segmento pero de distancia corta o mediana (según lo observado en la encuesta de interceptación).

## 2.2 Modelo de Distribución y Partición Modal Conjunta

En el caso del modelo de distribución y partición modal, el tratamiento de los viajes BH y NBH fue el mismo en términos generales, por lo que se detalla sólo el primer caso. De acuerdo a la zonificación disponible del área de estudio, se consideró 117 destinos posibles (comunas) y ocho modos: bus rural, bus clásico, bus ejecutivo, bus salón cama, auto, taxi colectivo, tren y avión.<sup>2</sup>

Se utilizó un modelo logit jerárquico de elección conjunta de destino y modo (esquemático en la Figura 1), que incorpora variables asociadas al individuo, características propias del viaje y variables asociadas a la atraktividad del destino (variables de tamaño; Daly, 1982). La forma general de las funciones de utilidad propuestas corresponde a la siguiente ecuación:

$$U_{M_{zj}}^* = U_{M_{zj}}^{g,a,l} + \log(T_{1j} + \gamma_2 T_{2j} + \dots + \gamma_N T_{Nj}) \quad (3)$$

Esta función de utilidad corresponde a la utilidad de viajar en el modo  $M$  ( $M=1, 2, \dots, 8$ ) desde el origen  $z$  hacia el destino  $j$ . Su primer término es una función lineal que incluye características del individuo (tamaño de grupo  $g$ , posesión de licencia  $l$ , posesión de auto en el hogar  $a$ ) y características del viaje (se utilizó variables de nivel de servicio para cada combinación destino-modo, medidas a nivel zonal de acuerdo al modo  $M$  correspondiente). Las variables de tamaño  $T$ , relacionadas con la atraktividad del destino, ingresan como una suma ponderada dentro de un logaritmo que se incluye aditivamente en la función de utilidad (Daly, 1982).

El modelo fue estimado en base a elecciones observadas de una muestra de individuos de la encuesta origen destino, utilizando el programa ALOGIT (Daly, 1995). La salida de los modelos de distribución y partición modal es la probabilidad de elegir una alternativa definida por una combinación destino-modo, de acuerdo al origen del viaje y segmento modelado. Aunque se consideró conjuntamente viajes cortos, medianos y largos, para cada viajero se asumió disponibles sólo aquellos destinos correspondientes a la misma categoría de longitud que el viaje realizado; en el caso de las variables asociadas al viaje se utilizó parámetros específicos a cada categoría de distancia. De esta forma, se contó con modelos para viajes cortos, medianos y largos.

Con el fin de encontrar la mejor formulación para las funciones de utilidad, se realizó una búsqueda intensiva de variables y formas funcionales (Ortúzar, 2000); las variables que resultaron más adecuadas fueron: tiempo de viaje (lineal), costo de viaje (costo/ingreso *per cápita*), tiempo de acceso y egreso, y frecuencia del modo (categorías). Para el modo auto se consideró una variable muda que indicaba si el individuo contaba con automóvil en el hogar. Las variables de atracción asociadas a la zona de destino (variables de tamaño) que quedaron en el modelo definitivo fueron las que identificaban el tipo de zona (capitales regionales, provinciales y aquellas pertenecientes a la región metropolitana) y otras asociadas al tamaño de la población (número de habitantes, para viajes al trabajo y número de trabajadores, para viajes con otros propósitos, ambos datos obtenidos del Censo). Los resultados de la estimación no se detallan, debido a su extensión, pero se pueden ver en MIDEPLAN – SECTRA, 2006.

En base a la función de utilidad (3), la accesibilidad representativa para cada segmento ( $S$ ), longitud de viaje ( $L$ ) y zona ( $Z$ ), según tipo de viajero, se definió como indica la expresión (4) (Williams, 1977). Las zonas incluidas en la sumatoria sobre  $j$  son exclusivamente aquellas que, para el origen en cuestión, corresponden a la longitud de viaje que se esté considerando (conjunto  $J_L$ ); el parámetro estructural  $\phi_S$  depende del segmento ( $0 < \phi_S \leq 1$ ).

$$Acc_{Z,L,S}^{g,a,l} = \frac{1}{\phi_S} \cdot \log \left( \sum_{\forall j \in J_L, j \neq Z} e^{\phi_S \log \left( \sum_{M=1,8} e^{U_{M_{zj}}^*} \right)} \right) \quad (4)$$

Dado que la accesibilidad depende del tipo de viajero, y debido a que la aplicación se realizó sobre datos agregados (no individuales), la medida de accesibilidad utilizada en la etapa de generación, para cada zona ( $Z$ ) y longitud de viaje ( $L$ ), se calculó para cada uno de los ocho segmentos ( $S$ ), como una suma ponderada de accesibilidades representativas dada por la expresión (5). En ella,  $P_G$  es la probabilidad que el grupo de viaje tenga un tamaño dado (2 a 9 personas) y aplica en los segmentos de viajes en grupo (se calcula en base a la distribución de tamaños observada, según temporada y el tipo de viaje);  $P_A$  es la probabilidad de tener automóvil en el hogar (1: tiene; 2: no tiene) y  $P_{Lic}$  la probabilidad de tener licencia (1: tiene; 2: no tiene).

$$Acc_{Z,L,S} = \sum_{g=2}^9 \sum_{a=1}^2 \sum_{l=1}^2 \left[ (P_{G=g} \cdot P_{A=a} \cdot P_{Lic=l}) \cdot Acc_{Z,L,S}^{g,a,l} \right] \quad (5)$$

## 3. APLICACIÓN DEL MODELO

Los modelos de generación, y de distribución y partición modal conjunta, fueron estimados distinguiendo segmentos según temporada  $T$ , propósito  $P$  y si se trataba de viajeros solos ( $S$ ) o en grupo ( $G$ ). A continuación se describen las distintas etapas de la aplicación del modelo, que se muestran en la Figura 2. La aplicación se realizó en base a información zonal y por este motivo se debió hacer algunos supuestos simplificadores, como utilizar el ingreso promedio de la zona de origen (entre otras características zonales) y trabajar con probabilidades de ocurrencia para variables como tamaño de grupo, posesión de licencia y posesión de auto en el hogar.

### 3.1 Generación de Viajes Basados en el Hogar

El modelo de generación de viajes depende de variables asociadas a la zona de origen (entre ellas la accesibilidad) y permite generar los totales de viajes BH para cada uno de los segmentos en cada zona considerada. Los totales de viaje corresponden al total diario en un día laboral y en la Figura 2 se denotan por  $V_{iPT-SG}^{BH}$ ; es decir, viajes BH generados en el origen  $i$ , con propósito  $P$ , en temporada  $T$  y por viajeros solos o en grupo. Estos viajes, generados en cada zona y segmento, se reparten según longitud ( $L$ ) en cortos, medianos y largos, utilizando el modelo de elección de largo de viaje; de esta forma, se obtienen totales  $V_{iPT-SG}^{BH-L}$ , que posteriormente son distribuidos entre las zonas que pertenecen a la categoría de distancia correspondiente a cada zona de origen.

<sup>2</sup> Notar que no hay individuos cautivos, dado que las alternativas corresponden a una combinación Destino-Modo y para cada una de las zonas existen destinos disponibles (para los distintos rangos de distancia considerados).

### 3.2 Asignación de Tamaño de Grupo y Disponibilidad de Automóvil

En el caso de los viajes en grupo, los totales generados por zona y longitud de viaje se reparten por tamaño de grupo, según la distribución de tamaños observada en la encuesta de interceptación, para cada temporada y propósito (Asignación de Tamaño de Grupo, en Figura 2). Luego, para cada uno de los segmentos resultantes, se define la disponibilidad de auto, asociada a la probabilidad de poseer auto y tener licencia de conducir<sup>3</sup>, repartiendo los viajes según si tienen o no disponible el automóvil. Así, para cada propósito, temporada y longitud de viaje, se obtienen los viajes de personas solas (con y sin licencia, con y sin auto en el hogar) y de grupos (para diferentes tamaños de grupo, con y sin licencia, con y sin auto en el hogar). En la Figura 2 esto se denota como  $V_{ijPTGA}^{BH-L}$ , donde  $A$  indica la disponibilidad de automóvil.

### 3.3 Distribución y Partición Modal

El total de viajes de cada segmento se distribuye entre las distintas zonas de destino y modos disponibles mediante los modelos de distribución y partición modal conjunta. Así, se obtiene la matriz inicial del año base (Matriz Modelada Año Base, 2001), cuyo término general  $V_{ijmPTG}^{BH}$  corresponde al total de viajes realizados desde el origen  $i$  al destino  $j$  en el modo de transporte  $m$ .

En realidad se trata de varias matrices, ya que los totales se distinguen según propósito  $P$ , temporada  $T$ , y tamaño de grupo  $G$  (en este punto, la longitud de viaje está implícita en el término general, pues es una característica del par  $i-j$ ).

### 3.4 Tratamiento de los Viajes No Basados en el Hogar

Aplicando un procedimiento similar (aunque más sencillo) se obtiene la matriz modelada inicial  $V_{ijmPTGA}^{NBH}$ . La generación de viajes NBH para cada segmento, se calcula en base a los totales de viajes BH atraídos a cada zona, utilizando proporciones que dependen del largo de viaje. Para esto, los viajes BH estimados entre cada par de zonas  $V_{ijPTGA}^{BH}$  se clasifican en una de diez categorías según el ingreso familiar de la zona de origen; así, el nivel de ingreso de los viajeros es transmitido a los viajes NBH generados. La disponibilidad de automóvil se reasigna considerándola dependiente de si el viaje original BH fue realizado en automóvil. Luego, se aplican los modelos de Distribución – Partición Modal para viajes NBH, obteniéndose  $V_{ijmPTG}^{NBH}$ .

### 3.5 Matrices de Viaje Resultantes

Para cada temporada y modo, se genera una única matriz de viajes BH ( $V_{ijmT}^{BH}$ ) sumando los desplazamientos para ambos propósitos y los realizados por grupos de distinto tamaño; estos se agregan ponderándolos por el tamaño del grupo correspondiente a fin de contar con viajes de personas. De la misma forma, se genera una única matriz de viajes NBH para cada temporada y modo  $V_{ijmT}^{NBH}$ .

Finalmente, las matrices de viajes BH y NBH se suman, generándose una única matriz de viajes totales por temporada y modo. Para considerar la existencia de viajes de ida y vuelta

(como se mencionó, la modelación consideró sólo viajes de ida), la matriz resultante se traspone y luego ambas matrices (normal y traspuesta) se suman resultando la matriz semilla de la situación base  $V_{ijmT}$ . Esta matriz se corrige con los datos de conteos correspondientes a cada modo y temporada, para producir la matriz corregida de la situación base  $V_{ijmT}^*$ .

En el caso de transporte privado y público menor, la corrección se realizó mediante un proceso de ajuste a los conteos disponibles usando el programa SATME2 (Van Vliet, 1982). Para el resto del transporte público no se disponía de información equivalente, ya que los conteos no distinguían entre buses interurbanos, rurales y otros buses, y tampoco había información de tasas de ocupación. Por ello, la corrección se realizó mediante un ajuste biproporcional (Ortizar y Willumsen, 2001) a los aforos de pasajeros que subían a los vehículos en los distintos terminales, efectuados durante el desarrollo de la encuesta de interceptación.

### 3.6 Situación Futura

Siguiendo el procedimiento descrito para la situación base, pero ocupando los niveles de servicio y datos zonales correspondientes a las proyecciones para cada situación futura (por ejemplo, año 2010), fue posible obtener una matriz de viajes “modelada” por modo y temporada para el año de predicción  $V_{ijmT_{2010}}^{**}$ . Luego, se calcularon las razones (celda a celda) entre la matriz corregida y la matriz semilla del año base; estas razones se aplicaron a la matriz modelada del corte futuro (método de pivoteo) para obtener la matriz futura  $V_{ijmT_{2010}}^{**}$ . En los casos de celdas sin viajes, se asignó un valor “1” a la razón, lo que permite que la cobertura de la matriz futura corresponda a la definida por los niveles de servicio supuestos para el año de proyección, y no se arrastren las celdas vacías del año base (que de otra forma se mantendrían siempre en cero al “pivotar”). A estas matrices se agregan los viajes externos proyectados para cada corte temporal.

### 3.7 Resultados de la Aplicación

Los modelos obtenidos fueron aplicados utilizando las variables explicativas (población, ingreso, precios, etc.) correspondientes a 2005<sup>4</sup>. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 1. Claramente, las tasas de crecimiento en la mayoría de los modos son bastante razonables. Cabe señalar que las elevadas tasas en el caso del tren, se deben a la entrada en operación del servicio de Merval, que se traduce en un fuerte incremento de los viajes en el modo.

3 La probabilidad de poseer licencia se asumió fija y se calculó en base a información de la Encuesta Origen-Destino del Gran Santiago (MIDEPLAN-SECTRA, 2003). La probabilidad de tener automóvil se estimó mediante un modelo basado en características de la zona de origen.

4 No se entregan resultados de la aplicación de los modelos (matriz modelada) por problemas de extensión, pero estos se encuentran en el informe MIDEPLAN – SECTRA, 2006.

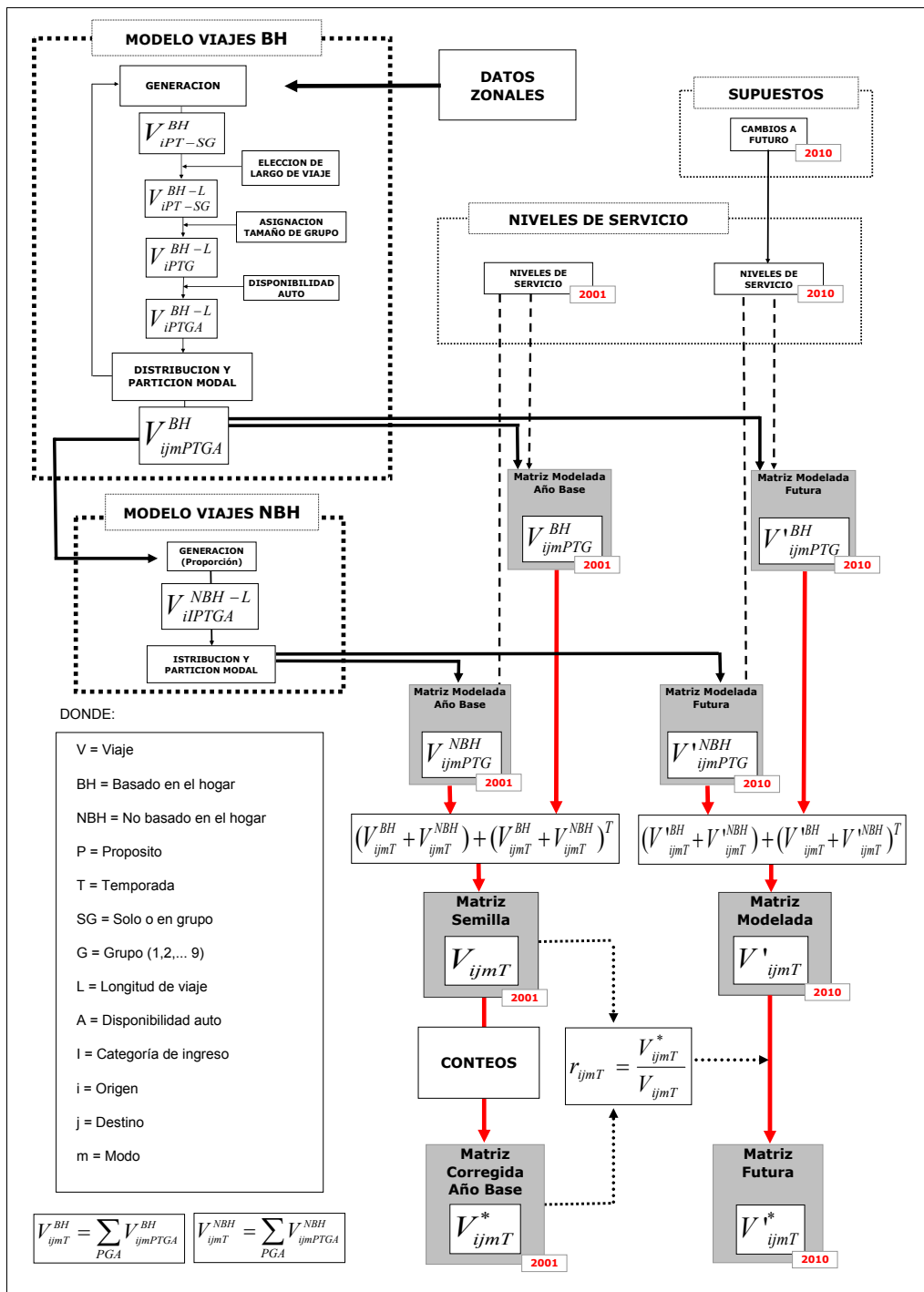


FIGURA 2: Aplicación del Modelo a Estimación de la Demanda Diaria

TABLA 1: Crecimientos Proyectados de Viajes Diarios 2001 – 2005

Modo	2001		2005			
	Verano	Normal	Verano		Normal	
	Viajes	Viajes	Viajes	Crecimiento total	Viajes	Crecimiento total
Bus rural	256.222	209.569	301.870	17,8%	265.022	26,5%
Bus clásico	192.177	113.083	197.412	2,7%	122.255	8,1%
Bus ejecutivo	26.624	14.819	28.823	8,3%	15.874	7,1%
Bus salón cama	2.439	1.387	2.472	1,3%	1.482	6,9%
Transporte privado	497.524	282.038	535.686	7,7%	323.416	14,7%
Taxi colectivo	42.197	38.388	44.004	4,3%	47.125	22,8%
Tren	8.936	9.748	16.241	81,7%	14.455	48,3%
Avión	4.945	3.426	5.261	6,4%	4.025	17,5%
Total	1.031.065	672.458	1.131.769	9,8%	793.654	18,0%

A fin de comparar los resultados obtenidos tras aplicar los modelos con aquellos observados en la realidad, se recabó información acerca de la evolución de la demanda en los distintos modos para dicho período. Para el caso de los buses y transporte privado, se utilizó la información de pasadas vehiculares de la plaza de peaje Las Vegas, que se consideró representativa debido a su elevado flujo vehicular, al largo tiempo que lleva en operación y a la escasa influencia de viajes externos. En el caso del tren, se utilizó el crecimiento reportado por la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE) para el período 2001 – 2004 (no fue posible obtener datos para 2005). Finalmente, para el caso del avión, se utilizó los datos de pasajeros transferidos entregados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). La Tabla 2 resume los resultados obtenidos (tasas medias anuales) en esta comparación; como se puede ver, los crecimientos predichos por el modelo son similares a aquellos observados en la práctica para los distintos modos considerados.

**TABLA 2: Crecimiento Medio Anual Modelado y Observado de la Demanda, 2001 – 2005**

Modo	Crecimiento modelado			Crecimiento Observado		
	Verano	Normal	Año	Verano	Normal	Año
Buses	3,6%	3,6%	-	2,4%	1,4%	-
Transporte privado	2,5%	2,8%	-	3,7%	4,7%	-
Tren	-	-	8,9%	-	-	12,4%
Avión	-	-	2,9%	-	-	1,1%*

\* Entre 2001 y 2002 se registró una caída en el número de pasajeros embarcados. Para el período 2002 - 2005, la tasa promedio fue de 2,6%

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo resume la labor realizada para modelar la demanda por viajes interurbanos en la macrozona norte del país, una vasta región de casi 350 km<sup>2</sup>. A pesar de una serie de dificultades experimentadas, que son típicas del trabajar con datos reales obtenidos en forma relativamente gruesa, se logró estimar una batería de modelos de alta sofisticación técnica; en particular destacan un modelo jerárquico de elección de destino y modo, incorporando variables de tamaño, y un modelo de generación de viajes elástico a cambios en la red, a través de la exitosa inclusión de una variable de accesibilidad que depende del modelo de elección conjunta anterior.

No obstante, los datos disponibles no permitieron estimar modelos consistentes con la mejor práctica actual, sino que fue necesario trabajar sólo al nivel de las 117 zonas (comunas) en que se dividió el área de interés. Por esto, en futuros estudios sería recomendable recolectar información más precisa que permitiera estimar modelos desagregados de demanda, claramente más ricos e informativos. Por otro lado, los modelos contemporáneos de demanda interurbanos se basan en información correspondiente a *tours*, por sus claras ventajas respecto a utilizar datos correspondientes sólo a viajes (típicamente en un sentido); pero acá sólo se disponía de datos de viajes provenientes de una encuesta de interceptación diseñada en forma previa, consistente con lo que había sido la práctica nacional. Así, para futuros estudios se recomienda replantear el diseño de la encuesta, consultando por ítems básicos no contenidos en ésta, tales como el tiempo de estadía en el destino, la existencia de viajes adicionales que puedan conformar una “cadena de viajes” y la posibilidad de distinguir si el viaje es de ida o de vuelta desde un determinado lugar (para viajes NBH); además, se sugiere recolectar la información en forma más acorde a las necesidades de los modelos a estimar, por ejemplo, en el caso de grupos de viaje, quién costea el viaje y a quién encuestar. También sería recomendable contar con una encuesta en hogares, complementaria a la anterior, que permitiera disponer de información sobre todos los miembros del hogar y sus viajes

(quiénes viajan y quiénes no, fuera del área urbana); en particular, esto permitiría estimar un modelo de elección de la frecuencia de viajes a nivel desagregado (en base a una elección binaria viajar - no viajar) como el propuesto por Daly (1997).

Finalmente, sería interesante contar con una muestra proveniente del último Censo que permitiera utilizar un enfoque de predicción contemporáneo, como el método de la muestra prototípica (Ortuzar y Willumsen, 2001). Ahora, como la predicción depende fuertemente de la calidad de las variables de planificación estimadas, se debe contar con modelos de proyección adecuados. Para subsanar este problema, acá se trabajó con la técnica de construir escenarios consistentes y hacer análisis de sensibilidad.

#### REFERENCIAS

Daly, A.J. (1982) Estimating choice models containing attraction variables. **Transportation Research 16B**, 5-15.

Daly, A.J. (1997) Improved methods for trip generation. **Proceedings 25<sup>th</sup> European Transport Forum**. Brunel University, Inglaterra, Septiembre 1997.

Daly, A.J. (1995) **ALOGIT 3.8 User's Guide**. Hague Consulting Group, La Haya.

Daly, A.J. y K.R. Lindveld (1995) Forecasting non-home-based trips as components of a tour model. **Proceedings 23rd European Transport Forum**, University of Warwick, Inglaterra, Septiembre 1995.

MIDEPLAN – SECTRA (2002) Censo Encuesta Origen Destino de Pasajeros y Carga Macrozona Centronorte: levantamiento de la encuesta de origen y destino de viajes de pasajeros. III Etapa, CIS Asociados Consultores en Transporte Ltda., Santiago.

MIDEPLAN – SECTRA (2003) Actualización de Encuestas Origen Destino de Viajes, V Etapa. DICTUC. Santiago.

MIDEPLAN – SECTRA (2006) Análisis y Desarrollo del Sistema de Transporte Interurbano, Macrozona Centro-Norte. DICTUC, Santiago.

Ortúzar, J. De D. (2000) Modeling route and multimodal choices with revealed and stated preference data. En J. de D. Ortúzar (ed.), **Stated Preference Modeling Techniques**. Perspectives 4. PTRC, Londres.

Ortúzar, J. De D. y L.G. Willumsen (2001) **Modelling Transport**. Tercera Edición, John Wiley and Sons, Chichester.

Van Vliet, D. (1982) SATURN: a modern assignment model. **Traffic Engineering and Control 23**, 578-581.

Williams, H.C.W.L. (1977) On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. **Environment and planning 9A**, 285-344.