

## 4 RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES DE TRANSPORTE

Un aspecto relevante en todo estudio corresponde al análisis de estudios anteriores realizados en el área de estudio, en busca de antecedentes de interés, tanto desde el punto de vista de la información de tránsito (Encuestas y Conteos), como de las metodologías empleadas y los modelos estimados.

En este sentido a continuación se presenta el análisis de estudios previos que pueden resultar de interés para el presente estudio, así como de los antecedentes de tránsito que pueden ser empleados.

Entre los estudios analizados se puede mencionar:

- "Construcción de Planes Estratégicos de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano del Gran Valparaíso"
- "Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano, VII Etapa"
- "Censo Encuesta Origen-Destino de Pasajeros y Carga Macrozona Centro-Norte, I Etapa" (CIS, 1997)
- "Estudio de Ingeniería de Tránsito Red Vial Cartagena–Quintay"
- "Estudio de Ingeniería de Tránsito Ruta 60 CH"

Adicionalmente, se realizó el análisis de información de tránsito de las Plazas de Peaje localizadas en el área de estudio y los antecedentes provenientes del Plan Nacional de Censos de Vialidad.

A continuación se presentan los aspectos relevantes del análisis realizado.

### 4.1 ENCUESTA ORIGEN-DESTINO DEL GRAN VALPARAÍSO

El Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano (STU) de la ciudad de Valparaíso, ha sido abordado por SECTRA a través del estudio "Construcción de Planes Estratégicos de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano del Gran Valparaíso", que es un estudio de carácter integral, cuyos objetivos son:

- Identificación y definición formal de una red vial básica.
- Calibración de un modelo de equilibrio simultáneo.
- Formulación de escenarios de desarrollo urbano.

Este estudio se ha abordado en varias etapas, según distintas especialidades, a continuación se presentan las etapas realizadas:

- Etapa IV: Calibración de una versión del modelo de equilibrio simultáneo para el Gran Valparaíso, incluyendo la revisión de los escenarios de uso de suelo existentes y la recopilación de los antecedentes necesarios para ellos.

Contempla, también, la definición de las diferentes redes modales y la medición de los niveles de servicio en cada una de ellas.

- Etapa V: Estudios de base de demanda y de oferta de transporte. Corresponde la ejecución de los distintos tipos de encuesta a hogares y usuarios del STU, las mediciones de flujos vehiculares y un catastro de los servicios de transporte colectivo que operan en la ciudad. Año 2000.

- Etapa VI Desarrollo de cartografías y prediseños, incluyendo los estudios de base necesarios. realización de la topografía, construcción del plano digital del área de estudio, generación de diagnóstico de infraestructura, diseños de anteproyectos y cubicación de costos de inversión asociados a ellos.
- Etapa VII Estudio de preferencias declaradas y calibración de un modelo de partición modal con datos mixtos, para modelar mejoras significativas de los actuales niveles de servicio de MERVAL.

A continuación se revisaran los principales resultados de la etapa V que corresponde a la encuesta origen destino.

La Etapa V del estudio Construcción de Planes Estratégicos de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano del Gran Valparaíso fue realizada por INECON Ingenieros y Economistas Consultores S.A.

Los objetivos específicos considerados en dicho estudio fueron:

- Recolección de la información base que permita caracterizar la demanda actual de transporte urbano.
- Recolección de la información base que permita caracterizar los servicios de transporte colectivo que operan en el sistema urbano.
- Creación de una Base de Datos destinada a organizar y facilitar el uso y actualización de la información que se recoja como parte del estudio.

En este estudio se definieron tres periodos

- Punta Mañana: Día laboral, entre las 7:00-9:30 hrs.
- Fuera de Punta: Día laboral, entre las 10:00-12:00 hrs.
- Resto: Día laboral, horas no incluidas en los dos períodos anteriores.

La metodología utilizada para el desarrollo de los Censos y Conteos apunto a proveer la información necesaria para validar y corregir la encuesta de viajes, y validar los resultados de la calibración de los modelos de demanda de transporte. En todos los casos se ha considerado como referencia básica la Metodología Revisada para Análisis de Transporte en Ciudades Intermedias de acuerdo con las recomendaciones establecidas en los Términos de Referencia. Los estudios realizados en terreno han sido los siguientes:

- Encuesta Complementaria, o de Cordón Externo, a Transporte Privado y Transporte Público.
- Encuesta de Intercepción a Transporte Privado y Transporte Público.
- Conteos de Tráfico y Tasas de Ocupación.
- Encuesta a Camiones en Cordón Externo y en Red.
- Catastro de Transporte Público

A continuación se describen cada uno de las mediciones indicadas:

#### **4.1.1 ENCUESTA COMPLEMENTARIA AL TRANSPORTE PRIVADO Y AL TRANSPORTE PÚBLICO**

Esta encuesta tiene por objetivo obtener información de los viajes que entran y salen del área de estudio, así como de aquellos que la cruzan, denominados viajes externos. Estos viajes concretamente corresponden a los de pasajeros interurbanos y suburbanos y a los viajes de carga que entran y salen de la ciudad, así, los modos considerados corresponden a vehículos livianos en el caso del transporte privado y a buses interurbanos en el caso del transporte público. Las preguntas en el caso del transporte privado se realizan directamente al chofer del vehículo.

Por otro lado, para los usuarios del transporte público las encuestas se realizan sobre los vehículos a una muestra de los pasajeros. Por la imposibilidad de detener los buses durante el período de tiempo requerido para el desarrollo de la encuesta, en cada uno de los puntos se define un trazado de recorrido que incluya el paso por el punto en los que los encuestadores, sobre el bus, realizan las encuestas a los usuarios. El muestreo de buses y pasajeros es aleatorio y a paso constante respectivamente, consignando los respectivos universos - de buses y pasajeros totales por bus -.

#### 4.1.2 ENCUESTA DE INTERCEPCIÓN (USUARIOS DE RED)

Esta tarea consiste en obtener información complementaria a la encuesta de hogares, tanto para los usuarios del transporte público como privado, así como para vehículos de carga. Los modos considerados en el caso del transporte privado corresponden a los vehículos livianos, mientras que en el caso del transporte público corresponden a buses y taxis colectivos.

En el caso del transporte privado la encuesta se lleva a efecto directamente en la vialidad, en los puntos definidos por el mandante. La localización de los puntos se presenta en el siguiente cuadro:

**CUADRO Nº 4.1-1  
LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN  
ENCUESTAS DE INTERCEPCIÓN A USUARIOS DE VEHÍCULOS LIVIANOS**

Nº	Punto de Control	Sentidos
<b>VIÑA DEL MAR</b>		
101	Av. Jorge Montt (Las Salinas)	Bidireccional
102	Av. Gómez Carreño /Sub Alessandri	Bidireccional poni.-sub Alessan.
103	Ruta 60CH (Sector Glorias Navales)	Bidireccional
104	Camino Troncal (Acceso Poniente Quilpué)	Bidireccional
105	Calle Limache (Sector El Salto)	Bidireccional
106	Puente Lusitania (Sector Chirrillo)	Bidireccional
107	Puente Cancha	Bidireccional
108	Puente Mercado	Unidireccional
109	Puente Quillota	Unidireccional
110	Puente Av. Libertad	Bidireccional
111	Puente Villanelo	Unidireccional
112	Puente Ecuador	Unidireccional
113	Puente Casino	Unidireccional
<b>VALPARAÍSO</b>		
114	Argentina / Colon (Poniente Colon)	Bidireccional
115	Simpson/Av. Argentina (Oriente Av. Argenti.)	Bidireccional
116	Eloy Alfaro / Argentina (Oriente Av. Argent.)	Unidireccional
117	Yungay / Argentina (Oriente Av. Argentina)	Unidireccional
118	Placeres / Pelle (al sur Pelle)	Bidireccional
119	Pelle / Av. España (Oriente Av. España)	Bidireccional
120	Av.España/Calle El Sauce (sur Av.El Sauce)	Bidireccional
121	Uruguay / Colon (al sur Colon)	Bidireccional
122	Francia / Colon (al sur Colon)	Bidireccional
123	Ecuador / Condell (al sur Condell)	Bidireccional
124	Condell al Pte Bellavista	Unidireccional
125	Blanco al pte intersección Brasil	Unidireccional
126	Errazuriz al Pte. Pza. Sotomayor	Bidireccional
<b>QUILPUE</b>		
127	Covadonga / Thompson	Bidireccional poniente Thompson
128	Los Carreras / Thompson	Unidireccional
129	Freire / Av. Poniente Blanco	Unidireccional
130	Baquedano (entre Vicuña y Blanco)	Unidireccional
131	Roosevelt / al Oriente de Vicuña	Bidireccional
<b>VILLA ALEMANA</b>		
132	Berlín al Oriente Unión	Bidireccional en límite comunal
133	Valparaíso / Límite Comunal	Bidireccional oriente lím.comun.
134	2º de Línea / Límite Comunal	Bidireccional oriente lím.comun.
<b>CON CON - RENACA</b>		
135	Borgoño (altura Rest. Stella Maris)	Bidireccional
136	Av. Concon-Renaca frente Bosques Montema.	Bidireccional
137	Ruta F 30 E (frente cementerio)	Bidireccional
138	Ruta 60CH/Aeródromo Torquemada	Bidireccional poniente Aeródromo

La encuesta de intercepción a los vehículos de carga se lleva a efecto directamente en la vialidad, el muestreo realizado corresponde al del tipo aleatorio. Esta encuesta fue realizada durante dos días en los periodos punta mañana (entre 7 y 9:30 hrs.) y fuera de punta (entre 10 y 12 hrs.) en los siguientes puntos:

**CUADRO Nº 4.1-2**  
**Localización de los Puntos de Medición**  
**Encuestas de Intercepción a Usuarios de Transporte de Carga**

Nº	Punto de Control	Sentidos
<b>VALPARAÍSO</b>		
139	Errázuriz entre Urriola y Señoret	Bidireccional (por Errázuriz)
140	Av. Blanco con Las Heras	Unidireccional (por Blanco)
141	Av. Brasil con Las Heras	Unidireccional (por Brasil)
142	Yungay con Las Heras	Unidireccional (por Yungay)
143	Chacabuco con Av. Argentina	Unidireccional (por Chacabuco)
144	Av. España con Pellé	Bidireccional (por Av. España)
145	Acceso Puerto / por Errázuriz	Bidireccional (por Acceso Puerto)
<b>VINA DEL MAR</b>		
146	Av. J.Montt con 18 Norte	Bidireccional (por 18 Norte)
147	15 Norte con 2 Oriente	Bidireccional (por 15 Norte)
148	5 Oriente entre 8 y 10 Norte	Unidireccional (por 5 oriente)
149	Av. España con Diego Portales	Bidireccional (por Av. España)
150	Quillota entre 5 Norte y 8 Norte	Unidireccional (por Quillota)
151	Subida Alessandri / Variante Santa Inés	Bidireccional (por S Alessandri)
152	Ruta 60CH Sector G. Navales	Bidireccional (por Ruta 60)
153	Limache sector El Salto	Bidireccional (por Camino Rodelillo)
154	Limache sector Chorrillo	Bidireccional (por Limache)
<b>CON CON / RENACA</b>		
155	Ruta F 30 E / frente Cementerio	Bidireccional (por Ruta F30E)
156	Ruta 60 CH / antes bifurcación torquemada	Bidireccional (por Ruta 60)
<b>QUILPUE</b>		
157	Av. Freire al poniente de Baden Powell	Bidireccional (por Freire)
<b>VILLA ALEMANA</b>		
158	Av. Valparaíso / Acceso Villa Alemana (entrada poniente)	Bidireccional (por Valparaíso)

#### **4.1.3 CONTEOS DE TRÁFICO Y TASAS DE OCUPACIÓN**

En el marco del estudio bajo análisis se realizaron dos tipos de conteos de tráfico: mediciones continuas y mediciones periódicas. Las mediciones continuas de tráfico vehicular fueron realizadas durante un periodo de 17 horas abarcando desde las 6:00 hasta las 23:00 hrs. en dos días consecutivos. Los puntos de mediciones continuas son los siguientes:

**CUADRO N° 4.1-3  
PUNTOS DE MEDICIONES CONTINUAS DE TRÁFICO**

Punto Control	Comuna	Intersección Asociada al Punto de Control	Arco	Sentido
301	Valparaíso	Av. Pelle/Av. España	Al sur de Av. España	S-N y N-S
302	Valparaíso	Av. Argentina / Colon	Al sur de Colon	N-S y S-N
303	Valparaíso	Av. P. Montt / Uruguay	Al oriente de Uruguay	O-P y P-O
304	Valparaíso	Av. Errazuriz / Zañartu	Al norte de Plaza Sotomayor	O-P y P-O
305	Valparaíso	Av. Francia / Colon	Al sur de Colon	N-S y S-N
306	Valparaíso	Brasil /Edwards	Edwards al sur de Brasil	S-N
307	Valparaíso	Brasil /Edwards	Brasil al oriente de Edwards	O-P
308	Valparaíso	Esmeralda / Prat	Al oriente de Intersección de Prat / Cochrane	P-O
309	Valparaíso	Vista Hermosa / Q. Verde	Al Sur de V. Hermosa	N-S y S-N
310	Valparaíso	D. Portales / E. Lillo	Al norte de E. Lillo	N-S y S-N
311	Viña del Mar	Av. Libertad / 1 Norte	Libertad al norte de 1 Norte	S-N
312	Viña del Mar	Av. Libertad / 1 Norte	1 Norte al oriente de Libertad, calzada norte	O-P
313	Viña del Mar	Av. Libertad / 1 Norte	1 Norte al oriente de Libertad, calzada sur	P-O
314	Viña del Mar	Puente Casino	Sobre el puente	N-S
315	Viña del Mar	Av. España	Calzada Norte Frente al club de Yates	O-P
316	Viña del Mar	Av. España	Calzada Sur Frente al Club de Yates	P-O
317	Viña del Mar	Pdte. Ibañez / Ruta 60	Al sur de la Rotonda	N-S y S-N
318	Viña del Mar	Subida Alessandri / 15 Norte	Al norte de 15 Norte	N-S y S-N
319	Viña del Mar	Agua Santa / Alvares	A. Santa al sur de Alvares	N-S, S-N
320	Viña del Mar	Agua Santa / Alvares	Alvares al poniente de A. Santa	O-P y P-O
321	Viña del Mar	Traslaviña / Alvares	Al sur de Alvares	S-N
322	Viña del Mar	1 Norte / Limonares	Al poniente de Limonares, calzada norte	O-P
323	Viña del Mar	1 Norte / Limonares	Al poniente de Limonares, calzada sur	P-O
324	Viña del Mar	Arlegui / Quillota	Al poniente de Quillota	O-P
325	Con Con-Reñaca	Reñaca / Entrada Jardín del Mar	Al sur de entrada Jardín del Mar, calzada poniente	N-S
326	Con Con-Reñaca	Reñaca / Entrada Jardín del Mar	Al sur de entrada Jardín del Mar, calzada oriente	S-N
327	Quilpue	Los Carrera / Diego Portales	Al poniente de Diego Portales	O-P y P-O
328	Villa Alemana	Valparaíso / Caupolicán	Al poniente de Caupolicán	O-P y P-O

Por su parte, los conteos periódicos y las mediciones de tasas de ocupación periódicas se realizaron en los períodos punta mañana y fuera de punta. Los conteos se realizaron en un total de 144 puntos. Los puntos antes mencionados pueden resultar relevantes para el análisis de la demanda urbana y sirven para analizar la consistencia de los modelos empleados. Sin embargo, se debe notar que las mediciones provienen del año 1999, por lo que los antecedentes deben ser empleados juiciosamente.

#### 4.1.4 ENCUESTA A HOGARES

El diseño muestral se basó en los antecedentes Censo de Población y Viviendas de 1992, en cuanto a su material cartográfico, como información de población y viviendas. Este marco, fue complementado con antecedentes municipales sobre las nuevas construcciones levantadas a partir de 1992.

Al término del trabajo de campo se realizaron 5.295 encuestas, de las cuales pasaron a la etapa de validación de la base de datos final 5.267. En el Cuadro N° 4.1-4 se presenta los resultados obtenidos a nivel comunal:

**CUADRO N° 4.1-4  
RESULTADOS OBTENIDOS**

Comuna	Viviendas seleccionadas	Viviendas encuestadas	Total personas encuestadas	Total personas con viajes	Total viajes registrados
Valparaíso	1.980	1.823	6.598	4.335	9.949
Viña del Mar	2.040	1.946	7.145	4.715	10.791
Concón	144	150	571	357	893
Quilpúe	840	763	2.874	1.852	4.147
Villa Alemana	606	585	2.262	1.432	3.241
Total	5.610	5.267	19.450	12.691	29.021

La principal relevancia de la encuesta radica en que es la base para la construcción del modelo estratégico para el Gran Valparaíso (ESTRAVAL). Esta encuesta antecedentes que son relevantes para el análisis como por ejemplo, la distribución de las viviendas según nivel de ingreso familiar mensual del hogar y grupo socioeconómico, la que se presenta en el Cuadro N° 4.1-5.

**CUADRO N° 4.1-5  
DISTRIBUCIÓN DE VIVIENDAS SEGÚN MACROZONA Y NIVEL INGRESO (\$ DE DICIEMBRE DE 1998)**

MacroZona	Total		Nivel Ingreso						
			Alto		Medio		Bajo		
			Mayor a 700.000		170.000 a 700.000		Menor a \$170.000		
1	Playa Ancha	221	4,2%	4	2,1%	96	2,7%	121	8,2%
2	Plan Valparaíso	430	8,2%	3	1,6%	205	5,7%	222	15,1%
3	Valparaíso Alto	504	9,6%	3	1,6%	257	7,1%	244	16,6%
4	Barón-Placeres	478	9,1%	3	1,6%	287	8,0%	188	12,8%
5	Rodelillo-Placilla	475	9,0%	7	3,6%	321	8,9%	147	10,0%
6	Recreo	672	12,8%	8	4,2%	467	13,0%	197	13,4%
7	Forestal	653	12,4%	7	3,6%	504	14,0%	142	9,7%
8	Marga-Marga	485	9,2%	12	6,3%	393	10,9%	80	5,4%
9	Industrial	248	4,7%	9	4,7%	218	6,0%	21	1,4%
10	Plan Viña	156	3,0%	12	6,3%	137	3,8%	7	0,5%
11	Miraflores	123	2,3%	9	4,7%	108	3,0%	6	0,4%
12	Viña del Mar Oriente	77	1,5%	7	3,6%	66	1,8%	4	0,3%
13	Reñaca	82	1,6%	21	10,9%	59	1,6%	2	0,1%
14	Santa Julia	55	1,0%	14	7,3%	40	1,1%	1	0,1%
15	Con-Con	54	1,0%	26	13,5%	28	0,8%		
16	Quilpue	161	3,1%	11	5,7%	120	3,3%	30	2,0%
17	Villa Alemana	393	7,5%	36	18,8%	298	8,3%	59	4,0%
	<b>Total</b>	<b>5.267</b>	<b>100,0%</b>	<b>192</b>	<b>100,0%</b>	<b>3.604</b>	<b>100,0%</b>	<b>1.471</b>	<b>100,0%</b>

#### 4.1.5 CATASTRO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Como parte del estudio se realizó un completo catastro de los servicios de transporte colectivo, en el cual se recabó información relevante para la caracterización, de las 95 líneas-variantes en operación de buses urbanos. En el Cuadro N° 4.1-6 se presenta un resumen de las variables medias obtenidas en el catastro.

**CUADRO N° 4.1-6  
CATASTRO DE BUSES, VARIABLES DE SERVICIO PROMEDIO**

Variable	Valor Promedio
Frecuencia Salida en Hora Punta (buses/hora)	11.2
Frecuencia Salida en Hora Fuera Punta (buses/hora)	10.1
Número de Máquinas por Línea (N°)	10.13
Año Fabricación	1992
Capacidad de Asientos (N°)	27
Tarifa Adulta (\$)	203
Tarifa Escolar (\$)	83

## **4.2 ESTUDIOS DE RECALIBRACIÓN DE ESTRAVAL: CALIBRACIÓN DE MODELOS**

El Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN) desarrolló el Estudio “Construcción de Planes Estratégicos de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano del Gran Valparaíso, IV Etapa”. Su objetivo era poseer un modelo que permitiese comprender, explicar y predecir el comportamiento o funcionamiento del Sistema de Transporte Urbano (STU) del Gran Valparaíso, a objeto de concebir y diseñar soluciones a los problemas que se adviertan luego de un adecuado diagnóstico de la región en estudio. El estudio fue adjudicado a la empresa consultora Fernández & de Cea Ingenieros Limitada. Las tareas realizadas durante el estudio fueron las siguientes:

- Análisis General de Información Disponible.
- Asesoría y Apoyo a la Contraparte Técnica (SECTRA), en la Definición de Información de Demanda y Oferta Necesaria para Calibración de Modelos.
- Definición de Características Básicas de Modelación
- Recolección de Información Adicional.
- Calibración del Modelo de Equilibrio Simultáneo.
- Cambio en los Niveles de Servicio Tren Urbano
- Elaboración de un Diagnóstico y Pronóstico de la Operación del STU.
- Definición de Escenarios de Desarrollo Urbano.
- Generación y Desarrollo de Alternativas de Solución.
- Evaluación de Alternativas de Solución.
- Traspaso de Información y Redes.

Los principales productos obtenidos a partir del estudio, fueron los siguientes:

- Un modelo de equilibrio de transporte para el análisis de los viajes y flujos que presenta la red vial de la conurbación Gran Valparaíso, de carácter estratégico.
- Escenarios de uso de suelos y sistema de actividades, tanto para la situación actual como su proyección en el mediano plazo, dando cuanta de la distribución de hogares y superficies de actividades productivas; en el área de interés.
- Proposición y evaluación de planes de proyectos viales y de transporte público, acordes con las tendencias de desarrollo y los posibles conflictos futuros para los usuarios de la red vial.

La idea en el presente informe es detallar los principales resultados del estudio citado, ya que éstos constituyen una fuente de información necesaria para las tareas a desarrollar en el presente estudio. Dada la importancia de la información generada para el desarrollo del presente estudio, la presentación de los resultados de Estraval se ha realizado con un mayor nivel de detalle.

Por estas razones, en esta sección se presenta un resumen de la calibración del modelo de equilibrio simultáneo de transporte Estraval. El objetivo es revisar en profundidad tanto el estudio como el modelo desarrollado, debido a que posteriormente, se pretende que la red de

modelación implementada en Estraval forme parte del modelo global de transporte a desarrollar para el denominado Corredor Central de la V Región en el presente estudio.

De esta manera, se describe inicialmente los antecedentes básicos considerados para generar el marco metodológico para la calibración de Estraval. Posteriormente se presentan los modelos de demanda de viajes resultantes del proceso de calibración, en sus etapas de generación de viajes, partición modal y distribución. Finalmente se describe las redes de modelación calibradas, y la especificación del modelo de equilibrio empleado

#### **4.2.1 ANTECEDENTES BÁSICOS**

El estudio Estraval consideró una revisión de la información existente, en el plano de la modelación estratégica del STU del Gran Valparaíso, debido principalmente a que se poseía como antecedente una versión del modelo Estraval y una proyección de escenarios para este sector, desarrollada por Sectra entre los años 1986 y 1993. En este sentido, el objetivo de esta etapa fue realizar un análisis crítico de las definiciones y características básicas de modelación usados en los modelos de ESTRAVAL (1993), así como de cierta información de base usada en su calibración, de manera de orientar las características de modelación que posteriormente serían usados en la recalibración del modelo, potenciando las ventajas y superando, -en la medida de lo posible-, las limitaciones detectadas. Las conclusiones y recomendaciones finales de este análisis, se materializan en las definiciones básicas para el desarrollo del modelo Estraval 1998, a partir del modelo Estraval 1993, y son las siguientes.

##### **a) Criterios Generales**

Del análisis realizado sobre la **zonificación** y las **redes de transporte**, se desprendió la necesidad de redefinirlas, de tal de superar su relativa desactualización. Consistentemente, se definieron nuevas redes y zonificación, que superan la principal limitación de las utilizadas en el marco de ESTRAVAL-93: la obsolescencia.

La definición de **modos** de transporte de Estraval 1998 se basa en los antecedentes recopilados en la nueva EOD-98. Sin embargo, se detectó la inconveniencia de incluir los modos ascensor y bus-ascensor en forma independiente, debido principalmente a que el ascensor y combinaciones con él, no son conceptualmente estratégicos, las herramientas de modelación no son adecuadas para tratarlo en forma acertada y por último, los instrumentos de medición tampoco están orientados a captar este modo minoritario. Además resulta previsible que los modos autochofer, autoacompañante, taxi, bus, taxi-colectivo y Merval deberán ser considerados, puesto que en otras aplicaciones han resultado relevantes.

La definición de **períodos** de modelación de Estraval 1998 se realiza en base de los antecedentes recopilados en la nueva EOD-98. Sin perjuicio de lo anterior, del análisis realizado de los períodos considerados en ESTRAVAL-93 se desprendió la inconveniencia de incluir períodos de punta tarde, dadas las serias limitaciones metodológicas que presenta. Luego se siguieron las recomendaciones contenidas en la "Metodología revisada para análisis de transporte en ciudades de tamaño medio", las que sugieren utilizar solamente los dos períodos tradicionales: **punta mañana y fuera de punta**.

En relación con el **tratamiento de la caminata**, se consideró adecuado que la red de caminata incluya algunos elementos propios de ese modo, tales como escaleras, pasarelas y cruces. Sin embargo los elementos a incluir deben ser consistentes con el enfoque estrictamente estratégico de este estudio. En consideración a ello, sólo es recomendable incluir básicamente las pasarelas sobre el trazado del Merval, y algunas escaleras, de tal suerte de lograr una mayor permeabilidad para los viajes entre el cerro y plan de Valparaíso. Esto último porque la red vial en estos sectores, no es la mejor aproximación a la red usada por los viajes a pie.

En relación con el tratamiento de los movimientos de vehículos que originan **flujos fijos** sobre las redes, se puede concluir que las fuentes de información incluidas en el estudio ESTRAVAL-

93 y sus características no eran las más idóneas para determinar las frecuencias y rutas de camiones en la zona del estudio.

Considerando que en el estudio Estraval 1998 toda la información corresponde al mismo corte temporal, y que se dispone de encuestas a camiones, para 25 puntos de la red<sup>1</sup> (19 de ellos bidireccionales), en las que se consultó por la ruta utilizada por el camión en su viaje, resulta esperable que las rutas de camiones que se obtengan ahora sean más consistentes que las del estudio ESTRAVAL 93.

Del análisis de los modelos de **generación y atracción**, usados en el marco de ESTRAVAL-93, se desprende que sus mayores limitaciones radican en el uso de variables independientes, cuya posibilidad de proyectarlas con cierta certeza es en extremo reducida. La tendencia más aceptada hoy en día es hacia el uso de variables factibles de proyectar con alguna confianza, tales como superficies agregadas por uso de suelo. Este es el enfoque que se usará en el marco de este estudio.

Para el caso de los modelos de **partición modal**, a diferencia de Estraval 1993, se calibra modelos semi-agregados de partición modal, utilizando niveles de servicio construidos a base de mediciones directas sobre las distintas redes modales.

En relación con la calibración de **redes de transporte**, del análisis de la información existente de Estraval 1993 (redes, métodos de calibración y resultados), se concluyó que esos antecedentes son de poca utilidad, dado que todo lo anterior deberá realizarse nuevamente, usando técnicas de calibración que como se ha mencionado, superan los problemas teóricos de las metodologías anteriores.

Por último, el análisis realizado sobre la Encuesta Complementaria de 1995 (**ECOD-95**) permitió detectar limitaciones metodológicas que se traducen en sesgos y resultados que inclusive a un nivel muy agregado, muestran indicadores que escapan a todos los rangos normales. En atención a ello, es posible concluir que esta información no es confiable y por lo tanto no fue utilizada para los fines del estudio Estraval 1998, toda vez que la información de la EOD-98 debiera superar las falencias de las informaciones anteriores.

## b) Zonificación

En términos gruesos, el **área de estudio** cubre todos los *lugares*, donde se producen o se atraen viajes que utilizan el sistema de transporte asociado a la conurbación Valparaíso. Aunque en transporte urbano el área de estudio está normalmente asociada con los límites espaciales de la ciudad o conurbación, en este caso se consideran las influencias externas (por ejemplo, transporte interurbano de pasajeros y de carga). El modelo explica la operación del sistema de transporte *dentro del área de estudio* -cuyo perímetro físico está definido por un **cordón externo**- y las influencias externas son tratadas como datos exógenos del problema.

La desagregación geográfica adoptada Estraval 1998 considera un total de **189 zonas**, de las cuales **179** corresponden a zonas internas (urbanas) y **10** a zonas externas. La definición de la zonificación, obedece a los siguientes criterios:

- ❑ Nivel de agregación de zonificación (número de zonas) coherente con el nivel de desagregación de la red vial estratégica.
- ❑ Nivel de agregación de zonificación consistente con el nivel de detalle de la representación de los servicios de transporte público.
- ❑ Límites zonales se ubican en ejes o avenidas de la ciudad, o alternativamente sobre barreras naturales, cuando ellas efectivamente constituyen límites. Entre las barreras más importantes se cuentan:
  - ❑ Fondos de quebradas.

<sup>1</sup> Estos 25 puntos consideran 7 ubicados en Valparaíso, 9 en Viña del Mar, 2 en Reñaca y Concón, 1 en Quilpué, 1 en Villa Alemana, y 5 en el cordón externo de la zona de estudio.

- Estero Marga-Marga (allí donde es barrera para los desplazamientos)
- Línea férrea

El número de zonas es adecuado para analizar los proyectos estratégicos vislumbrados para el Gran Valparaíso.

El nivel de agregación de la zonificación (número de zonas) es comparativamente adecuado con respecto a otras zonificaciones utilizadas en otras ciudades del país

Se tuvo especial cuidado en distinguir los elementos singulares de la ciudad, tales como:

- Puerto de Valparaíso
- Acceso servicios puerto.
- Acceso Aduana.
- Acceso Muelle Prat.
- Acceso ferrocarriles.
- Sector Estadio Playa Ancha y Universidad.
- Sector del Sporting.
- Sector del Tranque Sausalito.
- Quinta Vergara.
- Hospital Gustavo Fricke.
- Borde costero.
- Sector de petroleras en Salinas.
- Sectores de Instalaciones Militares de la Armada.
- Sector RCP-Enap.

Las zonas singulares se caracterizan por representar extensas áreas urbanas cuyo uso de suelo es estrictamente definido. Normalmente no existen hogares en ellas y principalmente son zonas atractoras de viajes, muchas veces en períodos del día, o días, que no son usualmente modelados (fines de semana y horas distintas a la punta mañana y fuera de punta). Por el criterio de homogeneidad, se recomienda su separación.

Por otro lado, la zonificación reconoce la existencia de extensas áreas aledañas a la ciudad (sectores de Placilla y Curauma), de propiedad de gestores inmobiliarios. Es conocida la intención de seguir potenciando estos núcleos urbanos y por lo tanto dichos sectores se incluyen como parte de la zonificación. A objeto de facilitar la etapa posterior de modelación en los cortes temporales futuros, dichas áreas se han asimilado a zonas específicas dónde se vislumbran crecimientos relevantes.

La zonificación es especialmente desagregada en el sector de influencia del Merval.

La zonificación distingue 3 áreas:

- Zonas internas (dónde se realizan viajes de tipo urbano).
- Envoltente externa (que agrupa las comunas y áreas que colindan con el Gran Valparaíso y que por lo tanto tienen relaciones especiales en términos de viajes).
- Zonas externas (donde se realizan viajes de tipo interurbano). Entre estas se distingue norte del país, sur del país, Región Metropolitana y Argentina.

### c) **Red Vial relevante**

La **red vial** de modelación que se utiliza básicamente para asignar los viajes de automóvil y taxi, está constituida por las principales vías e intersecciones de la ciudad. En ella operan también los servicios de transporte público, los que para efectos de la red vial, generan flujos fijos (determinados por las frecuencias de los servicios) de vehículos de transporte público

(buses, taxis colectivos, etc.) sobre sus arcos. La definición de la red vial, es consistente con los siguientes criterios:

La definición de la red vial, en cuanto a los ejes considerados, número de arcos y nodos, es consistente con el nivel de agregación espacial adoptado (zonificación), el cual contempla 179 zonas internas y 10 zonas externas (**189** zonas totales), para el Gran Valparaíso.

La definición de la red es consistente con las recomendaciones incluidas en la versión revisada de la metodología para análisis estratégico en ciudades de tamaño medio, en ella se enfatiza que la red debe ser adecuada para representar los movimientos más importantes a nivel estratégico.

La definición de la red, permite considerar adecuadamente, los itinerarios de los servicios de transporte público urbano (buses y taxicolectivos) existentes en el Gran Valparaíso. También permite considerar los itinerarios de los servicios de transporte interurbano y suburbano, que se desarrollan en el sector urbano del área de estudio. Lo propio sucede para el caso de las rutas de camiones que cruzan el área de estudio. Es necesario señalar que el efecto de esos vehículos sobre la vialidad (flujos fijos), puede ser internalizado por los modelos que se utilizarán, descontando capacidad vial.

La representación de la red es adecuada para representar sobre ella los proyectos de "mejoramiento" y "apertura" de nueva infraestructura, de carácter estratégico que están siendo identificados, como parte de las tareas de Diagnóstico. La representación de la red permite tratar los crecimientos de los distintos sectores de la ciudad. El sector céntrico está representado con el grado máximo de detalle posible y el sector periférico tiene una representación adecuada, para permitir los viajes que se verifican en la práctica.

La vialidad "secundaria" está representada en la red como "arcos de acceso", que permiten conectar un centroide (punto donde se supone concentrada la actividad de una zona), con la red vial.

#### **d) Definición de categorías de demanda**

Los modelos de demanda tienen por objeto explicar y predecir las decisiones de los usuarios respecto de la generación, distribución y partición modal de los viajes. Sin embargo, dependiendo entre otras cosas de sus atributos personales y propósitos de viaje, los usuarios tienen comportamientos diversos, por lo que es necesario categorizar para permitir su mejor explicación. Naturalmente existen muchas formas de estratificar la demanda, pero, consistentemente con lo establecido en la *metodología revisada* (1997), se considera una **primera estratificación** a nivel del propósito de viaje. Dichos propósitos son TRABAJO, ESTUDIO y OTROS.

El **segundo nivel de estratificación** considera:

- i. Distribución de ingreso del hogar, estratificado en tres niveles: Bajo, Medio y Alto.
- ii. Distribución de número de vehículos en el hogar, clasificado en tres niveles: sin auto, con un auto y dos o más vehículos en el hogar.

Los análisis realizados (basados en la calibración de tasas ACM), aconsejan utilizar la estratificación del ingreso y número de autos, que se indica en los Cuadro N° 4.2-1 y Cuadro N° 4.2-2. Esta clasificación es coherente y consistente con otras clasificaciones que ya han sido utilizadas con anterioridad en otros estudios.

**CUADRO N° 4.2-1  
DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS, MONEDA (\$) DE DICIEMBRE DE 1998**

Ingreso del hogar			Posesión de automóvil		
Rango	Ingreso (\$)	Cat. EOD	sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0 – 170.000	1,2,3,4,5	1	2	3
Medio	170.000 – 600.000	6,7,8,9,10	4	5	6
Alto	600.000 ó más	11 – 15	7	8	9

**CUADRO N° 4.2-2  
Definición de Posesión de Automóvil**

Clasificación	Definición EOD	Cat. EOD
Automóvil	Automóvil, station wagon, camioneta, jeep	1,2,5,7
Otros	Todos los demás	3,4,6,8,9,10,11,12

**e) Períodos de modelación**

El resultado del análisis para Estraval, arroja que, para el caso de los viajes que utilizan automóvil, **los 4 cuartos de hora de mayor demanda se verifican entre las 7:30 y 8:30 hrs.** Para los modos de transporte público, el peak se produce en el mismo lapso. Para los viajes en otros modos, el peak se produce en el mismo lapso.

El período fuera de punta debe ser una hora promedio de operación del sistema, que preferentemente incluya el lapso 10:00-12:00 y 15:00-18:00. Para guardar coherencia con la información de conteos de flujo disponibles, los cuatro cuartos representativos del período fuera de punta son de **10:00 a 11:00**. Dado lo anterior, y a base de la información de la EOD-98 del Gran Valparaíso, la definición de períodos de modelación considera los siguientes rangos:

- Punta mañana : 7:30 a 8:30 hrs.
- Fuera de punta: 10:00 a 11:00 hrs.

**f) Definición de modos de transporte**

En el siguiente cuadro muestra la partición modal observada de la EOD del Gran Valparaíso, para todo el día debidamente expandida y corregida. Esta tabla presenta los viajes según el número de etapas (1,2 o 3 etapas) que lo constituyen. Por ejemplo una persona que para viajar de su casa al trabajo toma un bus y luego un taxi colectivo aparecerá contabilizado dos veces en el Cuadro N° 4.2-3, en la columna 2 Etapas, una vez aparecerá en el modo bus y la otra en el modo taxi colectivo. Esta manera de agrupar los viajes permite visualizar de manera rápida cuáles son los modos más importantes para viajes de 1 Etapa, 2 Etapas (modos combinados) y viajes de 3 etapas.

**CUADRO Nº 4.2-3**  
**Viajes según Modo de Transporte, Todo el Día, (Población), Todos los Propósitos, Año 1998**

Modo	Cat EOD	1 Etapa	2 Etapas	3 Etapas	Total <sup>1</sup>	(%)
Caminata	1	231338	0	0	231338	19.04%
Auto Chofer	2	138277	292	0	138423	11.39%
Auto Acompañante	3	61383	1027	84	61924	5.10%
Taxi Básico	8	2294	460	0	2524	0.21%
Bus Urbano	4,6,7	528129	77973	556	567301	46.69%
Taxi Colectivo	9	124639	6040	763	127913	10.53%
Tren	10	9385	208	0	9489	0.78%
Bus Interurbano	5	11913	2619	60	13243	1.09%
Metro	11	0	0	0	0	0.00%
Bus Institucional	12	8124	1272	30	8770	0.72%
Otro Institución	13	1869	572	0	2154	0.18%
Furgón o Bus Escolar	14	34143	233	0	34259	2.82%
Motocicleta	15	1841	0	0	1841	0.15%
Bicicleta	16	5269	0	0	5269	0.43%
Otro	17	6995	141	0	7065	0.58%
Ascensor	18	1500	1913	0	2456	0.20%
ach-tren	19	0	42	0	21	0.00%
bus-tren	21	0	1041	0	520	0.04%
Txc-tren	22	0	1238	0	619	0.05%
Total		1167097	95072	1494	1215131	100.00%

<sup>1</sup>: El total se calcula como: Total = ( viajes 1 Etapa) + (viajes 2 Etapas)/2 + (viajes 3 etapas)/3

\*: Estos modos representan la combinación del Tren con otros medios de transporte (auto chofer, auto acompañante, bus y taxi colectivo)

De la tabla anterior se aprecia que los modos más relevantes son: **Caminata, Auto chofer, Auto acompañante, Bus y Taxi colectivo**. Adicionalmente a los modos anteriores, también debe ser considerado el **Tren**. La explicación de esto se basa en los futuros impactos que puede ocasionar dicho modo (Tren) en la operación del sistema de transporte urbano y la capacidad que debe tener Estraval para captar y representar estos impactos. Los modos combinados fueron descartados de la modelación, debido a su baja participación. De esta manera los modos considerados en Estraval son:

- i. Caminata.
- ii. Auto chofer.
- iii. Auto acompañante.
- iv. Bus.
- v. Taxi Colectivo.
- vi. Merval (Tren).

#### **g) Cortes Temporales**

Los cortes temporales que considera el modelo estratégico Estraval son los siguientes:

- |       |   |
|-------|---|
| 1998: | Año base de calibración de los modelos (corresponde a la fecha de toma de la información: EOD a hogares). |
| 2005: | Primer corte temporal, para simulación futura.  |
| 2010: | Segundo corte temporal, para simulación futura.   |

#### 4.2.2 **CALIBRACIÓN DE MODELOS DE GENERACIÓN Y ATRACCIÓN DE VIAJES**

La operación del modelo de transporte Estraval requiere como datos de entrada los vectores origen-destino de viajes para cada período de análisis, clasificados por propósitos de viaje y por categorías de demanda. La estimación de tales vectores, constituye el objetivo del *modelo de generación y atracción de viajes*. La metodología que se empleó en este caso para calibrar los modelos de generación y atracción de viajes corresponde al análisis de clasificación múltiple (ACM), y al método de regresión lineal múltiple (RLM). Los modelos utilizados se preentan en el capítulo 6 del presente informe.

#### 4.2.3 **MODELOS DE PARTICIÓN MODAL Y DISTRIBUCIÓN**

##### a) **Calibración de Modelos de Partición Modal**

El objetivo del modelo de partición modal es dividir la matriz de distribución de viajes, en tantas matrices como alternativas de modos de transporte existan disponibles para los usuarios. Para representar las características de las distintas alternativas modales, se define una función de utilidad asociada a cada una de ellas y se supone que el usuario elegirá aquella que le reporte una mayor utilidad.

En el contexto del estudio Estraval se calibraron modelos de carácter predictivo, verificándose que las especificaciones y formas funcionales fuesen correctas; y que además entreguen valores subjetivos del tiempo (VST) que puedan considerarse aceptables, bajo las restricciones normales de estudios de esta clase.

Para calibrar los parámetros del modelo de partición modal, se utilizó el programa ALOGIT ver. 3.2, y el método estadístico clásico de máxima verosimilitud. Los modos considerados fueron los siguientes:

- Modo 1: Caminata.
- Modo 2: Auto Chofer.
- Modo 3: Auto Acompañante.
- Modo 4: Bus.
- Modo 5: Taxi colectivo.
- Modo 6: Tren.

A continuación se presenta la partición modal observada en la encuesta a hogares del Gran Valparaíso (EOD 1998), a nivel de población, para los viajes totales, en ambos períodos: punta mañana y fuera de punta.

**CUADRO N° 4.2-4**  
**Partición Modal Observada por Propósito, EOD 1998 Gran Valparaíso Período Punta**  
**Mañana: 7:30 a 9:00, (Población)**

Modo	Trabajo	Estudio	Otros	Total	(%)
Caminata	10.430	31.150	4.167	45.747	20,47%
Auto chofer	26.930	1.110	5.140	33.180	14,85%
Auto-Acomp.	4.794	7.469	1.264	13.527	6,05%
Bus	55.339	43.858	9.150	108.348	48,48%
Txc	12.950	4.265	1.695	18.911	8,46%
Tren	2.985	259	545	3.789	1,70%
Total	113.428	88.112	21.961	223.501	100,00%

**CUADRO Nº 4.2-5**  
**Partición Modal Observada por Propósito, EOD 1998 Gran Valparaíso, Período Fuera de Punta: 10:00-12:00 y 15.00 a 18:00, (Población)**

Modo	Trabajo	Estudio	Otros	Total	%
Caminata	18.154	23.777	44.584	86.514	17,61%
Auto chofer	33.119	4.764	23.753	61.636	12,55%
Auto-Acomp.	2.994	4.044	18.101	25.139	5,12%
Bus	65.851	57.536	122.794	246.180	50,11%
Txc	22.183	7.108	35.267	64.558	13,14%
Tren	1.851	407	4.953	7.211	1,47%
Total	144.152	97.635	249.451	491.238	100,00%

Se realizó un proceso de selección de la sub-muestra a utilizar en la calibración, para lo cual se consideró una serie de restricciones para seleccionar los datos óptimos a utilizar.

**CUADRO Nº 4.2-6**  
**Muestras de Calibración Número de Observaciones por Propósito-Período**

Propósito	Período Punta Mañana	Período Fuera de Punta
Trabajo	2.035	1.390
Estudio	1.527	799
Otros	411	2.453
Total	3.973	4.642

Fuente. Sectra.

Las condiciones para establecer las disponibilidades de los modos son las siguientes:

- Caminata: Para la disponibilidad de la caminata se considera distancia máxima de 12 Km para el propósito trabajo, 11.9 Km para el propósito estudio y 7.1 Km para el propósito otros en punta mañana. En fuera de punta las distancias máximas son de 12,5 Km para el propósito trabajo, 8,4 Km para el propósito estudio y 11,8 Km para el propósito otros Se considera que la velocidad de caminata es 1 m/seg (3,6 km/hr).
- Auto chofer: Se considera disponible siempre que el par O-D esté conectado a la red y exista al menos un auto en el hogar. La determinación del costo de viaje en la época de la EOD 1998 se efectúa a base de la distancia de viaje, considerando un precio de la bencina (260 \$/lts.) y un rendimiento típico por vehículo (10 km/lts.).El valor considerado (en pesos de noviembre de 1998), es de 26,0 pesos por Km. Se considera, además, que el costo percibido por el usuario (costo de operación) es 1,5 veces el costo de la bencina (costo de combustible), por lo que el costo final por kilómetro es de 39 pesos de Noviembre de 1998 por Km.
- Auto acompañante: Estará disponible si el número de autos en el hogar es mayor que cero.
- Bus-taxibus: Estará disponible siempre que el par O-D esté conectado a la red.
- Taxi colectivo: Estará disponible siempre que el par O-D esté conectado a la red.
- Tren: Estará disponible siempre que el par O-D esté conectado a la red.

La estructura tarifaria del servicio es la siguiente:

**Punta Mañana:**

- Puerto-Viña : \$ 280
- Puerto-Villa Alemana : \$ 400
- Villa Alemana-Quilpué : \$ 200

**Fuera de Punta:**

- Puerto-Viña : \$ 200
- Puerto-Villa Alemana : \$ 300
- Villa Alemana-Quilpué : \$ 200

Los modelos calibrados fueron todos del tipo Logit Multinomial o Jerárquico con los 6 modos antes definidos. Las variables explicativas de los modelos especificados son:

- TVIA<sub>i</sub>: Tiempo de viaje en vehículo en minutos, existe para los modos: 2, 3, 4, 5, 6 es decir, el único modo que no posee TVIA es el N° 1, caminata.
- TCAM<sub>i</sub>: Tiempo de caminata en minutos. Considera a las distancias de caminata en accesos y egresos. Rige para los modos: 1, 4, 5, 6. O sea, los únicos modos que no poseen TCAM son el N° 2, Auto chofer y el N° 3 Auto acompañante.
- TESP<sub>i</sub>: Tiempo de espera en minutos. Todos los modos poseen TESP excepto los N° 1 (Caminata), N° 2 (Auto chofer) y N° 3 (Auto acompañante).
- COST<sub>i</sub>: Costo total de viaje, en pesos de noviembre de 1998. Los únicos modos que no poseen COST son el N° 1, Caminata y el N° 3, Auto acompañante.
- Frente a la necesidad de introducir el ingreso en la especificación de los modelos de partición modal, fue necesario definir a la variable COSING.
- COSING<sub>i</sub>: Costo total del viaje dividido por ingreso familiar líquido del hogar del viajero. Como el ingreso líquido familiar se expresa en pesos por minuto, esta variable tiene dimensiones de minutos. El ingreso familiar se divide en tres categorías y se calcula como el ingreso promedio de la categoría dividido por el número minutos trabajados al mes:
- Ingreso Bajo: 7,38 \$/min (85000/(48\*4\*60))
  - Ingreso Medio: 33,42 \$/min (385000/(48\*4\*60))
  - Ingreso Alto: 91,15 \$/min (1050000/(48\*4\*60))
- AUTOS: Número de autos existentes en el hogar. Toma los valores 0, 1 y 2 o más.
- B\_INTRA: Variable "dummy" relacionada con viajes intrazonales. Aplica para viajes de propósito estudio. Toma un valor igual a 1, si el origen y el destino corresponde a una misma zona (viaje intrazonal) y el modo escogido es caminata. Su inclusión intenta captar el efecto específico de viajes a pie intrazonales realizados frecuentemente por estudiantes de educación básica.

Además, en el contexto de la calibración de los modelos de partición modal, se puede utilizar la variable "tiempo generalizado de viaje", cuando, alguna de las componentes del tiempo presenta problemas (signo errado o baja significancia). Su utilidad radica en que en algunos propósitos-períodos, el parámetro correspondiente a alguna de las variables (TVIA, TESP y TCAM) puede resultar con signo positivo, es decir, contrario al esperado o con signo correcto, pero con baja significancia estadística. Por esto se definió una nueva variable de servicio denominada tiempo generalizado (TGEN), equivalente a una combinación lineal de las tres variables de servicio: TVIA, TCAM y TESP. Empleando los ponderadores 1, 2 y 4 respectivamente.

**CUADRO Nº 4.2-7**  
**Variables Explicativas Especificadas por Modo**

Modo	TVI A	TCAM	TESP	TGEN	COST	COSIN G	AUTO S	B-Intra
1 Auto chofer	SI			SI	SI	SI	SI	
2 Auto acompañante	SI			SI			SI	
3 Bus	SI	SI	SI	SI	SI	SI		
4 Taxi colectivo	SI	SI	SI	SI	SI	SI		
5 Caminata		SI		SI				SI
6 Taxi	SI	SI	SI	SI	SI	SI		
Signo Esperado	-	-	-	-	-	-	+	Na

Fuente: Sectra.  
Na: No aplica

En la siguiente tabla se esquematizan las formas probadas para cada período y propósito, ya sean estas multinomial (MNL) o jerárquica (HL)

**CUADRO Nº 4.2-8**  
**FORMAS JERÁRQUICAS PROBADAS**

Modo	H1 (MNL)	H4 (HL)	H5 (HL)	H6 (HL)
Caminata	X	X	X	X
Auto chofer	X	X	X	N1
Auto acompañante	X	X	X	N1
Bus	X	N1	N1	N2
Taxi colectivo	X	N1	N1	N2
Merval	X	N1	X	X
Nido T. Privado	-	-	-	Si
Nido T. Público	-	Si	Si	Si

X: Modo pertenece al nivel inferior (no pertenece a ningún nido).

N1: Modo pertenece a Nido de Transporte Privado / N2: Modo pertenece a Nido de Transporte Público.

Los modelos escogidos se presentan en las siguientes tablas, para cada período y propósito

**CUADRO Nº 4.2-9**  
**Coefficientes y Estadígrafos, Modelos Elegidos Período Punta Mañana (07:30 a 09:00 hrs.)**

Var.	Trabajo (m_h5)			Estudio (k_h8)			Otros (k_h1)		
	Theta	(t)	Lambda	Theta	(t)	Lambda	Theta	(t)	Lambda
Autos	1,013	(3,3)		0,855	(3,1)		2,601	(4,1)	
Tcam.									
Tesp									
Tvia									
T_gen				-0,0129	(-9,8)		-0,0043	(-1,0)	
Tgen_cam							-0,0312	(-6,8)	
Tgen_priv	-0,019	(-4,0)							
Tgen_pub	-0,004	(-3,9)							
Cosing	-0,017	(-5,4)		-0,0067	(-0,9)		-0,0246	(-2,5)	
B_Intra	1,661	(3,8)		1,851	(11,1)				
Phi T.priv	-								
Phi. T.Publ	0,334	(2,8)							
Cam	0,587	(2,0)		0,275	(2,1)		2,480	(5,7)	
Ach	-0,483	(-1,8)		-2,713	(-5,0)		-2,157	(-3,0)	
Aac	-2,264	(-4,2)		-2,276	(-6,4)		-3,676	(-4,9)	
Bus	0			0			0		
Taxicol.	-0,395	(-7,3)		-2,366	(-18,9)		-1,604	(-8,3)	
Tren	-1,558	(-3,0)		-3,214	(-5,5)		-0,8919	(-2,1)	

Tgen, Tgen\_publ., Tgen\_cam, Tgen\_priv.: Considera relaciones 1:2:4 para tiempo de viaje, espera y caminata.

**Cuadro N° 4.2-10**  
**Coefficientes y Estadígrafos, Modelos Elegidos Período Fuera de Punta (10:00 - 12:00 hrs. y de 15:00-18:00 hrs.)**

Var.	Trabajo (n_h1)			Estudio (n_h1)			Otros (j_h1)		
	Theta	(t)	Lambda	Theta	(t)	Lambda	Theta	(t)	Lambda
Autos	1,038	(4,4)		1,215	(2,8)		1,580	(8,0)	
Tcam									
Tesp									
Tgen									
Tgen_cam	-0,0234	(-10,0)		-0,0140	(-6,3)		-0,0224	(-16,9)	
Tgen_priv	-0,0312	(-3,5)		-0,0293	(-2,1)		-0,028	(-3,8)	
Tgen_pub	-0,0172	(-6,3)		-0,0084	(-2,0)		-0,0085	(-4,0)	
Cosing	-0,0168	(-2,8)		-0,0156	(-1,4)		-0,0296	(-5,8)	
B_Intra	2,096	(6,9)		2,057	(6,9)				
Phi T_priv									
Phi. T.Publ									
Cam	0,911	(3,3)		0,243	(0,8)		1,473	(9,9)	
Ach	-0,908	(-2,8)		-1,985	(-2,3)		-2,181	(-8,1)	
Aac	-3,644	(-9,3)		-3,337	(-5,2)		-2,695	(-9,8)	
Bus	0			0			0		
Taxicol.	-1,153	(-13,1)		-2,114	(-13,6)		-1,171	(-18,3)	
Tren	-1,039	(-3,7)		-2,868	(-5,2)		-1,511	(-7,4)	

Tgen, Tgen\_publ., Tgen\_cam, Tgen\_priv.: Considera relaciones 1:2:4 para tiempo de viaje, espera y caminata.  
Fuente: Sectra.

Los Log-likelihoods finales, los parámetros  $\phi$  y otros indicadores estadísticos se resumen a continuación.

**Cuadro N° 4.2-11**  
**Selección de los "Mejores" Modelos**

Propósito	Período	Modelo Adopt.	Log-Likelihood Final				$b_s$ (1)	Parám. $\phi$
			LL(IL)	LL(F)	LL(0)	LL©		
Trabajo	07:30-09:00	m_h5	-2636	-1894	-2636	-2270	0,2812	0,334
Trabajo	FP (2)	n_h1	-1785	-1230	-1785	-1524	0,3113	-
Estudio	07:30-09:00	k_h8	-1878	-1144	-1878	-1397	0,3910	-
Estudio	FP (2)	n_h1	-939	-538	-939	-675	0,4275	-
Otros	07:30-09:00	k_h1	-583	-397	-583	-507	0,3177	-
Otros	FP (2)	j_h1	-3227	-2544	-3227	-2936	0,2114	-

(1): Índice  $\rho$ .  
(2): Período fuera de punta: 10:00 a 12:00 hrs. y de 15:00 a 18:00 hrs.  
Fuente: Sectra.

Para la validación de los modelos se en apartó un 10% de la muestra de cada propósito-período, la cual no es utilizada en la calibración. A esta muestra posteriormente se le aplicaron los modelos calibrados para observar que tan bien estos modelos podían replicar los viajes de la muestra.

**Cuadro N° 4.2-12**  
**Validación Modelos de Partición Modal Período Punta Mañana**

Modo	Trabajo		Estudio		Otros	
	Observados	Modelados	Observados	Modelados	Observados	Modelados
Caminata	23	18,45	61	44,35	6	7,88
Auto chofer	33	41,65	0	0,88	9	9,60
Auto-Acomp.	6	8,26	10	13,16	0	2,45
Bus	129	121,84	87	101,93	25	22,42
Txc	33	31,61	13	9,94	6	3,94
Tren	2	4,20	0	0,74	1	0,71
Total	226	226	171	171	47	47
Percent Right	62,11%		62,57%		70,21%	
Percent Right Calibracion	64,77%		61,89%		66,67%	

Fuente: Sectra

**Cuadro N° 4.2-13**  
**Validación Modelos de Partición Modal Período Fuera de Punta**

Modo	Trabajo		Estudio		Otros	
	Observados	Modelados	Observados	Modelados	Observados	Modelados
Caminata	18	16,92	23	15,54	59	52,54
Auto chofer	31	32,43	0	0,46	24	25,91
Auto-Acomp.	0	2,32	1	2,84	17	18,99
Bus	79	75,00	59	61,89	126	133,15
Txc	24	25,79	6	7,43	46	39,71
Tren	3	2,54	0	0,84	2	3,70
<b>Total</b>	<b>155</b>	<b>155</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	<b>274</b>	<b>274</b>
Percent Right	62,58%		70,79%		58,76%	
Percent Right Calibracion	63,99%		64,88%		63,16%	

Fuente: Sectra

Como se aprecia de las tablas anteriores los modelos son capaces de reproducir los viajes en forma bastante certera. Por otro lado los percent-right obtenidos pueden considerarse elevados para este tipo de modelos. En síntesis, se observa que los modelos de Partición Modal replican en forma correcta la sub-muestra de validación. Esto permite confirmar la calidad de los modelos de partición modal obtenidos.

A continuación, se presentan los valores subjetivos de tiempo de viaje (VST), para todos los propósitos y períodos del día. Estos resultados se analizan bajo el concepto de tasa salarial.

**Cuadro N° 4.2-14**  
**Valor Subjetivo del Tiempo Viaje en Vehículo, (VST viaje), T. Privado y T. Público, Períodos Punta Mañana y Fuera de Punta**

Modo	Ingreso	Trabajo-am	Trabajo-fp	Estudio-am	Estudio-fp	Otros-am	Otros-fp
T.Privado	<b>Bajo (7,4 \$/min)</b>	7,93	9,61	14,19	13,94	1,28	7,00
	<b>Medio (33,4 \$/min)</b>	35,81	43,37	64,03	62,94	5,77	31,58
	<b>Alto (91,4 \$/min)</b>	97,99	118,68	175,22	172,23	15,80	86,43
T.Público	<b>Bajo (7,4 \$/min)</b>	1,70	3,04	14,19	4,00	1,28	2,12
	<b>Medio (33,4 \$/min)</b>	7,69	13,70	64,03	18,08	5,77	9,58
	<b>Alto (91,4 \$/min)</b>	21,04	37,50	175,22	49,46	15,80	26,22

Moneda, \$ de Noviembre de 1998.

Fuente: Sectra.

Los VST logrados son consistentes con la percepción del analista. Para el propósito trabajo período punta de la mañana, el VST de transporte privado (107% del ingreso) es mayor que el de transporte público (23% del ingreso) y de una magnitud razonable para este tipo de modelos. A pesar que existen algunos valores extremos en el propósito estudio, esto se explica porque la percepción del costo por estos usuarios no es del todo correcta y no guarda una relación estricta con la tasa salarial del hogar. En el propósito otros se obtienen valores razonables según lo esperado por el analista.

**En síntesis**, el análisis de los resultados presentados en el Cuadro N° 4.2-14 parece bastante coherente, en términos de magnitud de valores subjetivos, del tiempo y además, en términos de relaciones entre las distintas componentes del tiempo de viaje.

#### 4.2.4 CALIBRACIÓN DE MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

En un modelo de 4 etapas, el sub-modelo de distribución permite calcular las matrices de viajes para cada propósito y categoría. El modelo calibrado en Estraval corresponde a una formulación de tipo entrópica doblemente acotado, con múltiples categorías de origen y una categoría de destino. Dada la naturaleza de los vectores O/D, se estiman modelos para cada propósito en forma independiente.

El modelo de distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$T_{ij}^{p,n} = A_i^{p,n} B_j^p O_i^{p,n} D_j^p \exp(\phi^{p,n} \cdot EMU_{ij}^{p,n})$$

donde:

$$EMU_{ij}^{p,n} = \ln\left(\sum_k \exp \tilde{u}_{ij}^{p,n,k}\right); \tilde{u}_{ij}^{p,n,k} = \lambda u_{ij}^{p,n,k}, \quad y \quad \phi^{pn} = \beta^{pn} / \lambda^{pn}$$

y:

$O_i^{p,n}$  = Total de viajes del propósito **p** y la categoría **n** originados en la zona **i**.

$D_j^p$  = Total de viajes atraídos por la zona **j**, para el propósito **p**

$A_i^{p,n}, B_j^p$  = Factores de balanceo.

$\tilde{u}_{ij}^{p,n,k}$  = representa la *utilidad* de viajar en el modo (k), entre el par origen/destino (i,j) para el propósito de viaje (p) y categoría de persona (n).

$\phi^{p,n}$  = Parámetro del modelo para el propósito **p** y la categoría **n**.

$\beta^{p,n}$  = Parámetro del modelo de distribución para el propósito **p** y la categoría **n**.

$EMU_{ij}^{p,n}$  = Utilidad compuesta de viajar entre **i** y **j**.

$T_{ij}^{p,n}$  Corresponde a los viajes totales realizados entre el par (i,j) para el propósito (p) y categoría de persona (n) (resultado del modelo de *distribución*).

La calibración de este modelo consiste básicamente en determinar los *parámetros de distribución*  $\phi^{p,n}$ . Debido a los requerimientos del modelo global de transporte, será necesario calibrar **un** parámetro de distribución, por cada período-propósito y categoría de demanda. Puesto que los orígenes por zona están definidos por categoría de demanda, pero no así los destinos por zona, es necesario calcular simultáneamente el conjunto de todos los parámetros  $\phi^{p,n}$  de todas las categorías dentro de cada período-propósito.

El método utilizado, ha sido propuesto por Lam y Huang (y usado en la Recalibración de ESTRAUS de 1994), y se basa en ajustar el valor de la entropía de las matrices modeladas a la entropía de una matriz observada.

Los modelos de distribución obtenidos respetan la estructura de ceros de la matriz observada. En efecto, en el estudio Estraval, (al igual que en la modelación Estraus) se argumenta que la estructura de ceros de la matriz observada contiene información fundamental de las relaciones interzonales que se dan en la realidad para cada tipo de usuario, propósito y período (relaciones estructurales de vínculos económicos, no internalizadas por un modelo como el descrito).

Un inconveniente para la aplicación del modelo así calibrado para proyectar, es que la estructura de ceros permanecerá invariable por categoría, propósito y período, implicando por lo tanto, que permanecen constantes las relaciones básicas de conectividad espacial. Tal supuesto es, sin embargo, mucho mejor que desconocer en absoluto que una tal estructura existe y producir matrices llenas que no tienen nada que ver con la realidad observada, como se mostró anteriormente. Una solución mas adecuada y de hecho realizada en el caso del Gran Santiago, consiste en que, cuando se aplique el modelo en cortes temporales futuros, se incluya, como información del escenario de desarrollo urbano adoptado, una corrección de las conectividades entre zonas. Como resultado de lo anterior la recomendación es usar el

enfoque de reproducir el costo compuesto respetando la estructura ceros de la matriz observada.

A continuación se presentan los resultados de calibración del parámetro  $\phi^{p.n}$ , internalizando las relaciones estructurales de vínculos económicos.

**CUADRO Nº 4.2-15**

**Enfoque 2 (Costo Compuesto), Modelo de Distribución  $\phi^{p.n}$ , Trabajo, Punta Mañana,**

Ingreso del hogar	Número de autos		
	Sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0,1693	0,5602	0,5794
Medio	0,2139	0,6962	0,6372
Alto	0,4945	0,5921	0,9347

Fuente: Sectra.

**CUADRO Nº 4.2-16**

**Enfoque 2 (Costo Compuesto), Modelo de Distribución  $\phi^{p.n}$ , Estudio, Punta Mañana,**

Ingreso del hogar	Número de autos		
	Sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0,6642	1,0000	1,0000
Medio	0,7157	0,8280	0,9988
Alto	0,8001	0,9574	1,0000

Fuente: Sectra.

**CUADRO Nº 4.2-17**

**Enfoque 2 (Costo Compuesto), Modelo de Distribución  $\phi^{p.n}$ , Otros, Punta Mañana,**

Ingreso del hogar	Número de autos		
	Sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0,4293	0,5869	1,0000
Medio	0,3034	0,7439	1,0000
Alto	0,3177	0,4113	0,9153

Fuente: Sectra.

**CUADRO Nº 4.2-18**

**Enfoque 2 (Costo Compuesto), Modelo de Distribución  $\phi^{p.n}$ , Trabajo, Fuera de Punta**

Ingreso del hogar	Número de autos		
	Sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0,0422	0,1099	0,1735
Medio	0,0915	0,2305	0,3412
Alto	0,1035	0,2646	0,3876

**CUADRO Nº 4.2-19**

**Enfoque 2 (Costo Compuesto), Modelo de Distribución  $\phi^{p.n}$ , Estudio, Fuera de Punta**

Ingreso del hogar	Número de autos		
	Sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0,4847	0,8864	0,7800
Medio	0,2547	0,3348	0,8591
Alto	0,2714	0,3588	0,8739

**CUADRO Nº 4.2-20**

**Enfoque 2 (Costo Compuesto), Modelo de Distribución  $\phi^{p.n}$ , Otros, Fuera de Punta**

Ingreso del hogar	Número de autos		
	Sin auto	1 auto	2 o más
Bajo	0,1940	0,4348	0,6478
Medio	0,2885	0,1784	0,6452
Alto	0,3486	0,0913	0,6850

Fuente: Sectra

#### 4.2.5 CALIBRACION DE REDES

Posteriormente a la modelación de la demanda de viajes, se desarrolló y calibró el modelo de asignación de viajes, y se implementó además el modelo de equilibrio para Valparaíso, en plataforma Etraus. Estos son los antecedentes que se revisan a continuación.

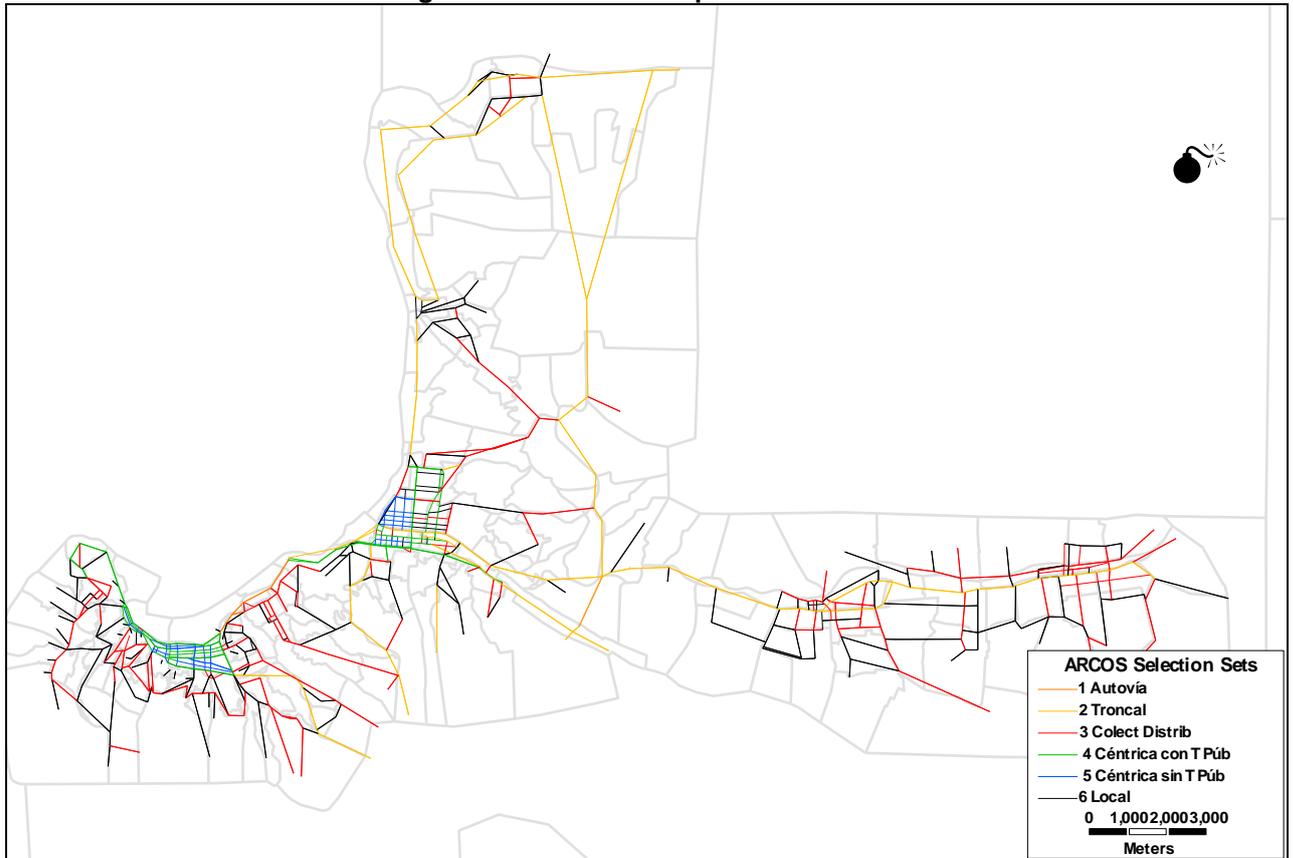
##### a) Definición de categorías de arcos

Los arcos de la red vial estratégica del Gran Valparaíso se clasificaron tomando como base las categorías utilizadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso. Éstas son: Autovía, Troncal, De Servicio, Colectora Distribuidora, Local, Camino Público. A dicha clasificación se le realizaron algunos ajustes de modo de poder caracterizar de manera más precisa, algunos arcos importantes en la modelación del sistema de transporte. Por ejemplo, dentro de las vías clasificadas como de “Servicio” y “Colectora Distribuidora”, se distinguieron dos nuevas categorías: “Calle Céntrica con Transporte Público” y “Calle Céntrica sin Transporte Público”. En la Tabla 6.4 se presenta una descripción de cada categoría de arco.

**CUADRO N° 4.2-21**  
**DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS DE ARCOS**

ID	Categoría	Descripción y Ejemplos
1	Autovía	Dentro de esta categoría sólo se encuentra el eje Av. España que une Valparaíso con Viña del Mar. Éste presenta un elevado estándar dentro del área de estudio (3 pistas por sentido, desniveles en intersecciones importantes y calzada segregada del resto de la vialidad en varios tramos).
2	Troncal	Esta categoría agrupa a los arcos que conectan a las comunas del área de estudio entre sí. Además, constituyen ejes estructurantes dentro de cada comuna. Por otra parte, también forman parte de esta categoría, los arcos pertenecientes a las principales rutas que permiten el acceso/salida hacia/desde el área de estudio. En general, los arcos de categoría Troncal tienen un perfil de dos pista por sentido. <b>Ejemplos:</b> 1 Norte (Viña del Mar), Camino Troncal (Quilpué–V.Alemana), Santos Ossa (Valparaíso), Agua Santa (Viña del Mar), Camino Internacional (Viña del Mar), Ruta F30E (Concón), Av. Borgoño (Concón), Av. Jorge Montt (Concón), etc.
3	Colectora Distribuidora	Dentro de esta categoría se encuentran los arcos aledaños a las zonas céntricas y que conectan a la vialidad local con la de tipo troncal o estructurante. Este tipo de arcos juega un rol importante, pues colectan flujo proveniente de arcos locales y los distribuyen en arcos troncales. <b>Ejemplos:</b> Av. Alemania (Valparaíso), Aviador Acevedo (Quilpué), Berlín (Villa Alemana)
4	Calle Céntrica con Transporte Público	Esta categoría contempla arcos ubicados en las zonas céntricas de Valparaíso y Viña del Mar, en los que se registra un importante flujo de buses. <b>Ejemplos:</b> <b>En Valparaíso:</b> Errázuriz, Bustamante, Serrano, Prat, Esmeralda, Condell, Independencia, Blanco, Av. Brasil, Pedro Montt, Av. Argentina, Edwards, Carampangue <b>En Viña del Mar:</b> Viana Álvarez, Arlegui, Libertad, Quillota, 5 Oriente
5	Calle Céntrica sin Transporte Público	Dentro de esta categoría se encuentran los arcos ubicados en las zonas céntricas de Valparaíso y Viña del Mar, donde no transitan buses o su nivel de flujo es poco significativo. <b>Ejemplos:</b> <b>En Valparaíso:</b> Cochrane, Brasil, Blanco, Chacabuco, Independencia <b>En Viña del Mar:</b> Av. Valparaíso, Etchevers, San Martín
6	Calle Local	Esta categoría es la que agrupa a los arcos que dan conectividad al interior de barrios y zonas residenciales. En general, éstos son de bajo estándar (capacidad reducida y baja velocidad de diseño)

**FIGURA N° 4.2-1**  
**Categorías arcos Gran Valparaíso**



**b) Codificación de rutas de buses rurales y camiones**

Se codificaron los recorridos de los siguientes modos:

- Buses Interurbanos
- Buses Rurales
- Camiones Livianos
- Camiones Pesados

Estos modos de transporte se codifican como “flujos fijos”, de manera análoga a los recorridos de buses y taxis colectivos. En la práctica, dichos recorridos actúan descontando capacidad vial. La información base para la construcción de estos recorridos se obtuvo del catastro de transporte público realizado por la Etapa II y del censo a camiones en los puntos de cordón externo y a lo largo de sus rutas.

**c) Calibración de Redes de Transporte Privado**

La calibración de la red de transporte privado es un proceso de estimación de los parámetros de las funciones de costo (denominadas **curvas flujo-demora**) asociadas a las distintas categorías de arcos en la red. Estas funciones tienen la siguiente forma:

$$t(f) = t_0 \cdot \left( 1 + \alpha \left( \frac{f}{cap} \right)^\beta \right) \quad (6-1)$$

donde:

$t(f)$	Tiempo de viaje en el arco para un nivel de flujo $f$ , normalmente expresado en segundos (seg).
$f$	Flujo en el arco (veq).
$t_0$	Tiempo de viaje en el arco a flujo libre (seg).
$cap$	Capacidad del arco (veq).

Para calibrar las curvas flujo-demora para cada categoría de arco, se utilizó el método de Hooke & Jeeves<sup>2</sup>, el que ya ha sido exitosamente utilizado en los modelos de equilibrio de Santiago y de otras ciudades de tipo intermedio

El método de Hooke & Jeeves es un procedimiento iterativo que se utiliza para resolver ciertos problemas de optimización matemática, análogos al que se puede formular para abordar el problema de calibración de redes de transporte. Básicamente, se trata de ajustar los flujos observados con los modelados (resultantes de un proceso de asignación a la red de una matriz de viajes) en ciertos arcos de la red. Estos flujos modelados son función de los parámetros que se intenta calibrar y constituyen las variables de decisión del problema de optimización.

La convergencia del método no está garantizada, porque no necesariamente la función objetivo es estrictamente convexa y, por lo tanto, el método puede converger en óptimos locales. Para superar esta situación, se requiere aplicar el método partiendo desde diversas soluciones iniciales, de modo de aumentar la probabilidad de obtener un óptimo global o al menos asegurar la obtención de una solución de características razonables.

Dada la forma iterativa de uso del método de Hooke & Jeeves, que puede entregar diferentes resultados para los parámetros de calibración dependiendo del óptimo al cual converja, es recomendable adoptar aquella solución cuyos parámetros sean razonables y que mejor replique el histograma de tiempos de viaje observados (medidos de terreno). En el Cuadro N° 4.2-22 se presentan los resultados de la calibración efectuada.

**CUADRO N° 4.2-22**  
**Resultados Calibración Red Transporte Privado**

Categoría De Arco	Punta Mañana		Fuera de Punta	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
1	0.1500	4.1530	0.1781	4.0593
2	0.1500	4.4125	0.1188	4.6844
3	0.0500	3.7638	0.0406	3.8732
4	0.5000	1.5563	0.6469	1.6594
5	0.5500	1.9094	0.8438	1.8438
6	0.5000	2.0000	0.4969	2.0625
Función Objetivo	17.972.816		9.448.132	
Coefficiente de Correlación (R)	82.8%		80.5%	

Fuente: Sectra.

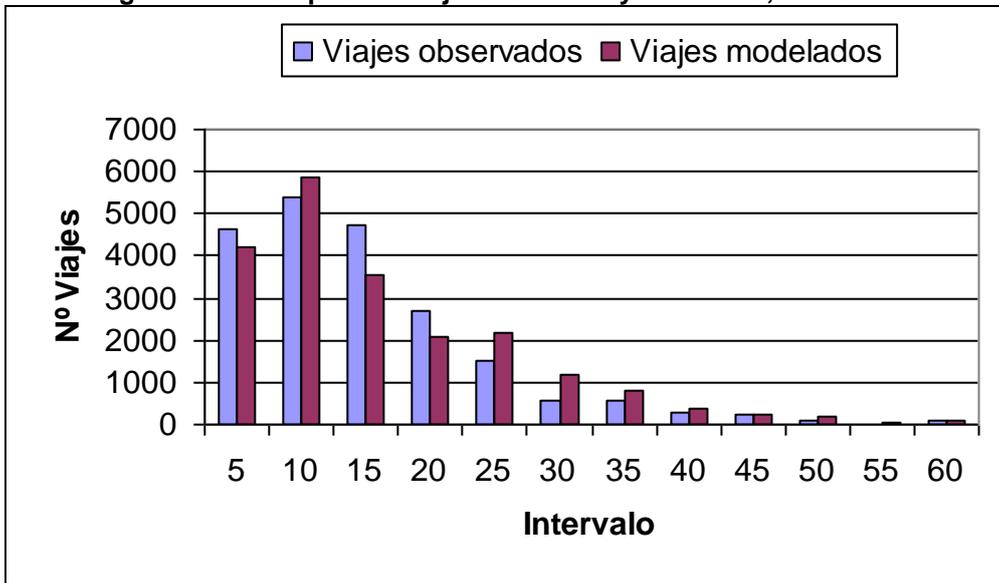
Al realizar una asignación con las curvas calibradas los modelos de redes calibrados reproducen en forma aceptable los flujos observados en los arcos, para ambos períodos de modelación: punta mañana y fuera de punta. El nivel de  $R$  que se verifica para el caso del Gran Valparaíso es elevado ( $R = 82.8\%$  y  $80.5\%$  para punta mañana y fuera de punta), lo que constituye objetivamente un buen resultado. Validación de los resultados

Por otro lado, el modelo debe ser capaz de reproducir tiempos de viaje. En la Figura se compara los histogramas de tiempo medio de viaje medido sobre las redes con modelado para

<sup>2</sup> Hooke R. and Jeeves T.A. (1961) *Direct Search Solution of Numerical and Statical Problems*. Journal of the Association of Computer Machinery Vol. 9, pp 212-229.

el período punta mañana. Es fácil notar que la distribución modelada se aproxima a la observada, ya que las formas de las distribuciones son extremadamente parecidas.

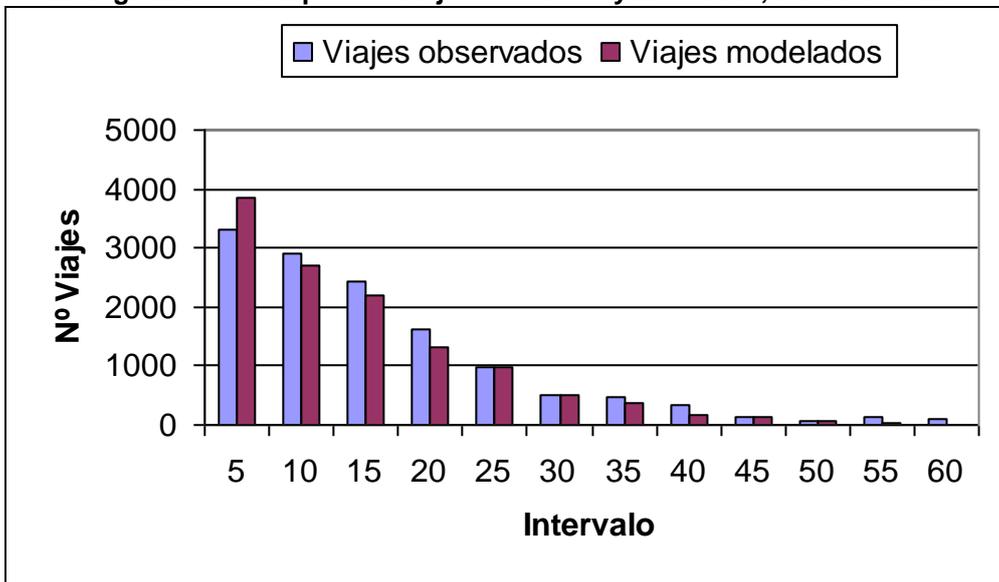
**FIGURA N° 4.2-2**  
**Histograma de Tiempos de Viaje Observado y Modelado, Punta Mañana**



Fuente: Sectra.

En la Figura se muestra histograma observado y modelado de tiempos de viaje, para el período fuera de punta.

**FIGURA N° 4.2-3**  
**Histograma de Tiempos de Viaje Observado y Modelado, Fuera de Punta**



Fuente: Sectra.

El cuadro siguiente compara los tiempos medios de viaje **modelados** y **observados**.

**CUADRO N° 4.2-23**  
**Tiempo Medio de Viaje (TMV) Observado y Modelado**

	TMV obs	TMV mod	% Diferencia
Auto AM	12.5	11.53	-7.76%
Auto FP	13.8	8.24	-40.28%

Fuente: Sectra.

El tiempo medio de viaje modelado (TMV) resultó ser de 11.53 minutos en punta mañana y el tiempo medio de viaje observado fue de 12.5 minutos, lo que indica una diferencia porcentual de -7.76%. Para el período fuera de punta el tiempo medio de viaje modelado (TMV) resultó ser de 8.24 minutos y el tiempo de viaje medio observado fue de 13.8 minutos, lo que implica una diferencia a nivel de validación de un -40.28% de subestimación.

#### d) **Calibración de Redes de Transporte Público (buses y taxis colectivos)**

La información de base para el análisis de los recorridos de transporte público se obtuvo a partir del catastro de transporte público realizado por la Etapa II (1998) de este estudio. El catastro identifica para cada una de las líneas de buses-taxibuses y taxis colectivos de la ciudad, el recorrido de ida y de vuelta, la ubicación de los terminales, la tarifa del servicio, etc. A base de la información catastral se revisó cada uno de los recorridos y analizó la consistencia de ellos, con la representación de la red vial estratégica, sobre la que posteriormente se codificaron acorde a los formatos exigidos por el modelo de transporte público **artp**<sup>3</sup> de **ESTRAUS**.

Los parámetros utilizados en la función de tiempo generalizado sobre las redes de transporte público.

$$tg = 1 \cdot tv + 2 \cdot te + 4 \cdot tc + \frac{1}{11,69} \cdot ta + 0 \cdot tr$$

donde:

tg:	Tiempo generalizado
tv:	Tiempo de Viaje (min.)
te:	Tiempo de Espera (min.)
tc:	Tiempo de caminata (min.)
tr:	Tiempo de trasbordo (min.)
ta:	Tarifa (\$)

Además, es importante señalar que para esta aplicación se considera que el tiempo de espera en paraderos (te) es una función creciente del flujo de pasajeros que accede al paradero. En este caso, se utilizaron los parámetros de la función de tiempo de espera ( $\beta$  y  $n$ ) obtenidos en la calibración realizada para el Gran Santiago. En ésta el valor de  $\beta=4.75$  y  $n=5.81$  (Ver los archivos definicion\_mod0.dat en los directorios de calibración). De esta forma, la función de espera en paradero múltiple (50) queda de la siguiente forma:

$$t_e^j = t_0^j + 4.75 \cdot \phi^{5.81}$$

donde:

$t_e^j$ : Tiempo de espera de los usuarios de la categoría j

$t_0^j$ : Tiempo de espera sin congestión (flujo libre) para la categoría j.

$\phi = \frac{V_s + \tilde{V}_s}{K_s}$ : Término relacionado con el tiempo de espera con congestión.  $V_s$  Es el flujo de pasajeros que viaja entre los nodos inicial y final de  $s$  en alguna de sus líneas,  $\tilde{V}_s$  es el flujo que compite con  $V_s$  por la capacidad de las líneas de  $s$ , y  $K_s$  es la capacidad total provista por las líneas de  $s$ .

<sup>3</sup> Modelo de Asignación a Redes de Transporte Público.

La siguiente tabla presenta los principales resultados de la calibración de redes de transporte público del Gran Valparaíso. Se aprecian niveles de correlación comparables a los obtenidos en otras aplicaciones. Por otra parte, las diferencias promedio ponderadas obtenidas se encuentran dentro de rangos aceptables.

**CUADRO N° 4.2-24**  
**Resultados calibración Redes de Transporte Público del Gran Valparaíso**

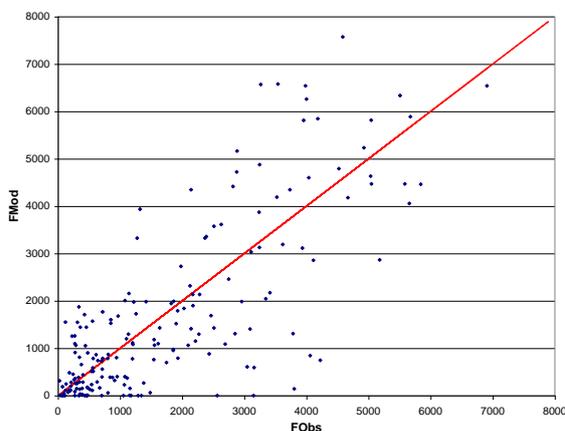
	Bus_AM	Bus_FP	Txc_AM	Txc_FP
DPP	-15%	-16%	-18%	22%
R	82.5%	86.6%	70.3	69.5%
FOBJ	227.377.800	92.598.947	5.419.093	6546929

Fuente: Sectra

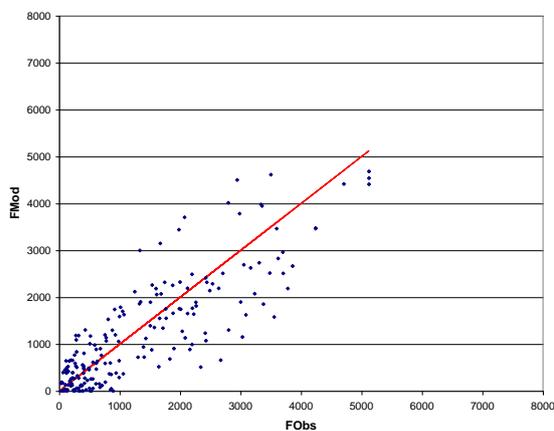
La Figura N° 4.2-4 ilustra la comparación entre flujos observados y modelados. En dichas figuras se aprecia claramente como la nube de puntos se sitúa en torno a la recta de 45°, denotando un buen resultado (flujo observado = flujo modelado).

**FIGURA N° 4.2-4**  
**RESULTADOS CALIBRACIÓN DE REDES DE TRANSPORTE PÚBLICO GRAN VALPARAÍSO**

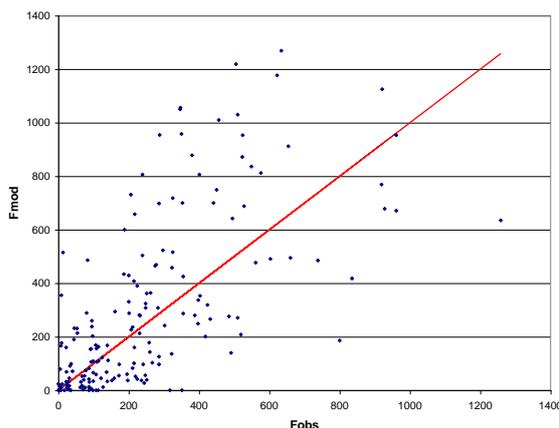
**Bus, Punta mañana.**



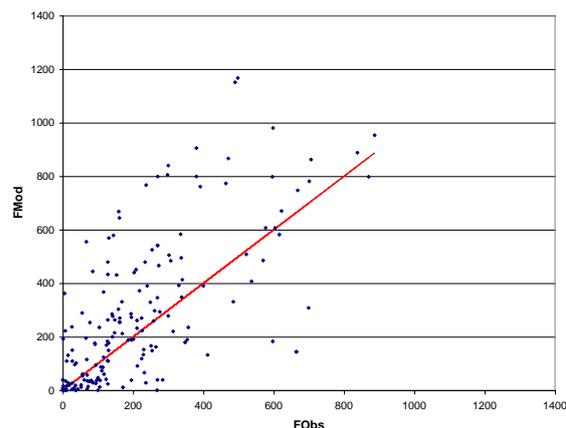
**Bus, Fuera de Punta**



**Taxi colectivo, Punta Mañana**



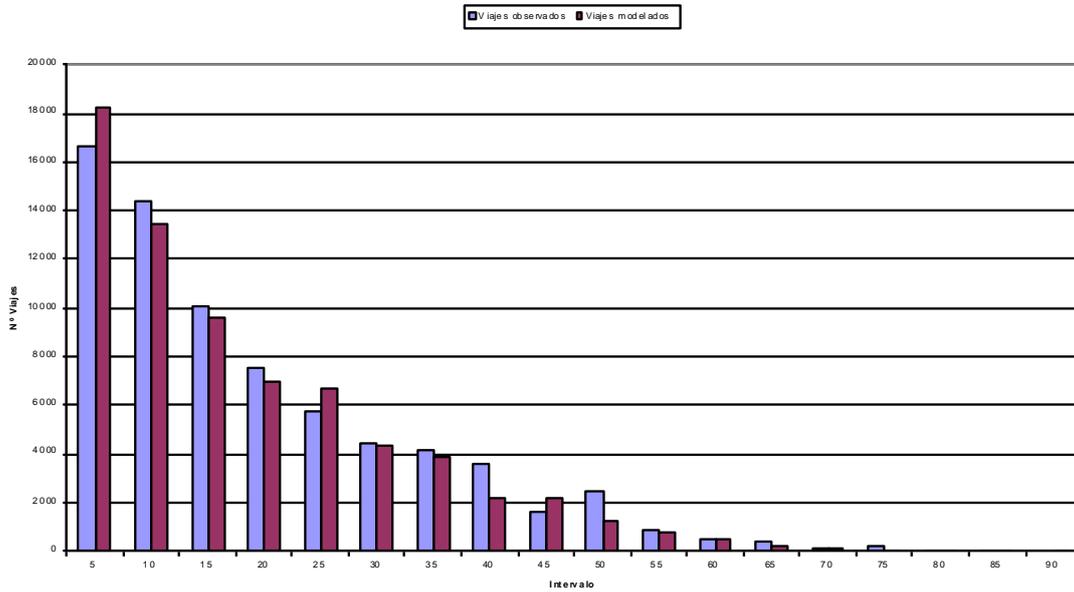
**Taxi colectivo, Fuera de Punta**



Fuente: Sectra

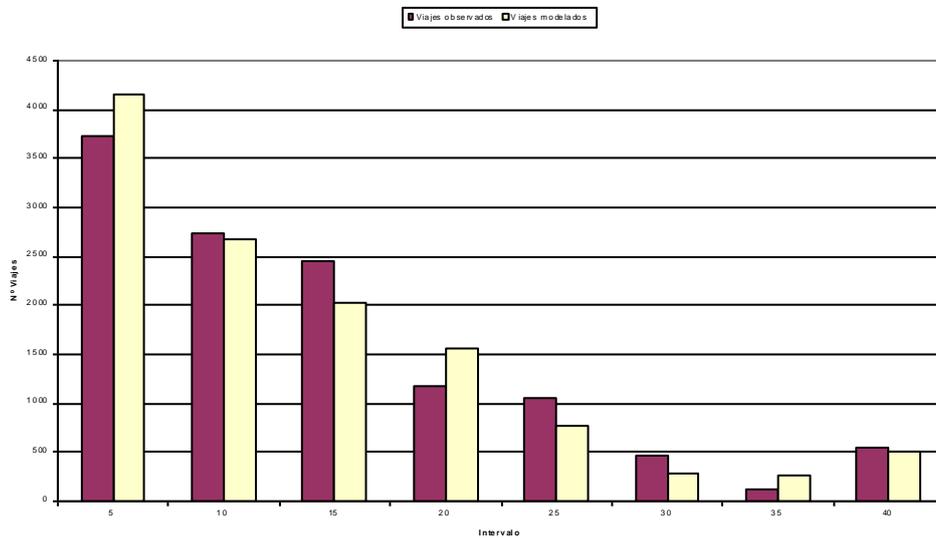
A continuación se presenta la comparación entre la distribución de tiempos de viajes observados (medidos sobre la red) y modelados (obtenidos al considerar los parámetros resultantes de la calibración) para los modos bus y taxi colectivo, en períodos punta y fuera de punta.

**FIGURA N° 4.2-5**  
**Histograma de Tiempos de Viaje Observado y Modelado Red de Bus, Punta Mañana**



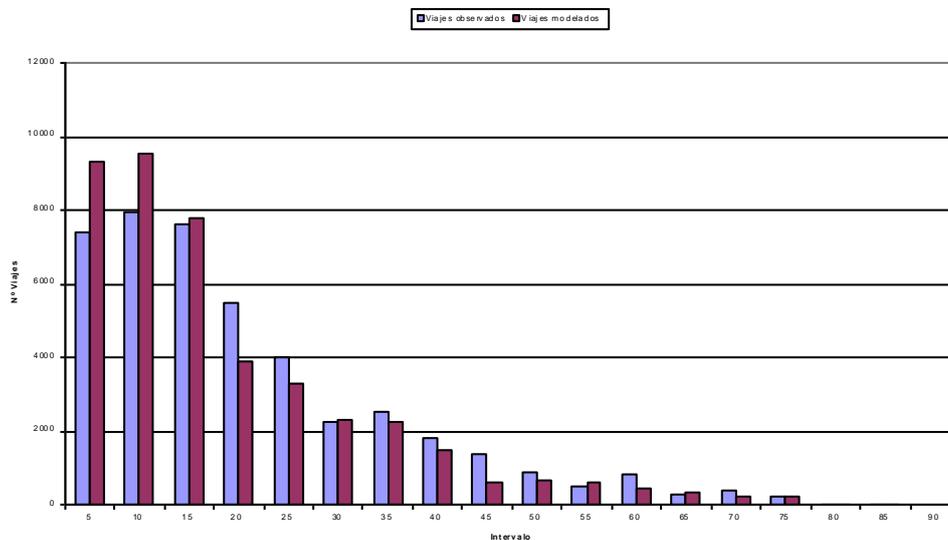
Fuente: Sectra.

**FIGURA N° 4.2-6**  
**Histograma de Tiempos de Viaje Observado y Modelado Red de Taxis colectivos, Punta Mañana**

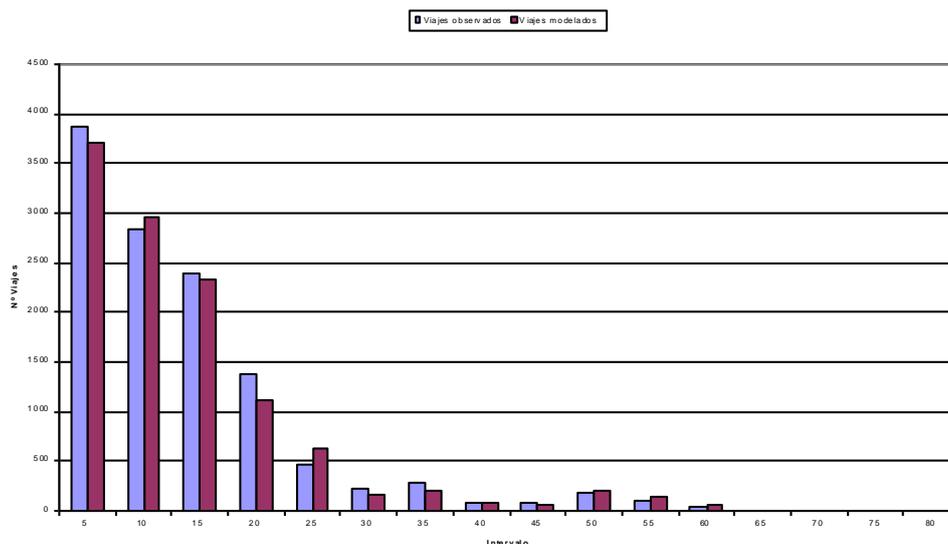


Fuente: Sectra.

**FIGURA N° 4.2-7**  
**Histograma de Tiempos de Viaje Observado y Modelado Red de Bus, Fuera de Punta**



**FIGURA N° 4.2-8**  
**Histograma de Tiempos de Viaje Observado y Modelado Red de Taxis colectivos, Fuera de Punta**



A base de las figuras anteriores, es posible concluir que para los modos bus y taxi colectivo, en ambos períodos del día, la **reproducción global del histograma de tiempos de viaje es buena**. En efecto, la distribución global modelada se aproxima a la distribución medida sobre las redes (para todos los modos y períodos). En las tablas siguientes se presenta una comparación entre los tiempos de viaje observados y modelados.

**CUADRO N° 4.2-25**  
**Tiempos Medios de Viaje en Vehículo Modelados y Observados**

Modo	PUNTA MAÑANA			Modo	FUERA DE PUNTA		
	Modelado	Observado	%		Modelado	Observado	%
Bus	17.88	16.76	7%	Bus	15.29	13.66	12%
Txc	15.1	10.85	39%	txc	13.53	11.15	21%

Fuente: Sectra.

En la tabla anterior se aprecia que los **tiempos medios de viaje** resultaron ser parecidos en casi todos los casos. Sólo en los tiempos registrados sobre la red de taxis colectivos en punta mañana se observa una diferencia más significativa.

#### e) **Limitaciones al proceso de Calibración de Redes**

Las redes de transporte utilizadas en el modelo son de tipo de tipo buffer, útiles para análisis a nivel estratégico, vale decir no incluye a todos los arcos de la vialidad, sólo a los considerados relevantes. La agregación espacial del modelo induce indudablemente diferencias entre los flujos observados y modelados, especialmente porque los viajes intrazonales no son asignados a las redes. Como consecuencia de lo anterior, es normal observar una subestimación de flujos modelados con respecto a los conteos. Además, la red buffer no es rigurosa para considerar los giros no permitidos.

En relación con los conteos de flujo, debe tenerse presente que el “dato” utilizado como referencia en el proceso de calibración puede presentar variabilidad y, por lo tanto, no tiene un valor único o exacto. Esto radica en: (i) La variabilidad que presenta el nivel de flujo en un mismo punto en distintos días de la semana (distintas mediciones) y (ii) Errores propios de la medición. En el presente estudio se estima que los errores en los conteos pueden alcanzar valores máximos de un 10%.

Los conteos incluyen una serie de viajes no habituales (o muy habituales de trabajo) no captados correctamente en la encuesta a hogares (base para la obtención de la demanda). Entre éstos se cuentan:

- Viajes de camionetas repartidoras.
- Vehículos de servicio y otros.
- viajes de trabajo, etc.

Es fácil notar, que si la matriz y los conteos no son coincidentes, se limita la posibilidad de los procesos de calibración. Es claro que el recurso de incluir un factor de subreporte reduce el problema, pero no lo elimina, básicamente porque dicho factor actúa amplificando los viajes captados en la Encuesta y no incorporando los viajes no capturados, que sin duda tienen un patrón diferente, motivo por el que no son captados en la EOD a hogares.

#### f) **Problemas detectados en la EOD a hogares del Gran Valparaíso**

Durante la calibración de redes del estudio Estraval se detectó un problema severo, que impide la reproducción de flujos en ejes importantes del área de estudio. A la fecha, las distintas redes se encuentran calibradas, sin embargo, éstas reproducen estructuralmente la distribución de la EOD a hogares, la que exhibe diferencias de importancia con respecto a los conteos.

Un análisis en detalle permitió verificar que existe un problema objetivo en la **estructura espacial** de los viajes que son obtenidos de la EOD a hogares. El síntoma de ese problema es una inconsistencia entre conteos y resultados agregados de la EOD. La magnitud del problema puede verse en los cuadros siguientes:

**CUADRO N° 4.2-26**  
**Viajes 7:30-8:30, pasando por el Camino Troncal (37020-35010), Modo Auto chofer**

Sentido	EOD	Conteos Trasa (2001)	Conteos INECON (1998)	Conteos Dictuc (2001)
P-O	506	528		
O-P	3233	1379	1069	1144

Como se puede apreciar de la Tabla anterior, existe un **sobre-reporte de un 230%** en el sentido O-P y en el sentido P-O prácticamente no existe sobre-reporte. La situación anterior es delicada ya que los modelos reproducen adecuadamente la estructura de viajes reportada en la

EOD y por lo tanto en el Camino Troncal los modelos entregan alrededor de 3.000 viajes en auto, siendo imposible la calibración de la red en este punto y todas sus zonas aledañas. Además, como se aprecia en el cuadro siguiente, se disponen de tres conteos independientes, Trasa-2001, INECON-1998 y Dictuc-2001, los cuales entregan flujos de autos relativamente parecidos, por lo que se descarta un error en los conteos de flujo.

**CUADRO N° 4.2-27**  
**Viajes 7:30-8:30, pasando por el Camino Troncal (37020-35010), Modo Bus y Txc**

Sentido	EOD		Trasa	
	Bus	Txc	Bus	Txc
P-O	3.021	715	1.553	90
O-P	11.217	768	4.338	346

Como se aprecia de la Tabla anterior existe un sobre-reporte en los viajes que va desde un 200% a un 800% (taxis colectivos sentido P-O). Estas magnitudes escapan a cualquier posibilidad de corrección en el proceso de calibración.

Por último, es necesario señalar que los problemas esbozados aquí se repiten en otros sectores del Gran Valparaíso como **Av. España, el Camino Con-Con Reñaca, Av. Valparaíso** (en Villa Alemana). Problema que se ve agravado debido a que no se detecta un error sistemático, es decir existen tanto sub-reportes como sobre-reportes dependiendo del punto de análisis. De hecho, el factor de sub-reporte global para el período punta mañana es 0,95.

**En resumen**, el problema detectado presumiblemente tiene que ver con la distribución espacial de los viajes. No existen argumentos para considerar que la cantidad de viajes generada según la EOD sea incorrecta, sin embargo su distribución espacial no es consistente con los conteos con que se dispone. A este nivel, dicho problema sólo podría ser explicado por un SESGO en la muestra de Quilpué y Villa Alemana, situación que no puede descartarse se extienda a otras áreas afectadas por problemas similares.

Se descarta un error en las mediciones de los conteos, ya que se dispone de tres fuentes independientes que avalan un mismo resultado. No existe un error sistemático, dependiendo del punto de análisis se observan sub-reportes o sobre-reporte de viajes. Particularmente preocupante son los sobre-reportes que no tienen ninguna explicación aceptable.

El problema anteriormente descrito fue corregido con la estimación de una serie de factores de corrección, los que se presentan en el cuadro siguiente. Estos factores se calcularon como el cociente entre los viajes observados (conteos en línea de pantalla) y los viajes reportados en la EOD'98. Al aplicar este factor de corrección a los viajes que de acuerdo a la encuesta cruzan cada una de las líneas de pantalla, se logró reproducir de manera muy cercana la realidad (compara columna de viajes corregidos con la de viajes observados). El cálculo de los factores de corrección se presenta en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 4.2-28**  
**Factores de Corrección para cada línea de pantalla, período del día y modo**

Línea Pantalla/Período	Sentido	Viajes EOD			Viajes Observados			Factor corrección			Viajes corregidos		
		Auto	Bus	Txc	Auto	Bus	Txc	Auto	Bus	Txc	Auto	Bus	Txc
Quilpué Viña del Mar AM	O-P	2796	11369	782	1379	4338	346	0.49	0.38	0.44	1648	4652	277
Quilpué Viña del Mar AM	P-O	464	3105	701	528	1553	91	1.14	0.50	0.13	554	1706	115
Valparaíso V.del Mar AM	S-N	1329	6738	922	1251	5584	283	0.94	0.83	0.31	1368	5191	262
Valparaíso V.del Mar AM	N-S	4835	16457	1380	2537	7895	293	0.52	0.48	0.21	2893	7719	359
Concón Viña del Mar AM	N-S	355	1091	27	1262	1506	152	3.55	1.38	5.67	1398	1311	139
Concón Viña del Mar AM	S-N	468	1650	113	1098	1535	64	2.35	0.93	0.57	1149	1346	65
Quilpué Viña del Mar FP	O-P	229	2569	356	636	2073	388	2.78	0.81	1.09	682	2534	416
Quilpué Viña del Mar FP	P-O	333	1417	270	606	1601	170	1.82	1.13	0.63	661	1696	202
Valparaíso V.del Mar FP	S-N	643	3057	609	975	4444	581	1.52	1.45	0.95	1053	4260	555
Valparaíso V.del Mar FP	N-S	613	3581	624	1513	5731	870	2.47	1.60	1.39	1745	5277	856
Concón Viña del Mar FP	N-S	122	398	66	806	823	190	6.61	2.07	2.86	771	791	193
Concón Viña del Mar FP	S-N	136	244	107	656	593	78	4.82	2.43	0.73	767	545	86

Fuente: Elaboración Propia a base de información de EOD'98 y Conteos (Etapa II)

**g) Ejecución de Corridos con el modelo calibrado**

Se realizaron las corridas con el modelo calibrado, verificando su ejecución completa y la validación de los resultados obtenidos con el modelo, comparándolos con los valores de calibración. A continuación se presentan algunos ejemplos de los resultados en cada etapa, para el corte temporal 1998, extraídos del informe de referencia, y que resumen las bondades y defectos del modelo Estraval.

**4.2.6 PARTICIÓN MODAL**

Las figuras y tablas siguientes ilustran la reproducción de la partición modal para el período punta mañana y fuera de punta. De ella se desprende que la reproducción es muy aceptable, para este tipo de modelos. También se visualiza de ambas figuras la diferencia en términos de magnitud de los viajes.

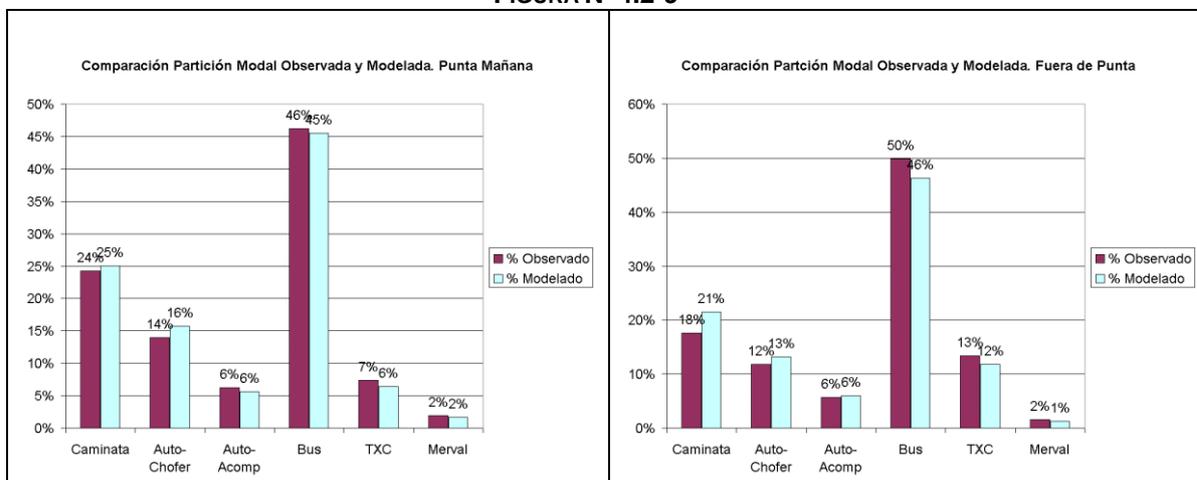
**CUADRO N° 4.2-29**  
**Comparación entre Partición Modal Modelada y Observada (EOD-98),**  
**Período Punta Mañana (7:30 a 8:30 hrs), Año 1998**

Modo	Nº Viajes Obs.	% Observado	Nº Viajes Mod.	% Modelado	Diferencia
Caminata	41,049	24%	42,426	25%	-1%
Auto-Chofer	23,683	14%	26,582	16%	-2%
Auto-Acomp	10,616	6%	9,519	6%	1%
Bus	78,268	46%	76,960	45%	1%
TXC	12,466	7%	10,815	6%	1%
Merval	3,287	2%	2,897	2%	0%
TOTAL	169,369	100%	169,199	100%	0%

**CUADRO N° 4.2-30**  
**Comparación entre Partición Modal Modelada y Observada (EOD-98)**  
**Período Fuera de Punta (10:00 a 11:00 hrs), Año 1998**

Modo	Nº Viajes Obs.	% Observado	Nº Viajes Mod.	% Modelado	Diferencia
Caminata	18,026	18%	21,914	21%	-4%
Auto-Chofer	12,071	12%	13,442	13%	-1%
Auto-Acomp	5,784	6%	6,152	6%	0%
Bus	50,912	50%	47,250	46%	4%
TXC	13,709	13%	12,074	12%	2%
Merval	1,638	2%	1,275	1%	0%
TOTAL	102,140	100%	102,107	100%	0%

**FIGURA N° 4.2-9**



Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 6.15 se concluye que el modelo reproduce la partición modal observada en la encuesta (EOD-98) para ambos períodos, de una forma muy adecuada, considerando las limitaciones de calibración y modelación que son propias de este tipo de modelos.

#### 4.2.7 TIEMPOS MEDIOS DE VIAJE

Las tablas y figuras siguientes presentan los tiempos totales medios de viaje y su composición para los modos asignables incluidos en la simulación.

**CUADRO N° 4.2-31**  
**Comparación Tiempo Medio de Viaje (min) Observado y Modelado. Punta Mañana**

Modo	Modelado	Observado
auto-chofer	11.47	12.5
bus	17.88	16.76
txc	15.1	10.85

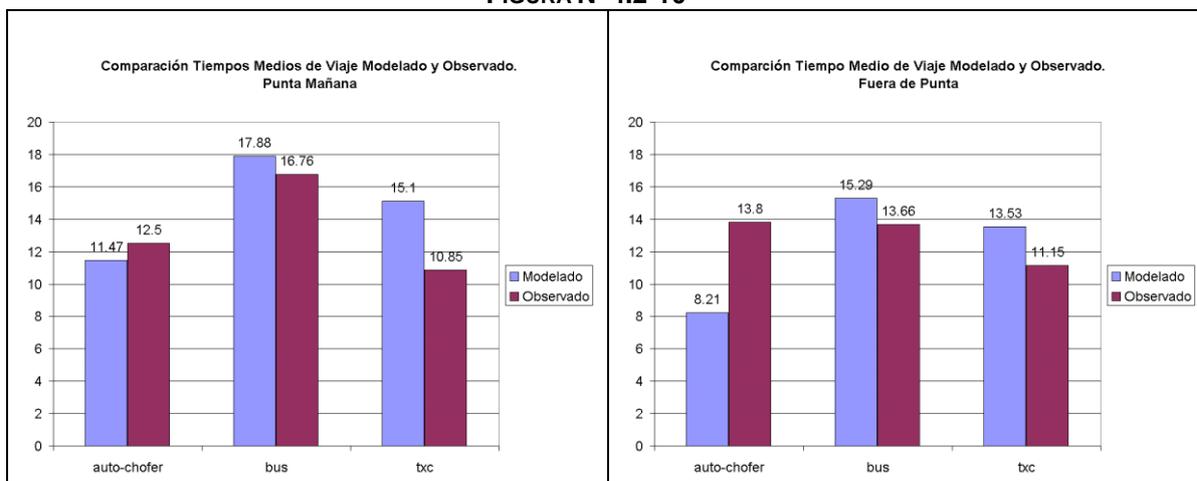
Valores obtenidos de los indicadores globales de Estraval

**CUADRO N° 4.2-32**  
**Comparación Tiempo Medio de Viaje (min) Observado y Modelado. Fuera de Punta**

Modo	Modelado	Observado
auto-chofer	8.21	13.8
bus	15.29	13.66
txc	13.53	11.15

Valores obtenidos de los indicadores globales de Estraval

**FIGURA N° 4.2-10**



### 4.3 PLAN DE DESARROLLO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO, VII ETAPA

Esta Etapa del estudio fue desarrollada por CIS Asociados Consultores en Transporte S.A. y tuvo como objetivo la estimación de modelos de partición modal que sirvan de apoyo para el estudio del mejoramiento del metro regional de Valparaíso.

Para la estimación de modelos de partición modal se utilizó una estrategia metodológica consistente en combinar encuestas de preferencias declaradas con encuestas de preferencias reveladas.

Las preferencias reveladas se obtienen de observar el comportamiento de una muestra de individuos frente a una serie de alternativas de elección, registrando la alternativa seleccionada y los valores de los atributos que describen esta alternativa. En función de esta información se estimó un modelo de elección discreta que entrega el porcentaje de elección de cada alternativa estudiada. Las alternativas de elección pueden ser los distintos modos de transporte: automóvil, bus, tren, etc. en tanto los atributos pueden ser: tiempo de viaje en vehículo, tiempo de caminata, tiempo de espera, costo o tarifa, entre otros.

Las preferencias declaradas por su parte se obtienen del comportamiento declarado respecto de una serie de estímulos diseñados por el modelador. Por ejemplo, se definen distintas alternativas de modo de transporte con valores de los atributos definidos de manera de permitir estimar su valoración por parte de los encuestados.

#### 4.3.1 ESTUDIO DE IMAGEN

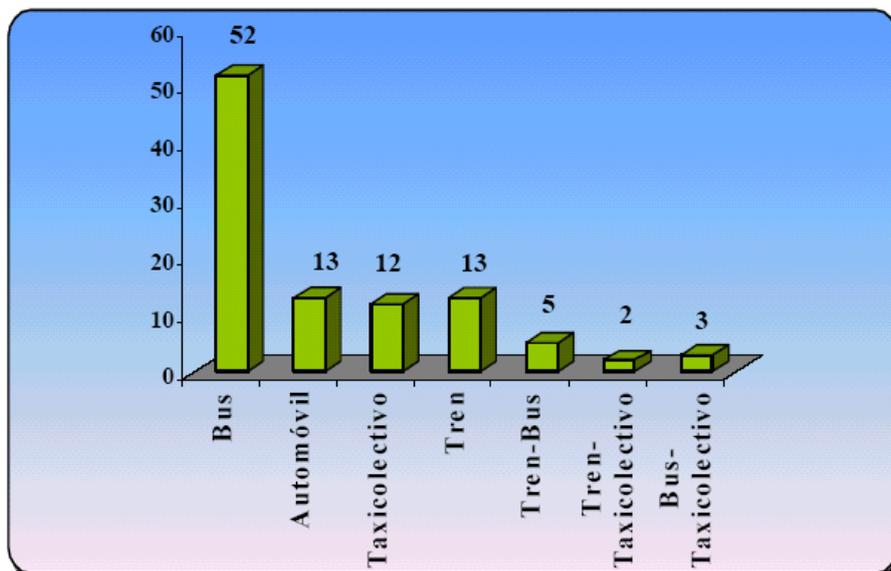
Se realizó un estudio de imagen de los modos de transporte existentes en el corredor Limache – Valparaíso, que permitió apoyar el diseño experimental orientado a la estimación de modelos de partición modal.

El grupo objetivo de la investigación fueron los individuos hombres y mujeres mayores de 12 años, residentes en las ciudades de Viña del Mar, Quilpué, Villa Alemana y Limache, correspondientes a los grupos socioeconómicos ABC1, C2, C3 y D. La investigación se realizó entre el 7 y el 16 de noviembre de 1998 sobre la base de un cuestionario semiestructurado que fue aplicado en hogares localizados en el corredor del tren, alcanzándose un número total de 300 hogares.

Los encuestados declararon realizar en promedio cerca de 2 viajes al día, según la distribución origen – destino presentada en el cuadro siguiente, donde se observa que los destinos mayoritarios se focalizan en Valparaíso y Viña del Mar.

El 90% de los entrevistados utiliza en su viaje más importante del día *un solo modo de transporte*, es decir, no realiza transporte combinado. Dentro del grupo de entrevistados que combina modos de transporte, se destacan las personas entre 25 y 35 años, ya que es en este segmento donde más combinaciones se realizan, alcanzado este porcentaje al 24% de los entrevistados.

El cuadro siguiente presenta la distribución o partición modal, considerándose tanto los modos puros como modos combinados.



Las principales razones por las que se utilizan los distintos modos de transportes son principalmente los tiempos de viajes y la comodidad que éstos medios ofrecen para el traslado de los pasajeros. Particularmente los usuarios de automóvil esgrimen como razones *la comodidad* (81%) y *la rapidez* (49%). Por otra parte los usuarios de taxicolectivos señalan que *la rapidez* (65%) es la razón de uso más importante.

Los usuarios del tren, además de *la comodidad y rapidez* (56% y 51% respectivamente), se señala también su *precio* y *la seguridad* (34% y 28% cada uno) como elementos importantes o razones para elegir viajar en este medio de transporte.

El 80% de los entrevistados que declara no usar el tren como modo de transporte frecuente, argumentando como elemento determinante el mayor tiempo de viaje en este modo. Particularmente este *tiempo* se traduce en *me queda lejos de la parada* (51%), *me deja lejos de mi destino habitual* (29%) y *tiene mala frecuencia de paso/salida* (19%).

**CUADRO Nº 4.3-1**  
**MATRIZ DE ASOCIACIONES DE IMAGEN DE MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Atributos	Tren	Taxicolectivo	Bus	Trolebus	No sabe
Es usado por gente de bajos ingresos	47	6	65	6	1
Se preocupa de entregar buen servicio	54	31	28	7	5
Realizan mantención técnica frecuente	40	18	27	10	27
Pertenece a empresas responsables	62	17	30	13	11

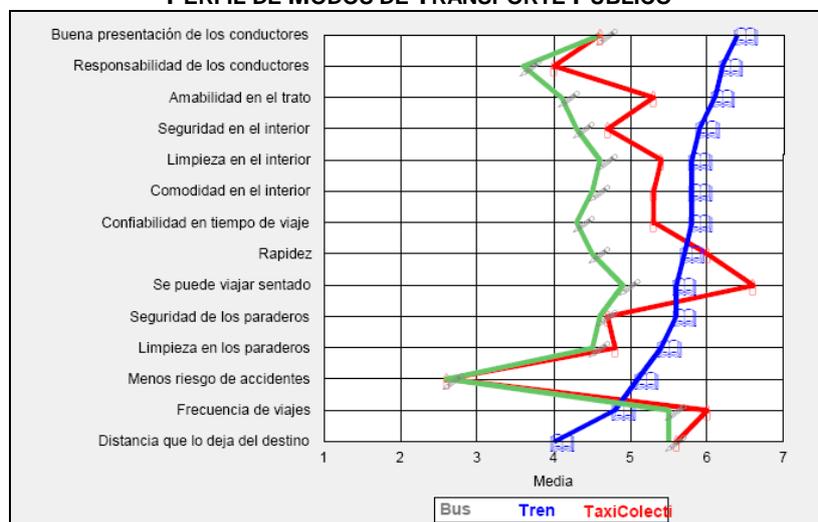
Con estos resultados, se muestra que imagen global que los entrevistados tienen del tren, centra sus bases en hechos importantes como ser considerada una empresa responsable (realiza mantenciones periódicas) y se preocupa de entregar un buen servicio.

Al comparar la evaluación otorgada a los atributos de los distintos modos de transporte resulta que el automóvil resulta mejor evaluado. Los atributos como *comodidad en el interior, confiabilidad en el tiempo de viaje, rapidez y distancia que lo deja del destino* son evaluados de mejor forma para este modo. En una escala de evaluación de 1 a 7 el automóvil no baja de promedios 6.2, lo que hace que sea casi imposible que cualquier modo de transporte público lo supere en servicio.

La evaluación que los entrevistados realizan del tren es bastante positiva ya que obtiene la mejor evaluación en siete atributos comunes a los cuatro modos de transporte. Además el riesgo de accidentes, es muy bien evaluado, ya que el tren se ve como el modo de transporte más seguro.

La principal fortaleza de los taxicolectivos es que *se puede viajar sentado*. Por otra parte, el bus, es el modo de transporte que obtiene las evaluaciones más bajas de todos los modos, no sobrepasando en cada atributo una media de 5.5.

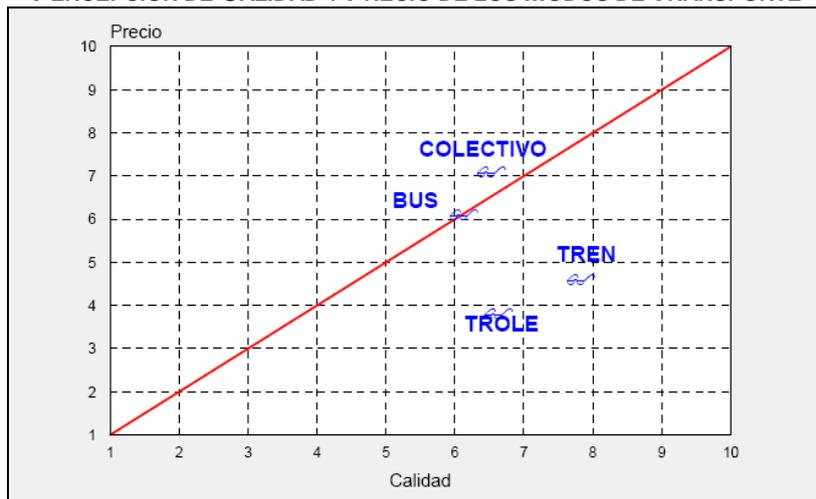
**FIGURA Nº 4.3-1**  
**PERFIL DE MODOS DE TRANSPORTE PÚBLICO**



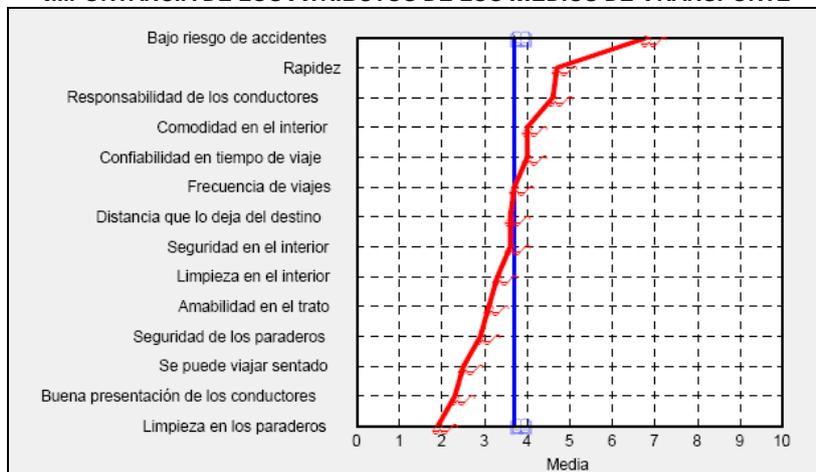
**FIGURA N° 4.3-2**  
**EVALUACIÓN ATRIBUTOS DEL TREN (USUARIOS V/S NO USUARIOS DEL TREN)**



**FIGURA N° 4.3-3**  
**PERCEPCIÓN DE CALIDAD Y PRECIO DE LOS MODOS DE TRANSPORTE**



**FIGURA N° 4.3-4**  
**IMPORTANCIA DE LOS ATRIBUTOS DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE**



### 4.3.2 PREFERENCIAS DECLARADAS

Se realizó un diseño experimental reconociendo los principales resultados del estudio de imagen de los modos de transporte público y la experiencia de anteriores estudios. El diseño experimental de preferencias declaradas debía permitir estudiar la partición modal en el corredor y obtener la valoración de los atributos que influyen en el comportamiento de los usuarios. De esta forma, al combinar datos u observaciones de preferencias reveladas con las preferencias declaradas se obtendrían mejores modelos que aquellos obtenidos de datos puros, sean de preferencias reveladas o preferencias declaradas.

El cuadro siguiente presenta el conjunto de experimentos definidos.

**CUADRO Nº 4.3-2  
DISEÑOS EXPERIMENTALES**

Diseño	Alternativas Disponibles	Tiempo de Viaje
1	Bus, Tren, Taxicolectivo	Corto ( t < 35 min.)
2	Bus, Tren, Taxicolectivo	Medio (35 < t < 55 min.)
3	Bus, Tren, Taxicolectivo	Largo ( t > 55 min.)
4	Bus, Tren, Taxicolectivo, Auto por Autopista, Auto por Troncal	Corto ( t < 35 min.)
5	Bus, Tren, Taxicolectivo, Auto por Autopista, Auto por Troncal	Medio (35 < t < 55 min.)
6	Bus, Tren, Taxicolectivo, Auto por Autopista, Auto por Troncal	Largo ( t > 55 min.)

Se levantó una muestra de 1776 individuos residentes en el área de influencia del tren. Para lo cual se consideró un muestreo bietápico, primera selección el hogar y segunda selección una persona mayor de 15 años perteneciente al hogar y que realizara viajes en el corredor.

La gran mayoría de los encuestados (85%) declararon costear ellos mismos su viaje habitual en el corredor, o bien, era pagado por otro miembro de la familia (14%), resultado que justifica modelar considerando como variable explicativa el ingreso familiar.

El tamaño de la muestra de preferencias reveladas para el período punta mañana alcanza un valor de 4333 observaciones. La partición modal representa aproximadamente la partición modal observada en el Gran Valparaíso, ya que el grueso de la muestra fue obtenida aleatoriamente y complementada con viajes en el corredor.

Se estimaron modelos por propósito y período, considerando los propósitos: trabajo, estudio y otros, y los períodos punta mañana y fuera de punta. En primer lugar se realizó una estimación de modelos puros de preferencias declaradas, esto es sin considerar las observaciones provenientes de las preferencias reveladas.

**CUADRO Nº 4.3-3  
MODELOS DE PREFERENCIAS DECLARADAS (MNL)**

Atributos	Período Punta Mañana	Período Fuera de Punta	Período Punta Tarde
Costo Total (paga Otro Todo E)	-0,001 (-4,02)	-0,002 (-6,76)	-0,003 (-9,6)
Costo Total (PV Estrato SEC 1)	-0,006 (-15,5)	-0,004 (-12,65)	-0,006 (-13,54)
Costo Total (PV Estrato SEC 2)	-0,003 (-12,2)	-0,004 (-12,9)	-0,005 (-13,1)
Costo Total (PV Estrato SEC 3)	-0,002 (-6,8)	-0,002 (-6,8)	-0,001 (-3,4)
Tiempo en el modo Propósito Trabajo	-0,028 (-10,5)	-0,041 (-6,7)	-0,021 (-3,3)
Tiempo en el modo Otros Propósitos	-0,02 (-9,4)	-0,025 (-13,5)	-0,025 (-12,1)
Tiempo de Acceso Propósito Trabajo	-0,1 (-14,2)	-0,019 (-1,4)	-0,115 (-7,9)
Tiempo de Acceso Otros Propósitos	-0,057 (-12,5)	-0,061 (-15,0)	-0,073 (-17,3)
Tiempo de Egreso Propósito Trabajo	-0,057 (-9,0)	-0,096 (-6,5)	-0,054 (-4,0)
Tiempo de Egreso Otros Propósitos	-0,041 (-7,9)	-0,041 (-9,2)	-0,063 (-13,3)
Tiempo de Espera	-0,015 (-2,5)	-0,012 (-2,0)	-0,016 (-2,5)
Tiempo de Caminata	-0,024 (-1,8)	0,004 (-0,3)	-0,051 (-4,0)
Intervalo	-0,01 (-2,7)	-0,011 (-3,0)	-0,003 (-0,7)
Estándar	0,0015 (1,6)	0,002 (1,8)	0,0032 (3,2)
Rho	0,413	0,45	0,447

Se observan parámetros estadísticamente significativos en la mayoría de los casos, presentando los signos correctos y la relación entre ellos que se espera. Es así como se aprecia que la utilidad marginal del ingreso decrece con el ingreso y se observa que el valor del dinero propio es mayor al del dinero ajeno. Esto se traduce en que el valor del tiempo es creciente con el ingreso y mayor cuando el viaje es costado por un tercero.

En términos de ajuste no se observan diferencias significativas en los modelos por períodos. Los resultados no son concluyentes respecto de la diferencia en la valoración de las distintas componentes del tiempo de viaje, lo que puede deberse a que el tiempo de acceso y egreso considera el tiempo en vehículo, lo que hace que en algunos casos pueda ser comparable al tiempo de viaje en vehículo del modo principal.

La comparación entre el valor del tiempo en el modo principal para los propósitos trabajo y otros, apuntaría en la línea de que para el propósito trabajo el valor del tiempo sería mayor, la excepción se presenta en el período punta tarde. De igual forma, se aprecia que en la mayoría de los casos el valor del tiempo de acceso/egreso sería mayor al valor del tiempo en el modo principal.

**CUADRO Nº 4.3-4**  
**VALORES SUBJETIVOS DEL TIEMPO MODELO PD**

	Período Punta Mañana	Período Fuera Punta	Período Punta Tarde
<b>Vst (Modo) Trabajo</b>			
Estrato 1	5	10	4
Estrato 2	9	10	4
Estrato 3	14	21	21
Paga Otro	28	21	7
<b>Vst (Modo) Otros Propósitos</b>			
Estrato 1	3	6	4
Estrato 2	7	6	5
Estrato 3	10	13	25
Paga Otro	20	13	8
<b>Vst Acceso Propósito Trabajo</b>			
Estrato 1	17	5	19
Estrato 2	33	5	23
Estrato 3	50	10	115
Paga Otro	100	10	38
<b>Vst Acceso Otros Propósitos</b>			
Estrato 1	10	15	12
Estrato 2	19	15	15
Estrato 3	29	31	73
Paga Otro	57	31	24
<b>Vst Egreso Trabajo</b>			
Estrato 1	10	24	9
Estrato 2	19	24	11
Estrato 3	29	48	54
Paga Otro	57	48	18
<b>Vst Egreso Otros Propósitos</b>			
Estrato 1	10	10	11
Estrato 2	19	10	13
Estrato 3	29	21	63
Paga Otro	57	21	21

Los modelos que en definitiva se aconsejan para su uso en ESTRAVAL y para la estimación de la demanda del MERVAL, son aquellos obtenidos de la estimación mixta, es decir, combinando las bases de preferencias declaradas con las bases de preferencias reveladas.

La especificación de la función de utilidad indirecta considerada en este modelamiento es aquella definida en la Etapa IV de este estudio y que considera el empleo de las siguientes variables.

- Cosing: corresponde a la valoración de la variable costo dividido por la tasa salarial (en \$/min.) del estrato. Se consideraron los estratos definidos en Estraval, siendo el

Ingreso Medio del estrato 1 \$85.000.-, del estrato 2 \$385.000.- y el ingreso medio del estrato 3 corresponde a \$1.050.000.-

- o Tgen: corresponde a la valoración de la variable tiempo generalizado calculada como:  $(4TCAM+TVIA+2*TESP)$ . En el caso del tren, se utilizó la variable intervalo para el cálculo del tiempo de espera.
- o Autos: toma el valor 1 ó 2, si en el hogar existe un auto o más de uno. Se especifica en la función de utilidad del automóvil.

El cuadro siguiente reporta los modelos por propósito y período que fueron obtenidos.

**CUADRO Nº 4.3-5**  
**MODELOS MIXTOS**

	Punta Trabajo	Punta Estudio	Punta Otro	Fuera Trabajo	Fuera Estudio	Fuera Otro
Cosing	-0,0666	-0,08188	-0,0708	-0,0388	-0,0626	-0,07389
t	-8,26	-6,99	-6,33	-3,01	-3,84	-11,33
T gen	-0,0114	-0,00785	-0,00777	-0,00576	-0,0113	-0,0097
t	-13,65	-15,73	-6,47	-4,69	-10,53	-16,73
Estándar	0,0025	0,0018	0,0019			0,00209
t	1,56	1,67	2,98			2,25
Autos	0,785		0,159	0,642		0,865
t	4,33		0,524	0,998		5,09
Rho2	0,641	0,726	0,53	0,632	0,785	0,634

En primer lugar se destaca la bondad de ajuste que indica el índice Rho<sup>2</sup>, como también la significancia estadística de los coeficientes estimados. El cuadro siguiente reporta los valores del tiempo para 3 niveles de tasa salarial.

**CUADRO Nº 4.3-6**  
**VALORES SUBJETIVOS DEL TIEMPO**

Ingreso Familiar (\$/mes)	Punta Trabajo	Punta Estudio	Punta Otro	Fuera Punta Trabajo	Fuera Punta Estudio	Fuera Punta Otro
120.000	2	1	1	1	2	1
1.200.000	17	10	11	15	18	13
1.800.000	26	14	16	22	27	20

#### 4.4 CENSO ENCUESTA ORIGEN DESTINO MACROZONA-NORTE

El estudio “Censo Encuesta Origen–Destino de Pasajeros y Carga Macrozona Centro–Norte, III Etapa”, fue encargado por SECTRA a la firma consultora CIS Asocidos y el principal propósito del estudio fue el levantamiento de una encuesta origen destino a los usuarios del transporte de pasajeros en la Macrozona Centro-Norte del país, la cual comprende las regiones I a VI incluida la Región Metropolitana. La encuesta consideró el transporte carretero en vehículos privados y buses, el transporte ferroviario y el transporte aéreo.

A continuación se presentan los principales resultados y los principales elementos de la metodología utilizada en el estudio “Censo Encuesta Origen–Destino de Pasajeros y Carga Macrozona Centro–Norte, III Etapa”, prestando especial atención a aquellos resultados referentes a la V región.

##### 4.4.1 ZONIFICACIÓN Y RED VIAL

La zonificación define el grado de agregación espacial que utilizada en la estimación de los orígenes-destinos de los viajes. En el estudio se empleó una zonificación a nivel comunal, con la excepción de los grandes centros poblados que agrupan a más de una comuna, como Santiago, Gran Valparaíso y Serena-Coquimbo. También se definió la agregación espacial de las zonas externas, que consideraron las regiones VII al sur y otros países. Esta zonificación no

es totalmente compatible con la zonificación empleada en el presente estudio, lo que impide la utilización directa de los antecedentes en la modelación.

#### 4.4.2 ENCUESTAS A USUARIOS DE BUSES INTERURBANOS

##### a) Catastro de Terminales y de Servicios de Transporte Público

Para realizar la determinación de la oferta de servicios de buses rurales e interurbanos que operan en la Macrozona Centro Norte, se llevó a cabo inicialmente un catastro de todos los terminales existentes en la zona y de los servicios que allí operan, actividad que se desarrolló durante el mes del marzo del año 2001.

Se presenta a continuación el detalle de los terminales ubicados en el área de estudio.

**CUADRO N° 4.4-1**  
**TERMINALES DE LA V REGIÓN Y OFERTA DE SERVICIOS ASOCIADA**

Comuna	Localidad	Nombre del Terminal
<b>Terminales de la Provincia de Quillota</b>		
Olmué	Olmué	Terminal de Pullman Bus de Olmué
		Terminal Granizo de Olmué
Limache	Limache	Terminal Palmira de Limache
		Terminal Golondrina de Limache
		Terminal Pullman Bus de Limache
		Terminal TGP de Limache
		Circunv. Centro de Limache
Quillota	Quillota	Terminal Golondrina de Quillota
		Circunv. Centro de Quillota
La Calera	La Calera	Rodoviario de La Calera
		Terminal Carolina del Valle de La Calera
		Terminal Pullman Bus de La Calera
		Terminal Golondrina de La Calera
Nogales	Nogales	Terminal Limequi de Nogales
		Circunv. Centro de Nogales
	El Melón	Circunv. Centro de El Melón
Hijuelas	Ocoa	Terminal Carolina del Valle de Ocoa
		Terminal Limequi de Ocoa
	Q. de Herrera	Circunv. Centro de Quebrada de Herrera
<b>Terminales de la Provincia de Valparaíso</b>		
Valparaíso	Valparaíso	Rodoviario de Valparaíso
		T. Sol del Pacífico de Playa Ancha
		T. Ciferal Express de Playa Ancha
		Terminal La Porteña de Valparaíso
		Circunv. Aduana de Valparaíso
Viña del Mar	Viña del Mar	Rodoviario de Viña del Mar
		Circunv. Centro de Reñaca
Quilpué	Quilpué	Terminal Chacao de Quilpué
Villa Alemana	Villa Alemana	Terminal Buses JM en V. Alemana
		Terminal Pullman Bus V. Alemana
		Terminal Sol del Sur V. Alemana
Casablanca	Casablanca	T. Pullman Bus Curacaví de Casablanca
		Terminal Mirasol de Casablanca
		Circunv. Centro de Casablanca
Puchuncaví	Horcón	Terminal Sol del Pacífico de Horcón
		Terminal Limequi de Horcón
Quintero	Quintero	Terminal de Quintero

Fuente: Censo Encuesta Origen-Destino de Pasajeros y Carga Macrozona Centro-Norte, III Etapa

En cada uno de los terminales se identificó la oferta de servicios originada y de paso, generándose con esto una matriz de buses que operan entre las distintas zonas O/D, Dicha matriz representa entonces los distintos estratos que se deben muestrear, y para los cuales se determinarán los tamaños de muestras necesarios.

**b) Muestras a Pasajeros de Servicios de Buses Rurales e Interurbanos**

Para fines de construcción de matrices se realizó encuestas a usuarios de transporte interurbano en terminales de origen y terminales intermedios. Se realizó un extenso trabajo de campo el que concluyó con más de 40.000 encuestas a usuarios entre la primera región y la región metropolitana.

**4.4.3 SERVICIOS FERROVIARIOS**

La oferta de servicios ferroviarios se obtuvo directamente de EFE y Merval con la información entregada por la sección Itinerarios. La frecuencia obtenida en el Servicio Limache – Puerto y Puerto-Limache es de 35 servicios diarios tanto en verano como en invierno.

Las encuestas a los servicios férreos se llevaron a cabo al interior del ferrocarril, orientándose a todos los pasajeros que acceden al tren a lo largo de su trayecto, hasta salir del área de influencia del Estudio. Para el caso del Merval, las entrevistas se realizaron sólo en el tramo Limache – Peñablanca, evitando así encuestar a los pasajeros intrazonales del Gran Valparaíso.

**4.4.4 ENCUESTAS EN CARRETERAS A VEHÍCULOS**

Para las dos temporadas del año, se realizaron las mediciones en carretera en 134 puntos de control, distribuidos entre las distintas regiones del área de influencia del Estudio. En dichos lugares se desarrollaron conteos de tránsito por tipología de vehículos, durante las 24 hrs. de un día laboral de la Temporada; así también, y en paralelo, se realizaron encuestas Origen y Destino a una muestra de los usuarios de vehículos livianos, ellos durante un período continuo de 24 hrs. del día y de 14 hrs. (08:00 a 22:00) en los casos en que el Punto de Control no fue definido con mediciones nocturnas.

En el cuadro siguiente se presenta la localización de algunos Puntos de Control que pueden resultar relevantes para el presente análisis. Sin embargo, se debe notar que la zonificación no es compatible con la empleada en el presente estudio, por lo que los antecedentes no pueden ser empleados directamente, sino que pueden ser empleados para verificar las modelaciones.

**CUADRO Nº 4.4-2  
 UBICACIÓN DE PUNTOS DE ENCUESTA EN LA V REGIÓN**

Código PC	Provincia	Ruta	Entre las localidades de:
4	Quillota	5	Nogales y El Melón
5	Quillota	5	La Calera e Hijuelas
6	Quillota	62	San Pedro y Limache
7	Quillota	62	Quillota y La Cruz
8	Valparaíso	60 CH	Con Cón y El Colmo
9	Valparaíso	F-30-E	Laguna de Zapallar y Puchuncaví
10	Valparaíso	F-30-E	Con Cón y Ventanas
11	Valparaíso	F-50	Lo Orozco y Las Palmas
12	Valparaíso	68	Peñuelas y Placilla
13	Valparaíso	F-90	Casablanca y Algarrobo
14	Valparaíso	62	Villa Alemana y Limache
15	Valparaíso	F-210	Quintero y Puchuncaví
25	Valparaíso	F-20	Puchuncaví y Nogales

Fuente: Censo EOD, III Etapa.

#### 4.5 ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RED VIAL CARTAGENA–QUINTAY

En el marco del proceso de licitación de la construcción de una autopista alternativa a la ruta costera entre Cartagena y Quintay, el Ministerio de Obras Públicas a través de la Unidad Ejecutiva Concesión de Carreteras, contrató a la Firma Consultora LEN Asociados, el desarrollo del estudio denominado “Estudio de Ingeniería de Tránsito Red Vial Cartagena – Quintay, Vª Región”.

Dicho estudio, se orientó a cuantificar la demanda que solicita el Litoral Central, con el fin de analizar las posibles reasignaciones de tránsito producto de la implementación de la nueva ruta. Se construyeron matrices de viaje a partir de mediciones de terreno, empleando el método de consolidación mediante máxima verosimilitud, las cuales fueron modeladas con el modelo SATURN y el modelo EMME/2.

Para la realización del estudio fue necesario efectuar mediciones de tránsito, dentro de las que se cuenta, conteos de flujo, encuestas origen-destino, encuestas de preferencias declaradas y mediciones de flujo-velocidad; además se realizó una completa caracterización de la red vial.

Los puntos de control de encuestas origen-destino se presentan en el Cuadro N° 4.5-1 , mientras que en el Cuadro N° 4.5-2 se presentan los puntos de control en los cuales se midieron flujo vehiculares.

**CUADRO N° 4.5-1**  
**PUNTOS DE ENCUESTA ORIGEN-DESTINO**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RED VIAL CARTAGENA – QUINTAY, Vª REGIÓN**

PC	Ruta	Descripción y Ubicación	Movimientos
1	F-800	Camino Las Tablas – Quintay Bifurcación Tunquén	Ruta 68 – Quintay Ruta 68 – Tunquén
2	F-800	Camino Las Tablas – Quintay Bifurcación Tunquén	Quintay - Ruta 68 Quintay – Tunquén
3	S/R	Bifurcación Tunquén Empalme F-800 Las Tablas - Quintay	Tunquén - Ruta 68 Tunquén – Quintay
4	F-90	Cruce Ruta F-962-G Sector Orrego Abajo	Ruta 68 – Algarrobo Ruta 68 – Lagunillas Ruta 68 - Las Dichas
5	F-90	Cruce Ruta F-962-G Sector Orrego Abajo	Algarrobo - Ruta 68 Algarrobo – Lagunillas Algarrobo - Las Dichas
6	F-962-G	Cruce Ruta F-90 Sector Orrego Abajo	Lagunillas - Ruta 68 Lagunillas – Algarrobo Lagunillas - Las Dichas
7	F-930	Cruce Ruta F-90 Sector Orrego Abajo	Las Dichas - Ruta 68 Las Dichas – Algarrobo Las Dichas – Lagunillas
8	G-962-F	Sector Cruce Ruta 78	Malvilla – Lagunillas
9	G-962-F	Sector Cruce Ruta 78	Lagunillas – Malvilla
10	G-98-F	Entre los Balnearios San Sebastián y Las Cruces Sector San Carlos - Playa Blanca	Cartagena - Las Cruces
11	G-98-F	Entre los Balnearios San Sebastián y Las Cruces Sector San Carlos - Playa Blanca	Las Cruces – Cartagena
12	G-98-F	Entre los Balnearios El Tabo y El Quisco Sector Punta de Tralca	El Tabo - El Quisco
13	G-98-F	Entre los Balnearios El Tabo y El Quisco Sector Punta de Tralca	El Quisco - El Tabo
14	G-98-F	Entre los Balnearios Algarrobo y Mirasol Intersección Ruta F-840	Algarrobo – Mirasol Algarrobo - Las Dichas
15	G-98-F	Entre los Balnearios Algarrobo y Mirasol Intersección Ruta F-840	Mirasol – Algarrobo Mirasol - Las Dichas
16	F-840	Intersección Ruta F-98-G	Las Dichas – Algarrobo Las Dichas – Mirasol

**CUADRO N° 4.5-2**  
**PUNTOS DE CONTEOS DE FLUJO VEHICULAR**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RED VIAL CARTAGENA – QUINTAY, Vª REGIÓN**

PC	Ruta	Descripción y Ubicación	Movimientos
17	G-98-F	Entre los Balnearios de las Cruces y El Tabo (Municipalidad)	Cruce
18	F-98-G	Entre los balnearios El Quisco y Algarrobo (entrada al Canelo)	Directo
19	G-94	En el sector San Antonio - Cartagena Km. 12	Directo
20	78	En la intersección entre la Ruta 78 y G-98-F	Cruce
21	G-96	Bajada a Cartagena, intersección G-96 y G-98-F	Empalme
22	G-94	En la intersección entre G-94 y G-98-F	Empalme
23	G-966	Sobre G-966, en el sector de Lo Abarca	Directo
24	G-984	En la intersección entre G-984 y G-992-F	Empalme
25	G-966	En la intersección entre G-996 y G-960-F	Empalme
26	G-950	En la intersección entre G-950 y F-960-G	Cruce
27	F-90	En la intersección entre F-90 y el nuevo acceso a Algarrobo	Empalme
28	F-90	En la intersección entre F-90 y F-74-G	Cruce
29	F-90	En la intersección entre Ruta 68 y F-90	Empalme
30	G-98-F	Sobre el arco urbano de San Sebastián en acceso a Lo Abarca	Empalme
31	G-98-F	Acceso sur a Las Cruces, intersección entre G-990 y G-98-F	Empalme
32	G-98-F	Sobre el arco urbano de El Tabo en acceso a G-996	Cruce
33	F-98-G	Sobre arco urbano de El Quisco en acceso a G-950 (camino Totoral)	Empalme
34	F-98-G	Sobre arco urbano de El Quisco en Avenida Francia	Cruce
35	F-98-G	Sobre arco urbano de Algarrobo en empalme F-98-G y F-90	Empalme
36	F-98-G	Sobre arco urbano de Algarrobo en empalme F-98-G y F-832	Empalme
37	G-60	Entre Melipilla y Bollenar	Melipilla - María Pinto
38	G-60	Entre Melipilla y Bollenar	María Pinto - Melipilla

**a) Modelos de Elección de Ruta**

Para cuantificar en forma apropiada la disposición a pagar de los usuarios de la Red Vial entre Cartagena y Quintay, se procedió a realizar encuestas de preferencias declaradas y reveladas, las cuales fueron levantadas en temporada de verano y normal.

En los Cuadro N° 4.5-3 y Cuadro N° 4.5-4 se presentan los modelos estimados en dicho estudio.

**CUADRO N° 4.5-3**  
**MODELOS MIXTOS DEFINITIVOS DE TEMPORADA NORMAL**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RED VIAL CARTAGENA – QUINTAY, Vª REGIÓN**

Variable	Rango de Ingreso (M\$)	Laboral		Festivo	
		Param	t-est	Param	t-est
TV. Calzada Simple y Urbana		-0,0229	-25,3	-0,0275	-36,0
TV. Calzada Doble		-0,0165	-12,4	-0,0236	-21,0
Valor del Peaje	< 460	-0,000605	-22,5	-0,000677	-29,7
	460 – 1360	-0,000519	-14,2	-0,000456	-18,3
	> 1360	-0,000184	-4,5	-0,000254	-9,1
Cuesta Zapata (PR)		-1,6800	-12,9	-1,6990	-23,5
TV Nueva Ruta Calz Doble (PD)		0,0520	14,4	0,0336	8,6
LL(0)		-6428		-10438	
LL(C)		-6141		-10143	
LL(θ)		-5715		-9254	
RHO²(0)		0,111		0,113	
RHO²(C)		0,070		0,088	
VST Calzada Simple y urbana (\$/min)	< 460	37,90		40,69	
	460 – 1360	44,15		60,32	
	> 1360	124,70		108,30	
VST Calzada Doble (\$/min)	< 460	27,25		34,90	
	460 – 1360	31,75		51,73	
	> 1360	89,66		92,88	

**CUADRO N° 4.5-4**  
**MODELOS MIXTOS DEFINITIVOS DE TEMPORADA ALTA**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RED VIAL CARTAGENA – QUINTAY, Vª REGIÓN**

Variable	Rango de Ingreso (M\$)	Laboral		Festivo	
		Param	t-est	Param	t-est
TV. Calzada Simple y Urbana		-0,0509	-47,7		
TV. Calzada Doble		-0,037	-33,9		
Tiempo de Viaje				-0,034540	-29,6
Cuesta Zapata		-1,564	-13,9	-1,506	-12,7
Peaje	< 460	-0,000767	-36,1	-0,000371	-11,7
	460 - 1360	-0,000626	-24,4	-0,000359	-11,5
	> 1360	-0,000498	-24,0		
LL(0)		-9492		-5720	
LL(C)		-8909		-5360	
LL(q)		-6823		-4973	
RHO <sup>2</sup> (0)		0,281		0,131	
RHO <sup>2</sup> (C)		0,234		0,072	
VST Calzada	< 460	66,35			
Simple y urbana	460 - 1360	81,38			
(\$/min)	> 1360	102,17			
VST Calzada	< 460	48,27			
Doble	460 - 1360	59,2			
(\$/min)	> 1360	74,32			
VST	< 460			93,00	
(\$/min)	>460			96,29	

#### 4.6 ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RUTA 60 CH

Tal vez el estudio de mayor relevancia para el presente análisis es el estudio de la Concesión de la Ruta 60CH, el cual fue desarrollado por CITRA Ltda., donde participó activamente el equipo profesional de la presente oferta.

El estudio fue encargado por la Coordinación General de Concesiones en el año 1999 y su objetivo principal fue la evaluación social de distintas alternativas del proyecto de la Ruta 60 CH, entre Valparaíso y Los Andes, así como en la recolección de información de tránsito variada y fidedigna del sector de interés, con el fin de entregar los antecedentes a los interesados en la concesión de la ruta.

A continuación se presentan algunos antecedentes que pueden resultar relevantes para el presente estudio:

##### a) Periodización

La periodización se realizó en dos etapas, donde la primera consistió en definir dos temporadas de modelación. Para esto se realizó un análisis de conglomerados empleando como criterio cada uno de los flujos semanales equivalentes. Como resultado se obtuvo que en temporada de Alta quedan las semanas de Enero y Febrero, la semana santa, la semana del 18 de Septiembre y la del 12 de Octubre, mientras que en las semanas de temporada normal se incluye todo el resto del año.

**CUADRO Nº 4.6-1**  
**PERIODIZACIÓN TEMPORADA ALTA**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RUTA 60CH**

De	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lunes	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Martes	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Miércoles	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Jueves	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
Viernes	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	3
Sábado	1	1	1	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	1
Domingo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	3

**CUADRO Nº 4.6-2**  
**PERIODIZACIÓN TEMPORADA NORMAL**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RUTA 60CH**

De	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lunes	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
Martes	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
Miércoles	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
Jueves	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1
Viernes	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	7	7
Sábado	1	1	1	1	1	1	1	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	7	1
Domingo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1

**CUADRO Nº 4.6-3**  
**PERIODIZACIÓN ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RUTA 60CH**

Temporada	Período	Horas/Período
Alta	1 Nocturno	650
	2 Diurno Laboral	828
	3 Diurno Festivo	196
	4 Punta Festivo Ida	180
	5 Punta Festivo Vuelta	66
Total Temporada Alta		1.920
Normal	1 Nocturno	2.566
	6 Diurno Laboral	2.902
	7 Diurno Festivo	404
	8 Punta Festivo Ida	480
	9 Punta Festivo Vuelta	488
Total Temporada Normal		6.840
Total Anual		8.760

**b) Tratamiento Relaciones Flujo Velocidad**

La determinación de curvas flujo-velocidad se realizó en dos etapas, en una primera se realizó mediciones de velocidad en diversos tramos de la red vial orientados a la calibración de curvas flujo-velocidad. En una segunda etapa las curvas estimadas fueron contrastadas con especificaciones obtenidas en otros estudios.

La información empleada para la construcción de curvas flujo velocidad consideró alrededor de 14.000 registros de mediciones de velocidad, lo que le entrega una gran validez a las curvas flujo velocidad obtenidas, por lo que se propone utilizarlas directamente en el presente estudio.

A partir de los antecedentes recolectados se procedió a estimar relaciones flujo-velocidad, generándose diversas especificaciones funcionales. La formulación que entregó los mejores indicadores es del tipo BPR y su expresión es la siguiente, válida para todos los tipos de vehículo:

$$V_i = \sum_j V_{oj} \cdot \delta_i^j + \alpha_1 \cdot Inter + \alpha_2 \cdot Noad + \alpha_3 \cdot Curv + \alpha_4 \cdot pdte + \delta_{cs} \cdot \left( a_{cs} \cdot \left( \frac{q_{CS}}{Q_{CS}} \right)^{n_{CS}} + a_{Qc} \cdot \left( \frac{q_c}{Q_c} \right)^{n_{Qc}} \right) + \delta_{CD} \cdot \left( \frac{q_{CD}}{Q_{CD}} \right)^{n_{CD}}$$

donde

- Vi : Velocidad del vehículo tipo i
- Voj : Velocidad en flujo libre del vehículo tipo i
- Inter : Grado de interferencia con zonas urbanas (valor entre 0 y 1)
- Noad : Porcentaje del tramo con prohibición de adelantar
- Curv : Curvatura del tramo (°)
- Pdte : Pendiente, expresada en tanto por uno
- qCS : Flujo vehicular en calzada simple
- QCS : Capacidad del arco de calzada simple
- qCD : Flujo vehicular en calzada doble
- QCD : Capacidad del arco de calzada doble
- qc : Flujo vehicular en sentido contrario
- QC : Capacidad de la vía en sentido contrario
- δCS, δCD : Variables mudas que indican si el tramo bajo análisis es de calzada simple o doble
- a1, a2, a3, a4, aCS, aQC, aCD, nCS, nQC, nCD : parámetros del modelo

**CUADRO N° 4.6-4**  
**RELACIÓN FLUJO-VELOCIDAD**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RUTA 60CH**

Parámetro	Coficiente	T Estadístico
Vo VL	100,86	341,3
Vo CS	91,69	156,9
Vo VP	90,81	175,1
Vo LC	97,19	225,7
Inter	-12,73	-53,2
Noad	-9,79	-14,5
Curv	-0,0682	-42,8
Pdte	-0,5832	-5,6
a CS	-15,74	-14,3
n CS	2,00	9,3
a QC	-45,80	-13,3
n QC	1,11	10,5
a CD	-45,22	-15,7
n CD	4,00	-
R2	0,639	
R2 Ajustado	0,639	

Para el caso de los buses se trabajará con tiempos fijos de viaje en los arcos, los cuales surgirán de los tiempos de viaje resultantes de la asignación de los vehículos livianos, a los cuales se les aplicará un factor dependiendo del tipo de vía. Estos factores serán estimados en el presente estudio. Además se deberán definir tiempos de caminata, los cuales serán asociados a los conectores de la red. Finalmente, el costo de viaje en bus incluye la tarifa, la cual esta asociada a cada línea o servicio utilizado.

### c) **Funciones de Utilidad**

La modelación de la asignación de viajes requiere contar con una medida apropiada de la disposición a pagar de los usuarios de la vialidad. Para obtener esta expresión es preciso recurrir a la estimación de modelos de elección de ruta basados en datos de preferencias reveladas o declaradas, o bien obtenerla de estimaciones previas realizadas en el sector bajo estudio.

En este sentido, los antecedentes generados como parte del Estudio de Ingeniería de Tránsito para la concesión de la Ruta 60CH, resultan apropiados para ser empleados en el presente análisis.

En dicho estudio se realizó la estimación de modelos de elección de ruta en base a datos mixtos (preferencias declaradas y reveladas) para una serie de elecciones de viajes de larga distancia (Santiago-Valparaíso) y de corta distancia (Calera-Viña del Mar), de esta manera, entrega antecedentes apropiados para la modelación del presente estudio.

Como resultado del análisis se estimaron modelos de elección de ruta con una función de utilidad lineal, cuyos parámetros se presentan en el siguiente cuadro.

**CUADRO Nº 4.6-5**  
**MODELO MIXTO DE ELECCIÓN DE RUTA ESTRATIFICADO SEGÚN INGRESO FAMILIAR**  
**DÍA DE MEDICIÓN Y TIPO DE VIAJE**  
**ESTUDIO DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO RUTA 60CH**

	Parámetro	t-est	Valor del Tiempo Calz. Doble
Tiempo Calz. Simple	-0,05361	-37,3	
Tiempo Calz. Doble	-0,03741	-23,2	
Tiempo Calz. Urbana	-0,07366	-38,3	
Tiempo Tierra y Cuesta	-0,05808	-8,8	
Peaje Laboral Viaje Corto + Estrato 1 y 2	-0,00080	-9,9	46,6
+ Estrato 3	-0,00044	-3,8	84,7
Peaje Festivo Viaje Corto + Estrato 1	-0,00158	-9,7	23,7
+ Estrato 2	-0,00065	-13,0	57,3
+ Estrato 3	-0,00044	-6,0	85,3
Peaje Viaje Largo + Laboral	-0,00076	-12,2	49,5
+ Festivo	-0,00061	-12,5	61,3
Constante de PD	0,98780	39,2	

Fuente: Estudio de Ingeniería Ruta 60CH

## 4.7 **ANTECEDENTES DE TRÁFICO**

### 4.7.1 **PLAZAS DE PEAJE**

Una de las fuentes de información relevantes para el presente estudio corresponde a las plazas de peajes existentes en la zona. La información de tránsito que aportan las plazas de peajes presenta una gran confiabilidad pues controlan durante todo el año a la totalidad de los vehículos que la cruzan.

En el área de estudio, sólo existe una Plaza de Peaje que permite entregar antecedentes relevantes para la modelación. Esta es la plaza de peaje de Troncal Sur, propiedad de la Sociedad Concesionaria Rutas del Pacífico.

Esta Plaza de Peaje comenzó sus operaciones durante el mes de Julio del presente año, por lo que no posee una cobertura a lo largo de todo el año. Sin embargo, estos antecedentes son relevantes para el presente estudio.

**a) Plaza de Peajes Concesión Autopista Rutas del Pacífico**

Esta Concesión comenzó su operación en el mes de Enero del presente año con la implementación de las siguientes cinco plazas de peaje

- Plaza de peaje Lo Prado : Plaza Troncal con sentido de cobro bidireccional
- Plaza de peaje Zapata : Plaza Troncal con sentido de cobro bidireccional
- Plaza de peaje Zapata Poniente : Plaza lateral con sentido de cobro poniente-orient
- Plaza de peaje Algarrobo : Plaza lateral con sentido de cobro poniente-orient
- Plaza de peaje Tapihue : Plaza lateral con sentido de cobro poniente-orient
- Plaza de peaje Casablanca : Plaza lateral con sentido de cobro poniente-orient
- Plaza de peaje Quintay : Plaza lateral con sentido de cobro poniente-orient

Con posterioridad a la operación de la Ruta 68, en el mes de Julio del presente año, se inauguraron las obras del proyecto del Troncal Sur, el que presenta una Plaza de Peaje Troncal y dos plazas laterales.

En la Figura N° 4.7-1 se presenta la ubicación esquemática de las plazas de peaje.

La localización de estas plazas de peaje, entrega importantes antecedentes para la construcción de matrices los que podrán ser empleados en su totalidad en el presente estudio.



**b) Plaza de Peajes en Ruta 5**

La Concesión de la Ruta 5 en el tramo Santiago Los Vilos, se constituye una alternativa competitiva a la Ruta 68, en viajes entre Santiago y Concón. Más aún considerando la modificación de tarifas en las Plazas de Peajes a principios del año 2002 y el mejoramiento de la Cuesta La Dormida, aparece como una alternativa atractiva en viajes hacia Limache y Villa Alemana. De esta manera, resulta indispensable tener información confiable de los volúmenes de tránsito observados en esta ruta.

Esta ruta presenta dos plazas de peaje, denominadas Plaza de Peaje Lampa y Las Vegas, las cuales fueron habilitadas en ambos sentidos a principios del año 2002.

**4.7.2 PLAN NACIONAL DE CENSOS DE VIALIDAD**

El Ministerio de Obras Públicas recolecta bianualmente información de tránsito en los caminos de la red vial nacional, a través del Plan Nacional de Censos de Vialidad. La gran cobertura de estos censos, permite obtener información de los niveles de flujo en los principales arcos de la red vial bajo estudio. Esta información entrega datos importantes para el ajuste de las matrices de viajes en la zona de estudio.

Las mediciones del PNC consisten en determinar el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), basado en observaciones hechas en tres días del año. Estos corresponden a días miércoles de los meses de Febrero, Junio y Octubre de cada dos años. En muchos de estos puntos se realizan observaciones sólo de 12 horas de duración. A partir de estos datos, la metodología de cálculo, consiste en expandir los datos de 12 horas de duración, a 24 horas. Esto se hace aplicando factores de expansión proporcionados por puntos donde se han hecho conteos de 24 horas, que puedan ser asimilados a las características del punto donde se hicieron 12 horas.

En la zona de estudio existe una gran de puntos del PNC que pueden ser utilizados en el proceso de estimación de matrices, cuya información corresponde al año 2002.

En Anexos se presenta el total de la Información de Puntos del Plan Nacional de Censos para la Región Quinta y Metropolitana.

## **ANEXO 4-1**

### **Información de Puntos del Plan Nacional de Censos para la Región Quinta y Metropolitana.**