

CAPÍTULO 8. MODELOS DE DEMANDA

8.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se presenta un análisis de los modelos de Estrasur discutiendo la capacidad de los modelos construidos para ser utilizados en el presente estudio. Adicionalmente se presenta la calibración de modelo de generación-distribución conjunta para transporte de pasajeros y de carga.

8.2 ANTECEDENTES DE ESTRASUR

El proyecto ESTRASUR tiene como objetivo general el desarrollo y la implementación de una herramienta de modelación para explicar y predecir el comportamiento o funcionamiento del Sistema de Transporte Interurbano (STI) de la MacroZona Sur, constituida por las regiones VII, VIII, IX y X, apoyando así la generación y evaluación de proyectos específicos de desarrollo del STI y el proceso de planificación continua en dicho ámbito geográfico.

En el marco de este proyecto se desarrolló una serie de estudios complementarios tendientes a estimar modelos de demanda capaces de alimentar el modelo estratégico. Estos modelos fueron construidos en base al análisis de diversas fuentes de información, con un muy buen nivel de detalle, lo que permite generar estimaciones confiables de los viajes realizados en la Macrozona Sur, para muchos de los usuarios y productos considerados en el presente estudio.

A continuación se presenta una descripción de los modelos considerados indicando cuales pueden ser utilizados en el presente estudio.

8.2.1 MODELOS DE PASAJEROS

a) Enfoque general de modelación

El objetivo principal del estudio de pasajeros fue la especificación y calibración de los siguientes modelos de demanda de transporte de pasajeros para la Macrozona Sur, para dos temporadas, Normal y de Verano:

- Modelos de Generación de viajes: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre el número de viajes que tiene por origen una zona dada, y ciertas variables o atributos de dicha zona.
- Modelos de Atracción de viajes: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre el número de viajes que tiene por destino una zona dada, y ciertas variables o atributos de dicha zona.
- Modelos de Distribución de viajes: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre el número de viajes que tienen por origen una zona dada y por destino otra zona dada, y variables o atributos de ambas zonas y el costo de transporte entre las mismas.
- Modelos de Partición Modal: su objetivo es hallar relaciones funcionales entre la proporción de usuarios que elige cada modo alternativo de transporte, y variables o atributos de estos modos,

Los modelos desarrollados como parte de este estudio pueden ser implementados directamente en el presente estudio para la proyección de matrices.

b) Modelos de Generación-Distribución Conjunta

Como resultado de este estudio y su posterior actualización, se llegó a la conclusión que el modelo conjunto entregó mejores resultados que los obtenidos de modelos secuenciales independientes. Los modelos resultaron ser función de las siguientes variables:

- HOG : Número de Hogares de la Comuna
- IHOG : Ingreso medio de los Hogares de la Comuna
- NET : Número de Establecimientos de Alojamiento Turístico de la Comuna
- IBE : Índice de Belleza Escénica de la Comuna

Se probaron diversas especificaciones, sin embargo las que entregaron mejores resultados son aquellas que consideran el Ingreso Comunal y el Número de Hogares, presentando resultados muy similares.

El ingreso comunal (PIB), puede ser estimado como el producto del número de hogares (HOG) y el ingreso medio de los hogares (IHOG). De esta manera, basados en los resultados del estudio referencial, la especificación genérica de estos modelos corresponde a la siguiente:

$$V_{ij}^k = [IBE_i \cdot IBE_j]^{\theta_k} \cdot [NET_i \cdot NET_j]^{\phi_k} \cdot [PIB_i \cdot PIB_j]^{\beta_k} \cdot e^{R_{ij}^k + \lambda_k \cdot (EMU_{ij}^k - EMU_0)}$$

$$R_{ij}^k = \Theta_0^k + \Theta_{RM}^k \cdot [RM_i + RM_j] + \Theta_{R5}^k \cdot [R5_i + R5_j] + \Theta_{R6}^k \cdot [R6_i + R6_j] + \Theta_{CR}^k \cdot [CR_i + CR_j] + \Theta_{CP}^k \cdot [CP_i + CP_j]$$

Donde

- *V* : *Viajes totales realizados*
- *IBE* : *Índice de Belleza Escénica*
- *NET* : *Número de Establecimientos de Alojamiento Turístico*
- *PIB* : *Ingreso de la zona (Nº de Hogares · Ingreso por Hogar)*
- *EMU* : *Máxima Utilidad Esperada (con $EMU_0=20$)*
- *RM* : *Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece a la Región Metropolitana*
- *R5* : *Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece a la V Región*
- *R6* : *Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece a la VI Región*
- *CR* : *Variable Dicotómica que vale 1 si la zona corresponde a una Capital Regional*
- *CP* : *Variable Dicotómica que vale 1 si la zona corresponde a una Capital Provincial*
- *i* : *Subíndice que representa la zona de origen de los viajes*
- *j* : *Subíndice que representa la zona de destino de los viajes*
- *k* : *Superíndice que representa la categoría de viaje*

Los resultados obtenidos en la calibración de esta especificación, para las categorías de demanda consideradas en la temporada de verano, se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 8.2-1
Temporada de Verano
Modelos Restringidos con Ingreso Comunal
Generación/Atracción y Distribución Conjunta

CATEGORIA	FINANCIAMIENTO	OTRO		PROPIO / FAMILIAR					
	INGRESO	TODOS		BAJO	MEDIO	ALTO			
COEFICIENTE	DESCRIPCION	PARAM	T-EST	PARAM	T-EST	PARAM	T-EST	PARAM	T-EST
C(01)	CTE GLOBAL	-16.5248	-10.7287	-9.5533	-4.4563	-21.3016	-11.5332	-7.7272	-3.8409
C(02)	CTE V REG	7.4003	9.4717	7.7308	7.3429	13.3967	14.7789	9.2993	9.6477
C(03)	CTE R.M.	9.7655	12.5390	10.5412	9.9639	15.8913	17.4279	11.3928	11.8004
C(04)	CTE VI REG	7.2546	9.2876	5.7978	5.4559	12.9147	14.2584	7.5740	7.7800
C(05)	CTE CAP PRO	0.4268	4.9276	0.6471	5.9818	0.3029	3.1779	0.3844	3.8530
C(06)	CTE CAP REG	0.1329	1.6410	0.0995	0.9012	0.1788	1.8772	0.2576	2.9353
C(07)	IBE - OPCIONAL							0.1448	4.6994
C(08)	NET	0.2254	10.0272	0.0986	3.4051	0.0973	3.9286	0.2495	9.6429
C(09)	PIB (NHOG*IHOG)	0.2946	8.1642	0.2654	5.4119	0.5264	12.4624	0.3082	6.7794
C(11)	EMU S/AUTO	0.1492	40.9887	0.1835	17.3339	0.2098	19.3863	0.5819	25.1529
C(12)	EMU C/AUTO - NO OPCIONAL			0.2133	20.0748	0.1625	15.5512	0.3496	18.2936
C(13)	EMU C/AUTO - OPCIONAL	0.0354	14.8287	0.2069	18.3227	0.1347	12.7655	0.3008	16.6055
INDICADORES DE AJUSTE ESTADISTICOS	R-Squared		0.2495		0.2503		0.3603		0.5345
	Adjusted R-Squared		0.2487		0.2481		0.3584		0.5330
	S.E. of Regression		2.9032		2.4488		2.1416		2.0876
	Sum Squared Resid		72,433.2700		20,742.5800		16,130.6400		15,166.5900
	Log Likelihood		-21,373.6900		-8,025.9550		-7,687.2770		-7,519.1440
	Mean Dependent Var		-3.3331		-1.1916		-0.7559		-1.3171
	S.D. Dependent Var		3.3494		2.8241		2.6737		3.0549
	Akaike Info Criterion		4.9706		4.6323		4.3641		4.3134
	Schwarz Criterion		4.9788		4.6518		4.3833		4.3345
	Durbin-Watson Stat		1.4716		1.7284		1.5974		1.7024
N° Obs		8,604		3,470		3,528		3,492	

Cuadro N° 8.2-2
Temporada Normal
Modelos Restringidos con Ingreso Comunal
Generación/Atracción y Distribución Conjunta

CATEGORIA	FINANCIAMIENTO	OTRO		PROPIO / FAMILIAR					
	INGRESO	TODOS		BAJO	MEDIO	ALTO			
COEFICIENTE	DESCRIPCION	PARAM	T-EST	PARAM	T-EST	PARAM	T-EST	PARAM	T-EST
C(01)	CTE GLOBAL	-9.2026	-7.2896	-5.4896	-2.5345	-7.5513	-4.0078	-2.6161	-1.3314
C(02)	CTE V REG	3.6595	5.7190	4.2992	3.9878	7.0036	7.7380	9.1584	10.4681
C(03)	CTE R.M.	5.6022	8.7283	6.2641	5.8120	9.3410	10.3102	11.2652	12.9219
C(04)	CTE VI REG	3.0474	4.7727	4.2379	3.9577	6.2968	6.9003	8.1196	9.2738
C(05)	CTE CAP PRO	0.7177	10.2223	0.6921	6.0266	0.8274	8.3015	0.5236	5.4199
C(06)	CTE CAP REG	0.3983	5.8597	0.5564	5.0009	0.2658	2.8596	-0.1051	-1.0217
C(07)	IBE - NO LABORAL					0.0536	1.6902	0.5114	13.9943
C(08)	NET	0.1417	8.4926	0.1528	5.2499	0.1095	4.2516	0.1127	4.5461
C(09)	PIB (NHOG*IHOG)	0.1272	4.2946	0.1171	2.3279	0.2265	5.3297	0.3070	7.4611
C(11)	EMU S/AUTO	0.1453	44.6719	0.0611	14.2575	0.2622	19.2042	0.8895	25.8855
C(12)	EMU C/AUTO - LABORAL			0.1423	16.5316	0.2511	15.4200	0.5793	20.6619
C(13)	EMU C/AUTO - NO LABORAL	0.0768	24.8244	0.0945	11.8304	0.2212	14.2399	0.6718	21.5099
INDICADORES DE AJUSTE ESTADISTICOS	R-Squared		0.2644		0.1976		0.3335		0.4894
	Adjusted R-Squared		0.2638		0.1953		0.3315		0.4878
	S.E. of Regression		2.4968		2.4307		2.0856		2.1153
	Sum Squared Resid		61,492.8300		20,697.0800		15,407.2100		15,651.4300
	Log Likelihood		-23,040.4500		-8,101.7290		-7,649.3440		-7,604.1050
	Mean Dependent Var		-3.6233		-1.4763		-1.5733		-2.0518
	S.D. Dependent Var		2.9099		2.7097		2.5508		2.9557
	Akaike Info Criterion		4.6689		4.6174		4.3114		4.3397
	Schwarz Criterion		4.6762		4.6367		4.3322		4.3607
	Durbin-Watson Stat		1.3816		1.4954		1.7868		1.8127
N° Obs		9,874		3,514		3,554		3,510	

c) Modelos de Partición Modal

Para calibrar este modelo se utilizó antecedentes recogidos sobre oferta de transporte, principalmente tarifas y tiempos de viaje en cada una de las redes correspondientes a los modos de transporte. Se realizó además encuestas de Preferencias Reveladas y de Preferencias Declaradas a los pasajeros de los diversos modos de transporte.

El estudio de recalibración de los modelos de partición modal de Estrasur, permitió actualizar la base de datos y estimar nuevos modelos, los que fueron estimados exclusivamente en base a datos de preferencias reveladas.

La especificación de los modelos que presentaron los mejores ajustes corresponde a la siguiente:

$$U_i = CTE_i + [\theta_{np} \cdot np + (\theta_{eb} \cdot eb + \theta_{em} \cdot em + \theta_{ea} \cdot ea) \cdot (1 - np)] \cdot Nv \cdot CTO_i + \phi \cdot [KMa_i + KMe_i] + \lambda_i \cdot TV_i \quad \forall i \neq (Auto; Tren_Dormitorio; Avión)$$

$$U_i = CTE_i + [\theta_{np} \cdot np + (\theta_{eb} \cdot eb + \theta_{em} \cdot em + \theta_{ea} \cdot ea) \cdot (1 - np)] \cdot CTO_i + \phi \cdot [KMa_i + KMe_i] + \lambda_i \cdot TV_i \quad i = (Auto; Tren_Dormitorio)$$

$$U_i = CTE_i + [\rho_{np} \cdot np + (\rho_{eb} \cdot eb + \rho_{em} \cdot em + \rho_{ea} \cdot ea) \cdot (1 - np)] \cdot Nv \cdot CTO_i + \phi \cdot [KMa_i + KMe_i] + \lambda_i \cdot TV_i \quad i = Avión$$

donde

- U_i : Utilidad del modo i
- Nv : Tamaño del grupo de viaje
- CTO : Costo de viaje en el modo i (en \$)
- KMa_i : Distancia de acceso al modo i (km)
- KMe_i : Distancia de egreso del modo i (km)
- Tvi : Tiempo de viaje en el modo i (min)
- np : 1 si no paga el viajero o el grupo familiar directo; 0 en otro caso
- eb : 1 si el usuario pertenece al estrato de ingreso bajo; 0 en otro caso
- em : 1 si el usuario pertenece al estrato de ingreso medio; 0 en otro caso
- ea : 1 si el usuario pertenece al estrato de ingreso alto; 0 en otro caso

A continuación se presentan los modelos recomendados para cada temporada.

Modelo de Temporada Verano - Sin Distinción de Propósito

Los resultados obtenidos para este segmento de la demanda se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 8.2-3
Modelo Puro de PR - Temporada Verano - Sin Distinción de Propósito

PARAMETRO	DETALLE	TEMPORADA VERANO	
		PARAM	T-EST
CONSTANTE	BUS PULLMAN	-0.462500	-24.34
	BUS EJECUTIVO	-6.229000	-51.48
	BUS SALON	-5.424000	-52.15
	TREN ECO+TUR	-7.392000	-34.22
	TREN SALÓN	-5.585000	-41.37
	TREN DORMITORIO	-5.568000	-4.25
	AVION	0.899700	1.84
ACCESO+EGRESO	TODOS LOS MODOS	-0.023520	-16.80
COSTO OTROS MODOS	NO PAGA	-0.000180	-18.18
	ESTRATO BAJO	-0.000564	-30.14
	ESTRATO MEDIO	-0.000488	-42.46
COSTO AVION	ESTRATO ALTO	-0.000217	-30.10
	NO PAGA	-0.000097	-8.76
	ESTRATO BAJO	-0.000359	-14.59
	ESTRATO MEDIO	-0.000309	-16.98
TIEMPO DE VIAJE	ESTRATO ALTO	-0.000123	-11.52
	BUS PULLMAN	-0.022440	-17.53
	BUS EJECUTIVO	-0.009514	-7.21
	BUS SALON	-0.008470	-6.42
	TREN ECO+TUR	-0.008093	-11.78
	TREN SALÓN	-0.007895	-10.36
	TREN DORMITORIO	-0.005474	-3.78
ESTADIGRAFOS	AVION	-0.102800	-10.88
	AUTO	-0.018930	-14.45
	LL(0)		-84,633
	LL(C)		-29,375
	LL(∅f)		-22,929
	RHO(0)		0.72910
	RHO(C)		0.21940
N°OBS		7,337	
PESO OBS		47,549	

Para el modelo anterior, en el siguiente cuadro se presentan los VST calculados de la manera tradicional, para cada modo de transporte y estrato socioeconómico.

Cuadro N° 8.2-4
Valores Subjetivos del Tiempo
Modelo Puro de PR - Temporada Verano - Sin Distinción de Propósito

TEMPORADA/PROPOSITO		TEMPORADA VERANO			
ESTRATO		NO PAGA	BAJO	MEDIO	ALTO
VALORES SUBJETIVOS DEL TIEMPO (\$/MIN)	BUS PULLMAN	96	26	29	73
	BUS EJECUTIVO	27	10	13	35
	BUS SALON	38	10	10	29
	TREN ECO+TUR	23	9	9	18
	TREN SALÓN	31	8	9	21
	TREN DORMITORIO	30	10	11	25
	AVION	869	269	296	651
	AUTO	105	34	39	87

Modelo de Temporada Normal - Sin Distinción de Propósito

El modelo obtenido para este segmento de la demanda se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 8.2-5
Modelo Puro de PR - Temporada Normal - Sin Distinción de Propósito

PARAMETRO	DETALLE	TEMPORADA NORMAL	
		PARAM	T-EST
CONSTANTE	BUS PULLMAN	-0.077690	-3.63
	BUS EJECUTIVO	-4.398000	-68.61
	BUS SALON	-6.913000	-44.03
	TREN ECO+TUR	-8.592000	-35.95
	TREN SALÓN	-4.463000	-65.25
	TREN DORMITORIO	-7.080000	-25.75
	AVION	1.013000	4.50
ACCESO+EGRESO	TODOS LOS MODOS	-0.016730	-23.11
COSTO OTROS MODOS	NO PAGA	-0.000050	-8.70
	ESTRATO BAJO	-0.000567	-37.56
	ESTRATO MEDIO	-0.000322	-33.71
	ESTRATO ALTO	-0.000119	-19.53
COSTO AVION	NO PAGA	-0.000010	-4.19
	ESTRATO BAJO	-0.000320	-36.11
	ESTRATO MEDIO	-0.000180	-35.77
	ESTRATO ALTO	-0.000073	-22.46
TIEMPO DE VIAJE	BUS PULLMAN	-0.022870	-34.60
	BUS EJECUTIVO	-0.016560	-24.00
	BUS SALON	-0.010450	-14.05
	TREN ECO+TUR	-0.009126	-19.71
	TREN SALÓN	-0.010800	-28.95
	TREN DORMITORIO	-0.005865	-14.63
	AVION	-0.098940	-21.28
AUTO	-0.024190	-34.91	
ESTADIGRAFOS	LL(0)		-91,591
	LL(C)		-36,657
	LL(∅f)		-29,389
	RHO(0)		0.67910
	RHO(C)		0.19830
	N°OBS		8,651
	PESO OBS		51,070

Para el modelo anterior, en el siguiente cuadro se presentan los VST para los modos que presentan registros en la muestra de PR asociada al segmento de la demanda analizado.

Cuadro N° 8.2-6
Valores Subjetivos del Tiempo
Modelo Puro de PR - Temporada Normal - Sin Distinción de Propósito

TEMPORADA/PROPOSITO		TEMPORADA NORMAL			
ESTRATO		NO PAGA	BAJO	MEDIO	ALTO
VALORES SUBJETIVOS DEL TIEMPO (\$/MIN)	BUS PULLMAN	340	28	50	142
	BUS EJECUTIVO	285	23	35	97
	BUS SALON	188	12	25	69
	TREN ECO+TUR	182	7	10	
	TREN SALÓN	107	14	24	55
	TREN DORMITORIO	117	10	18	49
	AVION	7,344	202	420	901
	AUTO	482	43	75	203

8.2.2 MODELOS DE CARGA AGRÍCOLA Y COMBUSTIBLES

Este estudio considera la estimación de modelos de Generación, Atracción, Distribución y Partición Modal, para los siguientes productos agrícolas, fertilizantes y combustibles.

Nº	PRODUCTO
1	Remolacha
2	Trigo
3	Papas
4	Otros cultivos Industriales
5	Pomáceas
6	Tomate industrial
7	Vid
8	Otras Frutas y hortalizas
9	Frutas y Hortalizas
10	Ganado
11	Azucar
12	Leche
13	Agroindustriales no exportables
14	Agroindustriales de exportación
15	Combustible
16	Fertilizantes

Los modelos estimados presentan un alto grado de complejidad y no pueden ser empleados directamente en el presente estudio. Sino que, en caso que se desee emplear estas estimaciones, es preciso remitirse a las matrices predichas por el modelo. Se debe notar que estos modelos, al igual que los modelos forestales y de carga manufacturada, han sido implementados computacionalmente y las matrices resultantes se encuentran en formato STAN por lo que pueden ser leídas directamente por Emme2.

No obstante para mostrar el nivel de complejidad a continuación se presenta la metodología empleada.

a) Modelos de generación/atracción

La modelación de la generación de productos agropecuarios se aborda mediante un modelo de uso de suelo, que asigna superficies por comuna a los distintos usos definidos (remolacha, trigo, papas, otros cultivos industriales, pomáceas, tomate industrial, vid vinífera, otras frutas y hortalizas, y actividad pecuaria) en función de características técnicas y económicas en la zona. Al ponderar la superficie asignada a un uso por el rendimiento zonal correspondiente, es posible determinar la producción del cultivo agrícola o de la actividad ganadera en la zona.

Las características del modelo se presentan en el cuadro siguiente:

Variable dependiente	Variables explicativas (por comuna)
Superficie comunal destinada por uso	Tipo de suelo Ingreso del productor Accesibilidad a los principales destinos Area geográfica

La superficie comunal destinada por uso se obtuvo, para la estimación del modelo, de los resultados del VI Censo Agropecuario (INE, 1997).

Las variables explicativas utilizadas fueron:

- Tipo de suelo: Se utilizó la clasificación de suelos de CIREN, que distingue según si el suelo es de riego o seco, la capacidad de producción agrícola. Esta variable puede verse modificada con la introducción de proyectos de riego, aspecto que se recoge en la fase predictiva del modelo.
- Ingreso del productor: Corresponde al resultado de la venta de la producción obtenida, que depende del rendimiento, al precio esperado en la comuna respectiva. El rendimiento fue obtenido en la mayoría de los casos del Censo Agropecuario, en tanto el precio del producto se obtuvo de antecedentes de ODEPA y criterios aportados por especialistas. En fase predictiva, resulta necesario realizar estimaciones de precios y rendimientos.
- Accesibilidad: Con el fin de recoger el efecto del sistema de transporte sobre la decisión de cultivo del productor, se define una medida asociada a la importancia de los principales destinos y los costos de transporte asociados. Evidentemente, esta variable permite establecer el efecto esperado de un cambio en el sistema de transporte.
- Area geográfica: Se modela empleando variables dummy en conjunto con otras variables explicativas, y recoge efectos específicos (e.g. clima) que no pudieron incorporarse explícitamente al modelo. Algunas variables empleadas se refirieron a zonas cuyas características corresponden al seco costero, o bien a aquellas comunas que se encuentran en la precordillera, donde las condiciones climáticas y topográficas dificultan la producción agropecuaria.

Cabe destacar que se estiman además modelos de corte temporal, utilizando información de producción o consumo nacional de determinados productos, con el fin de acotar las predicciones del modelo de uso de suelo.

En el caso de productos agroindustriales, se emplean factores insumo/producto que se aplican sobre la atracción correspondiente. Finalmente, en el caso de fertilizantes y combustibles la generación se obtiene directamente de los resultados de los modelos de atracción y de la definición de áreas de influencia.

b) Modelos de atracción

Se estimaron modelos que relacionan el flujo total destinado a una comuna con características demográficas, económicas o de atracción de la comuna. De este modo, el modelo recoge potenciales cambios en el número de habitantes, el nivel de ingreso o las características del sistema de transporte.

En el caso de los fertilizantes, se determinan los requerimientos técnicos por tipo de cultivo. Dichos factores, que se mantienen constantes, se ponderan por la superficie total predicha por el modelo de uso de suelo, obteniéndose la atracción comunal por este tipo de productos.

c) Modelos de distribución

La estimación de los modelos de distribución se realiza, para cada producto y temporada en que se moviliza, usando el enfoque de máxima entropía de la forma:

$$T_{ij}^k = A_i^k O_i^k B_j^k D_j^k \exp(-\beta^k \cdot c_{ij}^k)$$

donde los vectores O y D, corresponden a los vectores de generación y atracción, y los parámetros A y B son los factores de balance. En este caso, se asume que la decisión depende del costo generalizado de transporte por unidad de flujo del producto k entre las zonas i y j. La definición del costo generalizado depende de la disponibilidad modal.

En todos los casos se analiza la información disponible del sistema de actividades, así como los antecedentes obtenidos en las entrevistas a agentes relevantes. En algunos productos se dispone de matrices origen – destino, en tanto en otros casos sólo se dispone de criterios generales respecto de la forma en que se movilizan estos productos. En aquellos casos en los cuales no se dispone de ninguno de estos antecedentes, se recurre a los antecedentes recopilados en las encuestas carreteras de carga, estimando un modelo de entropía, lo que permite determinar la matriz de carga aplicando el parámetro de distribución estimado sobre los vectores origen – destino correspondientes.

d) Modelos de partición modal

La disponibilidad de modos de transporte se analiza utilizando los antecedentes reportados por los distintos agentes del sistema de actividades, estableciéndose que sólo tres productos pueden utilizar el modo ferroviario como alternativa al camión. Lo anterior debido a que el ferrocarril presenta ventajas comparativas en el traslado de grandes volúmenes de carga o en grandes distancias, pero en el sector agropecuario se observa un alto grado de atomización en productores, así como en intermediarios y/o mercados de destino, lo que no permite lograr las economías de escala propias del transporte ferroviario. A lo anterior se debe agregar dificultades en la accesibilidad al servicio ferroviario, problemas de confiabilidad y mermas, que condicionan la potencialidad del servicio. Es por ello que se estima que el resto de los productos resultan en la práctica cautivos del transporte carretero.

El modelo de elección modal se estima en base a encuestas de preferencias declaradas, dado el escaso número de elecciones modales observadas existente. Para su aplicación se requiere agregar el modelo, lo que se realiza considerando flujos observados en modo ferroviario, y variables de servicio por modo.

8.2.3 MODELOS DE CARGA MANUFACTURADA

Al igual que en los anteriores estudios, el objetivo del presente estudio es calibrar modelos de demanda de transporte para los sectores **mineros y manufacturero** en la Macrozona Sur y, mediante su utilización, estimar la demanda de transporte para los años 1997, 2000, 2005, 2010 y 2020. Los modelos son:

- Modelos de generación y modelos de atracción, que permiten estimar la producción y el consumo en cada una de las comuna de la macroregión.
- Modelos de distribución, que predicen hacia qué destino se dirige la carga que sale de cada comuna.
- Modelos de partición modal, que permiten estimar el modo de transporte en que será despachada una carga, dados ciertos requerimientos de tiempo y de manipulación y las ventajas que presenta cada uno de los modos disponibles.

Los productos considerados son los siguientes:

N	PRODUCTO
1	Bienes Consumo Humano
2	Bebidas Productor Distribuidor
3	Bebidas Distribuidor Consumidor
4	Mineral de Hierro
5	Acero
6	Cemento
7	Carbón Nacional
8	Carbón Importado
9	Otros Minerales No Metálicos
10	Caliza
11	Cloro
12	Sal
13	Bienes Consumo Industrial

Al igual que en el caso anterior, los modelos estimados presentan un alto grado de complejidad y formas y estructuras muy disímiles, lo que impide que sean empleados directamente en el presente estudio. Por lo que si se desean emplear directamente las estimaciones de Estrasur, es preciso remitirse a las matrices predichas por el modelo.

a) Modelos de Generación y Atracción

La estimación de modelos de generación y atracción consideró la particularidad de la información recogida para cada uno de los productos considerados. Es así como se determinaron los siguientes tipos de modelos:

- **Serie de tiempo:** para determinar el crecimiento del consumo y producción de cemento, acero y carbón
- **Relaciones funcionales:** para la estimación de bienes de consumo humano, otros minerales y bienes de consumo industrial
- **Relaciones insumo producto:** para los productos Caliza, Carbón, Mineral de Hierro, Cloro y Sal

b) Modelos de Distribución

La estimación de los modelos de distribución se realizó, para cada producto y temporada en que se moviliza, usando el enfoque de máxima entropía de la forma:

$$T_{ij}^k = A_i^k O_i^k B_j^k D_j^k \exp(-\beta^k \cdot c_{ij}^k)$$

donde los vectores O y D, corresponden a los vectores de generación y atracción, y los parámetros A y B son los factores de balance. En este caso, se asume que la decisión depende del costo generalizado de transporte por unidad de flujo del producto k entre las zonas i y j.

c) Modelos de Partición Modal

Considerando la naturaleza de los productos analizados muy pocos de estos poseen factibilidad de realizar transporte multimodal. Sólo en aquellos casos en que se determinó una participación efectiva en ferrocarril, se estimaron modelos agregados de partición modal, tal es el caso de los productos de acero y cemento.

8.2.4 MODELOS DE CARGA FORESTAL

En forma más detallada, los objetivos específicos del estudio consisten en calibrar los siguientes tres modelos para simular y predecir la operación del sistema interurbano de carga forestal:

- Modelo de generación y atracción de transporte de carga forestal, por período y producto;
- Modelo de distribución del transporte de carga forestal, por período y producto;
- Modelo de partición modal, por período y producto.

Para satisfacer los objetivos indicados, se realizó un análisis profundo del sector forestal en la Macrozona Sur, el que representa alrededor del 90% del total del sector en el país. Se analizaron los inventarios de plantaciones y bosque nativo disponibles, y, agregando supuestos fundados de tasas de crecimiento y modalidades de manejo forestal – edad de rotación y tipos de corta – se modeló la disponibilidad de materia prima según tipo y por comuna de origen entre el año 2.000 y el 2.020.

Este estudio considera la estimación de matrices para los siguientes productos forestales:

N	PRODUCTO
1	Trozas aserrables de pino
2	Trozas pulpables de pino
3	Trozas pulpables de eucaliptus
4	Celulosa
5	Papel periódico
6	Otros papeles y cartones
7	Madera aserrada
8	Madera procesada
9	Tableros y chapas
10	Astillas
11	Leña

A diferencia de los estudios anteriores, por la naturaleza del sector forestal, éste estudio no considera la estimación de modelos de demanda formales, sino que genera un algoritmo mediante el cual es posible conocer las tendencias de crecimiento del mercado forestal. Esto permite por una parte tener buenas estimaciones de las demandas futuras, las que pueden ser aprovechadas directamente en el presente estudio, sin embargo, no puede ser sistematizado, sino que debe ser complementado con las estimaciones de ESTRASUR.

a) Planteamiento general

El Planteamiento de Modelación desarrollado considera cinco modelos básicos de simulación que incluyen todos los productos forestales relevantes:

- a) Modelo de Generación de Trozas: comprende la etapa de generación del recurso básico de la cadena industrial del sector forestal, correspondiente a las trozas de plantaciones, cuyo destino son la industria local y la exportación. Está vinculado a un proceso cuasideterminístico debido a la naturaleza del ciclo de rotación forestal. Con el desarrollo de este modelo se simula el ciclo productivo de las plantaciones para todos las comunas relevantes y se determinan los volúmenes de cosecha para cada uno de los períodos considerados en el estudio. Se identifican y proyectan separadamente tres tipos de productos: trozas pulpables de pino, trozas pulpables de eucaliptus y trozas aserrables de pino.
- b) Modelo de Generación y Atracción de Productos Industriales: corresponde a la etapa de atracción de trozas por parte de las distintas industrias forestales, la generación de

los productos industriales que se elaboran a partir de esta materia prima y a la atracción de los mismos por parte de las unidades consumidoras. Conceptualmente las etapas de atracción de trozas y generación de productos industriales corresponde a dos fases de modelación, sin embargo, la ligazón espacial y de escala existente entre ambas, donde el destino de la materia prima corresponde al origen del producto industrial y los volúmenes se relacionan por factores técnicos de conversión, ha permitido el planteamiento del proceso conjunto como una sola etapa en los modelos de demanda.

- c) Modelo de Distribución de Carga Forestal: está asociado al proceso de distribución espacial de los productos, originado por la necesidad de transporte entre puntos espacialmente distantes sujeto a restricciones de costo. Dentro del sector forestal, estos modelos se aplican al transporte existente en las dos etapas de la cadena productiva: a las trozas, generadas en los bosques y demandadas en las plantas y como exportación, y a los productos industriales, generados en las plantas y demandados como exportación y localmente.
- d) Modelo de Partición Modal de Producción Forestal: comprende la etapa de elección del modo de transporte entre un determinado par origen - destino, producto y período. En el caso de productos forestales el análisis se restringe a los modos camión y ferrocarril. Consistente con el criterio general de racionalidad económica existente en el sector, en la elección del modo se elige aquel que minimiza los costos y se encuentra disponible. Las excepciones fueron debidamente identificadas. De notar es que el análisis de la situación actual aparece distorsionado por la deteriorada situación del servicio ferroviario.
- e) Modelos de Demanda de Transporte de Leña: debido a la naturaleza del proceso industrial asociado a la leña, a su mecanismo de comercialización y de transporte y a que su origen se asocia básicamente con el bosque nativo, no es posible asociar este producto al resto de la industria forestal en estudio, por lo que se ha planteado por separado todas sus etapas de modelación. Es un producto que se transa normalmente en el mercado informal, originado en cientos de pequeños productores y destinado a miles de pequeños consumidores. El transporte se da sobre distancias muy reducidas, normalmente intracomunal, no existiendo estadísticas confiables de su producción y transporte. Sí existen importantes antecedentes de que se trata de volúmenes de cargas menores y en declinación. El modelo de simulación diseñado para este rubro supone que la generación de leña sólo se da en las comunas que poseen bosque nativo y que ésta se destina a los centros de consumo residencial, industrial y comercial suponiendo las tasas que sugieren las escasas estadísticas disponibles.

8.3 ESTIMACIÓN DE MODELOS

A continuación se presenta la estimación de modelos de demanda por modo para transporte de pasajeros y de carga.

A partir del análisis de los modelos estimados en el marco del proyecto de Estrasur, es posible señalar que para el transporte de pasajeros no conviene realizar la estimación de modelos de generación, atracción y distribución secuenciales, puesto que no entrega indicadores apropiados para la estimación. En dicho caso es preferible realizar la estimación de modelos de demanda directa o de generación-distribución conjunta, empleando las variables descriptivas definidas en el marco del estudio de Estrasur.

En el caso de transporte de carga, el análisis realizado en Estrasur considera un muy buen nivel de detalle, en particular en el caso del transporte forestal, lo que indicaría que es posible emplear las matrices resultantes de dicho estudio para las predicciones del presente modelo. Sin embargo, se ha decidido realizar la estimación de modelos para transporte de carga, para disponer de otra fuente de información que puede ser contrastada con los antecedentes de Estrasur.

8.3.1 ESPECIFICACIÓN DE MODELOS DE DEMANDA DIRECTA

Los modelos de demanda directa intentan explicar el número de viajes entre cada par de zonas, pero con a diferencia de los modelos entrópicos doblemente acotados no consideran que los vectores origen y destino son conocidos. Interesa, por la tanto, determinar el volumen de viajes para cada celda de la matriz, a partir de una relación funcional dependiente de la calidad de la conexión (servicios de transporte disponibles para el par O/D) y las características de las zonas origen y destino. Estos modelos también se denominan “conjuntos” pues calculan simultáneamente la generación, atracción y distribución de viajes.

Este tipo de modelos presenta ventajas de sencillez en la calibración, no requieren de modelos de equilibrio y la predicción es bastante simple. Existe una diversidad de formas funcionales posibles de ser empleadas, muchas de ellas en forma multiplicativa, considerando variables mudas para describir particularidades en la información.

La formulación general del modelo intenta determinar los viajes (T_{ij}) entre las zonas i y j , a través de una función g que relaciona los niveles de actividad en el origen y en el destino (A_{ij_a}) y las utilidades de viajar entre dichas zonas, denotado por U_{ij} (ver Gaudry et al, 1994):

$$T_{ij} = g\{A_{ij_{a1}}, \dots, A_{ij_{as}}, U_{ijm}\}$$

Una especificación frecuente para este tipo de modelos es del tipo gravitacional, cuya expresión es la siguiente:

$$T_{ij} = \beta_0 \cdot A_{ij_{a1}}^{\beta_1} \cdot \dots \cdot A_{ij_{as}}^{\beta_s} \cdot U_{ij}^{\beta_m} u_{ij}$$

donde, los β_i son parámetros a estimar y u_{ij} es un término de error.

Considerando los resultados obtenidos en el modelo Estrasur, se decidió calibrar modelos empleando la especificación que consideran el Ingreso Comunal, estimado como el producto del número de hogares (HOG) y el ingreso medio de los hogares (IHOG). De esta manera, basados en los resultados del estudio referencial, la especificación genérica de estos modelos corresponde a la siguiente:

$$V_{ij}^k = [PIB_i]^{\theta_i} \cdot [PIB_j]^{\theta_j} \cdot e^{R_{ij}^k + \lambda_k \cdot T_{ij}^k}$$

$$R_{ij}^k = \Theta_0^k + \Theta_{Norte_i}^k \cdot Norte_i + \Theta_{Norte_j}^k \cdot Norte_j + \Theta_{SUR_i}^k \cdot Sur_i + \Theta_{SUR_j}^k \cdot Sur_j + \Theta_{CP_i}^k \cdot CP_i + \Theta_{CP_j}^k \cdot CP_j$$

Donde

- V : Viajes totales realizados
- PIB : Ingreso de la zona (N° de Hogares \cdot Ingreso por Hogar)
- $TGEN$: Tiempo de viaje generalizado
- $Norte$: Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece al norte del área de estudio
- Sur : Variable Dicotómica que vale 1 si la zona pertenece al sur del área de estudio
- CP : Variable Dicotómica que vale 1 si la zona corresponde a una Capital Provincial
- i : Subíndice que representa la zona de origen de los viajes
- j : Subíndice que representa la zona de destino de los viajes
- k : Superíndice que representa la categoría de viaje

Empleando las variables antes mencionadas se calibró modelos mediante mínimos cuadrados ordinarios, empleando el software de estimación EVIEWS 4.0. Tomando en cuenta la

heterocedasticidad de los errores, se aplicó el test de residuos de White, el que permite corregir los t- estadísticos del modelo.

8.3.2 MODELOS DE VEHÍCULOS LIVIANOS

A continuación se presentan los modelos estimados para cada uno de los siguientes tipos de usuarios analizados:

- ✓ Todos los Usuarios de Vehículos Livianos
- ✓ Usuarios de vehículos livianos de estrato bajo, propósito obligado y placer
- ✓ Usuarios de vehículos livianos de estrato medio, propósito obligado y placer
- ✓ Usuarios de vehículos livianos de estrato alto, propósito obligado y placer
- ✓ Usuarios de vehículos livianos pagados por el empleador

Los modelos obtenidos entregan indicadores de ajuste satisfactorios, observándose un indicador de ajuste que oscila en torno a 40%, el cual es habitual en este tipo de experiencias. Los parámetros obtenidos presentan los signos correctos y en todos los casos es posible contar con un modelo con test estadísticos satisfactorios.

Cuadro N° 8.3-1
Modelos de Demanda Directa Vehículos Livianos
Todos los estratos

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7	
	Estimador	t-est										
CTE	1.13E-06	0.4			7.25E-07	1.3			7.25E-07	0.3		
PIBi	0.558880	10.7	0.213862	3.1	0.585153	16.1	0.258667	2.2	0.585153	3.9	0.258632	2.2
PIBj	0.581866	8.8	0.267152	3.6	0.572770	16.5	0.274817	2.3	0.572770	3.7	0.275756	2.3
TGEN	-2.118538	-12.3	-1.518402	-6.2	-2.085802	-32.5	-2.111432	-6.9	-2.085802	-8.1	-2.120800	-7.1
Capital Origen					-0.137854	-1.2	0.886662	1.9	-0.137854	-0.2	0.898896	2.0
Capital Destino					-0.046974	-0.4	1.096828	2.2	-0.046974	-0.1	1.104317	2.3
Norte Origen									4.191599	0.0	7.101591	2.6
Norte Destino									2.919676	0.0	8.555914	3.0
Sur Origen									4.333142	0.0	4.391162	1.7
Sur Destino									2.505723	0.0	5.410277	2.0
R2	0.639		0.393		0.639		0.499		0.624		0.501	
R2 ajustado	0.638		0.392		0.638		0.497		0.621		0.498	

Cuadro N° 8.3-2
Modelos de Demanda Directa Vehículos Livianos
Estrato Bajo

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8	
	Estimador	t-est												
CTE	4.98E-05	0.3			1.15E-04	0.2			7.66E-05	0.2				
PIBi	0.447756	7.7	0.185554	2.6	0.605104	2.6	0.330704	1.9	0.582673	2.5	0.338316	2.0	0.185518	6.3
PIBj	0.436246	2.9	0.197930	2.4	0.256117	1.3	0.114380	0.8	0.316370	1.5	0.138330	0.9	0.197961	6.7
TGEN	-1.945609	-5.9	-1.354850	-4.8	-2.100062	-4.6	-2.008920	-4.2	-2.343349	-4.7	-2.381538	-4.5	-1.354805	-14.1
Capital Origen					-0.275262	-0.4	0.409800	0.7	-0.002865	0.0	0.573743	0.9		
Capital Destino					0.762439	0.9	1.388929	1.8	0.955148	1.0	1.896790	2.4		
Norte Origen									14.563910	2.7	8.841462	2.2	4.512573	3.3
Norte Destino									7.993404	1.7	4.317849	1.1	4.506542	2.5
Sur Origen									11.692290	2.2	6.176442	1.6		
Sur Destino									7.167107	1.5	3.179208	0.9		
R2	0.412		0.306		0.428		0.379		0.436		0.394		0.311	
R2 ajustado	0.408		0.302		0.420		0.372		0.430		0.388		0.304	

Cuadro N° 8.3-3
Modelos de Demanda Directa Vehículos Livianos
Estrato Medio

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8	
	Estimador	t-est												
CTE	2.41E-07	0.4			-4.17E-08	0.3			3.78E-08	0.3				
PIBi	0.586652	9.7	0.197710	2.6	0.629115	3.2	0.242646	1.8	0.630939	3.2	0.242221	1.8	0.201215	10.3
PIBj	0.615831	9.9	0.249971	3.1	0.641408	3.3	0.259230	1.8	0.643439	3.3	0.261017	1.9	0.247377	12.5
TGEN	-2.297057	-12.3	-1.475480	-5.6	-2.164476	-7.5	-2.066067	-5.7	-2.158445	-7.6	-2.079585	-5.9	-1.481704	-23.8
Capital Origen					-0.402704	-0.5	0.818386	1.4	-0.421369	-0.5	0.835190	1.5		
Capital Destino					-0.373573	-0.5	1.026200	1.9	-0.393567	-0.5	1.037293	1.9		
Norte Origen									8.841462	0.0	6.441383	2.1		
Norte Destino									4.317849	0.0	8.237464	2.5	4.744393	4.9
Sur Origen									6.176442	0.0	-8.455745	0.0	6.832642	11.6
Sur Destino									3.179208	0.0	5.265505	1.7		
R2	0.624		0.351		0.635		0.428		0.622		0.434		0.354	
R2 ajustado	0.622		0.349		0.633		0.425		0.618		0.429		0.351	

Cuadro N° 8.3-4
Modelos de Demanda Directa Vehículos Livianos
Estrato Bajo

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7	
	Estimador	t-est										
CTE	5.97E-07	0.4			1.11E-05	0.4			1.16E-05	0.4		
PIBi	0.490937	7.6	0.166869	3.2	0.449358	4.5	0.202954	2.3	0.439956	4.6	0.201841	2.3
PIBj	0.526494	9.0	0.189550	3.5	0.462152	4.2	0.208292	2.4	0.470867	4.3	0.210208	2.4
TGEN	-1.557111	-9.1	-1.142563	-5.3	-1.809095	-8.8	-1.773195	-7.3	-1.822132	-9.2	-1.781700	-7.7
Capital Origen					0.518561	1.6	1.026480	3.1	0.555117	1.7	1.041164	3.2
Capital Destino					0.604388	1.6	1.190002	3.2	0.596865	1.6	1.193114	3.2
Norte Origen									11.581900	5.2	6.045922	3.0
Norte Destino									13.222830	5.2	7.242119	3.5
Sur Origen									9.921226	4.5	4.171986	2.1
Sur Destino									10.547780	4.3	4.329114	2.3
R2	0.564		0.314		0.586		0.484		0.573		0.481	
R2 ajustado	0.561		0.312		0.582		0.480		0.567		0.474	

Cuadro N° 8.3-5
Modelos de Demanda Directa Vehículos Livianos
Estrato Empresas

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8	
	Estimador	t-est												
CTE	1.62E-07	0.6			6.29E-08	0.5			6.30E-08	0.5				
PIBi	0.564029	14.7	0.169032	2.8	0.557295	5.4	0.184089	2.2	0.557294	5.4	0.183969	2.2	0.183911	4.8
PIBj	0.541701	11.3	0.196992	3.5	0.584094	5.9	0.226668	2.6	0.584092	5.9	0.226353	2.6	0.226534	5.9
TGEN	-1.804029	-15.5	-1.211614	-5.5	-1.728150	-10.2	-1.714348	-7.1	-1.728150	-10.2	-1.710494	-7.1	-1.711519	-18.2
Capital Origen					-0.129589	-0.3	0.930523	2.5	-0.129590	-0.3	0.927348	2.5	0.928192	6.6
Capital Destino					-0.262515	-0.8	0.792768	2.2	-0.262515	-0.8	0.790105	2.2	0.790685	5.3
Norte Origen									11.581900	2.1	5.180779	2.6	5.161991	4.8
Norte Destino									13.222830	4.6	6.220408	3.0	6.224939	6.0
Sur Origen									9.921226	4.2	2.121874	1.1		
Sur Destino									10.547780	2.6	4.297542	2.2		
R2	0.661		0.351		0.665		0.443		0.658		0.445		0.444	
R2 ajustado	0.659		0.348		0.662		0.438		0.652		0.436		0.438	

8.3.3 MODELOS DE CAMIONES SIMPLES

A continuación se presentan los modelos estimados para cada uno de los siguientes tipos de usuarios analizados:

- ✓ Todos los Productos
- ✓ Transporte de carga en camión simple, carga agrícola
- ✓ Transporte de carga en camión simple, carga manufacturada
- ✓ Transporte de carga en camión simple, carga agrícola y manufacturada.

Se decidió no estimar modelos específicos para carga forestal y camiones vacíos considerando que los modelos de Estrasur para carga forestal son muy robustos y pueden ser utilizados directamente en la predicción. Mientras que en el caso de camiones vacíos es posible construir esta matriz transponiendo la suma de las restantes matrices a nivel de pasajeros.

Los modelos obtenidos entregan indicadores de ajuste satisfactorios, observándose un indicador de ajuste que oscila en torno a 40% e incluso alcanza al 50%. Los parámetros obtenidos presentan los signos correctos y en la casi totalidad de los casos es posible contar con un modelo con test estadísticos satisfactorios. En el caso de carga manufacturada no fue posible obtener un modelo apropiado para este producto por separado, por lo que fue preciso agregarlo junto a carga agrícola.

Cuadro Nº 8.3-6
Modelos de Demanda Directa Camiones Simples
Todos los productos

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8	
	Estimador	t-est												
CTE	1.47E-06	0.4			4.07E-08	0.3			2.98E-08	0.3				
POBi INGi	0.551937	9.3	0.207174	3.0	0.564272	3.9	0.178059	1.4	0.572627	3.9	0.179245	1.5	0.178607	3.9
POBj INGj	0.476657	8.2	0.162746	2.5	0.607750	3.4	0.213117	1.8	0.613201	3.4	0.212454	1.8	0.213264	4.7
TGEN	-1.953373	-15.3	-1.276143	-5.3	-1.752280	-11.0	-1.521883	-6.0	-1.748212	-11.2	-1.527074	-6.1	-1.528339	-16.0
Capital Origen					-0.499629	-1.2	0.592859	1.4	-0.551031	-1.3	0.595295	1.4	0.597774	3.7
Capital Destino					-0.823702	-1.2	0.301420	0.6	-0.868107	-1.2	0.310621	0.7	0.309211	1.9
Norte Origen									14.6199	4.2	5.389477	1.8	5.358439	4.6
Norte Destino									8.009559	0.0	5.366377	2.0	5.370854	4.3
Sur Origen									11.698780	3.4	3.221848	1.1		
Sur Destino									7.167119	0.1	3.722656	1.3		
R-squared	0.591882		0.371457		0.634856		0.400978		0.631071		0.406		0.404696	
Adjusted R-squared	0.588751		0.36825		0.630163		0.394834		0.623869		0.395		0.396998	

Cuadro Nº 8.3-7
Modelos de Demanda Directa Camiones Simples
Carga Agrícola

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7	
	Estimador	t-est										
CTE	3.29E-08	0.3			2.50E-08	0.2			2.26E-08	0.2		
POBi INGi	0.810443	7.8	0.356440	2.8	0.763528	3.6	0.445205	2.5	0.808417	3.7	0.445415	2.5
POBj INGj	0.316436	2.5	-0.044010	-0.5	0.363521	1.5	-0.075539	-0.5	0.331283	1.3	-0.076069	-0.5
TGEN	-2.020301	-7.9	-1.252852	-3.3	-1.913689	-5.4	-1.864575	-4.6	-1.972144	-5.5	-1.860533	-4.5
Capital Origen					0.020632	0.0	0.668122	1.4	-0.090925	-0.2	0.660353	1.4
Capital Destino					-0.203677	-0.3	0.972750	2.2	-0.131556	-0.2	0.965320	2.1
Norte Origen									0.008315	0.0	12.854220	2.7
Norte Destino									3.602036	0.1	-1.181693	-0.3
Sur Origen									0.019114	0.0	3.506688	0.0
Sur Destino									2.700021	0.0	-1.673299	-0.5
R-squared	0.620013		0.336302		0.620955		0.403666		0.620685		0.415	
Adjusted R-squared	0.609259		0.323896		0.620732		0.380949		0.592471		0.377	

Cuadro Nº 8.3-8
Modelos de Demanda Directa Camiones Simples
Carga Manufacturada

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7	
	Estimador	t-est										
CTE	1.31E-04	0.4			4.14E-08	0.2			2.55E-08	0.2		
POBi INGi	0.446668	5.3	0.234842	3.6	0.497518	2.7	0.184081	1.4	0.502900	2.8	0.188505	1.5
POBj INGj	0.297615	5.1	0.079663	1.2	0.578339	2.5	0.128885	1.0	0.597257	2.6	0.127300	1.0
TGEN	-1.563112	-10.1	-1.175047	-4.7	-1.261736	-6.8	-1.180854	-4.7	-1.284878	-6.9	-1.214698	-5.0
Capital Origen					-0.913664	-1.8	0.229268	0.5	-0.938638	-1.8	0.271639	0.6
Capital Destino					-1.612491	-1.9	-0.116112	-0.2	-1.663627	-2.1	-0.036812	-0.1
Norte Origen									12.903670	3.0	5.938731	2.0
Norte Destino									-1.180778	0.0	2.988173	1.0
Sur Origen									5.506888	0.0	3.960469	1.4
Sur Destino									-1.671389	0.0	2.855652	1.0
R-squared	0.435049		0.332202		0.531974		0.334910		0.500		0.332852	
Adjusted R-squared	0.425937		0.325060		0.519256		0.320529		0.480		0.309236	

Cuadro Nº 8.3-9
Modelos de Demanda Directa Camiones Simples
Carga Agrícola y Manufacturada

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8	
	Estimador	t-est												
CTE	3.16E-04	0.3			4.47E-07	0.3			5.21E-07	0.3				
POBi INGi	0.515075	5.8	0.318466	4.4	0.503354	5.7	0.197443	1.3	0.508348	5.7	0.197363	1.3	0.317850	4.4
POBj INGj	0.296626	3.3	0.141058	2.3	0.578344	3.9	0.253662	1.8	0.568923	3.8	0.253706	1.8	0.141536	2.3
TGEN	-2.160421	-12.8	-2.012752	-9.1	-1.904369	-9.8	-1.942831	-9.2	-1.924476	-10.4	-1.944779	-9.5	-2.011579	-9.2
Capital Origen					-0.621343	-3.0	0.277262	0.7	-0.614035	-2.9	0.284186	0.8		
Capital Destino					-1.559056	-3.0	-0.366958	-0.9	-1.500606	-2.9	-0.354018	-0.9		
Norte Origen									14.171670	6.4	6.779279	1.9	9.567970	4.9
Norte Destino									13.582570	3.9	6.267816	1.9	3.774540	2.4
Sur Origen									9.976430	4.6	2.982801	0.9		
Sur Destino									12.200400	3.4	4.595989	1.4		
R-squared	0.633439		0.563360		0.712924		0.574240		0.702		0.570750		0.559	
Adjusted R-squared	0.625412		0.557032		0.702292		0.561718		0.686		0.549938		0.549	

8.3.4 MODELOS DE CAMIONES PESADOS

A continuación se presentan los modelos estimados para cada uno de los siguientes tipos de usuarios analizados:

- ✓ Todos los Productos
- ✓ Transporte de carga en camión pesado, carga agrícola
- ✓ Transporte de carga en camión pesado, carga manufacturada
- ✓ Transporte de carga en camión pesado, carga agrícola y manufacturada.

Al igual que en el caso de camiones pesados, se decidió no estimar modelos específicos para carga forestal y camiones vacíos considerando que los modelos de Estrasur para carga forestal son muy robustos y pueden ser utilizados directamente en la predicción. Mientras que en el caso de camiones vacíos es posible construir esta matriz transponiendo la suma de las restantes matrices a nivel de pasajeros.

Los modelos obtenidos entregan indicadores de ajuste menores a los obtenidos anteriormente, sin embargo son habituales para este tipo de experiencias. Los parámetros obtenidos presentan los signos correctos y es posible obtener modelos apropiados para los modelos agrupados para todos los productos y para la agrupación de carga agrícola y manufacturada.

Cuadro N° 8.3-10
Modelos de Demanda Directa Camiones Pesados
Todos los productos

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8	
	Estimador	t-est												
CTE	3.19E-02	0.7			1.12E-06	0.3			4.27E-07	0.2				
POBi INGi	0.207148	5.2	0.128168	3.9	0.468838	3.5	0.154260	2.7	0.449881	3.1	0.128798	1.3	0.139269	3.3
POBj INGj	0.235101	5.8	0.161320	5.0	0.425648	4.9	0.136207	2.5	0.459216	2.9	0.114950	1.2	0.103311	2.5
TGEN	-0.881014	-11.2	-0.830285	-9.0	-0.832742	-9.6	-0.812048	-8.8	-0.907044	-6.4	-0.803316	-6.3	-0.801002	-7.8
Capital Origen					-1.118012	-2.3	-0.228291	-1.0	-0.783726	-1.8	0.021076	0.1		
Capital Destino					-0.933393	-2.8	-0.031959	-0.2	-0.908985	-1.9	-0.059669	-0.2		
Norte Origen									12.690330	3.8	5.400060	2.5	5.638799	5.4
Norte Destino									12.746600	3.4	4.920596	2.2	4.666013	4.5
Sur Origen									12.512600	3.7	5.176145	2.4	5.418122	5.4
Sur Destino									12.706760	3.4	4.831893	2.2	4.582043	4.6
R-squared	0.173		0.162		0.229		0.166		0.288		0.264		0.264	
Adjusted R-squa	0.169		0.160		0.223		0.160		0.279		0.256		0.258	

Cuadro N° 8.3-11
Modelos de Demanda Directa Camiones Pesados
Carga agrícola

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7	
	Estimador	t-est										
CTE	5.49E+03				7.65E+04	0.1			6.42E-02	0.1		
POBi INGi	-0.117277		0.062575	1.0	-0.069274	-0.3	0.217561	2.2	-0.011011	-0.1	-0.076309	-0.5
POBj INGj	-0.136308		0.081682	1.0	-0.329337	-1.8	-0.096694	-0.9	0.267863	1.1	0.232112	1.3
TGEN	-0.166260		-0.396549	-1.6	-0.035956	-0.1	-0.239077	-1.0	-0.871726	-2.5	-0.950840	-2.7
Capital Origen					-0.106083	-0.2	-0.734007	-1.9	0.479656	0.8	0.512441	0.9
Capital Destino					0.670696	1.7	0.456855	1.0	-0.848411	-1.0	-0.829378	-1.1
Norte Origen									3.470481	0.8	2.001498	0.6
Norte Destino									9.473289	1.6	8.709966	2.0
Sur Origen									3.112313	0.8	1.567803	0.5
Sur Destino									8.673491	1.5	7.834471	1.9
R-squared	0.117		0.032		0.170		0.111		0.759		0.758	
Adjusted R-squa	0.022		-0.035		0.011		-0.020		0.723		0.727	

Cuadro N° 8.3-12
Modelos de Demanda Directa Camiones Pesados
Carga manufacturada

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7	
	Estimador	t-est										
CTE	7.37E-04	0.3			2.93E-05	0.2	0.142201	1.7	8.72E-03	0.1		
POBi INGi	0.335977	3.6	0.176548	2.7	0.323489	3.0	0.091383	1.1	0.064970	0.2	-0.079845	-0.6
POBj INGj	0.211740	2.6	0.059137	1.1	0.355854	2.2	-0.774992	-5.0	0.220603	1.2	0.153779	1.2
TGEN	-0.836607	-5.0	-0.743749	-4.5	-0.765903	-5.3	0.298696	1.1	-0.527625	-2.0	-0.503977	-2.1
Capital Origen					-0.030962	-0.1	0.069285	0.3	0.765794	1.2	1.117694	2.7
Capital Destino					-0.522029	-1.3			0.413481	0.7	0.592426	1.2
Norte Origen									4.897393	0.8	1.566335	0.5
Norte Destino									8.007066	1.9	6.504054	2.1
Sur Origen									4.125744	0.7	0.759831	0.2
Sur Destino									8.336901	2.0	6.795906	2.2
R-squared	0.241		0.196		0.253		0.207		0.639		0.638	
Adjusted R-squa	0.228		0.188		0.233		0.189		0.626		0.627	

Cuadro N° 8.3-13
Modelos de Demanda Directa Camiones Pesados
Carga Agrícola y Manufacturada

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 6		Modelo 7	
	Estimador	t-est										
CTE	2.06E-04	0.2			2.36E-05	0.2			8.81E-06	0.1		
POBi INGi	0.379417	3.4	0.177178	2.5	0.342119	2.4	0.112067	1.0	0.221045	0.7	-0.147762	-1.0
POBj INGj	0.234611	2.3	0.075574	1.4	0.358492	2.2	0.137000	1.3	0.362843	2.1	0.164880	1.3
TGEN	-0.927356	-4.5	-0.830177	-4.0	-0.832835	-4.5	-0.827984	-4.1	-0.659168	-1.7	-0.366821	-1.1
Capital Origen					-0.067082	-0.2	0.288910	0.9	0.327649	0.4	1.186875	2.2
Capital Destino					-0.523011	-1.3	-0.122893	-0.4	0.144113	0.2	0.748809	1.6
Norte Origen									9.109069	1.3	0.445515	0.1
Norte Destino									12.253750	3.1	7.735066	2.5
Sur Origen									8.514575	1.2	-0.217469	-0.1
Sur Destino									12.072540	3.0	7.483791	2.4
R-squared	0.229		0.186		0.242		0.193		0.752		0.751	
Adjusted R-squa	0.207		0.171		0.206		0.163		0.738		0.738	