

9 CALIBRACIÓN DE MODELOS Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE VIAJES INTERURBANOS.

Este capítulo tiene por propósito generar las herramientas y procedimientos que serán empleados en la modelación y proyección de la demanda de viajes de pasajeros y carga en el horizonte de evaluación. Ello significa obtener relaciones explícitas entre los flujos de transporte y ciertas variables representativas del sistema de actividades que puedan ser proyectadas a cortes temporales futuros.

Además contiene la metodología y resultados obtenidos en la fase de proyección de la demanda de viajes interurbanos en el área bajo estudio. El procedimiento desarrollado es necesario para proyectar los potenciales volúmenes de flujo vehicular que demandarán el uso de la red vial de la Macrozona Sur y Centro Sur, en el mediano y largo plazo.

Para establecer el crecimiento de viajes se han estimado modelos de demanda de viajes de tipo conjunto, vale decir que consideran la generación, atracción y distribución de los viajes en una sola expresión matemática.

Otra tarea esencial en esta fase es la proyección de las variables explicativas del modelo. De acuerdo con los análisis realizados en estudios previos, en el ámbito interurbano existe un número reducido de variables que reúnen las características necesarias para ser buenas predictoras de la demanda de transporte. Estas variables tienen relación con medidas del poder adquisitivo de los habitantes de una zona y con el costo generalizado de transporte.

Para calcular las variables explicativas seleccionadas se utilizaron las siguientes fuentes de información:

- Censos de Población y Vivienda, INE: para obtener el número de habitantes.
- Informes Anuales de Turismo, INE-SERNATUR: para obtener la Pernoctación Capacidad días-cama.
- Censos Agropecuarios INE: para obtener superficies de secano y de riego.
- Estadísticas de Empleo, INE, para obtener la cantidad de ocupados en empleo primario no agrícola.
- Proyecciones de población, INE: para obtener las tasas de crecimiento futuras de la población y ajustarlas de acuerdo a los censos de 1992 y 2002.
- Encuestas CASEN, MIDEPLAN: para estimar el ingreso promedio por hogar a nivel comunal y el tamaño promedio de hogar (hab/hogar) por comuna;
- Plan Director MOP: para obtener las proyecciones de producción comunal.
- Boletines económicos de Latin Focus: para obtener las tasas de crecimiento a corto plazo del PIB.
- Calibración de red de transporte: para estimar variables de servicio en la red (tiempo de viaje, distancia, combustible) y valor del peaje.

9.1 Calibración Modelos de Demanda

9.1.1 Antecedentes Generales

Cabe destacar que como se desprende de los términos de referencia los modelos buscados serán unimodales, esto es, capaces de predecir la demanda del sistema vial, sin incluir modelos de partición modal. Dado que la asignación se haría en forma independiente, ello significa que en términos del modelo clásico de 4 etapas estos modelos deberán referirse a las etapas de generación, atracción y distribución de viajes. Esta limitación no parece demasiado grave en el presente caso, dado que al interior de la MacroZona Sur la participación de los modos ferroviario, aéreo y marítimo es muy pequeña en comparación al modo vial.

Los términos de referencia plantean dos posibles opciones, una en que se modelan en forma secuencial la generación / atracción y luego la distribución de los viajes, y otra en que estas etapas se modelan en forma simultánea mediante un modelo de demanda directa.

La experiencia del estudio Estrasur concluye que la primera opción secuencial no conduce a resultados satisfactorios, y que “los resultados obtenidos tienden a indicar que en futuros estudios no sería sensato intentar calibrar modelos independientes de generación, atracción y distribución de viajes”. Ello es plenamente compatible con lo que deriva de la intuición ilustrada. Por ejemplo, intentar explicar la producción de acero de CAP como función de los atributos de la zona en la cual se ubica la usina de Huachipato sería un ejercicio completamente inútil. Es muy claro que dicha producción está relacionada con el consumo en las restantes zonas, con el costo al cual el producto puede ser colocado en esos destinos en comparación con el costo del acero importado, y con las eventuales diferencias de calidad.

Similar razonamiento puede hacerse para el intento de relacionar el número de viajes de pasajeros generados por una zona dada sólo con los atributos de dicha zona. En primer lugar, para que se produzcan viajes las personas requieren un lugar de destino, algo que hacer allí, y una manera de llegar, a algún costo. Es claro que el número de viajes generado por la zona en cuestión dependerá de la distancia y costo de acceder al destino, y al diferencial de equipamiento entre las zonas de origen y destino. Así, una zona relativamente más remota generará menos viajes que una zona próxima a una gran urbe, a igualdad de otros factores.

Sin embargo, las deficiencias anteriores no dejan a los modelos de demanda directa no acotados como única opción. A modo de ejemplo, en el caso ya mencionado del acero sería posible plantear un modelo predictivo del consumo total nacional en función de variables macroeconómicas, y de la fracción del mismo que sería abastecido con producción nacional. Esta producción tendría su origen en la conurbación de Concepción y podría repartirse entre las zonas de destino, dentro y fuera de la MacroZona Sur en proporción a factores de atracción que en el caso más simple serían constantes para el período de predicción, y en el caso más complejo podrían ser función de algún atributo proyectable y/o del costo de transporte. Se trata por lo tanto de un modelo acotado en el cual la generación, atracción y distribución son resueltas en forma conjunta.

Modelos de similar naturaleza podrían emplearse para la determinación de flujos en caminos no censados, para cuya área servida se conozca los valores de ciertas variables explicativas. Ello debiera aplicarse con cautela, pues si el modelo es demasiado complejo podría en algunos casos resultar más barato y confiable realizar un conteo que aplicar el modelo.

Otro de los problemas que deberá ser resuelto es el de aditividad. Por ejemplo, en los modelos de demanda de pasajeros de Estrasur, ocurre que si una zona se divide en dos queda generando en forma conjunta más flujo que la zona original, lo cual es claramente inconsistente.

La solución es calibrar modelos en los que las variables independientes correspondan a tasas, del tipo de viajes por habitante, o toneladas por hectárea, los cuales son plenamente aditivos.

Por otra parte, se ha observado en estudios anteriores que, a igualdad de otros factores, dos zonas relacionadas entre sí desde el punto de vista funcional o jerárquico, generan entre ellas más viajes que los pares que no presentan dicha relación. Por lo tanto, en los modelos deberán ser incluidas variables mudas que representen estas circunstancias. Un ejemplo de tales variables es una que adopta el valor uno si el par de zonas incluye la capital regional y una zona de la misma región, y es cero en caso contrario.

En resumen las condiciones deseables que debieran cumplir los modelos son las siguientes:

- Ser función de variables que puedan ser proyectadas con razonable confiabilidad.
- Ser sencillos y prácticos de aplicar.
- Tener una sólida base conceptual.
- Responder cabalmente a las particularidades de cada categoría de demanda.
- Ser aditivos con respecto a la agregación zonal. En términos matemáticos, ello implica que deben ser homogéneos en grado uno con respecto a las variables que corresponda sumar al agregar zonas.
- Predecir tasas de crecimiento de los flujos coherentes con las tasas observadas históricamente.
- Considerar cabalmente las relaciones funcionales y jerárquicas entre centros poblados.

9.1.2 Modelos de Viajes en Vehículos Livianos

En esta sección se realizará la especificación de los modelos que se utilizarán para representar la generación, atracción, distribución y proyección de viajes de vehículos livianos en la MZS.

Para ilustrar la discusión realizada en la sección anterior, se reproducirá a continuación un extracto de uno de los estudios de referencia, el correspondiente al estudio de la IX y X Regiones (CIS, 2004).

En dicho estudio se especificó un modelo de demanda directa general de la forma:

$$T_{ij} = k \cdot f_i \cdot g_j \cdot \exp(-\beta c_{ij}) \quad (1)$$

donde T_{ij} son los viajes diarios que se realizan entre las zonas i y j , k es una constante, f_i es una función que recoge características del uso del suelo en la zona i , g_j es también función del uso del suelo en la zona j . Se usó una función de costos exponencial. La estimación del modelo se realizó utilizando los métodos de regresión lineal, aplicando la siguiente transformación logarítmica:

$$\ln(T_{ij}) = k' + \ln f_i + \ln g_j + \beta c_{ij} \quad (2)$$

Se estimaron modelos por período y categoría de usuarios, considerándose como variable explicativa el ingreso en el origen (n° de hogares por ingreso medio), el ingreso en el destino, la longitud entre i y j , el costo generalizado entre i y j (tarifa más valor del tiempo por tiempo de viaje), indicador de turismo, más variables dummy por origen-destino y longitud de viaje. En

todos los casos se consideró el logaritmo de los flujos como variable dependiente. Se modeló los viajes diarios para lo cual la matriz de viajes fue simetrizada.

A continuación se reproducen los resultados obtenidos para el período 1, categoría de usuario 2:

Cuadro N° 9.1-1: Modelo Demanda vehículos Livianos -Estudio CIS, 2004.

	Parámetro	Error Est.	test-t	valor-p
Constante	-21.2087	1.61	-13.17	0.00
DNORTE	-1.7468	0.37	-4.71	0.00
DCERCA	0.9883	0.17	5.93	0.00
LOCAL	1.7426	0.20	8.61	0.00
LNPIBI	0.4334	0.04	9.77	0.00
LNPIBJ	0.4975	0.05	10.70	0.00
CG2	0.0000	0.00	-2.43	0.02
LONGC2	-0.0033	0.00	-2.63	0.01
LNTUR	0.2467	0.11	2.20	0.03

N° Observaciones = 373

R2 = 0.628248

R2 aj = 0.62008

F[8, 364] = 76.89

La notación empleada es la siguiente:

- **Dnorte** toma el valor 1 sólo si origen o destino queda en la zona norte (zona 105).
- **Dcerca** toma el valor 1 si longitud entre i y j es menor o igual a 150.
- **Dlocal** toma el valor 1 si longitud entre i y j es menor o igual a 50.
- **Lnpiibi** logaritmo natural del ingreso de la zona i. Ingreso de la zona i se estima como el producto entre el número de hogares de la zona y el ingreso medio de los hogares de la zona.
- **Cgi** costo generalizado de la categoría i. Se estima como la suma entre la tarifa entre i y j más el producto entre el valor del tiempo de la categoría i y el tiempo de viaje.
- **Longci** longitud entre i y j para la categoría de usuario i.
- **Lntur** logaritmo natural del producto de un indicador de atractivo turístico de la zona i y el indicador de atractivo turístico de la zona j.

Se trata aparentemente de un buen modelo, con r^2 ajustado del orden de 60%, signo de los parámetros adecuado, así como buena significancia estadística. En los restantes casos se obtuvo resultados similares.

Cabe destacar que esta formulación no es original del estudio comentado, pues una muy similar fue propuesta anteriormente en el estudio ESTRASUR Etapa IV. Por otra parte, formulaciones de este tipo han sido propuestas en los otros dos estudios de referencia. Por lo tanto los resultados mostrados en el cuadro anterior son bastante representativos.

Centraremos la atención en el coeficiente de la variable LNPIBI, que toma el valor 0.4334 con un t-estadístico cercano a 10. En general, los coeficientes de esta variable toman valores diversos en los otros casos y estudios, pero siempre bastante menores que 1. Al pasar de la

forma logarítmica (ec 2) a la original (ec 1), la variable LNPIBI queda elevada a 0.4334, esto es, muy cerca a lo que sería su raíz cuadrada.

En un modelo doblemente logarítmico como el usado, este coeficiente representa la elasticidad del flujo con respecto al Ingreso Zonal. En términos de proyecciones de viajes, en el ejemplo ello significa que si el ingreso de una zona se mantiene y la población se incrementa en un 10%, los viajes generados se incrementan en un 4,3%, a igualdad de otros factores. Esto es, al mantenerse el ingreso y aumentar la población, la tasa de generación de viajes (número de viajes por habitante) se reduce, lo cual es claramente un contrasentido.

Además, de la especificación del modelo se desprende en forma inmediata, por su no linealidad, que si agrupamos dos zonas en una, la nueva zona agregada aparecerá generando menos viajes que la suma de las dos zonas originales.

Por lo tanto, la pregunta relevante es por qué razón un modelo calibrado con buenos indicadores de ajuste estadístico puede conducir a predicciones tan erróneas. Para ilustrar qué es lo que sucede, recurriremos a un ejemplo sencillo que se presenta a continuación.

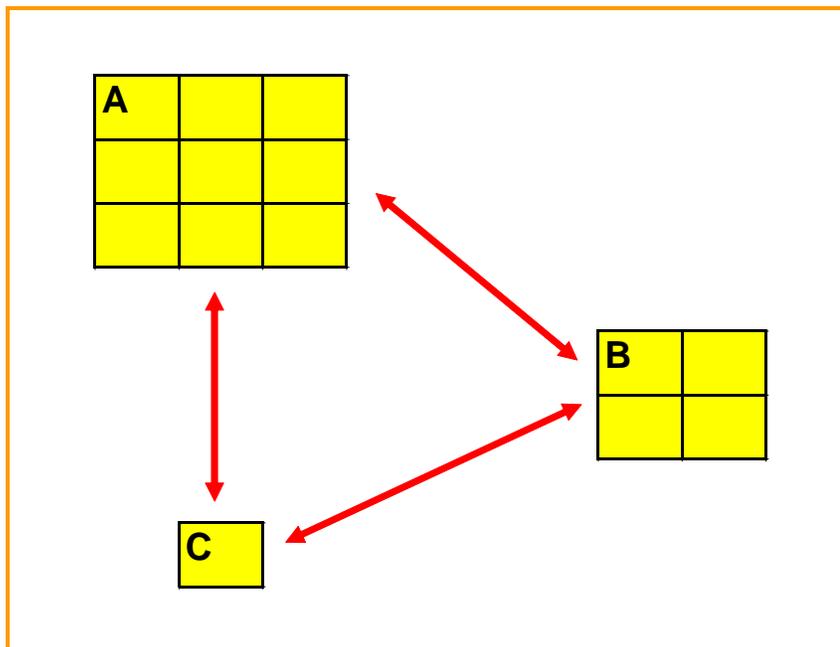
Consideremos el caso de tres ciudades (A, B y C) de diferente población (9, 4 y 1), conectadas entre sí como se muestra en la figura siguiente.

En este ejemplo muy simplificado, supondremos que cada habitante genera 14 viajes en cierta unidad de tiempo, y que éstos se distribuyen proporcionalmente a la población del destino, independientemente de los costos o distancias. El cuadro siguiente resume los flujos resultantes.

Cuadro N° 9.1-2: Matriz Origen Destino Ejemplo Simplificado.

Ciudad Origen	Población	Viajes	Ciudad Destino		
			A	B	C
A	9	126	81	36	9
B	4	56	36	16	4
C	1	14	9	4	1

Fuente: Elaboración propia



Nótese que, aparte de la diagonal que representa los viajes internos de cada ciudad, la matriz OD resultante es simétrica.

El tránsito total que sería observado en la red de la figura se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro Nº 9.1-3: Flujos Resultantes Ejemplo simplificado.

Arco	Flujo generado por			Total
	A	B	C	
AB	36	36	0	72
AC	9	0	9	18
BC	0	4	4	8

Fuente: Elaboración propia

Supongamos ahora que un modelador desea calibrar un modelo de generación, que relacione el flujo interurbano total generado por cada ciudad con la población de la misma. Los datos que este modelador usaría son los indicados en el cuadro siguiente:

Cuadro Nº 9.1-4: Datos Calibración Modelo Ejemplo simplificado.

Ciudad	Población	Flujo por Arco			Total Generado
		AB	AC	BC	
A	9	72	18	0	90
B	4	72	0	8	80
C	1	0	18	8	26

Fuente: Elaboración propia

Al calibrar un modelo del tipo mostrado en las ecs 1 y 2, se obtiene los siguientes resultados.

Cuadro Nº 9.1-5: Resultados Calibración Modelo Ejemplo simplificado.

Variable	Coefficientes	Estadístico t
Intercepción	3,3400	12,7285
Población	0,5916	3,3816
R ² ajustado	0,8392	

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro, los indicadores de ajuste, r^2 y t-estadísticos, son muy buenos, por lo cual el modelo habría sido aceptado sin mayor discusión por el modelador. Por otra parte, este modelo simplificado reproduce el valor cercano a 0.5 para el exponente de la población, ya comentado para los modelos reales.

Veamos ahora qué ocurre en la etapa de predicción. Haremos el supuesto de que cada ciudad aumenta su población en un 10%, y que la tasa de generación de viajes se mantiene en su valor original.

En el modelo original, por su naturaleza completamente lineal, el efecto será obviamente un incremento de un 10% en todas las cifras, incluyendo los flujos OD y los flujos en arcos.

En cambio, el modelo calibrado, como resulta sencillo comprobar numéricamente, predecirá un incremento de los flujos de un 5,9%.

En conclusión, nuestro sencillo ejemplo ha reproducido los problemas observados en los modelos calibrados en estudios anteriores, permitiendo además dar una explicación acerca de la fuente original de los mismos.

En efecto, del desarrollo del ejemplo queda claro que la fuente de los problemas es el hecho de intentar relacionar los flujos de viajes interurbanos con la población total (o cualquier otro indicador de tamaño) de cada centro generador de viajes. La relación que realmente corresponde hacer sería entre la población o tamaño de cada centro y el total de viajes que genera, ya sean urbanos o interurbanos.

Comenzaremos por formalizar la especificación del que entendemos como el modelo correcto. La expresión resultante es la siguiente:

$$T_{ij} = g \left(P_i \frac{A_j}{\sum_h A_h} + P_j \frac{A_i}{\sum_h A_h} \right)$$

Donde T_{ij} representa el número total de viajes por unidad de tiempo entre las zonas i y j , g es la tasa de generación de viajes en viajes por habitante por unidad de tiempo, P_i y P_j son las poblaciones de las zonas respectivas, y A_h es un indicador de atracción de viajes de la zona h . En el caso del ejemplo, el indicador de atracción era la misma población.

Para construir un modelo más realista, la tasa de generación de viajes g puede especificarse como una función de otras variables, tal como el ingreso de la zona de origen. Dado que la linealidad del modelo con respecto a la población ya está garantizada, en el caso de g no hay restricciones para usar especificaciones no lineales. Además, si se desea, puede segmentarse g por propósito de viaje u otras variables.

En el caso en que tanto la información de viajes como la población estén segmentadas por cierta variable, por ejemplo el ingreso, resulta posible especificar valores diferentes de g por cada categoría, lo que es usualmente conocido como método ACM.

La segunda extensión necesaria es revisar el supuesto de que todos los destinos posibles atraen viajes en proporción a su población, como se hizo en el ejemplo. Para ello resulta necesario especificar una forma funcional más realista para los indicadores de atracción A_h . En especial, debe considerarse que el costo de acceder a cada destino es diferente, por lo cual el atractor de una zona lejana debiera reducirse con respecto al de una zona cercana.

Para ilustrar este proceso, recurriremos nuevamente a nuestro ejemplo simplificado. Supondremos que el costo de transporte hace que la probabilidad de viajar a otra ciudad se reduzca a la mitad del valor original, mientras la probabilidad de un viaje interno permanece constante. La tabla siguiente resume esta situación. Los viajes en la diagonal permanecen en su valor original, en tanto el resto se reduce a la mitad.

Cuadro N° 9.1-6: Matriz Origen Destino Resultante Modelo Simplificado.

Ciudad Origen	Población	Viajes	Ciudad Destino		
			A	B	C
A	9	103,5	81	18	4,5
B	4	36	18	16	2
C	1	9,5	4,5	4	1

Fuente: Elaboración propia

Las tasas de generación de viajes de las ciudades A, B y C, se reducen de 14 viajes por habitante a 11,5; 9 y 9,5; respectivamente. Ello significa que estas tasas no son dependientes únicamente de las características de la zona de origen, sino también de las zonas a las que se puede acceder desde ella, y a qué costos. En términos formales, el modelo resultante es el

mismo anterior, en el cual se asume que los atractores A_h son función de características estables o propias de cada zona, multiplicados por un factor que varía en proporción inversa al costo, probablemente con una expresión no lineal.

Esta especificación es la que se intentará calibrar con los datos recogidos en el presente estudio.

9.1.3 Modelos de Viajes de Vehículos Pesados

En el caso de los vehículos pesados, la información de origen destino ha sido compilada en 4 categorías: agrícola, forestal, otros y vacíos.

En las categorías agrícola y otros, se intentará calibrar un modelo idéntico al de vehículos livianos, tanto en términos de especificación como de variables explicativas. De obtenerse resultados poco satisfactorios, se examinará la conveniencia de incluir variables adicionales.

Para las categorías forestal y vacíos, en cambio, se adoptará una proyección basada en una tasa de crecimiento.

9.1.4 Calibración Modelo de Vehículos Livianos

La especificación del modelo propuesto a partir de la discusión anterior, se indica en la ecuación siguiente.

$$T_{ij} = g \frac{P_i P_j}{P} (C_{ij})^\beta$$

donde

- T_{ij}: flujo de la zona i a la zona j
- P_i: población de la zona de origen
- P_j: población de la zona de destino
- P: población total del área de estudio
- g: tasa de generación de viajes
- C: costo de viaje utilizado en el modelo de asignación
- β: parámetro de impedancia

Como es usual, a esta expresión se le aplicó logaritmo para calibrarla como un modelo lineal. La expresión que se calibró es la siguiente:

$$\ln \left(\frac{T_{ij}}{P_i P_j} \right) = K + \beta \ln(C_{ij})$$

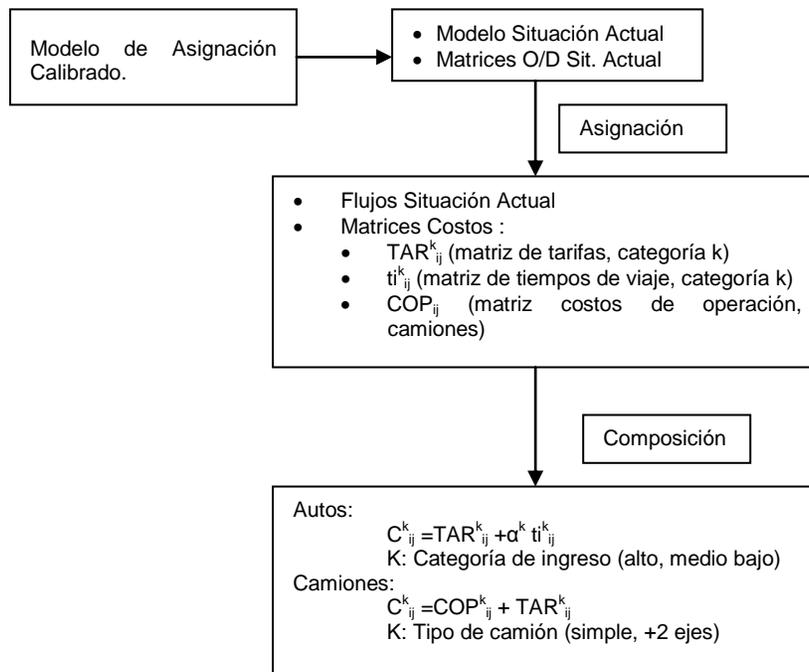
donde la constante K es igual a $\ln(g/P)$.

Para modelar las zonas externas, se definió un conjunto de cuatro variables binarias: Norte, Sur, RM y Extranjero. Cada una de ellas tomaba el valor 1 si el viaje tenía origen o destino en la zona externa considerada, y cero en caso contrario. Además, para evitar la división por cero, se asignó a todas ellas una población unitaria. Esto no resta generalidad al modelo, pues la magnitud de dicha población sólo afecta el valor de la variable binaria correspondiente, manteniéndose constante su producto.

La calibración se realizó en forma independiente para las tres categorías de usuarios según ingreso: Alto, Medio y Bajo, empleando para ello las matrices calibradas en el presente estudio, reportadas en el Capítulo 8.

La variable C_{ij} es obtenida a partir del modelo de asignación calibrado para la macrozona. En efecto, a partir de una asignación mediante la aplicación del programa en formato macro T44.mac, es posible obtener las matrices promedio de tiempo y tarifa, de cuya composición se obtiene la matriz de costo de viaje por categoría de usuario. La formulación para ponderar las matrices de manera de obtener los costos por par origen-destino es equivalente a la utilizada en la Sección 8.3.2 para obtener el costo de viaje percibido por usuario a nivel de arco, en la fase de asignación. A continuación se esquematiza este procedimiento mediante un diagrama de flujo.

Figura N° 9.1-1: Proceso Obtención Matrices de Costo Situación Actual



Cabe señalar que los modelos obtenidos permiten estimar matrices y flujos a nivel de TMDA. Por otro lado, el procedimiento explicado anteriormente genera flujos y costos promedios representativos del flujo promedio diario.

Los resultados obtenidos en la calibración del modelo son los mostrados en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 9.1-7: Resultados Calibración Modelo Vehículos Livianos

Categoría	Alto		Medio		Bajo	
Variable	Coeficiente	t-estadístico	Coeficiente	t-estadístico	Coeficiente	t-estadístico
Beta	-1,73032	-45,08	-1,42791	-40,68	-1,72218	-37,69
Norte	11,95788	60,45	11,30868	55,54	11,15003	49,08
Sur	12,34957	24,47	10,02369	25,84	4,59709	6,03
RM	13,06583	90,68	12,20075	81,00	12,22143	74,65
Extranjero	12,50885	33,48	11,93896	44,54	9,41435	12,39
Constante K	-8,07165	-25,59	-10,62261	-37,00	-9,31958	-27,65
R ² ajustado	0,89342		0,86819		0,85375	
N° Observaciones	1391		1706		1365	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que en los tres modelos el indicador de ajuste r^2 está en el rango de 85% a 90%, lo que significa un ajuste de alta calidad. Además, los t-estadísticos son muy buenos, indicando que todas las variables usadas en los modelos son significativas desde el punto de vista estadístico.

9.1.5 Calibración Modelo de Camiones

Para camiones se utilizó inicialmente la misma especificación ya señalada para los vehículos livianos. Estos modelos resultaron poco satisfactorios, con bajos índices de ajuste. Un análisis de los residuos indicó que las sobrestimaciones tendían a concentrarse en ciertas regiones, y las subestimaciones en otras. Por lo tanto, se decidió agregar a la especificación un nuevo conjunto de variables binarias: R6, R7, R8, R9 y R10. Cada una de ellas tomaba el valor uno si el viaje tenía tanto su origen como su destino dentro de la región correspondiente, y cero en caso contrario. Además, las variables binarias Sur y Extranjero fueron eliminadas pues la base de datos no contenía viajes desde o hacia dichas zonas externas

La calibración se realizó en forma independiente para las cuatro categorías de camiones que de acuerdo al planteamiento metodológico correspondía modelar: camiones simples agrícolas, camiones pesados agrícolas, camiones simples otros y camiones pesados otros, empleando para ello las matrices calibradas en el presente estudio, reportadas en el Capítulo 8. Los resultados obtenidos son los mostrados en los cuadros siguientes.

Cuadro Nº 9.1-8: Resultados Calibración Modelo Camiones Agrícolas.

Variable	Camiones Simples		Camiones Pesados	
	Coefficiente	t-estadístico	Coefficiente	t-estadístico
Beta	-1,29311	-16,91	-1,11972	-16,97
R6	0,40154	1,98	0,55439	3,36
R7	0,26058	1,33	0,31663	2,08
R8	2,23226	7,89	1,15851	7,94
R9	2,91861	12,56	0,89337	3,76
R10	2,68297	16,54	0,13599	0,88
Norte	10,43570	43,16	11,96489	72,51
RM	12,03130	62,76	12,88990	82,88
Constante	-11,10689	-12,45	-9,95772	-12,39
R ² ajustado	0,90004		0,92107	
Nº Observaciones	765		1069	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro Nº 9.1-9: Resultados Calibración Modelo Camiones Otros.

Variable	Camiones Simples		Camiones Pesados	
	Coefficiente	t-estadístico	Coefficiente	t-estadístico
Beta	-1,53844	-17,26	-1,05621	-14,79
R6	0,67451	3,44	-0,77113	-3,79
R7	0,38940	2,07	-0,92525	-5,08
R8	1,32306	6,30	1,97710	12,76
R9	1,40918	4,20	2,94769	11,96
R10	0,67665	2,99	1,44312	6,71
Norte	10,71228	33,48	11,41217	62,68
RM	12,90995	43,91	12,37777	72,37
Constante	-7,50998	-7,31	-11,86560	-13,67
R ² ajustado	0,82750		0,90143	
Nº Observaciones	652		1048	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que en los cuatro modelos el indicador de ajuste r^2 está en el rango de 82% a 92%, lo que significa un ajuste de alta calidad. Además, los t-estadísticos son muy buenos, indicando que todas las variables usadas en los modelos son significativas desde el punto de vista estadístico, salvo dos excepciones: los camiones simples agrícolas en la región 7 y los camiones pesados agrícolas en la región 10. Sin embargo, ello sólo significa que estas categorías no son significativamente diferentes a la categoría base, esto es, los movimientos internos inter regionales, por lo cual podrían eventualmente ser agrupados con esta categoría base. Por lo tanto, esta baja significación en modo alguno invalida los modelos obtenidos.

9.1.6 Submodelo de Proyección

Para efectos de proyección a años futuros, se aplicará el mismo modelo calibrado, esto es:

$$T_{ij} = g \frac{P_i P_j}{P} (C_{ij})^\beta$$

Se adoptará además los siguientes supuestos:

- El costo C_{ij} podrá variar como consecuencia de la incorporación de nuevos proyectos y de los cambios en los tiempos de viaje que resulten del modelo de asignación.
- Las poblaciones variarán de acuerdo a las proyecciones realizadas.
- La tasa de generación de viajes podrá variar, para lo cual se requiere calibrar un modelo adicional.
- El modelo se aplicará en forma incremental. Esto se explica en la sección final de este capítulo.

Dado que la tasa de generación de viajes es un parámetro agregado, el mejor método de proyección es un modelo también agregado. Idealmente, se requeriría un modelo que relacione los vehículos-km totales en la red con una variable macroeconómica proyectable como el PIB, el cual debiera ser calibrado sobre la base de información histórica.

Sin embargo, no se cuenta con información histórica confiable acerca del total de vehículos-km en la red. Para solucionar esta carencia, se decidió adoptar una variable proxy sobre la cual sí hay información, que es el consumo total de combustible a nivel nacional. El supuesto base es que la tasa de crecimiento del consumo de combustible debiera ser similar a la tasa de crecimiento de los flujos vehiculares.

La expresión para los vehículos-km en la red es la siguiente:

$$T = \sum T_{ij} d_{ij}$$

Reemplazando y reordenando se obtiene:

$$T = g P \sum \frac{P_i}{P} \frac{P_j}{P} d_{ij} (C_{ij})^\beta$$

En la expresión anterior la sumatoria puede entenderse como el promedio ponderado de los productos del costo elevado a beta por la distancia. Este promedio ponderado sobre toda la red vial puede ser considerado aproximadamente constante en el tiempo. De acuerdo a este supuesto, resulta que T es aproximadamente proporcional al producto gP de la tasa de generación por la población total. Por lo tanto, si llamamos Q al consumo total de combustible, se tiene que g es aproximadamente proporcional al cociente Q/P.

Las calibraciones preliminares intentaron relacionar dicho cociente con el PIB, con resultados poco satisfactorios. Examinando los residuos, se encontró que la fuente principal de los mismos eran las fuertes variaciones del precio del combustible dentro del período de análisis, por lo cual se decidió agregar dicha variable. Los mejores resultados se obtuvieron para un modelo con un año de rezago, el cual se muestra en la ecuación siguiente.

$$\frac{Q}{P} = A \left(\frac{PIB}{P} \right)^\gamma$$

donde:

- Q: Consumo de combustible en año t
- P: Población total en año t
- PIB: Producto interno bruto en año t-1
- p: Precio del combustible en año t-1
- A, γ : parámetros a calibrar

La calibración se realizó con los datos de consumo y precio de la gasolina automotriz para una serie de 15 años. Los datos empleados y los resultados obtenidos se muestran en los cuadros siguientes. Han sido omitidas las unidades de medida dado que sólo interesa conocer el valor del parámetro gamma, el cual es independiente de las unidades utilizadas.

Cuadro Nº 9.1-10: Datos Calibración Submodelo de Proyección.

Año	Población	PIB	Precio Gasolina	Venta Gasolina
1990	13.020.427	25.142.427	265	1.882
1991	13.183.394	27.136.661	262	1.948
1992	13.348.401	30.438.172	267	2.147
1993	13.515.473	32.559.288	249	2.265
1994	13.684.637	34.416.719	226	2.544
1995	13.855.917	38.028.587	230	2.752
1996	14.029.342	40.831.593	255	2.946
1997	14.204.937	43.526.542	252	3.064
1998	14.382.730	44.944.336	232	3.188
1999	14.562.748	44.616.344	247	3.252
2000	14.745.020	46.605.195	304	3.261
2001	14.929.572	48.165.621	383	2.982
2002	15.116.435	49.209.326	349	2.965
2003	15.305.636	51.156.416	399	2.879
2004	15.497.206	54.217.376	464	2.930

Fuente: Elaboración propia

Cuadro Nº 9.1-11: Resultados Calibración Submodelo de Proyección.

Variable	Coeficiente	t-estadístico
Gamma	0,57645	12,69
Constante	2,41100	10,72
R ² ajustado	0,92492	
Nº Observaciones	14	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el indicador de ajuste y la significancia de las variables son bastante buenos.

9.1.7 Modelo Final

El modelo final resultante es por lo tanto:

$$T_{ij} = g_0 \left(\frac{PIB}{p} \right)^\gamma \frac{P_i P_j}{P} (C_{ij})^\beta$$

Donde

- T_{ij}: flujo de la zona i a la zona j en año t
- P_i: población de la zona de origen en año t
- P_j: población de la zona de destino en año t
- P: población total del área de estudio en año t
- C_{ij}: costo de viaje utilizado en el modelo de asignación en año t
- PIB: producto interno bruto en año t-1
- p: precio del combustible en año t-1
- γ: parámetro de elasticidad al PIB
- β: parámetro de impedancia por categoría
- g₀: parámetro de generación de viajes por categoría

El valor de g₀ se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$g_0 = g \left(\frac{P_0}{PIB_0} \right)^\gamma$$

Donde p₀ y PIB₀ son los valores de estas variables para el año anterior al de calibración, esto es, 2006. Por su parte g adopta los valores calibrados para cada tipo de usuario, dados por la expresión:

$$g = P \exp\left(\sum \theta_h K_h\right)$$

Donde la sumatoria representa la constante y las variables binarias multiplicadas por sus coeficiente respectivos.

En resumen, se ha obtenido un modelo de demanda que cumple cabalmente las condiciones deseables expuestas al comienzo del capítulo.

9.2 Modelación y Escenarios de Crecimiento de Variables Socioeconómicas

En esta sección se describe el procedimiento empleado para proyectar las variables socioeconómicas que han resultado relevantes en la explicación de la producción de viajes (ver sección anterior) y en su proyección. Estas variables resultaron ser la población y el nivel de ingreso promedio por zona.

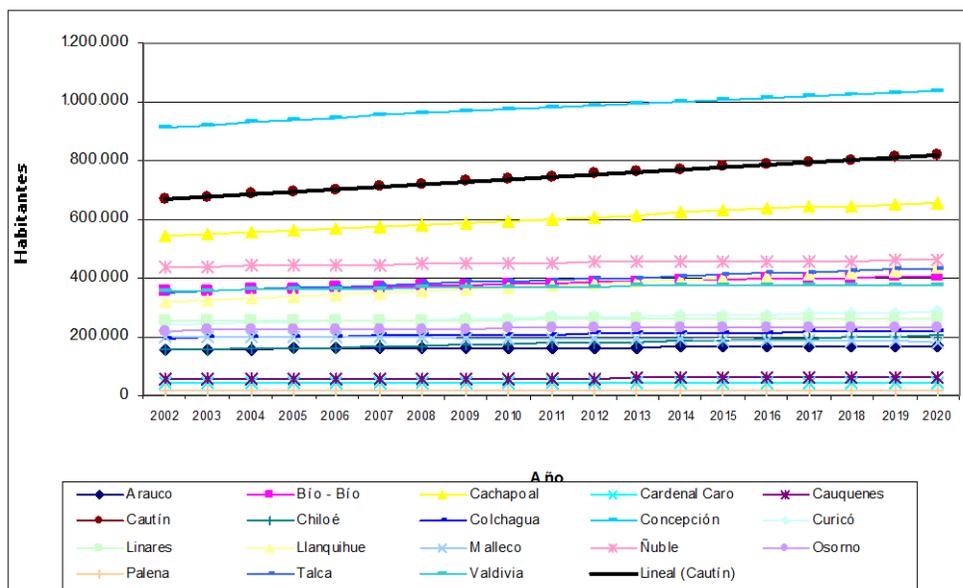
9.2.1 Población

La proyección de la población se realizó a nivel de zonas, utilizando datos proporcionados por el INE, tales como los Censos de Población de 1992 y 2002, así como también las proyecciones de población realizadas para el periodo 2002-2020, a nivel comunal (INE) y periodo 1950-2050, a nivel nacional (CEPAL, INE). Para proyectar entre 2002-2020, se utilizó como base el valor del Censo de Población de 2002, y se multiplicó por las tasas de crecimiento propuestas por la primera proyección mencionada en el párrafo anterior.

En resumen, la metodología no es más que una sensibilización de las proyecciones propuestas por el INE, ajustándolas con los valores del Censo de Población de 2002. Por otra parte resulta mucho más confiable proyectar la población basándose en las estimaciones del INE, que calibrar modelos lineales que se basan en dos años o modelos del tipo autoregresivos, lo anterior fundado en la gran especialización de los modelos utilizados por el INE, lo cual se puede apreciar en las metodologías de los documentos que presentan las proyecciones de población, disponibles gratuitamente en el portal electrónico del organismo.

En los datos que se presentan a continuación se puede apreciar las proyecciones de población tanto en sus magnitudes como sus tasas de crecimiento a nivel provincial, incluyéndose en el Anexo Digital el desglose por zona.

Figura N° 9.2-1: Evolución de la Población de las Provincias de la Macrozona



Fuente: Elaboración Propia en Base a datos INE

Cuadro Nº 9.2-1: Población Proyectada en Provincias de la Macrozona

Región	Provincia	2002	2007	2010	2015	2020	2025	2030
VI	Cachapoal	542.901	576.274	595.954	628.408	659.034	721.779	753.893
	Cardenal Caro	41.160	42.689	43.592	45.125	46.563	49.655	51.165
	Colchagua	196.566	203.623	207.580	213.683	218.812	231.863	237.211
Total VI		780.627	822.585	847.126	887.217	924.408	1,003,297	1,042,269
VII	Cauquenes	57.088	58.197	58.810	59.775	60.540	62,704	63,503
	Curicó	244.053	256.499	263.799	275.531	286.058	308,833	319,839
	Linares	253.990	257.496	259.245	261.388	262.314	269,831	270,825
	Talca	352.966	375.513	389.089	411.915	433.645	477,706	500,706
Total VII		908.097	947.704	970.943	1.008.608	1.042.557	1,119,074	1,154,873
VIII	Arauco	157.255	161.323	163.526	166.894	169.577	178,288	181,188
	Bío - Bío	353.315	370.353	379.545	394.406	408.291	438,439	453,145
	Concepción	912.889	953.152	975.032	1.009.240	1.039.813	1,116,654	1,150,193
	Ñuble	438.103	446.665	451.070	456.854	460.161	475,720	479,541
Total VIII		1.861.562	1.931.494	1.969.173	2.027.394	2.077.842	2,209,101	2,264,067
IX	Cautín	667.920	711.274	737.034	779.178	818.616	903,040	945,466
	Malleco	201.615	197.819	195.092	189.795	183.790	180,156	174,156
Total IX		869.535	909.093	932.126	968.973	1.002.406	1,083,196	1,119,622
X	Chiloé	154.766	167.850	175.853	189.650	203.373	232,641	247,737
	Llanquihue	321.493	352.054	370.779	402.826	434.407	498,545	532,878
	Osorno	221.509	226.181	228.392	230.403	230.462	237,539	237,759
	Palena	18.971	18.776	18.615	18.273	17.781	17,638	17,136
	Valdivia	356.396	364.745	369.039	373.751	375.150	387,889	389,476
Total X		1.073.135	1.129.605	1.162.677	1.214.903	1.261.172	1,374,252	1,424,986
Total MCZ		5.492.956	5.740.482	5.882.045	6.107.094	6.308.385	6,788,920	7,005,817

Fuente: Elaboración Propia en Base a datos INE

Cuadro Nº 9.2-2: Tasas de Crecimiento de la Población en Provincias de la Macrozona

Región	Provincia	2002-2007	2007-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030
VI	Cachapoal	1,20%	1,13%	1,07%	0,96%	1,84%	0,87%
	Cardenal Caro	0,73%	0,70%	0,69%	0,63%	1,29%	0,60%
	Colchagua	0,71%	0,64%	0,58%	0,48%	1,17%	0,46%
Total VI		1,05%	0,98%	0,93%	0,82%	1,65%	0,77%
VII	Cauquenes	0,39%	0,35%	0,33%	0,25%	0,70%	0,25%
	Curicó	1,00%	0,94%	0,87%	0,75%	1,54%	0,70%
	Linares	0,27%	0,23%	0,16%	0,07%	0,57%	0,07%
	Talca	1,25%	1,19%	1,15%	1,03%	1,95%	0,94%
Total VII		0,86%	0,81%	0,76%	0,66%	1,43%	0,63%
VIII	Arauco	0,51%	0,45%	0,41%	0,32%	1,01%	0,32%
	Bío - Bío	0,95%	0,82%	0,77%	0,69%	1,44%	0,66%
	Concepción	0,87%	0,76%	0,69%	0,60%	1,44%	0,59%
	Ñuble	0,39%	0,33%	0,26%	0,14%	0,67%	0,16%
Total VIII		0,74%	0,65%	0,58%	0,49%	1,23%	0,49%
IX	Cautín	1,27%	1,19%	1,12%	0,99%	1,98%	0,92%
	Malleco	-0,38%	-0,46%	-0,55%	-0,64%	-0,40%	-0,68%
Total IX		0,89%	0,84%	0,78%	0,68%	1,56%	0,66%
X	Chiloé	1,64%	1,56%	1,52%	1,41%	2,73%	1,27%
	Llanquihue	1,83%	1,74%	1,67%	1,52%	2,79%	1,34%
	Osorno	0,42%	0,32%	0,18%	0,01%	0,61%	0,02%
	Palena	-0,21%	-0,29%	-0,37%	-0,54%	-0,16%	-0,58%
	Valdivia	0,46%	0,39%	0,25%	0,07%	0,67%	0,08%
Total X		1,03%	0,97%	0,88%	0,75%	1,73%	0,73%
Total MCZ		0,89%	0,82%	0,75%	0,65%	1,48%	0,63%

Fuente: Elaboración Propia en Base a datos INE

9.2.2 Producto Interno Bruto (PIB)

La proyección de esta variable con modelos convencionales es un proceso complejo, debido a que se trata de una variable macroeconómica que depende de variados parámetros. No obstante existen técnicas econométricas que pueden aproximar un valor futuro con un gran acierto en el largo plazo, tal es el caso de las tendencias.

Las tendencias permiten proyectar series macroeconómicas, principalmente debido a la naturaleza agregada de estas variables, las cuales presentan generalmente una pauta creciente a lo largo del tiempo, es decir en intervalos de años, que obscurece los aspectos de interés que ocurren a corto plazo. Como se expone más adelante, al analizar la evolución temporal del PIB se aprecia una clara tendencia creciente a través del tiempo, pero no ilustra ningún aspecto relativo a las fluctuaciones que el PIB experimenta en periodos más cortos (2 o 3 años). Es como si estas fluctuaciones, de connotaciones cíclicas, no existiesen, cuando pueden considerarse quizá el componente más interesante de la variable. En realidad el PIB presenta tales fluctuaciones, las cuales quedan en evidencia cuando se representa su ritmo de crecimiento en cada trimestre con respecto a igual trimestre del año anterior.

Un procedimiento para la estimación de una tendencia consiste en especificar un modelo de regresión lineal con respecto al tiempo (t). Quedando entonces la variable en estudio (PIB) Y_t , en la suma de la constante β_0 , una tendencia determinística lineal $\beta_1 t$, y un término aleatorio denotado por u_t , que se supone que fluctúa de manera totalmente aleatoria alrededor de cero,

siendo positivo algunas ocasiones y negativo en otras. A continuación se presenta un modelo de tendencia lineal que vincula las variables recién expuestas.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 * t + u_t$$

La tendencia se denomina determinista porque en su construcción sólo interviene el tiempo t , variable determinista, y ninguna otra variable que pudiese considerarse aleatoria.

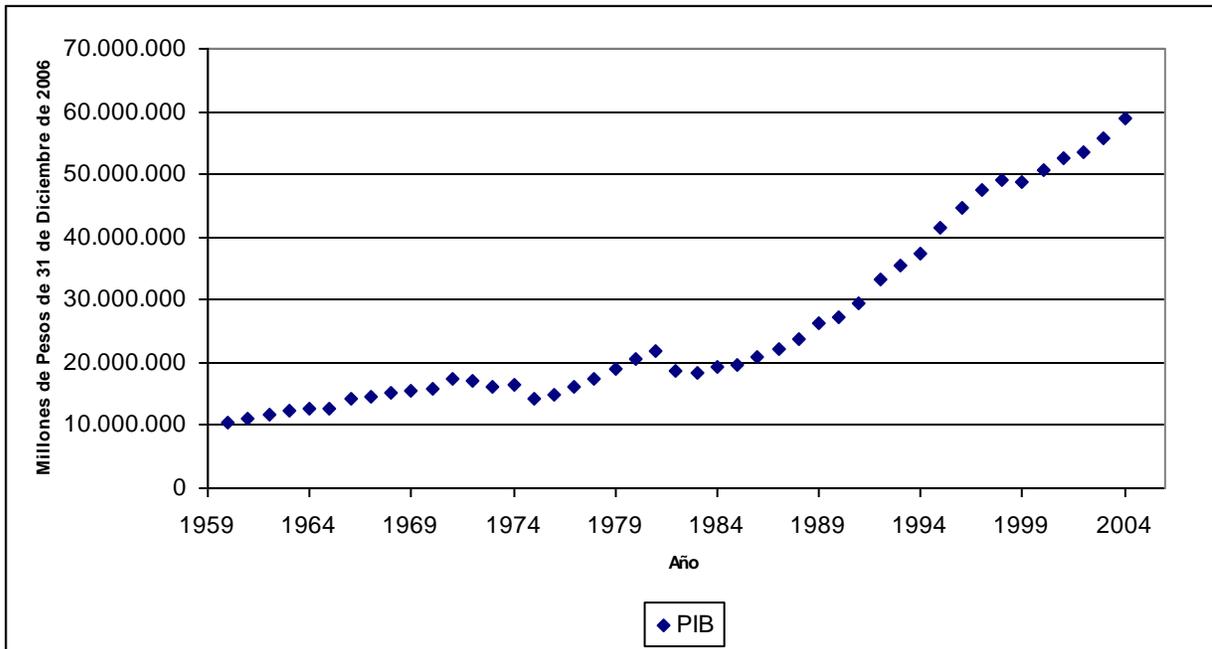
Un modelo de tendencia lineal no es el único posible y, de hecho, es un comportamiento que quizá no se quisiera imponer a la tendencia de una variable concreta como el PIB, si fuera precisamente la tendencia el objeto central del análisis posterior. En definitiva un modelo de tendencia lineal crece siempre a la misma tasa β_1 , y quizá quisiéramos distinguir entre tasas de crecimiento de un mayor número de años. Esta dificultad se soluciona con un modelo cuadrático de tendencia (que es el utilizado en este documento para proyectar el PIB), pues la trayectoria temporal que el modelo implica para el componente tendencial, ya no sigue una recta, sino una curva cóncava o convexa, dependiendo del signo de los parámetros estimados, lo cual puede parecer bastante más aceptable para muchas variables económicas. Para ello, se especifica una función de regresión de la variable original sobre una constante, una tendencia lineal y una tendencia al cuadrado, quedando de forma genérica de la siguiente forma:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 * t + \beta_2 * t^2$$

Si el coeficiente estimado β_2 es de signo positivo, este modelo impone una tendencia convexa, con una tasa de crecimiento para la variable que es mayor según pasa el tiempo. Si por el contrario el valor numérico estimado para dicho coeficiente es negativo, entonces el perfil correspondiente para la evolución tendencial de la variable es cóncavo, con un crecimiento que fue inicialmente mayor, pero que disminuye conforme pasa el tiempo. Este caso representa un comportamiento generalmente más aceptable que el lineal.

Ahora bien una vez explicada la metodología utilizada para la proyección del PIB se presenta un gráfico en el cual se resume la evolución de este indicador durante los años 1960 y 2004, siendo la fuente el Banco Central de Chile.

Figura N° 9.2-2: Evolución del PIB, Periodo 1960-2004 (MM\$, 2006)



Como se puede apreciar el crecimiento experimentado por el PIB en el periodo en estudio, es casi periódico ya que parece estar compuesto por tres rectas, una entre 1960-1971, luego otra entre 1975 y 1981 y por último entre 1983 y 2004, esto refleja lo expuesto en párrafos anteriores que si se analiza el PIB en periodos relativamente cortos la tendencia es claramente lineal no obstante en este caso el número de años es elevado 44 años, por lo tanto la tendencia es claramente no lineal. Suponer que la tendencia fuese exponencial sería en extremo aventurado debido a que se está proyectando una variable en extremo sensible, por ende se sobre estimaría el valor del PIB en los últimos cortes temporales. Con base en lo expuesto tanto en este párrafo como en los de descripción metodológica se propone la utilización de un modelo cuadrático, el cual se presenta en la expresión que sigue a continuación:

$$PIB_t = \beta_0 + \beta_1 * t + \beta_2 * t^2$$

Donde

- PIB_t : Es el Producto Interno Bruto en el año t en millones de pesos del 31 de diciembre de 2005.
- t : Corresponde al año de observación.
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2$: Son los parámetros a estimar.

Para la calibración del modelo de tendencia se utilizó el software EVIEWS 4.1, presentándose en el cuadro que sigue a continuación los valores estimados.

Cuadro N° 9.2-3: Valores de Coeficientes de Constantes y Parámetros del Modelo de Proyección de PIB

Constante	Coeficiente	Error Estándar	T- Estadístico	Valor-P
β_2	34.167,670	2.461,763	13,879	0,000
β_1	-134.444.982,976	9.758.470,262	-13,777	0,000
β_0	132.268.060.147,000	9.670.353.205,750	13,678	0,000
R²			0,971	
R²-Ajustado			0,970	
N° Observaciones			45	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar del cuadro anterior, los valores de los parámetros son bastante elevados, principalmente debido a las magnitudes de la variable PIB. Por otra parte los indicadores estadísticos son bastante aceptables, por ejemplo el valor del coeficiente de correlación ajustado es de 0,97.

Es necesario indicar que el modelo se calibró con datos incluidos en el periodo 1960-2004, no obstante el modelo no se utilizó para proyectar los valores del PIB sino hasta el año 2009, esto sobre la base de lo expuesto en los primeros párrafos del presente punto, utilizando para los años entre 2005 y 1999 proyecciones propuestas por estudios realizados por LatinFocus Consensus Forecast (<http://www.latin-focus.com>). LatinFocus es el principal punto de referencia para profesionales que buscan información fiable sobre las economías de América Latina. Desde su concepción en 1998, el sitio web de LatinFocus se ha convertido en una de las fuentes más dinámicas y esenciales de información económica y financiera sobre América Latina en la red.

Junto con la proyección tendencial se propuso dos escenarios alternativos a partir del año 2009, esto para poder ejemplificar de forma más precisa el comportamiento del PIB en el futuro. Los escenarios comprenden uno optimista, el cual se encuentra un punto y medio (1,5%) sobre el tendencial, y el otro pesimista, el cual se encuentra un punto y medio (1,5%) bajo el escenario tendencial.

Una vez ya expuesto todos los pasos a seguir para la estimación del PIB se presentan los resultados tras aplicar el modelo de proyección, tanto en magnitudes como tasas, complementando con apoyo de figuras.

Cabe señalar que las tasas desprendidas de este modelo han sido utilizadas y aprobadas por las respectivas Inspecciones Fiscales para los estudios “Análisis del Sistema de Transportes de la Macrozona Centro-Sur” (DIRPLAN), “Actualización del Estudio de Demanda y Evaluación Social Concesión Ruta 66 Camino de la Fruta” (CGC), “Estudio de Preinversión Construcción Nuevo Puente Cautín en Cajón, IX Región de la Araucanía” (Dirección de Vialidad), “Análisis y Evaluación de Estrategias de Interconexión Física entre las Regiones X y XI” (DIRPLAN), “Análisis de Demanda y Evaluación Social para la Conectividad Terrestre-Marítima en la Duodécima Región de Magallanes y Antártica Chilena” (DOP). Es conveniente subrayar que, como se ha expresado anteriormente, el modelo sí considera tasas propuestas por organismos internacionales al mediano plazo.

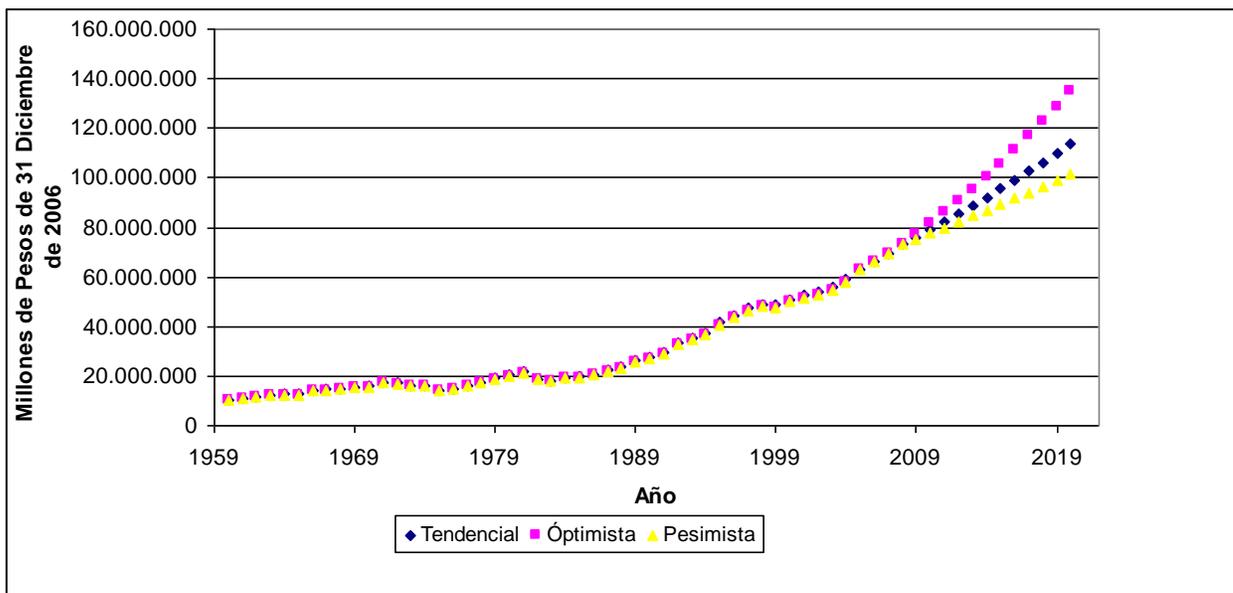
Cuadro N° 9.2-4: Proyección del PIB, Magnitudes y Tasas de Crecimiento

Año	PIB (Millones de Pesos de 31 de Diciembre de 2006)			Crecimiento Anual	Tasas de Crecimiento		
	Tendencial	Optimista	Pesimista		Tendencial	Optimista	Pesimista
2006	66.213.353	66.213.353	66.213.353	-	5,5% (*)	5,5% (*)	5,5% (*)
2007	69.656.447	69.656.447	69.656.447	3.443.094	5,2% (*)	5,2% (*)	5,2% (*)
2008	73.139.269	73.139.269	73.139.269	3.482.822	5% (*)	5% (*)	5% (*)
2009	76.124.308	77.221.397	75.392.915	2.985.039	4,08%	5,58%	3,08%
2010	79.182.028	81.481.505	77.667.328	3.057.720	4,02%	5,52%	3,02%
2011	82.312.429	85.925.037	79.961.174	3.130.401	3,95%	5,45%	2,95%
2012	85.515.512	90.557.576	82.273.149	3.203.083	3,89%	5,39%	2,89%
2013	88.791.276	95.384.845	84.601.979	3.275.764	3,83%	5,33%	2,83%
2014	92.139.722	100.412.716	86.946.420	3.348.445	3,77%	5,27%	2,77%
2015	95.560.849	105.647.208	89.305.257	3.421.127	3,71%	5,21%	2,71%
2016	99.054.657	111.094.493	91.677.301	3.493.808	3,66%	5,16%	2,66%
2017	102.621.146	116.760.897	94.061.394	3.566.490	3,60%	5,10%	2,60%
2018	106.260.317	122.652.908	96.456.403	3.639.171	3,55%	5,05%	2,55%
2019	109.972.170	128.777.175	98.861.224	3.711.852	3,49%	4,99%	2,49%
2020	113.756.703	135.140.513	101.274.779	3.784.534	3,44%	4,94%	2,44%
2021	117.613.918	141.749.909	103.189.640	3.857.215	3,39%	4,89%	1,89%
2022	121.543.814	148.612.523	105.089.726	3.929.896	3,34%	4,84%	1,84%
2023	125.546.392	155.735.692	106.974.106	4.002.578	3,29%	4,79%	1,79%
2024	129.621.651	163.126.937	108.841.893	4.075.259	3,25%	4,75%	1,75%
2025	133.769.592	170.793.963	110.692.246	4.147.940	3,20%	4,70%	1,70%
2026	137.990.213	178.744.666	112.524.360	4.220.622	3,16%	4,66%	1,66%
2027	142.295.705	187.002.925	114.347.416	4.305.492	3,12%	4,62%	1,62%
2028	146.685.731	195.577.276	116.159.986	4.390.026	3,09%	4,59%	1,59%
2029	151.159.855	204.476.321	117.960.632	4.474.124	3,05%	4,55%	1,55%
2030	155.717.541	213.708.720	119.747.904	4.557.686	3,02%	4,52%	1,52%

(*) : Tasas propuestas por LatinFocus

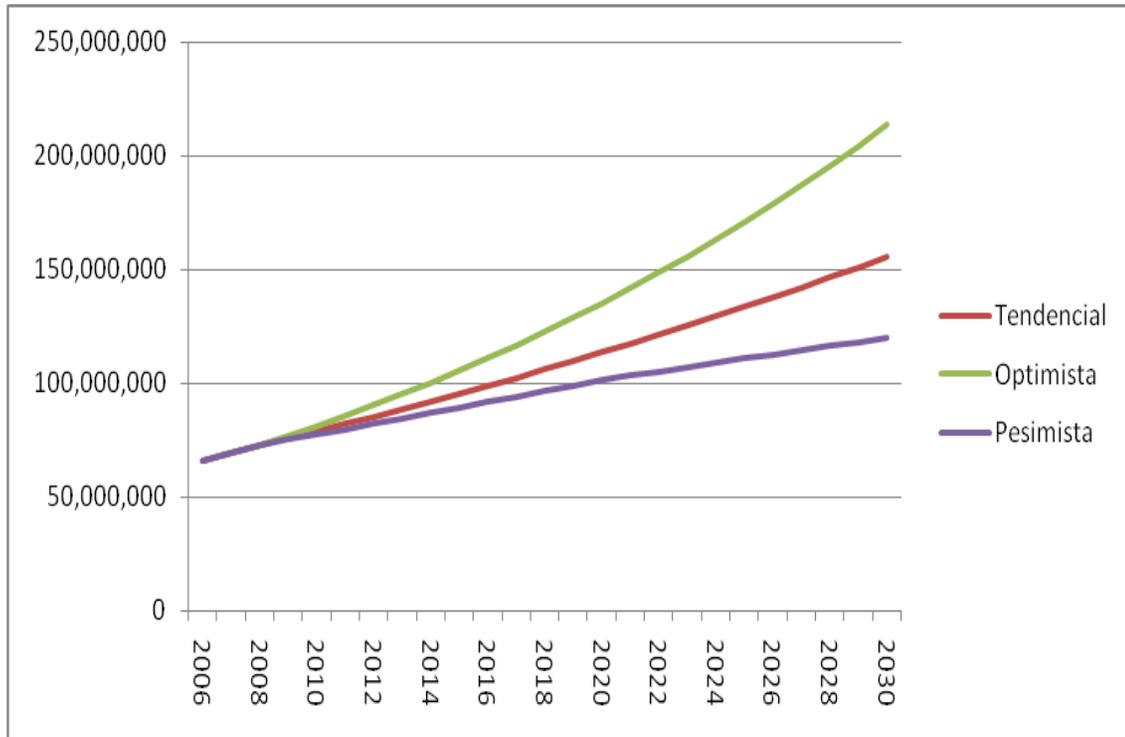
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9.2-3: Evolución del PIB, Período 1960-2020 (MM\$, 2006)



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9.2-4: Evolución del PIB, Diferencias entre Escenarios, 2007-2030 (MM\$, 2006)



Fuente: Elaboración propia.

9.2.3 Precio del combustible

El combustible, al igual que otras materias primas, tiene un precio que depende de los niveles de oferta y demanda en el mercado mundial. Ello implica que en nuestro país, que importa casi la totalidad de su consumo, el precio local sigue muy de cerca el precio internacional. Ello significa que para fines del presente estudio resulta suficiente examinar la existencia de proyecciones del precio mundial del combustible.

La opción elegida por el consultor ha sido adoptar las proyecciones oficiales que en el Reino Unido se utilizan para efectos de evaluar proyectos de inversión en infraestructura de transporte, las cuales son parte del documento denominado TAG (Transport Analysis Guidance). Los valores están expresados como tasa de variación anual y se reproducen en el siguiente cuadro.

Cuadro Nº 9.2-5: Predicción de variaciones en el precio de combustibles

Años	Gasolina (% por año)	Diesel (% por año)	Vehículo liviano (% por año)	Camión liviano (% por año)
2005 - 2006	8,12	6,53	7,89	6,77
2006 - 2007	-6,37	-6,30	-6,27	-6,31
2007 - 2008	-7,46	-7,33	-7,24	-7,35
2008 - 2009	-8,06	-7,91	-7,93	-7,93
2009 - 2010	-6,93	-6,79	-6,70	-6,81
2010 - 2015	0,80	0,78	0,93	0,79
2015 - 2020	0,86	0,84	0,97	0,84
2020 - 2025	0	0	0,03	0,00
2025 +	0	0	0	

Fuente: http://www.webtag.org.uk/webdocuments/3_Expert/5_Economy_Objective/3.5.6.htm

9.3 Proyección de Viajes

La presente sección contiene los resultados obtenidos en la fase de proyección de la demanda de viajes interurbanos en el área bajo estudio. El procedimiento desarrollado es necesario para proyectar los potenciales volúmenes de flujo vehicular que demandarán el uso de la red vial de las regiones en estudio en el mediano y largo plazo.

9.3.1 Procedimiento Empleado

Para la proyección de los viajes se realizó dos actividades necesarias para otorgar la representatividad adecuada a las estimaciones. La primera consistió en complementar las matrices origen destino representativas de la Situación Actual, y obtenidas a partir del proceso de calibración. La segunda es establecer un procedimiento para proyectar las matrices de viajes, en función de los modelos calibrados y de las variables socioeconómicas utilizadas.

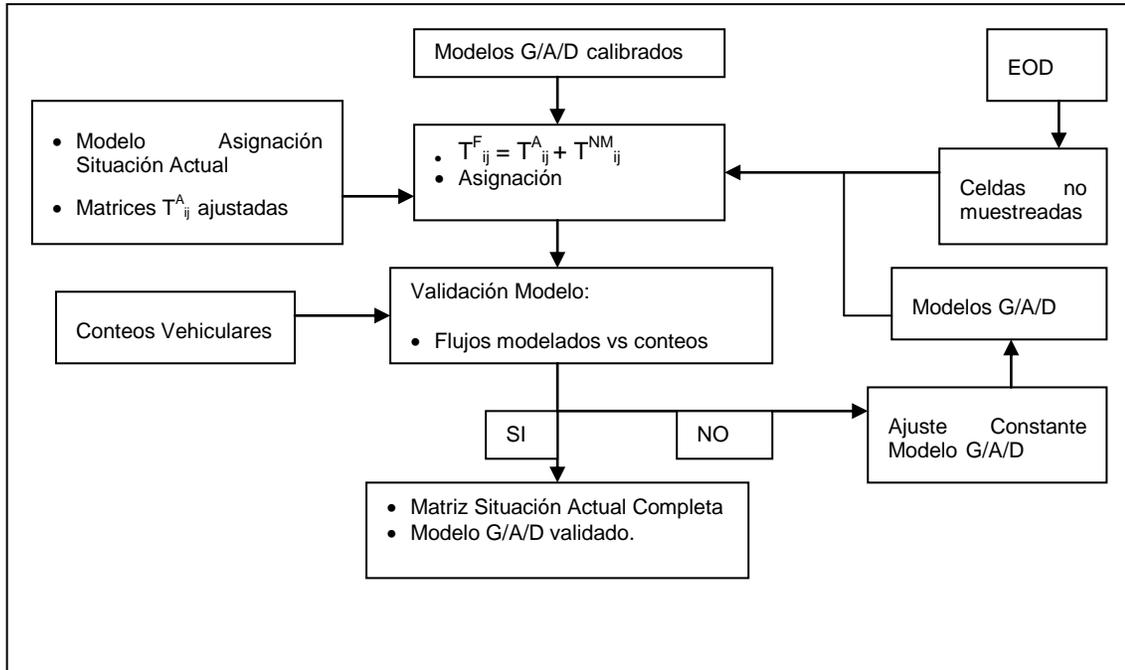
- **Modelación Matrices Situación Actual**

Como se explicó en el Capítulo Nº 7, a partir de la información de base (encuestas y conteos) fue posible obtener matrices de viajes representativas de la situación actual. No obstante las matrices obtenidas pueden estar incompletas, ya que a pesar de que la encuesta origen destino posee una cobertura bastante amplia, no es posible muestrear espacialmente todos los pares origen destino que generan viajes sobre la red. Esto se produce particularmente entre zonas que se encuentran muy cercanas, o en sectores de bajo tránsito donde no se realizaron encuestas. Sin embargo, dado que una parte importante de los proyectos viales a evaluar se emplazan en sectores rurales de bajo flujo, es deseable que el modelo posea representatividad en toda la red, abarcando desde rutas estructurantes hasta caminos en desarrollo o de accesibilidad.

De esta manera, para complementar la matriz origen-destino calibrada, se aplicó el modelo de generación/atracción/distribución (modelo G/A/D) en aquellas celdas con probabilidad baja de muestreo. Se consideró aquellos pares i,j tales que $p_{ij}^e > 0.2$ para todo punto de encuesta e . A dicha matriz se ha denominado *matriz sembrada*.

Posteriormente, se agregaron ambas matrices (calibrada y ajustada) obteniendo así la matriz representativa de toda la red (T_{ij}^F). Dado que para obtener la matriz modelada se requiere contar con los costos de viaje a nivel de pares origen-destino, se requiere realizar una asignación previa. Todo esto se esquematiza en el siguiente diagrama.

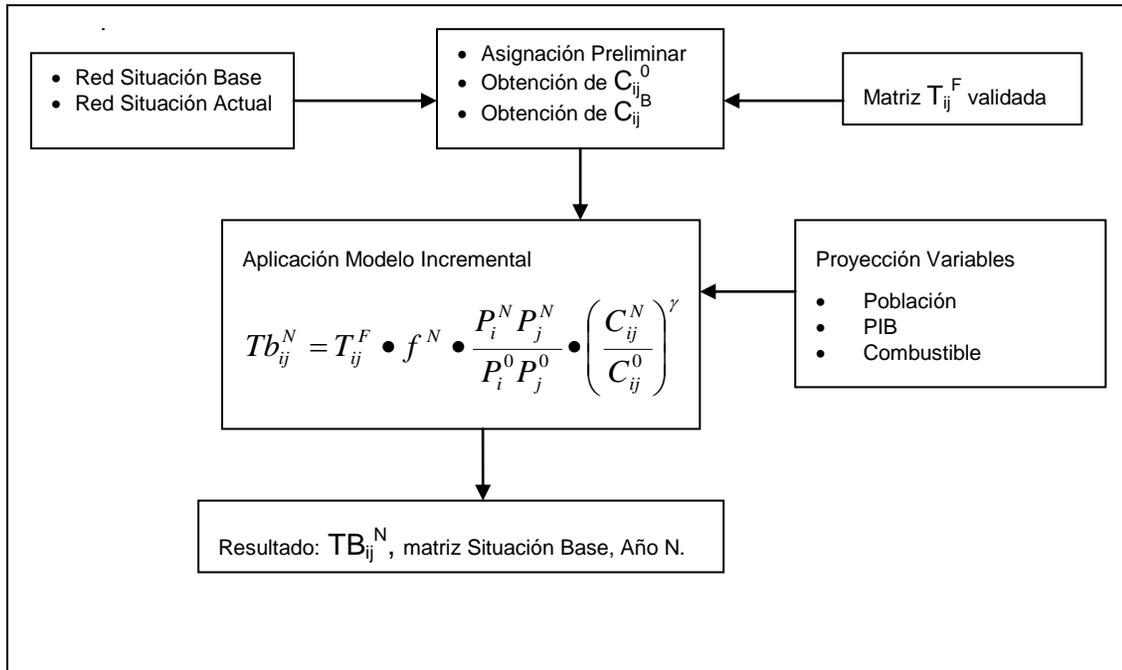
Figura N° 9.3-1: Obtención Matriz Completa Situación Actual, Año n, categoría k



- **Método Incremental**

La proyección de matrices se realiza utilizando un método incremental, en el cual la matriz actual (T_{ij}^F) es ponderada por matrices de factores para obtener las demandas en los cortes temporales futuros. Estas matrices de factores recogen el crecimiento de los viajes en función del crecimiento de las variables socioeconómicas, y de la variación de l costo de viaje. Para una mayor claridad, lo expresado anteriormente se refleja en el siguiente diagrama de flujo.

Figura N° 9.3-2: Obtención Matriz Projectada Situación base, Año n, categoría k



donde:

- Tb_{ij}^N : Matriz de Viajes Año N, Situación Base..
- T_{ij}^F : Matriz de Viajes Situación Actual.
- f^N : Factor de escala proyectado Año N.
- P_j^N : Población Actual zona j, Año N.
- P_j^0 : Población Actual zona j, Año Actual.
- C_{ij}^N : Costos de viajar entre zona i y j en el Año N.
- C_{ij}^0 : Costos de viajar entre zona i y j en el Año Actual.

- **Proyección Factor de Escala**

El modelo de G/A/D posee un factor de escala que multiplica a la expresión obtenida en cada caso. Este factor corresponde a la expresión $g_o(PIB/p)^{\gamma}/P$, incorporada en el modelo de demanda. Como se observa, para aplicar el modelo es necesario precisar una proyección de los parámetros PIB, P (población total del área de estudio) y precio de combustible p . Dado que se ha decidido utilizar un modelo incremental, sólo se requiere proyectar la tasa de crecimiento de estos parámetros. En los cuadros siguientes se presentan las proyecciones utilizadas de dichos parámetros.

Cuadro Nº 9.3-1: Parámetros Utilizados para el cálculo del factor de escala

Año	Precio Gasolina (\$)
2007	627,7
2010	497,1
2015	517,3
2020	539,9
2025	539,9
2030	539,9

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro Nº 9.3-2: Factor de Escala Calculado a partir del Crecimiento del PIB y del costo del combustible

Año	Tendencial	Optimista
2007	1,0000	1,0000
2010	1,2202	1,2405
2015	1,3094	1,3874
2020	1,3940	1,5395
2025	1,5036	1,7166
2030	1,6030	1,8740

Fuente: Elaboración propia.

9.3.2 Vehículos Livianos

Las tablas que se presentan a continuación resumen la generación y atracción de viajes de vehículos livianos tanto para las provincias del área de influencia como para las principales comunas de ésta. Los datos corresponden a viajes horarios.

Cuadro Nº 9.3-3: Viajes diarios Horarios Generados por Provincia. Vehículos Livianos

Provincia	Año 2007			Año 2015			Año 2020			Año 2025			Año 2030		
	Baja	Media	Alta												
Cachapoal	381,4	338,1	605,1	644,9	576,6	1036,7	775,3	695,3	1252,5	932,1	839,0	1514,4	1094,2	988,2	1787,0
Cardenal Caro	13,1	13,4	27,7	21,1	21,8	44,9	24,6	25,5	52,6	28,8	30,0	61,8	33,0	34,4	71,0
Talca	118,8	114,0	211,6	203,0	194,5	360,9	244,9	234,2	434,6	295,5	282,3	523,8	348,0	332,1	616,2
Cauquenes	12,6	16,3	29,4	19,9	25,7	46,4	23,0	29,7	53,4	26,6	34,3	61,7	30,1	38,8	69,8
Cautín	122,5	155,5	260,5	200,7	254,7	424,7	235,2	299,4	496,6	276,5	352,8	582,4	317,6	406,5	667,8
Colchagua	118,2	104,5	203,5	192,1	169,5	329,6	225,1	197,6	384,1	264,2	231,1	449,0	303,2	264,3	513,2
Curicó	95,5	84,3	148,9	159,2	140,4	247,9	189,2	166,5	293,7	225,2	197,8	348,8	261,9	229,6	404,7
Linares	88,7	92,3	171,7	138,9	143,1	266,5	158,9	162,4	302,8	182,4	185,2	345,5	204,9	206,7	385,8
Arauco	31,0	38,1	76,0	48,8	60,0	119,3	56,0	68,8	136,6	64,6	79,3	157,1	72,8	89,4	176,8
Malleco	53,9	68,9	121,5	79,0	100,4	176,3	86,9	110,3	192,8	96,0	121,6	211,7	103,7	131,2	227,4
Concepción	111,3	120,2	245,2	176,3	190,1	388,3	202,6	218,3	446,2	233,6	251,6	514,5	263,4	283,6	580,2
Bio-Bio	63,2	75,6	151,2	98,6	119,3	239,2	113,5	137,7	275,9	131,2	159,5	319,2	148,5	180,8	361,2
Ñuble	112,3	109,6	227,3	172,3	167,5	347,0	194,6	188,6	390,6	220,7	213,3	441,6	245,0	236,3	488,7
Valdivia	58,5	84,7	115,2	87,1	122,3	171,6	97,4	136,1	191,5	109,3	152,2	214,7	120,4	167,4	236,0
Osorno	31,2	41,5	61,3	46,1	62,9	91,3	50,6	70,1	100,6	55,7	78,5	110,9	59,8	85,8	119,4
Llanquihue	105,3	144,7	223,0	196,1	264,6	413,5	247,4	332,5	520,6	310,5	416,1	652,4	378,6	506,3	794,4
Palena	0,5	0,6	1,0	0,8	1,0	1,6	0,9	1,1	1,8	1,0	1,2	2,1	1,1	1,4	2,3
Chiloé	14,5	19,2	31,5	25,5	34,0	55,6	31,3	41,8	68,2	38,4	51,4	83,6	45,9	61,5	99,9
Externa	307,3	160,2	206,3	501,4	246,2	331,0	594,6	292,4	389,3	704,2	346,9	457,6	815,3	402,3	526,2
Total general	1532,3	1621,5	2911,5	2510,5	2648,2	4761,5	2957,4	3115,8	5595,0	3492,4	3677,2	6595,1	4032,4	4244,1	7601,6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro Nº 9.3-4: Viajes diarios Horarios Atraídos por Provincia. Vehículos Livianos

Provincia	Año 2007			Año 2015			Año 2020			Año 2025			Año 2030		
	Baja	Media	Alta												
Cachapoal	368,8	327,2	595,5	644,9	576,6	1036,7	775,3	695,3	1252,5	932,1	839,0	1514,4	1094,2	988,2	1787,0
Cardenal Caro	12,6	13,3	27,2	21,1	21,8	44,9	24,6	25,5	52,6	28,8	30,0	61,8	33,0	34,4	71,0
Talca	119,1	113,3	205,3	203,0	194,5	360,9	244,9	234,2	434,6	295,5	282,3	523,8	348,0	332,1	616,2
Cauquenes	13,0	17,1	31,5	19,9	25,7	46,4	23,0	29,7	53,4	26,6	34,3	61,7	30,1	38,8	69,8
Cautín	118,2	149,2	251,6	200,7	254,7	424,7	235,2	299,4	496,6	276,5	352,8	582,4	317,6	406,5	667,8
Colchagua	111,6	98,0	190,2	192,1	169,5	329,6	225,1	197,6	384,1	264,2	231,1	449,0	303,2	264,3	513,2
Curicó	99,8	83,7	147,9	159,2	140,4	247,9	189,2	166,5	293,7	225,2	197,8	348,8	261,9	229,6	404,7
Linares	108,4	116,2	216,8	138,9	143,1	266,5	158,9	162,4	302,8	182,4	185,2	345,5	204,9	206,7	385,8
Arauco	29,0	35,3	70,7	48,8	60,0	119,3	56,0	68,8	136,6	64,6	79,3	157,1	72,8	89,4	176,8
Malleco	55,3	69,7	121,3	79,0	100,4	176,3	86,9	110,3	192,8	96,0	121,6	211,7	103,7	131,2	227,4
Concepción	109,4	120,2	238,9	176,3	190,1	388,3	202,6	218,3	446,2	233,6	251,6	514,5	263,4	283,6	580,2
Bio-Bio	69,4	85,2	164,5	98,6	119,3	239,2	113,5	137,7	275,9	131,2	159,5	319,2	148,5	180,8	361,2
Ñuble	125,9	121,8	245,3	172,3	167,5	347,0	194,6	188,6	390,6	220,7	213,3	441,6	245,0	236,3	488,7
Valdivia	47,0	71,4	93,8	87,1	122,3	171,6	97,4	136,1	191,5	109,3	152,2	214,7	120,4	167,4	236,0
Osorno	24,8	36,0	57,7	46,1	62,9	91,3	50,6	70,1	100,6	55,7	78,5	110,9	59,8	85,8	119,4
Llanquihue	107,0	144,4	216,9	196,1	264,6	413,5	247,4	332,5	520,6	310,5	416,1	652,4	378,6	506,3	794,4
Palena	0,6	0,7	1,2	0,8	1,0	1,6	0,9	1,1	1,8	1,0	1,2	2,1	1,1	1,4	2,3
Chiloé	15,3	19,7	32,2	25,5	34,0	55,6	31,3	41,8	68,2	38,4	51,4	83,6	45,9	61,5	99,9
Externa	304,5	159,4	209,3	501,4	246,2	331,0	594,6	292,4	389,3	704,2	346,9	457,6	815,3	402,3	526,2
Total general	1535,1	1622,3	2908,5	2510,5	2648,2	4761,5	2957,4	3115,8	5595,0	3492,4	3677,2	6595,1	4032,4	4244,1	7601,6

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes tablas muestran las tasas de crecimiento en los distintos cortes temporales de los vehículos livianos por categoría vehicular.

**Cuadro Nº 9.3-5: Tasa de Crecimiento Anual Viajes Diarios Horarios
Generados por Provincia, Vehículos Livianos**

Provincia	Crec 2007-2015			Crec 2015-2020			Crec 2020-2025			Crec 2025-2030		
	Baja	Media	Alta									
Cachapoal	7,23%	7,34%	7,18%	3,75%	3,82%	3,85%	3,75%	3,83%	3,87%	3,26%	3,33%	3,37%
Cardenal Caro	6,65%	6,39%	6,46%	3,16%	3,22%	3,21%	3,21%	3,28%	3,27%	2,75%	2,81%	2,80%
Talca	6,89%	6,99%	7,31%	3,83%	3,79%	3,78%	3,83%	3,81%	3,81%	3,32%	3,30%	3,30%
Cauquenes	5,44%	5,21%	4,99%	2,91%	2,88%	2,85%	2,98%	2,95%	2,93%	2,53%	2,50%	2,48%
Cautín	6,84%	6,91%	6,77%	3,23%	3,28%	3,18%	3,28%	3,34%	3,24%	2,81%	2,87%	2,77%
Colchagua	7,03%	7,09%	7,11%	3,21%	3,12%	3,11%	3,26%	3,18%	3,17%	2,79%	2,72%	2,71%
Curicó	6,01%	6,68%	6,67%	3,52%	3,46%	3,45%	3,54%	3,51%	3,50%	3,06%	3,03%	3,02%
Linares	3,15%	2,64%	2,61%	2,72%	2,57%	2,59%	2,80%	2,66%	2,67%	2,36%	2,22%	2,23%
Arauco	6,74%	6,87%	6,76%	2,79%	2,78%	2,74%	2,88%	2,87%	2,83%	2,44%	2,43%	2,39%
Malleco	4,56%	4,67%	4,79%	1,92%	1,89%	1,81%	2,00%	1,97%	1,88%	1,56%	1,54%	1,44%
Concepción	6,14%	5,89%	6,26%	2,82%	2,81%	2,82%	2,89%	2,88%	2,89%	2,43%	2,42%	2,43%
Bío - Bío	4,50%	4,29%	4,79%	2,86%	2,92%	2,89%	2,94%	2,99%	2,96%	2,50%	2,54%	2,50%
Ñuble	4,00%	4,07%	4,43%	2,46%	2,40%	2,39%	2,55%	2,49%	2,48%	2,11%	2,06%	2,05%
Valdivia	8,01%	6,95%	7,85%	2,25%	2,16%	2,21%	2,34%	2,27%	2,31%	1,94%	1,91%	1,91%
Osorno	8,09%	7,21%	5,91%	1,88%	2,21%	1,95%	1,92%	2,27%	1,98%	1,44%	1,81%	1,48%
Llanquihue	7,87%	7,87%	8,40%	4,76%	4,67%	4,71%	4,65%	4,59%	4,62%	4,04%	4,00%	4,02%
Palena	3,75%	4,13%	3,96%	2,50%	2,52%	2,64%	2,53%	2,56%	2,68%	2,05%	2,08%	2,19%
Chiloé	6,59%	7,01%	7,06%	4,18%	4,24%	4,17%	4,16%	4,22%	4,16%	3,63%	3,68%	3,63%
Externo	6,43%	5,58%	5,90%	3,47%	3,50%	3,30%	3,44%	3,48%	3,29%	2,97%	3,01%	2,83%
Total general	6,34%	6,32%	6,36%	3,33%	3,31%	3,28%	3,38%	3,37%	3,34%	2,92%	2,91%	2,88%

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro Nº 9.3-6: Tasa de Crecimiento Anual Viajes Diarios Horarios
Atraídos por Provincia. Vehículos Livianos**

Provincia	Crec 2007-2015			Crec 2015-2020			Crec 2020-2025			Crec 2025-2030		
	Baja	Media	Alta									
Cachapoal	6,79%	6,90%	6,96%	3,75%	3,81%	3,85%	3,75%	3,83%	3,87%	3,26%	3,33%	3,37%
Cardenal Caro	6,14%	6,27%	6,22%	3,12%	3,19%	3,22%	3,20%	3,30%	3,28%	2,76%	2,77%	2,81%
Talca	6,93%	6,91%	6,90%	3,82%	3,78%	3,79%	3,83%	3,81%	3,80%	3,32%	3,30%	3,30%
Cauquenes	5,88%	5,86%	5,87%	2,94%	2,94%	2,85%	2,95%	2,92%	2,93%	2,50%	2,50%	2,50%
Cautín	6,37%	6,36%	6,30%	3,22%	3,29%	3,18%	3,29%	3,34%	3,24%	2,81%	2,87%	2,77%
Colchagua	6,26%	6,23%	6,21%	3,22%	3,12%	3,11%	3,26%	3,18%	3,17%	2,79%	2,72%	2,71%
Curicó	6,60%	6,58%	6,58%	3,51%	3,47%	3,45%	3,55%	3,51%	3,50%	3,07%	3,03%	3,02%
Linares	5,77%	5,63%	5,65%	2,73%	2,56%	2,59%	2,80%	2,66%	2,67%	2,35%	2,22%	2,23%
Arauco	5,84%	5,84%	5,80%	2,79%	2,77%	2,75%	2,90%	2,88%	2,84%	2,42%	2,43%	2,39%
Malleco	4,90%	4,82%	4,76%	1,92%	1,90%	1,81%	2,01%	1,97%	1,89%	1,56%	1,53%	1,44%
Concepción	5,92%	5,90%	5,91%	2,82%	2,81%	2,82%	2,89%	2,88%	2,89%	2,43%	2,42%	2,43%
Bío - Bío	5,72%	5,87%	5,90%	2,85%	2,91%	2,90%	2,94%	2,98%	2,96%	2,51%	2,54%	2,50%
Ñuble	5,50%	5,44%	5,43%	2,46%	2,40%	2,40%	2,55%	2,49%	2,48%	2,11%	2,07%	2,05%
Valdivia	5,10%	4,70%	5,11%	2,26%	2,16%	2,22%	2,33%	2,26%	2,31%	1,95%	1,92%	1,91%
Osorno	5,00%	5,34%	5,11%	1,88%	2,19%	1,96%	1,94%	2,29%	1,97%	1,43%	1,79%	1,49%
Llanquihue	8,08%	7,84%	8,02%	4,76%	4,67%	4,71%	4,65%	4,59%	4,62%	4,05%	4,00%	4,02%
Palena	6,05%	6,59%	6,05%	2,38%	1,92%	2,38%	2,13%	1,76%	3,13%	1,92%	3,13%	1,84%
Chiloé	7,31%	7,40%	7,36%	4,18%	4,22%	4,17%	4,17%	4,22%	4,16%	3,63%	3,65%	3,63%
Externo	6,31%	5,52%	6,09%	3,47%	3,50%	3,30%	3,44%	3,48%	3,29%	2,97%	3,01%	2,83%
Total general	6,37%	6,32%	6,34%	3,33%	3,31%	3,28%	3,38%	3,37%	3,34%	2,92%	2,91%	2,88%

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro Nº 9.3-7: Resumen Tasas de Crecimiento. Vehículos Livianos

	Baja	Media	Alta	Total
2007-2015	6,35%	6,32%	6,35%	6,34%
2015-2020	3,33%	3,31%	3,28%	3,30%
2020-2025	3,38%	3,37%	3,34%	3,36%
2025-2030	2,92%	2,91%	2,88%	2,90%

Fuente: Elaboración propia.

Las tasas de crecimiento obtenidas son bastante razonables indicando la solidez en este sentido del modelo escogido.

9.3.3 Camiones

En forma similar se presentan a continuación las tablas con un resumen de las proyecciones de los camiones simples y camiones pesados.

Cuadro Nº 9.3-8: Viajes Diarios Horarios Generados por Provincia

Provincia	Año 2007		Año 2015		Año 2020		Año 2025		Año 2030	
	CS	CP								
Cachapoal	133,9	357,7	199,7	551,5	246,1	669,9	305,1	815,3	380,7	996,5
Cardenal Caro	10,3	27,4	14,5	41,8	17,9	50,1	22,2	60,3	28,0	72,9
Talca	55,3	128,4	83,6	202,6	103,3	246,9	128,4	301,3	160,2	367,3
Cauquenes	14,1	27,2	19,8	40,4	24,2	47,6	29,9	56,5	37,5	67,2
Cautín	110,4	296,0	162,5	452,8	195,8	512,7	238,3	583,9	291,0	653,7
Colchagua	76,9	121,1	110,3	186,5	134,7	220,8	165,9	262,4	207,1	311,1
Curicó	32,8	118,5	47,1	182,3	57,7	218,9	71,2	263,7	89,1	318,5
Linares	51,2	137,4	73,0	205,6	88,0	238,3	107,2	277,7	132,2	323,3
Arauco	31,8	173,0	45,7	253,9	55,3	304,7	67,5	367,7	83,4	448,9
Malleco	40,4	217,8	55,9	300,4	66,3	343,2	79,5	398,3	97,4	464,6
Concepción	135,2	421,7	195,9	634,1	234,4	744,8	283,3	881,1	345,2	1040,8
Bio-Bio	79,6	494,5	113,5	739,1	138,2	885,6	169,5	1069,8	211,5	1292,3
Nuble	127,3	591,6	178,9	871,5	217,4	1026,7	266,4	1221,0	333,0	1452,4
Valdivia	61,5	85,9	87,5	128,9	104,8	144,5	127,1	163,1	155,7	181,1
Osorno	48,3	48,2	67,1	70,3	81,8	78,3	101,4	88,3	126,3	97,7
Llanquihue	81,9	62,1	124,4	106,1	155,1	129,6	194,7	158,7	244,1	190,0
Palena	1,1	2,6	1,6	3,8	1,9	4,1	2,2	4,4	2,5	4,7
Chiloé	35,6	20,2	51,4	34,4	64,2	42,7	81,2	53,0	102,5	64,6
Externa	168,0	550,0	244,4	790,0	295,6	958,7	359,3	1165,9	439,9	1445,1
Total general	1127,6	3331,5	1632,5	5006,1	1987,0	5909,5	2440,8	7026,4	3027,5	8347,4

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 9.3-9: Viajes Diarios Horarios Atraídos por Provincia

Provincia	Año 2007		Año 2015		Año 2020		Año 2025		Año 2030	
	CS	CP								
Cachapoal	129,3	365,2	199,7	551,5	246,1	669,9	305,1	815,3	380,7	996,5
Cardenal Caro	10,0	26,3	14,5	41,8	17,9	50,1	22,2	60,3	28,0	72,9
Talca	53,5	135,7	83,6	202,6	103,3	246,9	128,4	301,3	160,2	367,3
Cauquenes	16,0	26,6	19,8	40,4	24,2	47,6	29,9	56,5	37,5	67,2
Cautín	107,2	288,9	162,5	452,8	195,8	512,7	238,3	583,9	291,0	653,7
Colchagua	76,1	120,0	110,3	186,5	134,7	220,8	165,9	262,4	207,1	311,1
Curicó	31,7	121,6	47,1	182,3	57,7	218,9	71,2	263,7	89,1	318,5
Linares	50,8	129,8	73,0	205,6	88,0	238,3	107,2	277,7	132,2	323,3
Arauco	37,4	176,3	45,7	253,9	55,3	304,7	67,5	367,7	83,4	448,9
Malleco	47,3	219,6	55,9	300,4	66,3	343,2	79,5	398,3	97,4	464,6
Concepción	123,1	425,2	195,9	634,1	234,4	744,8	283,3	881,1	345,2	1040,8
Bio-Bio	75,8	505,5	113,5	739,1	138,2	885,6	169,5	1069,8	211,5	1292,3
Ñuble	134,7	570,3	178,9	871,5	217,4	1026,7	266,4	1221,0	333,0	1452,4
Valdivia	59,5	92,5	87,5	128,9	104,8	144,5	127,1	163,1	155,7	181,1
Osorno	48,1	45,9	67,1	70,3	81,8	78,3	101,4	88,3	126,3	97,7
Llanquihue	81,8	62,3	124,4	106,1	155,1	129,6	194,7	158,7	244,1	190,0
Palena	1,7	2,6	1,6	3,8	1,9	4,1	2,2	4,4	2,5	4,7
Chiloé	34,1	18,5	51,4	34,4	64,2	42,7	81,2	53,0	102,5	64,6
Externa	177,5	548,4	244,4	790,0	295,6	958,7	359,3	1165,9	439,9	1445,1
Total general	1118,1	3333,0	1632,5	5006,1	1987,0	5909,5	2440,8	7026,4	3027,5	8347,4

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 9.3-10: Resumen Tasas de Crecimiento

Período	CS	CP	Total
07-15	4,79%	5,22%	5,11%
15-20	4,01%	3,37%	3,53%
20-25	4,20%	3,52%	3,69%
25-30	4,40%	3,51%	3,74%

Fuente: Elaboración propia.

Se debe indicar finalmente que los viajes proyectados y las tasas de crecimiento presentadas en este capítulo corresponden a las proyecciones esperadas para la Situación Base. Para el caso de las diferentes alternativas de proyectos (planes de proyecto), la demanda proyectada, y por lo tanto la tasa de crecimiento será diferente, básicamente porque los valores C_{ij} que se utilizan para proyectar los viajes, dependen de las características de la oferta vial, lo que a su vez es función de los planes de proyecto diseñados en cada caso.

El diseño de la Situación Base que ha sido utilizado como input para esta proyección se desarrolla en el siguiente capítulo.

9 CALIBRACIÓN DE MODELOS Y PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE VIAJES INTERURBANOS.....	9-1
9.1 CALIBRACIÓN MODELOS DE DEMANDA.....	9-2
9.1.1 <i>Antecedentes Generales</i>	9-2
9.1.2 <i>Modelos de Viajes en Vehículos Livianos</i>	9-3
9.1.3 <i>Modelos de Viajes de Vehículos Pesados</i>	9-8
9.1.4 <i>Calibración Modelo de Vehículos Livianos</i>	9-8
9.1.5 <i>Calibración Modelo de Camiones</i>	9-10
9.1.6 <i>Submodelo de Proyección</i>	9-11
9.1.7 <i>Modelo Final</i>	9-14
9.2 MODELACIÓN Y ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DE VARIABLES SOCIOECONÓMICAS	9-15
9.2.1 <i>Población</i>	9-15
9.2.2 <i>Producto Interno Bruto (PIB)</i>	9-17
9.2.3 <i>Precio del combustible</i>	9-22
9.3 PROYECCIÓN DE VIAJES.....	9-23
9.3.1 <i>Procedimiento Empleado</i>	9-23
9.3.2 <i>Vehículos Livianos</i>	9-26
9.3.3 <i>Camiones</i>	9-29