

## **DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES QUE EXPLICAN EL TRÁFICO VEHICULAR EN LAS CARRETERAS CONCESIONADAS: CHILE 1997-2010**

### **DETERMINING THE VARIABLES WHICH EXPLAIN VEHICULAR TRANSIT VOLUME IN TOLL HIGHWAYS: CHILE 1997:2010**

**Teresita Arenas Yáñez**

Académica

Universidad Técnica Federico Santa María

[teresita.arenas@usm.cl](mailto:teresita.arenas@usm.cl)

**Guísela Gallardo Pilar**

Profesora Par-time.

Universidad Técnica Federico Santa María

[guisela.gallardo@usm.cl](mailto:guisela.gallardo@usm.cl)

**Karla González Orellana**

Analista control de gestión

Tur bus Ltda.

[Karlita\\_bpn@hotmail.com](mailto:Karlita_bpn@hotmail.com)

#### **Resumen**

Este trabajo analiza las posibles variables que pueden influir en forma significativa, tanto positiva como negativamente en el tráfico vehicular de las autopistas concesionadas en Chile. Para esto se realizó una base de datos, a partir del año 1997 hasta el año 2010 de todas las carreteras concesionadas del país que se encuentren en periodo de explotación durante estos años, incluyendo en estas, las autopistas Urbanas, de Ruta 5 y Transversales. La incertidumbre que se genera al poseer un total desconocimiento del tráfico vehicular ha provocado bastantes problemas a la hora de estimar un posible ingreso de las sociedades concesionarias que se adjudican las concesiones y también en errores en los contratos generados por el MOP, lo que posteriormente se traduce en renegociaciones de ellos. Luego de realizar el análisis de las variables las cuales se construyeron de acuerdo a la ubicación geográfica de cada autopista, se concluye que la variable que explica prioritariamente el comportamiento del tráfico, es el PIB regional, el cual está completamente relacionado con el ciclo económico que vive el país y la región, es decir, mientras se esté frente a un buen momento económico el tráfico debería aumentar y viceversa, el resultado obtenido concuerda con la evidencia empírica existente en la literatura.

**Palabras Claves:** Región, BOT, PIB, autopistas, concesiones.

**Clasificación JEL:** H7 H4 H2 C5

### **Abstract**

This paper analyzes a number of variables that could significantly influence—both positively and negatively—the vehicular transit volume of toll highways in Chile. The study covers the period between 1997 and 2010, and considers all toll roads of the country which were in operation during these years, including urban motorways, those of Route 5 North-South national highway and Transversals. Unlike other research, we considered regional variable built according to the geographical location of each highway. The results show that the variable which primarily explains the behavior of traffic is the region's GDP, which is completely related to the particular economic cycle affecting the country and the region.

**Key words:** Toll, Highway, Region, variables, BOT, GDP, Vehicular transit, econometrics.

**JEL Classification:** H7 H4 H2 C5

## 1. INTRODUCCIÓN

A partir de 1997, Chile ha implementado un sistema de concesiones de obras públicas cuyo objetivo principal fue liberar recursos públicos, incorporando recursos privados por medio de contratos BOT (Building, Operation and transfer ). A la fecha hay 22 Concesiones en periodo de explotación y se espera seguir ampliando la red de carreteras con este mismo sistema.

Para atraer los capitales privados, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) incorporó en la licitación, sistemas de disminución de riesgos de la inversión, entre los que podemos mencionar, subsidios, ingreso mínimo garantizado y mecanismo de distribución de ingreso. Esto ha implicado que el gobierno necesariamente tenga que destinar recursos públicos en la medida en que no se cumplan las expectativas mínimas de tráfico de cada carretera establecidas en las bases de licitación.

Según Engel et al. (2009), en promedio las concesiones licitadas por el MOP se han renegociado tres veces cada una, siendo más frecuente en las concesiones de carreteras que en el resto (4,3 contra 1,5 renegociaciones). Según estos autores las principales razones de las renegociaciones están dadas por las características del contrato desde sus inicios, por ejemplo, la proyección del tráfico y por lo tanto los mecanismos de ingresos para compensar al concesionario. Rivera (2009) hace referencia a la rigidez de los contratos de concesiones en Chile y que por lo tanto hacen que las renegociaciones sean duras y extensas para ambas partes.

De acuerdo a lo anterior, el principal objetivo de esta investigación es acercarse a la mejor proyección de tráfico, de tal manera que los contratos sean objeto de menores renegociaciones lo que implica menores pérdidas de bienestar social. Cabe señalar que hasta el momento no hemos encontrado estudios que analicen el tráfico y sus variables independientes conjuntamente en todas las carreteras concesionadas del país, solo encontramos un estudio para la región de Talca.

Como variables explicativas del tráfico, se utilizan variables regionales como, PIB, población, parque automotriz, tarifa, tipo de pago, cantidad de accidentes, número de reclamos, gasto en turismo.

Para el análisis y determinar posibles predictores se han utilizado modelos mixtos con el fin de controlar la variabilidad intra-carretera e inter-carretera dado que las variables en estudio están anidadas dentro de cada carretera en el tiempo. (Análisis de regresión múltiple para medidas repetidas).

Los hallazgos, usando STATA versión 11.0, dan cuenta que una de las variables relevantes y significativa que explican el tráfico en las carreteras concesionadas es el PIB regional, junto con el parque automotriz, esto fue validado por el estadístico de wald ( $p=0.000$ ). La explicabilidad del PIB concuerda con la evidencia empírica evidenciada en el estudio de la carretera de Talca (Saens & Lobos, 2011) y en

estudios de otros países, esto debido a que el PIB explica los ciclos económicos de un país.

Finalmente, es importante destacar que este es el primer estudio que involucra un análisis del tráfico en todas las carreteras concesionada en Chile, y con datos regionales.

### **Revisión de la Literatura**

Evidencia y descripción histórica según Engel et al. (2009). Las concesiones de infraestructura comenzaron con el túnel El Melón en 1993. Entre 1993 y fines de 2006 se adjudicaron 50 concesiones, principalmente carreteras urbanas e interurbanas, pero también aeropuertos, embalses, cárceles y la infraestructura para el Transantiago. La primera oleada de concesiones, materializada entre 1993 y 2000, incluyó a buena parte de las carreteras interurbanas. Entre 2000 y 2003 se concesionaron 13 proyectos, entre ellos cuatro de las cinco carreteras urbanas de Santiago y dos de las tres cárceles. La etapa más reciente se inició en 2004 y ha incluido obras de infraestructura pública tales como el Centro de Justicia de Santiago, la Plaza de la Ciudadanía y la infraestructura para el Transantiago. Las carreteras, urbanas e interurbanas, representan la parte fundamental del programa de concesiones: 26 de 50 proyectos y 89% de la inversión materializada. Las carreteras suelen ser concesionadas por plazos más largos que el resto de las concesiones: 26,9 años contra 17,5 años en promedio.

La motivación del Gobierno de Chile, es que el sector privado financie totalmente la construcción de caminos concesionados. Es decir, las concesiones deben ser lo suficientemente largas para que el concesionario obtenga una rentabilidad normal (Engel et al., 1996) cobrando peajes razonables, de aquí la importancia de la mejor proyección del tráfico de modo de hacer contratos justos.

Cuarenta de los cincuenta contratos se han renegotiado a lo menos una vez. Hasta fines de 2007 se han realizado 148 procesos de renegociación, es decir, un promedio de tres renegociaciones por concesión. Las concesiones de la Ruta 5 sobresalen porque, cada contrato se ha renegotiado 6,5 veces en promedio. Nótese, además, que las renegociaciones son más frecuentes en carreteras que en el resto de las concesiones (4,3 contra 1,5 renegociaciones). La magnitud de los montos renegociados es considerable: UF 70,3 millones, es decir 2.810 millones de dólares (Engel et al., 2009). En 29 de las 78 renegociaciones se ha discutido sobre el monto de las indemnizaciones por perjuicios sufridos por el concesionario debidos a causas que, según éste, no son atribuibles a su gestión. Se incluyen todos aquellos casos en que el MOP compensa a la firma por eventos no imputables a su gestión, tales como atrasos y por demoras en las expropiaciones, menores ingresos por postergación de la puesta en servicio o menores ingresos por la relocalización de peajes. Estas compensaciones generan una pérdida del bienestar social.

En la revisión de la literatura, se observan tres variables relevantes que explican el tráfico en las carreteras, a saber, el valor de la bencina (Cuadro N °1), el valor del

peaje (Cuadro N° 2), y el ingreso (Cuadro N° 3). Los principales hallazgos internacionales asocian el tráfico de forma negativa con el precio de la bencina y los peajes, pero positivamente con el nivel de ingreso. Los siguientes cuadros resumen los estudios que forman la base de este estudio, con sus respectivos resultados.

**Cuadro 1: Elasticidad del Nivel del Tráfico Respecto al valor de la Bencina**

<b>Autor</b>	<b>Elasticidades Obtenidas</b>	<b>Estructuras Estudiadas</b>
Mannering y Winston (1985)	CP = -0,23 LP = -0,28	En base a datos de familias en EEUU.
Hensher y Smith (1986)	LP = ]-0,218 ; -0,311[	En base a datos de familias en Australia
Oum, Waters y Yong (1992)	CP <sup>54</sup> = ]-0,09 ; - 0,24[ LP <sup>55</sup> = ]-0,22 ; -0,31[ NE <sup>56</sup> ]-0,13 ; -0,52[	Revisión de 6 artículos publicados en revistas académicas que predominan estudios realizados en Estados Unidos.
Goodwin (1992)	Series Temporales : CP= -0,16 LP= -0,33 NE= -0,46	Revisión de 11 estudios, en su mayoría en Reino Unido
ITS/HFA (1993)	Renta Media y CP viajes Casa - Trabajo ]-0,1 ; - 0,25[ Viajes Casa - otros motivos ]- 0,3 ; -0,5[	Valores más probables derivados de la revisión de la literatura
Fowkes, Sherwood y Nash (1993)	Casa - Trabajo = -0,1 Ocio = -0,3 Negocios = -0,1	Valores más probables derivados de la revisión de la literatura
Luk y Hepburn (1993)	CP = -0,1 LP = -0,26	En base a 4 estudios de Australia
Dargay y Goodwin (1995)	CP = -0,2 LP = -0,6	Series Temporales
Fridstrom (1998)	CP = -0,15 LP = -0,24	En base a datos mensuales de 24 regiones de Noruega
Johansson y Shipper (1997)	LP = -0,3	12 países OCDE durante el periodo ]1973-1992[

Fuente: Elaboración propia

<sup>54</sup> CP= Corto Plazo  
<sup>55</sup>LP= Largo Plazo  
<sup>56</sup>NE= No especificado

**Cuadro N° 2: Elasticidad del Nivel del Tráfico Respecto al valor del Peaje**

<i>Autor</i>	<i>Elasticidades Obtenidas</i>	<i>Estructuras Estudiadas</i>
Weustefield y Regan (1981)	Carreteras entre -0,03 y -0,31, puentes entre -0,15 y -0,31. Valor medio -0,21	16 infraestructuras de peaje en estados Unidos (carreteras, puentes y túneles)
Goodwin (1988)	Valor medio -0,45	Revisión de estudios
Ribas, Raymond, Matas (1988)	Entre -0,15 y -0,48	3 autopistas interurbanas de España
Hirschman, McNight, Pucher, Paaswell y Berechman (1995)	Entre -0,09 y -0,50 Valor Medio -0,25 (tomando en consideración solo los valores significativos)	Se utilizo como muestra 6 puentes y 2 túneles de la ciudad de New York
White (1984), el que fue citado en Oum y Otros (1992)	Horario Punta -0,21 y -0,36 No punta -0,14 y -0,29	El estudio fue realizado sobre un puente en Southampton
Jones y Hervik (1992)	Oslo -0,22 Alesund -0,45	Se realizó el estudio en ciudades de Noruegas, específicamente en Peajes de carreteras de circunvalación
Mauchan y Bonsall (1995)	Autopistas interurbanas -0,25 Red completa de autopistas - 0,40	Modelo de simulación para implementar un peaje en las autopistas de Reino Unido

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro N° 3: Elasticidad del Nivel del Tráfico Respecto al PIB**

<i>Autor</i>	<i>Elasticidades Obtenidas</i>	<i>Estructuras Estudiadas</i>
Dahl y Frazen (1992)	CP = ]-0,39 ; -0,52[ LP = ]-1,16 ; -1,32[	Revisión de la literatura
Johannson y Shipper (1997)	LP = -1,2	Datos para 12 países de la OCDE entre 1973 y 1992
Espey (1996)	CP Promedio = 0,39 LP Promedio = 0,81	Meta análisis, literatura internacional
Matas y Raymond (2003)	CP = 0,89 LP = 1,4	Autopistas interurbanas. España

Fuente: Elaboración propia

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

En relación a los materiales y métodos utilizados en esta investigación, adicional a las variables que han contemplado los estudios desarrollados a nivel mundial, es decir, tarifa de la carretera considerando que esta variable se conformó mediante la cantidad de peajes troncales que posee cada ruta por el precio de este peaje, para que así este pudiera ser comparable en el tiempo y el PIB que en este caso se midió a nivel regional.

Adicional, se incluirán variables como; cantidad de accidentes ocurridos en cada una de las vías, esperando que esta variable arroje signo negativo, a mayor cantidad de accidentes los usuarios evitarían el uso de la carretera; cantidad de reclamos realizados por los usuarios de estas, al igual que con los accidentes, se espera que esta variable arroje un signo negativo, infiriendo que el usuario castiga el uso de la carretera a medida que esta presenta un mayor número de reclamos; el gasto en turismo de cada región involucrada, esperando que a mayor gasto en turismo, mayor sea el tráfico hacia la zona, por ende, mayor cantidad de vehículos que circula hacia esa zona; la población, creyendo que esta influye de manera positiva, pues a mayor población se cree que aumenta la necesidad de traslado de las personas, reflejándose esto en el tráfico de las distintas carreteras en estudio, esta variable se dividió en población urbana y población rural, cabe destacar que para la formación de esta variable se utilizaron los datos entregados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el cual realiza una estimación de la población a partir del último CENSO realizado en el año 2002 .

Otra variable utilizada en este estudio fue la cantidad de autos en cada región, es decir, el Parque Automotriz, el resultado esperado, es que este sea significativo y de signo positivo, debido a que se cree que la cantidad de tráfico está fuertemente ligado a la cantidad de autos que existen en las regiones.

Cabe señalar que hay estudios (Oum et al.,1992; Goodwin, 1992; HFA & ITS,1993; entre otros) que han encontrado que el precio de la bencina es una variable que explica el tráfico, no obstante ello, en esta investigación se ha excluido esta variable debido a que no hay estadística a nivel regional.

Para el caso de las variables que tienen su origen en pesos, como son el caso de las variables Ingresos, PIB, Gasto en Turismo, etc. Estas se transformarán a Unidad de Fomento de ahora en adelante "UF", para que de esta manera puedan ser comparables en el tiempo y al ser la UF una moneda dura no se ve perturbada por los efectos de la inflación.

Otro punto bastante importante que hay que destacar, es que todas las variables fueron construidas según la ubicación geográfica que posee cada una de las carreteras concesionadas bajo estudio, lo que quiere decir, es que si una carretera se encuentra presente en más de una región, para la realización de la variable se suman sus componentes regionales.

A continuación se presenta un ejemplo:

$$PIB \text{ Concesión}_{X_i} = \sum_i^n PIB \text{ Regional}_i$$

Donde:

$$\begin{aligned} \text{Concesión}_{X_i} &= \text{Concesión que se está evaluando} \\ i &= \text{Región o regiones donde se encuentra la concesión que se está evaluando} \\ PIB \text{ Regional}_i &= \text{PIB total de la región } i \end{aligned}$$

De esta manera construimos el siguiente modelo:

$$TRAF = LAR + ACC + REC + PIB_R + TUR_R + PUR + PRU + AUT + TAR$$

Donde:

TRAF = Tráfico; ACC = N° de accidentes; REC = N° de reclamos; PIB<sub>R</sub> = PIB regional; TUR<sub>R</sub> = Gasto en turismo regional; PUR = Población urbana; PRU = Población Rural; AUT = Parque Automotriz; TAR = N° de peajes troncales por el precio.

Cabe señalar que la variable tráfico está ajustada por el largo de la carretera para hacer la variable comparativa entre todas las carreteras concesionadas.

Su análisis se hará con modelos mixtos con el fin de controlar la variabilidad intra-carretera e inter-carretera dado que las variables en estudio están anidadas dentro de cada carretera en el tiempo. (Análisis de regresión múltiple para medidas repetidas). Haciendo uso del STATA versión 11.0.

El primer paso a seguir luego del planteamiento de las variables es realizar un análisis de estadísticos descriptivos y posteriormente determinar las variables que arrojaron significancia en el modelo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS.

La muestra posee un total de 174 datos, los cuales fueron extraídos de 22 autopistas concesionadas del país en periodo de explotación<sup>57</sup> durante los años 1997 a 2010. De éstas autopistas, 17 son Rutas Interurbanas las que se subdividen en 5 pertenecientes a Ruta 5 y 12 a Rutas Transversales; de las 5 carreteras restantes, éstas se clasifican como autopistas Urbanas, las que se ubican todas dentro de la región Metropolitana. Con respecto al tipo de concesión, las autopistas interurbanas tienen un sistema de pago de cobro manual (plaza de peaje), a diferencia del sistema

<sup>57</sup> Desde el año de la puesta en marcha definitiva de cada una de las carreteras concesionadas.



cobro de las autopistas urbanas<sup>58</sup>, dado que estas utilizan el sistema TAG, es decir, Free low, el cual consiste en que el vehículo no se detiene durante su trayecto.

Las autopistas pueden estar en más de una región geográfica, la ubicación geográfica, la longitud (km), el año desde la puesta en servicio definitiva (PSD).

A continuación se describen los datos por año de estudio. Para esto se dividió la muestra en dos categorías, primero se presentan los datos por año sin autopistas urbanas, es decir, desde los años 1997 a 2005 y luego con autopistas urbanas desde 2006 a 2010.

#### *Primer Periodo: Años 1997 al 2005*

Para los años 1997 al 2000, se tienen 12 años-dato, esto se debe a que es el comienzo de las concesiones de carreteras en el país, por lo que el número de autopistas concesionadas es reducido, a estas fechas existen tan solo de 4 autopistas concesionadas, todas pertenecientes a rutas interurbanas.

Desde el año 2001 al 2005, se consta con 57 años-dato. En este periodo se tiene un mayor número de observaciones, dado al aumento de las concesiones en el país, alcanzando un total de 16 autopistas. Las estadísticas por año se encuentran en el Cuadro N° 4, donde se puede ver el número de observaciones correspondiente al número de autopistas interurbanas para cada año, también se puede observar la media, desviación estándar, mínimo y máximo para las principales variables. En este periodo el tráfico de autopistas concesionadas en promedio aumentó un 3% por año, sin embargo, la diferencia del tráfico entre las autopistas de la muestra es considerable, debido a diferentes factores, entre los cuales se puede mencionar la ubicación de la carretera. El promedio los accidentes se mantiene en 209, siendo tan solo el año 2001 inferior a esta cifra alcanzando una media de 153, para los reclamos el promedio alcanza 63 por año a excepción de los años 2001 y 2003 siendo sus medias 56,2 y 58 respectivamente.

Para el caso de la variable PIB Regional construida de acuerdo a la ubicación de cada una de las autopistas en estudio, en promedio muestra un crecimiento del 4,36% real anual, para este caso no es conveniente realizar un promedio de sus medias, debido a la gran diferencia existente entre una región y otra. En relación al Gasto en Turismo Regional (TUR), este presenta un crecimiento de un 3,51% real anual. Por último, en cuanto al parque automotriz regional, este muestra un crecimiento del 3,39% real anual.

<sup>58</sup> A excepción de la autopista Acceso Nororiental a Santiago.

**Cuadro N° 4: Estadística Descriptiva año 2001 al 2005**

DESCRIPTIVO	TRAF	AC	RE	PIB	TUR	POB	AUT	TAR
<b>AÑO 2001</b>								
Media	48938,	153,	56,2	671488001	86196520,	4004217	559993,	
Desviación	45766,	178,	85,4	639712838	10142102	2995574	479143,	
Mínimo	3848,8	4,0	6,0	230619393	16634489,	1586238	212290,	
Máximo	126427	499,	208,	149583216	21704343	7830656	1175661	
Observaciones	6	6	5	6	6	6	6	
<b>AÑO 2002</b>								
Media	48414,	217,	66,4	657738824	84924013,	3799356	541476,	0,2
Desviación	39944,	168,	71,4	673002403	10093338	3321506	509919,	0,1
Mínimo	4333,5	8,0	13,0	60747076,	4087126,4	641839,	75334,0	0,1
Máximo	130551	518,	208,	158885717	22195560	8558696	1263303	0,3
Observaciones	9	9	7	9	9	9	9	5
<b>AÑO 2003</b>								
Media	46895,	216,	58,0	560188067	62220848,	3261006	466245,	0,2
Desviación	36358,	137,	59,2	608421702	85048202,	3099463	467354,	0,1
Mínimo	3736,6	13,0	11,0	69124217,	6227068,6	98777,0	77135,0	0,1
Máximo	132271	476,	205,	160126910	20716264	8652209	1279743	0,3
Observaciones	12	12	11	12	12	12	12	10
<b>AÑO 2004</b>								
Media	50268,	238,	73,9	741309293	88438939,	3974201	599981,	0,2
Desviación	36449,	172,	79,7	702198655	10109261	3370276	536215,	0,1
Mínimo	4249,4	13,0	19,0	72411317,	6897517,7	99448,0	82023,0	0,1
Máximo	130101	561,	295,	169811190	22450780	8745696	1350958	0,3
Observaciones	14	14	13	14	14	14	14	11
<b>AÑO 2005</b>								
Media	55168,	223,	64,4	796392557	98967342,	4039372	639762,	0,2
Desviación	36995,	192,	82,0	720947480	10979985	3282329	548332,	0,1
Mínimo	5010,9	4,0	2,0	75189241,	7368794,3	100151,	88282,0	0,1
Máximo	145169	650,	322,	179286046	24518416	8839219	1432018	0,3
Observaciones	16	16	16	16	16	16	16	11

Fuente: Elaboración propia

### *Segundo Periodo: Años 2006 al 2010*

En este periodo se incorporan 5 autopistas urbanas a la muestra, y una nueva autopista interurbana, llegando a un total 22 autopistas bajo estudio y en explotación para el año 2010.

En el Cuadro N° 5 se observan las principales variables de la base de datos junto con su media, desviación estándar, además se muestra el test de diferencias realizado entre las autopistas interurbanas y urbanas.

El tráfico observado corresponde al tráfico por km de autopista, dado que de esta manera éste fuese comparable entre las autopistas, el promedio del tráfico/km de las autopistas interurbanas es de 73.382 vehículos por km, mientras que para las urbanas es de 4.852.626 por km, la diferencia está dada principalmente porque las autopistas urbanas corresponden a la región metropolitana donde se concentra la mayor cantidad de población y por ende una mayor cantidad de vehículos. Para este periodo el tráfico crece en promedio un 6,65%<sup>59</sup>, para las autopistas interurbanas este crecimiento alcanza un 6,08% mientras que para las autopistas urbanas este crecimiento es de un 3,38%, diferencia significativa entre ambos tipos de autopistas.

Los accidentes en promedio se encuentran en 302 por año, siendo las autopistas urbanas las que presentan mayor cantidad de ellos, en promedio 615 al año, las autopistas interurbanas mantienen un promedio de 221 accidentes por año similar al periodo anterior. Aunque esta diferencia no es significativa al comparar tráfico y accidentes entre ambas autopistas, en función del tráfico las autopistas interurbanas tienen en promedio 23 veces más accidentes que las urbanas.

Los reclamos anuales en promedio aumentan en las autopistas interurbanas a 78 reclamos por año, en cambio las autopistas urbanas tienen aproximadamente 13.000 reclamos al año, principalmente debido al tipo de cobro. Diferencia que no resulta significativa en comparación con el tráfico. Es decir, la cantidad de reclamos es similar para ambos tipos de autopistas en función del tráfico.

El PIB regional aumenta en promedio un 8,11% por año para las regiones en las que se encuentran las autopistas concesionadas y el gasto por turismo un 8,76% por año. El PIB regional y el gasto por turismo regional son significativamente mayores en las autopistas urbanas.

El parque automotriz es significativamente mayor en las autopistas urbanas por concentrarse en la región metropolitana, sin embargo, mientras que en esta el crecimiento promedio anual es de 5,45% en las regiones consideradas el crecimiento es de 7,27% en promedio anual.

La media del cobro de tarifa por vehículo liviano en las autopistas interurbanas es de UF 0,165, en este periodo.

<sup>59</sup> Se consideran todas las autopistas bajo estudio para este cálculo.

Cuadro N° 5: Estadística Descriptiva año 2006 a 2010

AÑO	VARIABLES	TODAS LAS AUTOPISTAS (a)			AUTOPISTAS INTERURBANAS (b)			AUTOPISTAS URBANAS (c)			Diferencias en Medias (b-c)	
		Media	Dev. Est.	Obs	Media	Dev. Est.	Obs	Media	Dev. Est.	Obs	Diferencia	T-student
2006	TRAF	888201,9	1745038,8	20	63665,4	46219,4	16	4186348,1	1070344,0	4	4122682,70	7,70
	ACC	303,6	342,5	20	226,8	194,7	16	610,5	629,6	4	383,69	1,20
	REC	3671,1	11735,5	19	72,3	77,7	15	17166,8	22775,0	4	17094,48	1,50
	PBB	96358384,8	723568707,0	20	82888068,9	752592767,0	16	1502386899,6	0,0	4	673503829,69	3,58
	TUR	131641306,1	117428328,8	20	105704233,2	117807856,5	16	233389599,1	0,0	4	129683364,95	4,40
2007	POB	4582247	3123769,4	20	4080420	3319179,9	16	6589556	0,0	4	2569136,25	3,02
	AUT	769724,1	545417,1	20	677763,8	575903,8	16	1137565,0	0,0	4	459801,19	3,19
	TART	0,2	0,1	16								
	TRAF	1102526,1	2160278,1	20	70191,2	52406,1	16	521865,7	1060003,5	4	5161674,50	9,74
	ACC	311,5	387,1	20	219,3	192,7	16	680,3	728,5	4	460,04	1,25
2008	REC	2685,6	8996,5	19	74,6	101,1	16	16610,7	19569,4	3	16536,04	1,46
	PBB	1011838766,3	764740762,1	20	866861216,1	792875908,0	16	1591849066,8	0,0	4	724087850,67	3,66
	TUR	139287381,8	124335837,2	20	111796736,8	124693185,5	16	249299881,8	0,0	4	137503125,00	4,41
	POB	4628825,8	3154435,9	20	4121467,3	3356649,0	16	6658260,0	0,0	4	2336792,75	3,02
	AUT	820435,5	582414,9	20	721059,8	613997,5	16	1217938,0	0,0	4	496878,19	3,24
2009	TART	0,160847204	0,085946696	16	0,160847204	0,085946696	16					
	TRAF	1129669,1	2267406,0	21	72059,9	57083,4	17	5579833,0	1235136,8	4	5506773,04	2,35
	ACC	308,4	393,2	21	217,4	226,1	17	695,3	725,0	4	477,90	1,30
	REC	4533,5	13058,4	21	78,1	105,5	17	23469,0	23379,9	4	23390,86	2,00
	PBB	1214983184,3	942613980,4	21	1098222819,8	986697574,3	17	1881225233,2	0,0	4	823002413,34	3,44
2010	TUR	162819586,3	13838698,2	21	135863118,4	141007698,6	17	277384574,4	0,0	4	141521455,99	4,14
	POB	4854611,7	3218780,8	21	4414872,1	3445012,6	17	6726005,0	0,0	4	2312832,88	2,77
	AUT	906829,2	622149,8	21	816238,9	662096,4	17	1291838,0	0,0	4	473599,12	2,96
	TART	0,2	0,1	17	0,2	0,1	17					
	TRAF	1081119,3	2217396,3	22	80387,7	65993,9	17	4483607,0	2658692,8	3	4403219,38	2,13
2010	ACC	285,5	357,9	22	214,4	204,9	17	527,0	640,5	5	312,59	1,08
	REC	445,4	1998,7	20	72,9	88,2	17	2555,7	4048,2	3	2482,71	1,06
	PBB	1235284717,1	922284341,9	22	1048327107,1	976226186,8	17	1879046991,3	0,0	5	822613484,21	3,47
	TUR	157787596,3	128544121,6	22	127824265,3	132249756,6	17	259662921,5	0,0	5	131838656,16	4,11
	POB	4989189,9	3208887,0	22	4457886,9	3482406,1	17	6794620,0	0,0	5	2337733,12	2,77
2010	AUT	952930,8	629515,0	22	843390,8	681200,4	17	1325567,0	0,0	5	481976,24	2,92
	TART	0,2	0,1	17	0,2	0,1	17					
	TRAF	1149214,2	2382806,5	22	86607,6	59406,5	17	4782476,4	2965220,4	5	4701868,79	2,13
	ACC	305,6	380,7	22	228,9	218,5	17	566,2	679,2	5	371,26	1,10
	REC	1052,5	3441,2	21	91,3	94,0	17	513,8	7170,3	4	5046,46	1,61
2010	PBB	1316116089,8	987189409,8	22	1113879316,8	1043007387,6	17	2003751718,3	0,0	5	89981401,57	3,52
	TUR	18418585,0	149756095,5	22	149216011,9	154008479,6	17	303083453,4	0,0	5	153867441,47	4,12
	POB	5036658,5	3235297,5	22	4501698,1	3519972,7	17	6864334,0	0,0	5	2362625,94	2,77
	AUT	1013003,0	662455,4	22	897297,2	716518,5	17	1466493,0	0,0	5	599105,82	2,95
	TART	0,2	0,1	17	0,2	0,1	17					

Fuente: Elaboración propia

### Datos de Panel

Se analizaron las principales variables mencionadas anteriormente en forma individual para analizar su efecto directo en el tráfico. Los principales resultados obtenidos se observan en el Anexo N° 1.

Debido a que las carreteras tienen diferentes largos, se construyó la variable dependiente como tráfico ajustada por largo de la carretera. Esta variable se correlacionó con las variables objeto de estudio, siempre incorporando la variable año por los datos de panel, a este respecto vale la pena señalar que se observa una relación positiva significativa entre tráfico y año, es decir en forma persistente y en todas las carreteras va aumentando el tráfico al pasar de los años. Otros resultados se comentan a continuación.

La relación entre PIB regional y tráfico ajustado por largo, es positiva y significativa, lo que concuerda con los estudios de Dahl y Frazen (1992), Johansson y Shipper (1997), Espey (1996), Matas y Raymond (2003) entre otros y apoya la hipótesis de que aquellas regiones con mayores recursos monetarios tienen un mayor uso de las autopistas concesionadas. Por otra parte si bien la cantidad de reclamos también es una variable significativa, se va a excluir del estudio puesto que es lógico pensar que a mayor uso de las carreteras mayor son los reclamos pero no es una variable que pueda predecir posteriormente el tráfico.

La cantidad de accidentes resulta positiva y significativa para toda la muestra, lo que significa que la accidentabilidad de las autopistas no influye en su decisión de uso por parte de los usuarios.

Según lo esperado, el gasto en turismo resulta positivos y significativos como función del tráfico. Por otro lado la variable población urbana resulta positiva y significativa, es decir, aquellas regiones con mayor cantidad de población hacen un mayor uso de las autopistas concesionadas. Sin embargo, se debe recordar que la proyección de población está estimada por el INE y no para todos los años de estudio corresponde al CENSO poblacional, lo que impide ser cien por ciento concluyente.

Continuando con el análisis, la variable parque automotriz también resulta ser significativo y positivo, lo que corrobora lo esperado al momento de plantear esta variable.

Finalmente al comparar el tráfico de las autopistas con peaje y Tag es significativo presentando aquellas con peaje un menor tráfico. Se debe recordar que las autopistas concesionadas con tag solo se encuentran en la región metropolitana, donde se concentra la mayor cantidad de población del país y la mayor cantidad de vehículos. Por lo que no es concluyente que el tipo de cobro influya directamente en el tráfico.

Una vez que se concluyó el análisis individual, se tomaron todas las variables que habían arrojado relaciones significativas para analizarlas en su conjunto. Como se observa en el Cuadro N° 6 el modelo en su conjunto ajusta bien, no obstante las variables significativas solo son el PIB regional y el parque automotriz. Cabe señalar

que la relación del PIB con el tráfico es tan fuerte que la variable parque automotriz pierde la capacidad de explicación, y la relación que se establece es negativa.

**Cuadro N° 6: Modelo 1**

Wald chi2(5) = 29.91  
 Log likelihood = -2293.3184 Prob > chi2 = 0.0000

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
year	15972.63	13526.22	1.18	0.238	-10538.27	42483.53
pib	.0011098	.0003855	2.88	0.004	.0003542	.0018654
tur	.0015788	.0027083	0.58	0.560	-.0037293	.006887
pru	-.7499239	1.405768	-0.53	0.594	-3.505179	2.005331
aut	-1.539728	.7603423	-2.03	0.043	-3.029971	-.0494843
_cons	-3.10e+07	2.70e+07	-1.15	0.251	-8.38e+07	2.19e+07

Finalmente el modelo más limpio se observa a continuación, en el Cuadro N° 7.

**Cuadro N° 7: Modelo 2**

Wald chi2(3) = 29.34  
 Log likelihood = -2293.5874 Prob > chi2 = 0.0000

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
year	14212.86	12692.19	1.12	0.263	-10663.38	39089.1
pib	.0011951	.0003517	3.40	0.001	.0005058	.0018843
aut	-1.352677	.6637273	-2.04	0.042	-2.653559	-.0517957
_cons	-2.77e+07	2.53e+07	-1.10	0.273	-7.72e+07	2.18e+07

En consecuencia, la ecuación que explica la variable tráfico ajustado por largo de la carretera se compone de :

$$Y = -0,000000277 + 14.213 \cdot year + 0,01195 \cdot pib - 1,35268 \cdot aut$$

Esta ecuación tiene un 49% de predictibilidad.

Finalmente, dada la fuerza del PIB para explicar la variable tráfico ajustado por largo de la carretera, se decidió analizar si existía alguna relación significativa con los elementos que componen el PIB. Los resultados encontrados revelan que son significativas, las variables servicios financieros y empresariales, administración pública y las imputaciones bancarias. Observando estas variables individualmente los servicios financieros y las imputaciones bancarias resultan ser las de mayor cuantía en la mayoría de los PIB regionales. Por ello, tomando las variables desagregadas del

PIB, se realizó un análisis de componentes principales, el que arrojó dos componentes donde la componente uno explica más del 80%, por lo que concluimos que es el PIB en su conjunto el que explica el tráfico ajustado por largo de la carretera.

#### **Implicancia de la Investigación**

En Chile, actualmente considerando los proyectos en cartera, en proceso de construcción de adjudicación y de explotación existe un total de 44 proyectos que tratan sobre la conectividad de las regiones, lo que significa un 89% de la inversión en concesiones. Ello da cuenta de un aumento del 100% de las carreteras concesionadas en los próximos años, con lo cual se esperaría el mismo porcentaje de aumento en las renegociaciones con el impacto en el bienestar social respectivo.

Este trabajo propone que una forma de disminuir las renegociaciones de las carreteras concesionadas por el MPO, es que en la proyección del tráfico se incorpore el PIB regional como variable fundamental, obviamente asociado al año y en menor relevancia el parque automotriz regional.

#### **4. CONCLUSIONES.**

El principal objetivo de esta investigación es acercarse a la mejor proyección de tráfico, de tal manera que los contratos sean objeto de menores renegociaciones lo que implica menores pérdidas de bienestar social.

Para ello, a diferencia de otros estudios, se consideraron datos regionales asociados a la ubicación geográfica de cada carretera concesionada.

Las variables utilizadas fueron PIB, accidentes, reclamos, tarifa, turismo, parque automotriz, población rural y urbana entre otras y la variable a predecir es el tráfico ajustado por el largo de cada carretera.

Las conclusiones de esta investigación son: primero que es posible predecir el tráfico de una autopista concesionada a partir de variables regionales exógenas a la carretera; segundo que el ingreso regional es el principal determinante del tráfico de las carreteras concesionadas en Chile; tercero que la incorporación de la variable parque automotriz permite ajustar mejor la proyección del tráfico, su signo negativo puede ser señal que en promedio la proyección del PIB regional sobre-reacciona por lo que es necesario ajustarla a la baja; cuarto que se da un crecimiento a través de los años, en el tráfico de las carreteras concesionadas independiente de la región en la que se encuentre, si se debe tener presente que crece a tasas distintas.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación permiten mejorar las proyecciones actuales que se basan en las tasas de crecimiento esperadas para el PIB nacional. Por insuficiencia de información no se pudo analizar el tráfico por tipo de vehículo, lo se cree que podría mejorar la predictibilidad del modelo, motivación para una segunda investigación.

## Referencias

- Dargay, J.M. & Goodwin, P.B. (1995). Evaluation of Consumer Surplus with Dynamic Demand. *Journal of Transport Economics and Policy*, 29, 179-193.
- Engel, E., Fischer, R. & Galetovic, A. (1996). Licitación de Carreteras en Chile. *Estudios Públicos*, 61, 5-37.
- Engel, E., Fischer, R., Galetovic, A. & Hermosilla, M. (2009). Renegociación de Concesiones en Chile. *Estudios Públicos*, 113.
- Fowkes, A.S., Sherwood, N. & Nash, C.A. (1993). Segmentation of the travel market in London: estimates of elasticities and values of travel time. *Institute for Transport Studies, University of Leeds*. Working Paper, 345.
- Fridstrom, L. (1998). An econometric model of aggregate car ownership and road use. *VIII World Conference of Transport Research*. Working Paper.
- Goodwin, P.B. (1992). A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes. *Journal of Transport Economics and Policy*, 26(2), 155-169.
- Hensher, D. (1985). An econometric model of vehicle use in the household sector. *Transportation Research*, 19B(4), 303-314.
- Hensher, D.A. & Smith, N.C. (1986). A Structural model of the use of automobiles by households: a case study of urban Australia. *Transport Reviews*, 6(1), 87-111.
- Hensher, D.A., Millthorpe F.W. & Smith, N.C. (1990). The demand for vehicle use in the urban household sector. *Journal of Transport Economics and Policy*, 24, 119-137.
- HFA, ITS, ACCENT (1993). Road pricing in London: review and specification of model elasticities. *Final Report to the Department of Transport*.
- Hirschman, I., McNight, C., Pucher, J., Paaswell, R. & Berechman, J. (1995). Bridge and tunnel toll elasticities in New York. Some recent evidence. *Transportation*, 22, 97-113.
- Johansson, O. & Shipper, L. (1997). Measuring the long-run fuel demand of cars. *Journal of Transport Economics and Policy*, 31(3), 277-292.
- Jones, P. & Hervik, A. (1992). Restraining car traffic in European cities: an emerging role for road pricing. *Transportation Research*, 26A(2), 133-145.
- Luk, J. & Hepburn, S. (1993). New review of Australian travel demand elasticities. *ARRB Transport Research*. Report, 249.
- Manning, F. & Winston, C. (1985). A dynamic empirical analysis of household vehicle ownership and utilization. *Rand Journal of Economics*, 16(2), 215-236.
- Manning, F. (1986). A note on endogenous variables in household vehicle utilization equations. *Transportation Research*, 20B(1), 1-6.
- Mauchan A. & Bonsall P. (1995). Model predictions of the effects of motorway charging in West Yorkshire. *Traffic, Engineering and Control*, 36(4), 206-212.
- May, A.D. (1992). Road pricing: an international perspective. *Transportation*, 19, 313-333.
- Ministerio de Fomento, El tráfico en las autopistas de peaje, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, varios años.
- Ministerio de Fomento, Memoria, Delegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas de Peaje, Ministerio de Fomento, varios años.
- Oum T.H., Waters, W.G. & Yong, J.S. (1990). A survey of recent estimates of price elasticities of demand for transport. *World Bank*. Working Paper, 359.



- Oum T.H., Waters, W.G. & Yong, J.S. (1992). Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates. *Journal of Transport Economics and Policy*, 26(2), 139-154.
- Ribas, E., Raymond, J.L & Matas, A. (1988), "Estudi sobre la elasticitat preu de la demanda de tràfic per autopista. *Departament de Política Territorial i Obres Públiques Generalitat de Catalunya*, Barcelona, Spain.
- Rivera, E. (2009). La regulación económica como complemento de las licitaciones en las concesiones de obras públicas. *Revista Cepal*, 95, 51-65.
- Saens, R & Lobos, G. (2011). Demanda por Autopistas Concesionadas en Chile: Una Aplicación del Método SUR y Datos de Panel. Universidad de Talca.
- Weustefield, N.H. & Regan, E.J. (1981). Impact of rate increases on toll facilities. *Traffic Quarterly*, 35(4), 639-655.

### Anexo N° 1: Resultados Modelos

Mixed-effects ML regression  
 Group variable: nom

Number of obs = 174  
 Number of groups = 22

Obs per group: min = 2  
 avg = 7.9  
 max = 14

Log likelihood = -2454.8675

Wald chi2(2) = 26.43  
 Prob > chi2 = 0.0000

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
year	-3574.414	7219.259	-0.50	0.621	-17723.9	10575.07
pib	.0005292	.0001185	4.47	0.000	.0002969	.0007615
_cons	7589614	1.44e+07	0.53	0.599	-2.07e+07	3.58e+07

Random-effects Parameters	Estimate	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
nom: Identity				
sd(_cons)	1952237	295358	1451284	2626108
sd(Residual)	216826.5	12438.75	193767.7	242629.5

LR test vs. linear regression: chibar2(01) = 551.79 Prob >= chibar2 = 0.0000

Mixed-effects ML regression  
 Group variable: nom

Number of obs = 160  
 Number of groups = 22

Obs per group: min = 2  
 avg = 7.3  
 max = 14

Log likelihood = -2268.4772

Wald chi2(2) = 10.28  
 Prob > chi2 = 0.0059

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[ 95% Conf. Interval]	
year	14877.86	6793.033	2.19	0.029	1563.759	28191.96

```

rec | 16.85957 7.167854 2.35 0.019 2.810833 30.90831
_cons | -2.89e+07 1.36e+07 -2.12 0.034 -5.56e+07 -2176511
    
```

Mixed-effects ML regression  
 Group variable: nom

Number of obs = 174  
 Number of groups = 22

Obs per group: min = 2  
 avg = 7.9  
 max = 14

Log likelihood = -2457.07

Wald chi2(2) = 21.42  
 Prob > chi2 = 0.0000

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
year	1256.987	6962.984	0.18	0.857	-12390.21	14904.18
tur	.0033389	.0008588	3.89	0.000	.0016557	.0050221
_cons	-2018460	1.39e+07	-0.15	0.885	-2.93e+07	2.52e+07

Mixed-effects ML regression  
 Group variable: nom

Number of obs = 174  
 Number of groups = 22

Obs per group: min = 2  
 avg = 7.9  
 max = 14

Log likelihood = -2461.4441

Wald chi2(2) = 11.83  
 Prob > chi2 = 0.0027

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
year	5766.038	7243.64	0.80	0.426	-8431.236	19963.31
pur	.277172	.1147105	2.42	0.016	.0523435	.5020005
_cons	-1.18e+07	1.43e+07	-0.83	0.407	-3.98e+07	1.61e+07

Mixed-effects ML regression  
 Group variable: nom

Number of obs = 174  
 Number of groups = 22

Obs per group: min = 2  
 avg = 7.9  
 max = 14

Log likelihood = -2463.7431

Wald chi2(2) = 7.11  
 Prob > chi2 = 0.0286

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
year	15909.11	6228.765	2.55	0.011	3700.952	28117.26
pru	1.347638	1.229367	1.10	0.273	-1.061878	3.757154
_cons	-3.13e+07	1.26e+07	-2.49	0.013	-5.59e+07	-6694644

Random-effects Parameters	Estimate	Std. Err.	[95% Conf. Interval]	
nom: Identity				
sd(_cons)	2127994	330579.3	1569416	2885378
sd(Residual)	227016.7	13074.85	202783.9	254145.3

LR test vs. linear regression: chibar2(01) = 540.25 Prob >= chibar2 = 0.0000

Mixed-effects ML regression  
 Group variable: nom

Number of obs = 162  
 Number of groups = 22

Obs per group: min = 2  
 avg = 7.4  
 max = 10

Log likelihood = -2299.1382

Wald chi2(2) = 16.60  
 Prob > chi2 = 0.0002

Y	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
year	-5734.119	11692.13	-0.49	0.624	-28650.27	17182.04
aut	.7502642	.2508121	2.99	0.003	.2586814	1.241847
_cons	1.19e+07	2.33e+07	0.51	0.610	-3.38e+07	5.75e+07

Computing standard errors: