



Estimación de Parámetros de Tránsito Generado en Proyectos de Vialidad Interurbana

Jueves 10 octubre 2013

Steer Davies Gleave
Holanda 100, Oficina 504,
Providencia
Santiago - Chile
+56 (0)2 2757 2600

www.steerdaviesgleave.com

Antecedentes

- El Ministerio de Desarrollo Social es responsable de dos subsistemas del Sistema Nacional de Inversiones
 - el subsistema de Analisis Técnico Económico (evaluacion ex ante) y
 - el subsistema de Evaluacion Ex Post (de resultados)
- El presente estudio se enmarca en el subsistema de Analisis Técnico Económico.
- El objetivo de la metodologia es guiar dos procesos con el fin de promover los proyectos más socialmente rentables:
 - la formulacion de proyectos
 - la evaluacion social de los proyectos

Objetivos

- Determinar los parámetros que permitan calcular el tránsito generado en proyectos de vialidad interurbana.
 - Identificar los factores que generan cambio en los flujos; identificar las variables y determinar los parámetros que permitan calcular el tránsito generado.
 - Proponer y probar una metodología de estimación de elasticidades de tránsito generado.
 - Proponer y probar metodologías alternativas a la estimación de elasticidades para calcular el tránsito generado.
 - Diseñar un sistema de actualización para las elasticidades según la información disponible, estableciendo fuentes de información y frecuencia óptima de actualización.

Revisión de la literatura

- No se encontraron otros estudios similares a éste
- El Manual de Carreteras recomienda las siguientes elasticidades por defecto (Silva, 1991):
 - Vehículos livianos -0,4
 - Camiones simples -0,1
 - Camiones pesados -1,0
 - Buses -0,2
- Poca evidencia internacional sobre las elasticidades de la demanda al costo generalizado de transporte en el contexto interurbano:
 - elasticidades en el rango -0.75 a -1.25 para vehículos livianos, y elasticidades menores para transporte de carga.
 - elasticidades relacionadas al costo generalizado total de los viajes, lo que implica datos de origen-destino para cada estudio.
- Datos origen-destino para cada proyecto no están disponibles
 - no es posible comparar directamente las elasticidades del presente estudio con la evidencia disponible de otros países.

Modificaciones a la metodología

- Se acordó incorporar más proyectos para mejorar las posibilidades de obtener buenos resultados del análisis de datos nacionales
 - Originalmente se había contemplado llevar a cabo el análisis a base de 15 proyectos
- Para permitir la incorporación de un número mayor de proyectos, se acordó simplificar la modelación de los cambios del costo generalizado de los viajes.

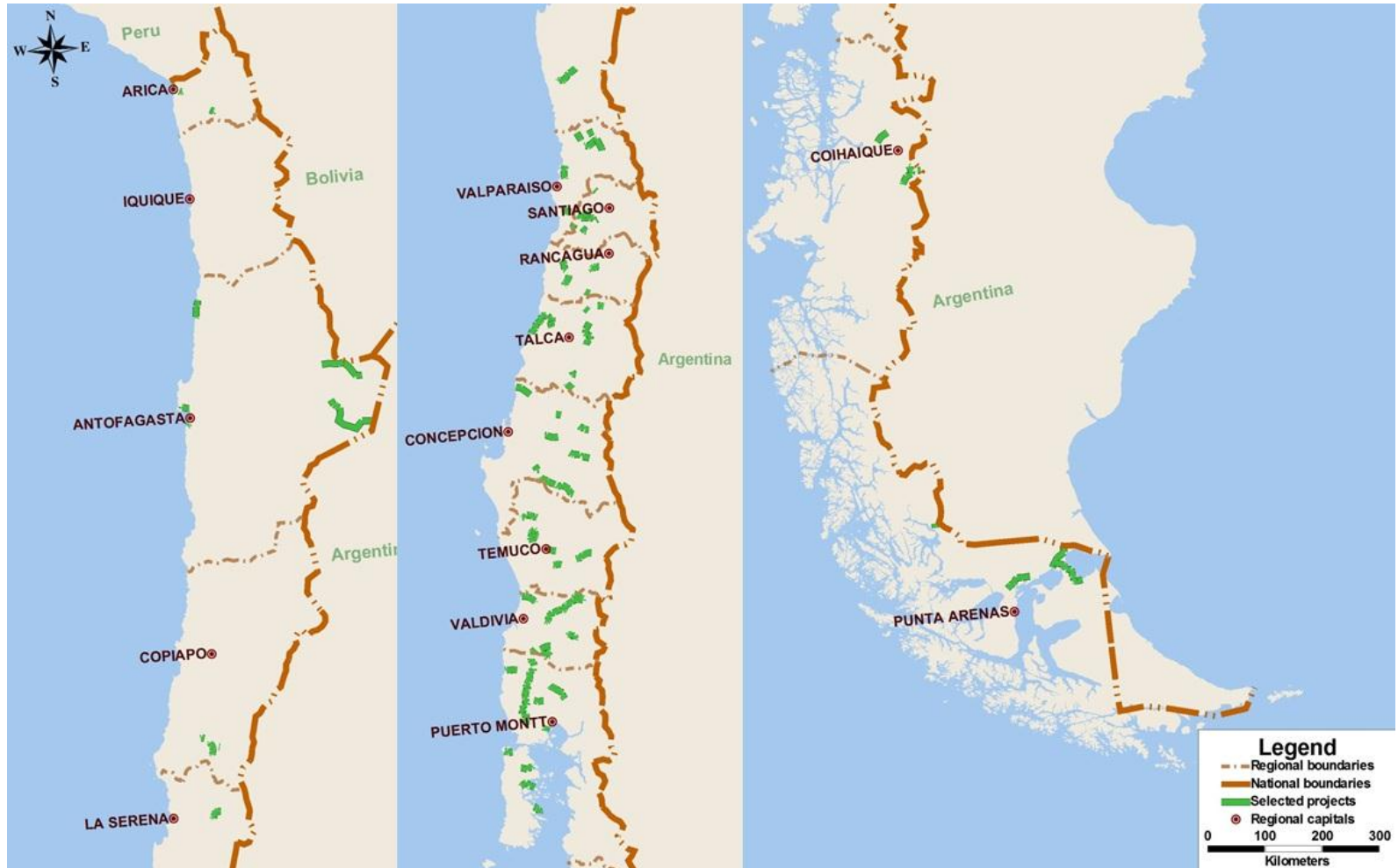
Datos

- Proyectos seleccionados inicialmente por el equipo del MDS (193)
 - 15 proyectos con carpeta completa de antecedentes incluyendo estimaciones de costos generalizados
 - 178 proyectos sin datos de costos
- Datos de tránsito del Plan Nacional de Censos
- Datos bianuales de 1994 hasta 2010
- Por lo general, 8-9 observaciones por serie de tiempo
- 3 tipos de vehículo: vehículos livianos, vehículos pesados, y buses

Depuración de los datos

- Proyectos geocodificados y filtrados por el equipo consultor
 - Que exista un punto del PNC adecuado
 - Que hayan suficientes datos antes y después de pavimentación
 - Casos extremos excluidos en la fase de análisis
 - En general se optó por incluir los casos siempre que fuera posible
- Selección final de datos:
 - 91 proyectos
 - 145 puntos censales
 - 434 combinaciones de punto censal y tipo de vehículo

Proyectos seleccionados



Marco teórico

- Se estimaron dos tipos de parámetro para representar la generación de tránsito

Elasticidades	Factores de generación
Responden a estimaciones de cambios de costo específico	Varían solamente por tipo de vehículo, tienen implícito cambios de costo promedios
Se recomiendan por casos donde estimaciones de costos detallados estén disponibles	Sirve para hacer una primera aproximación y en casos donde no se dispone de estimaciones de cambios de costos

Marco teórico - elasticidades

$$F_t = F_0 (1 + d)^t \left(\varepsilon \left(\frac{\Delta C}{C} \right) + 1 \right)^{\delta_G} \quad (1)$$

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + t * \ln(1 + d) + \delta_G * \ln \left(\varepsilon \left(\frac{\Delta C}{C} \right) + 1 \right) \quad (2)$$

$$a = 1 + d \quad (3)$$

$$b = \varepsilon \left(\frac{\Delta C}{C} \right) + 1 \quad (4)$$

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + t * \ln(a) + \delta_G * \ln(b) \quad (5)$$

$$\varepsilon = (b - 1) * \left(\frac{C}{\Delta C} \right) \quad (6)$$

- F_t : representa el flujo medido en el año t
- F_0 : es una constante de calibración
- d: es la tasa media de crecimiento
- ε : elasticidad
- C: representa el costo total de operación en la situación sin proyecto
- ΔC : representa la variación de costos como consecuencia del proyecto
- δ_G : es una variable binaria que vale cero para los años anteriores a la pavimentación y vale uno para los años posteriores a la misma

Marco teórico - factores de generación

$$F_t = F_0 (1 + d)^t (F_g + 1)^{\delta_G} \quad (7)$$

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + t * \ln(1 + d) + \delta_G * \ln(F_g + 1) \quad (8)$$

$$a = 1 + d \quad (9)$$

$$\ln(F_t) = \ln(F_0) + \ln(a) * t + \ln(F_g + 1) * \delta_G \quad (10)$$

- F_t : representa el flujo medido en el año t
- F_0 : es una constante de calibración
- d: es la tasa media de crecimiento
- F_g es el factor de generación que se estimará
- δ_G : es una variable binaria que vale cero para los años anteriores a la pavimentación y vale uno para los años posteriores a la misma

Variables dependientes

- Flujos de tránsito por tipo de vehículo, proyecto, punto y año
- Se observa mucha variación en los datos de tránsito de vehículos pesados y buses

Año	Vehículos livianos (Promedio)	Vehículos Pesados (Promedio)	Buses (Promedio)	Vehículos livianos (Desv. Est.)	Vehículos Pesados (Desv. Est.)	Buses (Desv. Est.)
1994	311	89	29	39,98	307,20	88,04
1996	377	115	35	36,05	362,47	103,33
1998	421	125	41	42,21	382,17	120,72
2000	533	150	58	73,45	449,72	155,94
2002	593	159	61	66,04	503,40	154,10
2004	561	157	65	60,53	469,53	151,16
2006	594	170	70	78,80	534,27	161,18
2008	724	201	72	87,22	739,45	248,97
2010	913	203	84	123,68	1011,71	317,76

Modelación de Costos

- Los costos se expresaron en unidades de UF por vehículo y por km
- Para las diferencias de costos producidos por los proyectos de pavimentación:
 - Se ocuparon datos específicos para los proyectos donde se contaban con ellos
 - Para los otros proyectos se ocuparon valores promedios por cada tipo de vehículo
- Diferencias de costos en promedio sobre el tramo mejorado como resultado de los proyectos de pavimentación considerados:

	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Buses
Costo operacional	-35%	-38%	-29%
Costo de tiempo de viaje	-27%	-26%	-26%

Técnicas de análisis

- Se aplicaron dos técnicas de análisis, a los mismos datos:

Modelos de regresión individuales	Modelos mixtos multinivel
1 modelo por cada tipo de vehículo y punto censal	1 modelo por cada tipo de vehículo
366 modelos independientes	3 modelos independientes
	Se ajustan distribuciones aleatorias a los parámetros de cada modelo
	Se prueban posibles relaciones e interacciones con otras variables
Se estiman elasticidades por cada punto censal	Se estiman elasticidades por cada punto censal

Pruebas de hipótesis (modelos mixtos multinivel)

I Se probaron las siguientes variables:

- La región
- La zona (Norte grande, Norte chico, Central, Sur, Austral)
- La extensión del proyecto
- El PIB per cápita
- Variaciones de mediano plazo y largo plazo
- Un índice de crecimiento económico basado en tráfico de la Ruta 5
- Diferencias entre caminos turísticos y otros caminos
- La densidad poblacional (Censo 2002, a nivel comunal)

I Pruebas aplicadas:

- Las estadísticas z de los parámetros estimados
- La prueba de razones de verosimilitud
- La sensatez de los resultados

I Se incorporaron varias de las variables probadas en los modelos finales

I Sin embargo, no se encontró ninguna variable que se relacionara directamente con el tránsito generado

Resultados - pruebas de hipótesis (modelos mixtos multinivel)

Hipótesis	Livianos	Buses	Pesados
El flujo inicial varía con la zona	Verdadero	Verdadero	Verdadero
El flujo inicial varía con la extensión del proyecto	Verdadero	Verdadero	Verdadero
El flujo inicial varía con el PIB per cápita	Verdadero	Verdadero	Verdadero
El flujo inicial varía con el índice crisis económica	Verdadero	Verdadero	Falso
El flujo inicial varía con el índice crisis económica por tipo de vehículo	Verdadero	Verdadero	Falso
El flujo inicial varía si el camino se considera turístico.	Verdadero	Verdadero	Falso
La tasa de crecimiento varía con la zona	Falso	Falso	Verdadero

- Sin embargo, no se encontró ninguna variable que se relacionara directamente con el tránsito generado

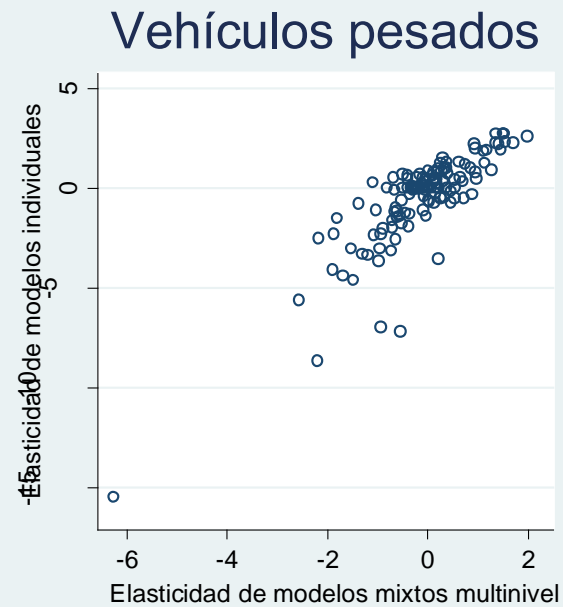
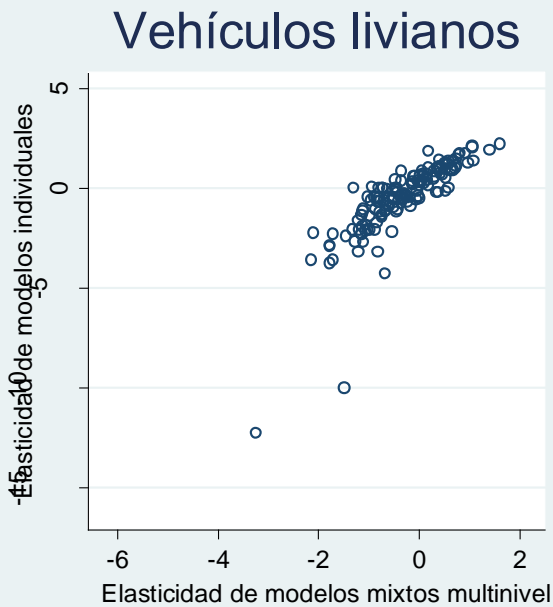
Resultados - comparación de las técnicas de análisis

- Se obtienen de los modelos mixtos multinivel los valores más probables de los parámetros por cada tipo de vehículo y punto censal

$$\beta_{\ln(b)_{total}} = \beta_{\ln(b)_{fijo}} + \varepsilon_{\ln(b)_{proyecto}} + \varepsilon_{\ln(b)_{punto}} \quad (11)$$

- De esta forma se pueden comparar las elasticidades estimadas por las dos técnicas:
 - Modelos individuales
 - Modelos mixtos multinivel

Resultados - comparación de las técnicas de análisis



Resultados - Elasticidades

- El tránsito generado para vehículos pesados no es significativamente distinto de cero.

Tipo de vehiculos	Coef.	z	P>z	[Intervalo de	Conf. 95%]
Vehículos livianos	-0,328	0,096	-3,40	0,001	-0,519
Vehículos pesados	-0,106	-0,98	0,329	-0,321	0,109
Buses	-0,354	-2,54	0,013	-0,631	-0,077

Resultados - Factores de Generación

- Los proyectos de pavimentación consideradas han resultado en un promedio de aproximadamente 10% de tránsito generado para vehículos livianos y buses

Tipo de vehiculos	Coef.	z	P>z	[Intervalo de	Conf. 95%]
Vehiculos livianos	0,111	0,033	3,40	0,001	0,046
Vehiculos pesados	0,030	0,98	0,329	-0,031	0,0932
Buses	0,095	2,54	0,013	0,020	0,169

Resultados - Parámetros Recomendados

- Siempre que se cuente con estimaciones detalladas de los cambios al costo generalizado de los viajes, se recomienda aplicar las elasticidades.

Tipo de vehículo	Elasticidad promedio	Mínimo	Máximo
Vehículos livianos	-0,328	-0,519	-0,136
Vehículos pesados	-0,106	-0,321	0
Buses	-0,354	-0,631	-0,077

Ejemplo de Implementación - Contenidos

- Se ha desarrollado y entregado una implementación sencilla de los modelos de elasticidad en una planilla de cálculo

Owner	FJP	
Project	22529501 - Transito Generado	
Version	117	
Sheet	Contenidos	
Contenidos		
Sheet number	Sheet	Description
1	Portada	
2	Contenidos	
3	Info	Registro de versiones del documento.
4	Código de colores	
5	Datos	
6	Info Proyecto	Información del proyecto y supuestos base del proyecto.
7	Puntos Censales	Datos de flujo vehicular de puntos censales relevantes, Resumen anual de los flujos vehiculares, y tasas de crecimiento anual.
8	Información de costos	Costos sociales obtenidos a partir del HDM 3, y diferencias relativas de los costos sociales.
9	Modelo	
10	Parámetros de tránsito generado	Aquí se especifican los valores de elasticidad a usar.
11	Resultados	
12	Estimaciones de Flujo	Resultados del modelo: proyecciones de tránsito por tipo de vehículo.
13	Gráficos	Gráficos de los resultados.

Ejemplo de Implementación - Info Proyecto

Información del proyecto

Codigo BIP	221576610
Ruta	199-Ch
Región	IX Región
Punto Censal Asociado	09-083-02-1

Supuestos bases del proyecto

Fecha de entrada en operación de la ruta pavimentada 2015

	TMDA 2009	Tasas de Crecimiento por tipo de Vehiculos
Automovil	499	3.70%
Camioneta	378	2.10%
Camiones Simples	56	2.80%
Camiones Articulados	17	3.50%
Buses	132	4.10%

Calculo por tipo vehículo del modelo

Vehiculos Livianos	877	3.01%
Vehiculos Pesados	73	2.96%
Buses	132	4.10%

Ejemplo de Implementación - Puntos Censales

Resumen anual de los flujos vehiculares

	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Vehiculos Livianos	198	548	491	475	631	572	920	649	1005
Vehiculos Pesados	34	140	100	76	120	147	211	73	107
Buses	22	40	26	93	105	160	177	132	128

Tasas de crecimiento anual

	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Vehiculos Livianos	89%	-5%	-2%	16%	-5%	30%	-15%	27%
Vehiculos Pesados	154%	-15%	-12%	29%	11%	22%	-33%	24%
Buses	40%	-17%	129%	6%	26%	5%	-13%	-2%

Ejemplo de Implementación - Información de costos

Costos sociales obtenidos a partir del HDM 3

Codigo BIP	Moneda	Coef Rigurosidad	% Pendiente	Curvatura Horizontal	Ancho de la Calzada	Proyecto	Tramo	Costo_op_VL	Costo_op_VP	Costo_op_B	Tviaje_VL	Tviaje_TP	Tviaje_B	Costo total	Costo total	Costo total B
2015476-10	UF	9	3%	62	7	0	2	2.3	6.4	5.7	2.3	1.8	11.6	4.7	8.2	17.4
2015476-10	UF	3	3%	62	7	1	2	1.6	4.3	4.3	2.2	1.6	10.6	3.8	5.9	14.9

Diferencias relativas de los costos sociales

Codigo BIP	Tramo	Costo_VL	Costo_VP	Costo_B
2015476-10	2	-19%	-28%	-14%

Ejemplo de Implementación - Parámetros de tránsito generado

Elasticidades

Tipo de vehículo	Valor elegido	Valor más probable	Mínimo	Máximo
Vehículos livianos	-0,328	-0,328	-0,519	-0,136
Vehículos pesados	-0,106	-0,106	-0,321	0
Buses	-0,354	-0,354	-0,631	-0,076

Ejemplo de Implementación - Estimaciones de flujo

Estimaciones de Flujo Futuro Vehículos Livianos

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SIN MODELO DE GENERACION DE VIAJES	877	903	931	959	987	1017	1048	1079	1112	1145	1180	1215	1252	1290	1328	1368
MODELO ELASTICIDADES	877	958	987	1017	1047	1079	1111	1145	1179	1215	1251	1289	1328	1368	1409	1451

Estimaciones de Flujo Futuro Vehículos Pesados

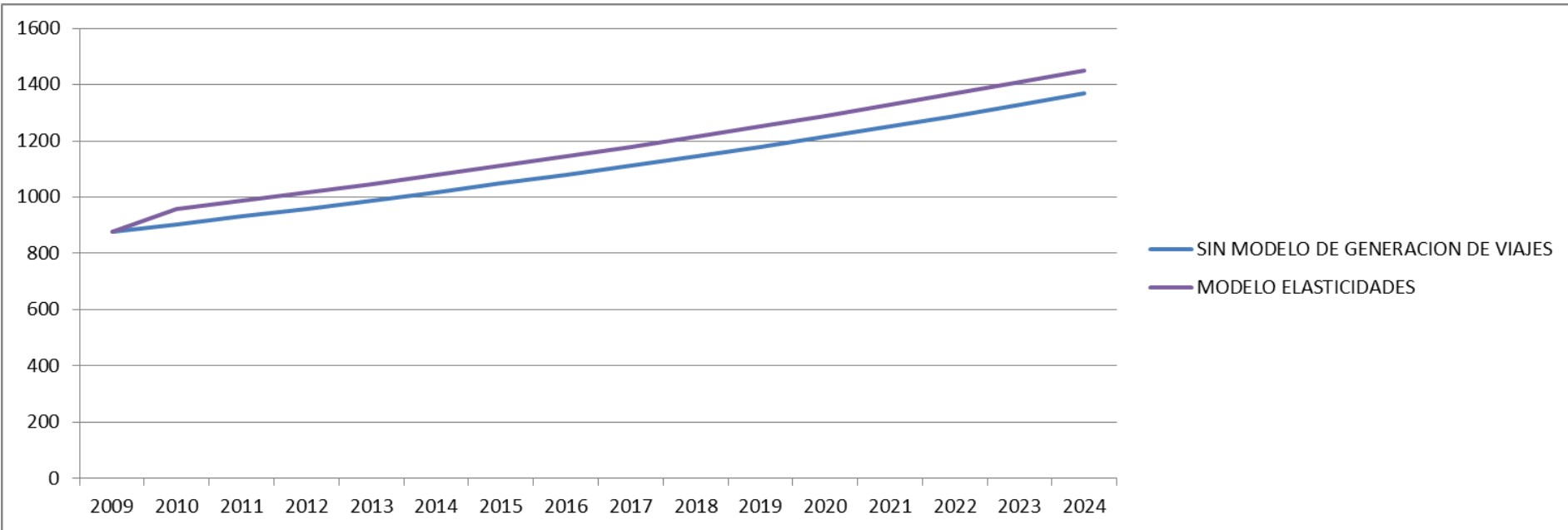
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SIN MODELO DE GENERACION DE VIAJES	73	75	77	80	82	84	87	90	92	95	98	101	104	107	110	113
MODELO ELASTICIDADES	73	77	80	82	84	87	90	92	95	98	101	104	107	110	113	116

Estimaciones de Flujo Futuro Buses

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SIN MODELO DE GENERACION DE VIAJES	132	137	143	149	155	161	168	175	182	190	197	205	214	223	232	241
MODELO ELASTICIDADES	132	144	150	156	163	169	176	183	191	199	207	215	224	233	243	253

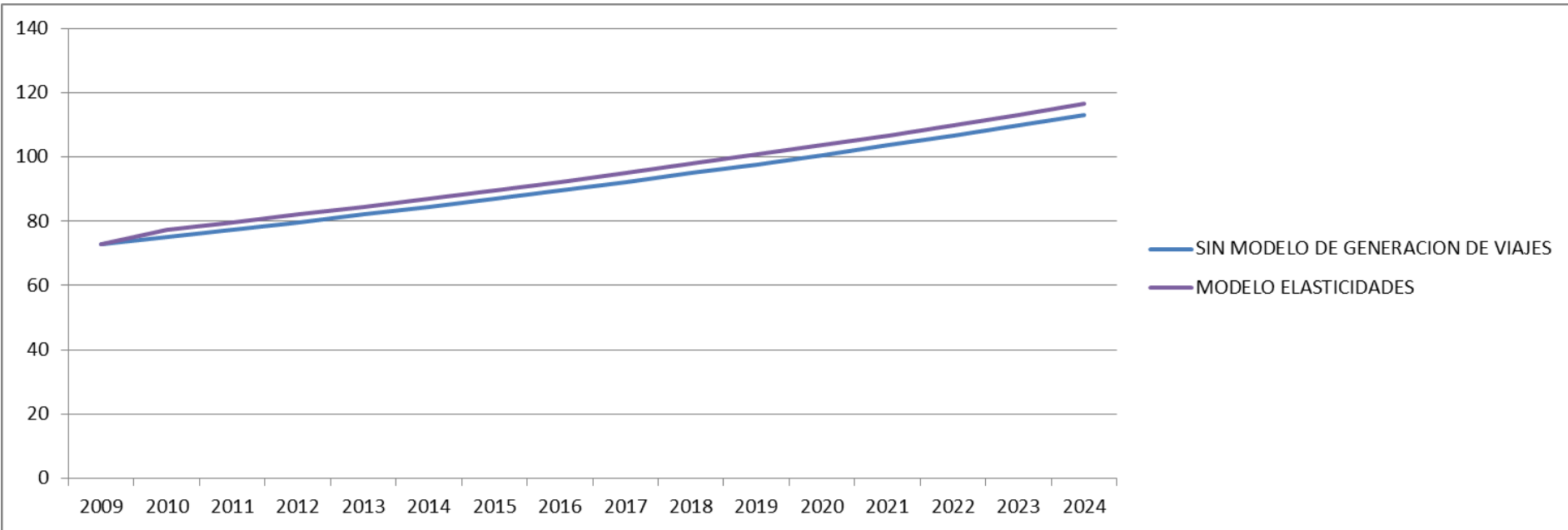
Ejemplo de Implementación - Gráficos

Vehículos livianos



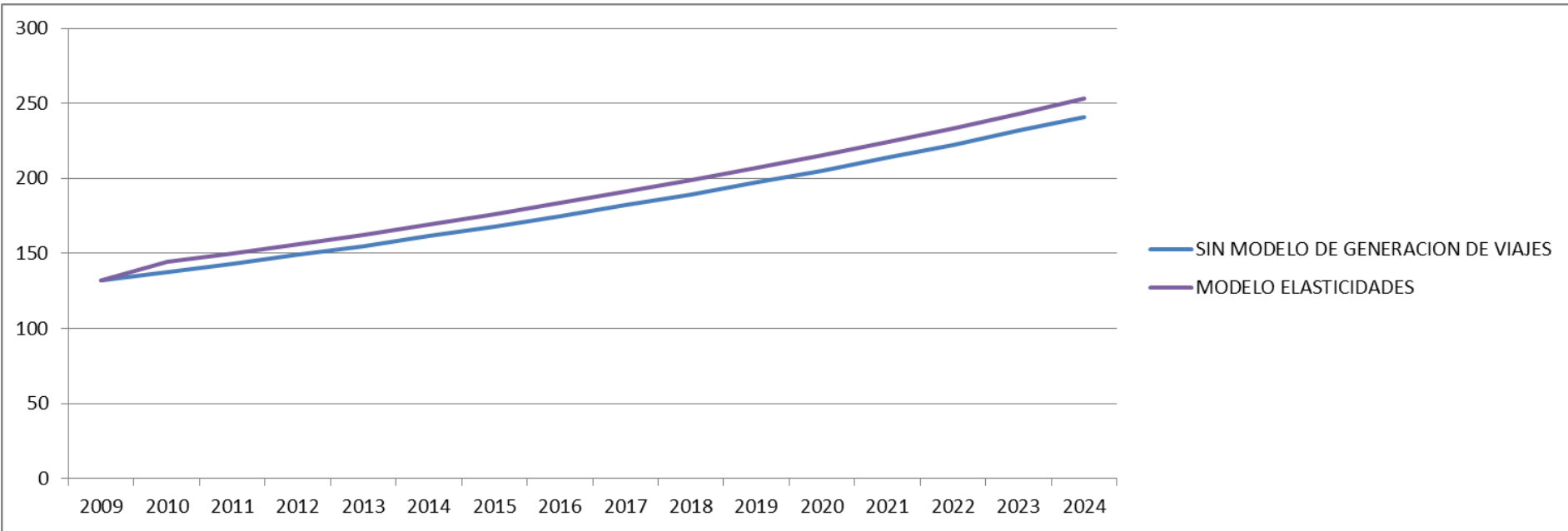
Ejemplo de Implementación - Gráficos

Vehículos pesados



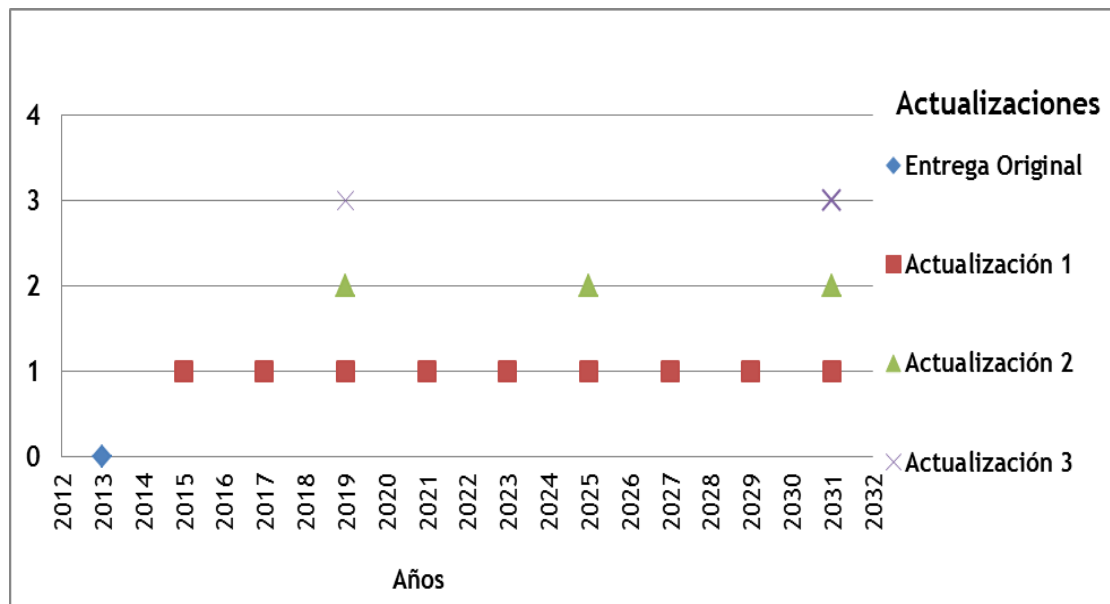
Ejemplo de Implementación - Gráficos

Buses



Sistema de Seguimiento y Actualización

- Se definieron tres tipos de actualización.
 - Actualización Tipo 1: Agregar datos nuevos a los proyectos existentes
 - Actualización Tipo 2: Agregar nuevos proyectos
 - Actualización Tipo 3: Revisión comprensiva del análisis.
- Se recomienda el siguiente plan de actualizaciones:



Conclusiones y recomendaciones

- Se han encontrado elasticidades de generación de tránsito significativos al nivel 95% para vehículos livianos y para buses.
- Para vehículos pesados la elasticidad es significativa al nivel 65%. Este valor representa la mejor aproximación que se pudo obtener.

Tipo de vehículo	Elasticidad promedio	Mínimo	Máximo
Vehículos livianos	-0,328	-0,519	-0,136
Vehículos pesados	-0,106	-0,321	0
Buses	-0,354	-0,631	-0,077

Conclusiones y recomendaciones

- Para vehículos livianos y para buses los resultados indican se traducen en aproximadamente un 10% de generación de tránsito.
- Para vehículos pesados la mejor aproximación representa un factor de generación de tránsito de 3%.
- Siempre que se cuente con estimaciones detalladas de los cambios al costo generalizado de los viajes, se recomiendan aplicar las elasticidades.

Conclusiones y recomendaciones

- Este estudio representa un avance importante en el conocimiento y evaluación de los efectos de proyectos de pavimentación en la generación de tránsito.
- No se han encontrado otros estudios de este tipo y los resultados obtenidos podrían representar un aporte a la evidencia internacional sobre el tema.
- Se espera que los resultados y los productos generados por este estudio sean un aporte valioso al Sistema Nacional de Inversiones y que dejen mejor fundamentados los criterios de evaluación de proyectos de pavimentación de caminos en Chile.

Muchas gracias