

## VIII Modelación de Proyectos

En este capítulo se presenta la evaluación de dos planes de proyectos viales, los que han sido diseñados para mejorar las condiciones de transporte proyectadas para el sector Pie Andino. El trazado preliminar y las características de los proyectos que conforman los planes, fueron definidos en conjunto con la Contraparte Técnica del Estudio, y se basan en el planteamiento de soluciones a los problemas de congestión en particular, y fuentes de conflicto en general, detectados en la simulación del a Situación Base. Por otro lado, la simulación de las redes con proyecto fue realizada utilizando el modelo de equilibrio de transporte Stgo-EMME/2, lo que permitió obtener los flujos y niveles de servicio asociados a la operación de la red con proyectos, verificando así la efectividad de las soluciones planteadas. Finalmente se aplican los modelos de evaluación y de emisión de contaminantes, a partir de lo cual fue posible obtener el beneficio que significaría la implementación de los planes de proyectos, en términos de indicadores económicos.

### VIII.1 Definición de Proyectos a Evaluar

Los Proyectos evaluados en el presente estudio están enfocados principalmente a plantear soluciones a dos problemáticas generales que se han detectado durante el análisis de las proyecciones de demanda, y en la simulación del escenario base:

- Mitigar el déficit de capacidad vial que se provoca en el sector Pie Andino, dado las altas tasa de localización de hogares y actividades productivas, tanto actuales como proyectadas. Esto se traduce en fuertes crecimientos de los flujos de tránsito generados en el sector, aumentando los niveles de congestión, especialmente en el período punta.
- Complementar el Plan de Proyectos Viales desarrollado por la Dirección de Planeamiento, definido para otorgar capacidad vial en el Anillo de expansión urbana de Santiago.

En este sentido, y considerando los resultados de la situación base en cuanto a volúmenes de viajes generados y conflictos viales, es que se plantea la evaluación de una serie de proyectos viales, agrupados en el formato de Planes de Proyectos. Dichos planes cumplen como objetivo crear alternativas viales a los movimientos de mayor carga detectados, lo cuales son en Período Punta, los flujos de Sur a Norte a través de la comunas Pie Andino, y lo flujos que acceden en forma transversal desde el sector oriente de Pie Andino, hacia el centro de Santiago.

Los Planes de Proyectos para el Pie Andino se han denominado **Alternativa 1** y **Alternativa 2**. Cada una de estas, en mayor o menor medida incorpora las soluciones requeridas para esta zona de expansión, las cuales se pueden definir como:

- Creación o mejoramiento de un eje que atravesase el Pie Andino en forma longitudinal, en el sentido Norte-Sur, y que sirva como alternativa de comunicación para las comunas que conforman el sector expansivo.
- Construcción mejoramiento de diversos ejes de acceso que conectan las zonas de expansión con los centros atractores del Pie Andino, en forma transversal (sentido Oriente-Poniente).

- Definición de proyectos que complementen la vialidad propuesta por la DIRPLAN en los estudios de referencia (provincia de Chacabuco y Sur Poniente de Santiago), para satisfacer los requerimientos de capacidad vial en las zonas de expansión urbana.

Se debe destacar que las alternativas a evaluar han sido definidas y analizadas en forma conjunta con la Contraparte Técnica del Estudio.

### **VIII.1.1 Alternativa 1**

La alternativa 1 está fundamentada en la implementación del proyecto *Circunvalación Interprovincial Siglo XXI*, proyecto el cual también ha sido conocido como Anillo Orbital, y Pie Andino. Este proyecto ha sido estudiado por el Ministerio de Obras Públicas, y en el presente análisis se ha utilizado la información entregada por el Departamento de Vialidad Urbana, perteneciente a la Dirección de Vialidad, para definir el trazado y el costo de construcción del proyecto.

#### **a) Características Proyecto Original**

El proyecto Ruta Interprovincial Siglo XXI se fundamenta en el trazado original del Camino Orbital, que aparece en el PRMS. Es una ruta que realiza una circunvalación en forma externa al actual radio urbano de Santiago. En la Figura VIII.1 se observa un esquema del trazado.

Los tramos de interés para el actual estudio son los siguientes:

- 1 Lo Barnechea (sector urbano)
- 2 Av Pie Andino
- 3 Co La Ballena
- 4 Río Maipo
- 5 Calera de Tango

El trazado en lo Barnechea rodea la comuna por el nor-oriente hasta llegar al cruce de Raúl Labbe con Av Las Condes, en donde se proyecta un enlace desnivelado. Posteriormente el trazado se desarrolla a la altura de la cota 1000 a través del límite urbano oriente de Santiago, comunas de las Condes, La Reina, Peñalolén La Florida y Puente Alto. Este es el llamado tramo Pie Andino.

El tramo del Cerro La Ballena toma una dirección oriente-Poniente a la altura del paradero 43 de Av La Florida, y rodea el Cerro la Ballena, cruzando, la Av Eyzaguirre.

El tramo Río Maipo comienza en Av Eyzaguirre, y bordea el Río Maipo hasta A Santa Rosa, posteriormente continua en sentido Oriente-Poniente, pero desplazándose paulatinamente del río Maipo, hasta cruzar con el Camino Los Morros.

Finalmente, El Sector Calera de Tango continua en la misma dirección, hasta empalmar con la calle Diego Portales. En este punto utiliza la actual calle, hasta cruzar con la Ruta 5. Posteriormente utiliza el trazado de la Ruta G-34, hasta el límite provincial (aproximadamente 8 kilómetros al poniente del camino Lonquén).



ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN PARA LA MACRO ZONA CENTRAL,  
ETAPA II: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS INTERURBANOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE  
DE LA REGIÓN METROPOLITANA



El perfil de la ruta varía entre 60 metros en los tramos de mayor dificultad topográfica, y 100 metros en sectores planos. Pero en general se presentan tramos entre 60 y 80 metros de perfil, el cual considera 3 pistas por sentido de carácter expreso, y 2 pistas por sentido de vía local. El tramo Lo Barnechea y parte del Pie Andino (hasta el sector Hospital de Carabineros), posee un perfil sinuoso y con fuertes pendientes, por lo cual su velocidad de diseño alcanza los 50 km/hr. El resto del trazado tiene una velocidad de diseño de 100 km/hr, con algunos sectores restrictivos menores, a 80 km/hr.

En la siguiente tabla se presenta un resumen con los costos de construcción originalmente estimados para este tramo. Se debe indicar que dicha tabla no incluye los costos de enlaces ni de expropiaciones.

**Tabla VIII.1**  
**Proyecto Ruta Interprovincial Siglo XXI, Costos de Construcción (\$ 1998)**

ITEM	TRAMO	DE Km	A Km	PRECIO	18% IVA	TOTAL	U.F.
<b>MACROSECTOR ORIENTE-SUR</b>							
1	LO BARNECHEA	0.000	17.700	36,815,463,896	6,626,783,501	43,442,247,397	2,955,255
2	AV. PIE ANDINO	17.700	42.920	56,286,564,927	10,131,581,687	66,418,146,614	4,518,241
3	CO. LA BALLENA	42.920	45.840	5,122,731,376	922,091,648	6,044,823,024	411,212
4	RIO MAIPO	45.840	58.600	12,202,421,237	2,196,435,823	14,398,857,060	979,514
SUBTOTAL				110,427,181,436	19,876,892,658	130,304,074,094	8,864,223
<b>SECTOR CALERA DE TANGO</b>							
1	CALERA DE TANGO	0.000	16.000	11,009,861,168	1,981,775,010	12,991,636,178	883,785
<b>MACROSECTOR PONIENTE</b>							
1	ZONA RURAL	0.000	9.560	17,674,824,783	3,181,468,461	20,856,293,244	1,418,795
2	MAIPU	9.560	17.780	8,408,552,248	1,513,539,405	9,922,091,653	674,972
3	PUDAHUEL	17.780	25.000	7,525,698,236	1,354,625,682	8,880,323,918	604,104
SUBTOTAL				33,609,075,267	6,049,633,548	39,658,708,815	2,697,871
<b>SECTOR CHACABUCO</b>							
1	CHACABUCO	0.000	61.250	40,718,476,034	7,329,325,686	48,047,801,720	3,268,558
TOTAL			160.850	195,764,593,905	35,237,626,903	231,002,220,808	15,714,437

#### b) Modificaciones incorporadas: Eje Pie Andino

Para el caso de la presente evaluación, la Alternativa 1 considera la implementación del eje Pie Andino, con un trazado semejante al del proyecto original, y con algunas modificaciones en el diseño del perfil, con la idea de plantear un proyecto más económico, y con mayor conectividad con la red Pie Andino. En este sentido, las modificaciones contempladas son las siguientes:

En el tramo Lo Barnechea, hasta Av La Condes se considera un trazado distinto al original, de menor jerarquía vial, que complemente los actuales tramos ya construidos de la Av Pie Andino. Entre Camino El Yunque y Av La Condes se contempla un trazado nuevo, por el costado poniente del Valle Escondido, hasta empalmar con Av la Condes, en un cruce a nivel, descartando el enlace original. Todo esto con 2 pistas por sentido, y una faja de 30 metros.



Entre Av La Condes y Hospital de Carabineros, se considera 3 pistas por sentido expresas, sin calles locales, respetando el trazado original y con una faja de 40 metros.

Las mismas variaciones se han considerado en los tramos Pie Andino y La Ballena, hasta el cruce con la proyección de la autopista Acceso Sur (3 pistas por sentido, sin calle local, trazado proyecto original). Entre Autopista Acceso Sur y Camino Los Morros, se utilizará el trazado de la autopista concesionada.

Posteriormente se considera un trazado nuevo hacia el poniente entre Camino Los Morros y Ruta 5, produciéndose el cruce con ésta a 400 metros de la bifurcación Ruta 5, Diego Portales. El diseño de la ruta sigue hacia el poniente hasta cruzar con el camino Lonquén, utilizando el actual trazado de la Ruta G364. En este punto (cruce Camino Lonquén, Ruta G364), el camino gira hacia el norte hasta cruzar con la Ruta G34.

Finalmente, se considera un mejoramiento de 2 pistas por sentido de la Ruta G-34, entre Camino Lonquén y Camino Melipilla.

El Tramo San Carlos de Apoquindo – Ruta G-34 se ha modelado como autopista tarifada, considerando cobros de 10 \$/km (\$ 1991) y 20 \$/km en los tramos más cargados

#### **c) Vía Local (Nueva Pie Andino)**

Como complemento al proyecto detallado anteriormente, se han definido tramos de vías locales, las que cumplen el objetivo de servir a los viajes entre pares O/D de menor distancia que se producen en el Pie Andino.

- Continuación Av San Carlos de Apoquindo hasta Cristóbal Colón, con 2 pistas por sentido.
- Calle Local entre Av Grecia y Departamental, utilizando faja del Plan Regulador por borde oriente de actuales condominios en sector Quilín, 1 pista por sentido.
- Calle local entre Departamental y Diego Portales, 1 pista por sentido.
- Construcción vía local entre Puente Alto y Cruce Calera de Tango, utilizando trazado original Av Ruta Interprovincial Siglo XXI, 1 pista por sentido.

#### **d) Ejes de Acceso**

Finalmente, se incorpora la construcción y mejoramiento de una serie de ejes, en dirección oriente-poniente, que refuerzan la accesibilidad al proyecto principal.

- Av Larraín, entre Pie Andino y Juliza Berstein, 2 pistas por sentido.
- Valenzuela Puelma, entre Pie Andino y Padre Hurtado Sur, 2 pistas por sentido
- Grecia, entre Alvaro Casanova y Las Perdices, 2 pistas por sentido.
- Departamental entre Pie Andino y Olga Salas, 2 pistas por sentido.
- Diego Portales entre Pie Andino y Tobalaba, 1 pista por sentido.
- Ruta G-346 entre Ruta G-34 y Ruta G-364, 1 pista por sentido.

El esquema del proyecto definido se aprecia en la Figura VIII.2.

### **VIII.1.2 Alternativa 2**

La Alternativa 2 posee una funcionalidad similar a la alternativa anterior, pero presenta diferencias en los trazados y en algunos proyectos complementarios. Estas variaciones se deben a que en esta alternativa se pretende enfatizar la accesibilidad hacia las zonas de expansión bajo análisis, siendo este un proyecto con mayor interacción con la vialidad existente. Otro objetivo importante de esta alternativa es complementarse en forma adecuada con el resto de los proyectos viales propuestos para los sectores de expansión, los que han sido definidos en los anteriores estudios realizados por la Dirplán (Chacabuco y Sur-Poniente). Se genera de esta manera, un anillo de proyectos que cubre el sector de expansión urbana de Santiago.

#### **a) Eje Nuevo Pie Andino**

La Alternativa 2 considera la implementación de un eje norte-sur que atraviesa todo el sector Pie Andino, con una función similar a la de la alternativa 1, pero de distinto trazado. La ventaja radica en que la Alternativa 2 utiliza una faja que en muchos tramos es de menor dificultad geográfica, y por ende con menor costo de construcción y menor necesidad de expropiación.

El tramo entre Lo Barnechea (Los Trapenses) y San Francisco de Asís mantiene el trazado de la Alternativa 1. A partir de este punto se utiliza la faja de la Calle de la Plaza, hasta el cruce con la prolongación de la calle Francisco Bulnes. Luego se retoma el trazado de la Alternativa 1 hasta Avda Larraín.

Entre Avenida Larraín y Avenida Grecia, se propone utilizar el trazado de la Avenida Alvaro Casanova, con una vía de dos pistas por sentido, y con cruces a nivel.

Entre Av Grecia y Diego Portales, se utiliza el trazado de la vía local (Nueva Pie Andino) propuesto en la Alternativa 1. Aquí se ha propuesto una vía con carácter de autopista, de tres pistas por sentido, con un ancho de faja de 40 metros, y con una velocidad de diseño de 100 km/hr. Los cruces con la vialidad existente se resuelven en desnivel.

Posteriormente, entre este punto y la Ruta G-34, se utiliza el trazado y el perfil de la Alternativa 1.

Para la Ruta G-34, entre Camino Lonquén y el Límite Provincial, se considera un mejoramiento a 2 pistas por sentido. A partir de este punto, se ha trazado una vía de 4.3 kilómetros, que se conecta con el proyecto Longitudinal Sur-Poniente (ver proyectos Situación Base), con 2 pistas por sentido.

El proyecto se ha modelado considerando cobros por su uso en el Tramo Av Grecia - Camino Longitudinal, con una tarifa de 10 \$/km (\$ 1991) y 20 \$/km en los tramos más cargados.

#### **b) Vía Local (Nueva Pie Andino)**

La Alternativa 2 no considera vías locales.

#### **c) Ejes de Acceso**

Se incorpora la construcción y mejoramiento de una serie de ejes, en dirección oriente-poniente, que refuerzan la accesibilidad al proyecto principal.

- Raúl Labbe entre Av Las Condes y Av Lo Barnechea, 2 pistas por sentido.
- Av San Francisco de Asís, entre Nueva Pie Andino y A Fleming, 2 pistas por sentido.
- Extensión Av Colón entre Vital Apoquindo y Nueva Pie Andino, 2 pistas por sentido.
- Av Larraín, entre Pie Andino y Julia Berstein, 2 pistas por sentido.
- Valenzuela Puelma , entre Pie Andino y Padre Hurtado Sur, 2 pistas por sentido
- Grecia, entre Alvaro Casanova y Las Perdices, 2 pistas por sentido.
- Departamental entre Pie Andino y Olga Salas, 2 pistas por sentido.
- Diego Portales entre Pie Andino y Tobalaba, 1 pista por sentido.
- Ruta G-346 entre Ruta G-34 y Ruta G-364, 1 pista por sentido.

Finalmente, se incorpora a esta alternativa el eje Conexión La Dehesa-Vitacura, el cual se propone como alternativa a las actuales vías existentes (bajada Santa Teresa de los Andes y Gran Vía), las que se proyectan con altos grados de congestión en los escenarios futuros. La nueva conexión se proyecta por el costado oriente de La Dehesa, entre Pie Andino y Alcalde José Délano. Luego continua en una bajada pronunciada a través de Lo Curro , hasta Av Carolina Rabat. La vía esta proyectada con 8.4 kilómetros de extensión, con 2 pistas por sentido y un ancho de faja de 30 metros.

La Figura VIII.3 presenta un esquema con el diseño definido.

## VIII.2 Costos Alternativas

En la Tabla N° VIII.2 se presentan los costos unitarios de las partidas de obras viales, que se han considerado para determinar el costo de construcción de los proyectos. Dichos valores fueron extraídos de las tablas definidas en los estudios de Valores Unitarios de Arce & Recine.

**Tabla VIII.2**  
**Costos Unitarios Obras Viales**  
**(\$ Año 2000)**

Obra	Costo (\$/metro)	Costo Global (\$)
Autopista Urbana 30 mts	524.160	
Via urbana simple 12 mts	364.000	
Enlace Trebol		10.920.000.000
Enlace Diamante		5.096.000.000
Paso Inferior		258.440.000
Puente	9.100.000	
Enlace Trebol Incompleto		7.644.000.000
Enlace Diamante Simple		3.057.600.000
Acceso Direccional		163.800.000

Fuente: Arce & Recine, 2000

### ➤ Alternativa 1

Los costos de construcción<sup>1</sup> de la Alternativa 1 han sido estimados en base a la información extraída del estudio realizado por la Dirección de Vialidad para la Ruta Interprovincial Siglo XXI, ya que en dicho estudio, los valores se encuentran detallados por tramo y a su vez por ítem. Posteriormente, estos valores fueron corregidos de acuerdo con el criterio del consultor, incorporando factores que representan las disminuciones de ancho de faja, la eliminación de las calles locales, y los tramos no construidos. Así, las estimaciones realizadas para la Alternativa 1 resultan ser de menor cuantía que las estimadas en el estudio original.

Además, los costos de algunos tramos y variantes de la Alternativa 1, que no aparecen en el diseño original de la Ruta Interprovincial, fueron complementados utilizando los valores presentados en la Tabla VIII.2

Por otro lado, en la figura VIII.4 se presentan los valores de expropiación segmentados por zona, lo que en este caso representa una variable de gran relevancia en la estimación del costo de la obra. Esto debido a que, existen fuertes diferencias de precios de suelo por zona, dado que el trazado de las alternativas atraviesa sectores de diversos estratos socioeconómicos. Además, en el tramo Lo Barnechea –Peñalolén los valores de expropiación son extremadamente altos, llegándose a cantidades del orden de 16 UF por metro cuadrado. Todo esto hace que la expropiación influya fuertemente en las estimaciones realizadas.

<sup>1</sup> Todos los costos de construcción considerados en este capítulo son costos sociales. Los valores de construcción fueron multiplicados por un factor 0,9.

En la Tabla VIII.3 se presentan los costos estimados para la Alternativa 1, desagregados por tramos y proyectos. Se incluyen aquí los ítems expropiaciones y construcción de la vía. Por otro lado, en la Tabla VIII.4 se indican los enlaces proyectados, con sus respectivos costos de construcción.

**Tabla VIII.3**  
**Costos Sociales de Construcción y Expropiación, Alternativa 1**

Nº	TRAMO	Longitud (kms)	Pistas/Sentido	Ancho Faja Promedio (mts)	Costos Expropiación (UF)	Construcción Vías (UF)	Total (UF)
<b>Vía Principal</b>							
1	Lo Barnechea (*)	9.800	2	30	1,835,930	1,078,299	2,914,230
2	Av. Pie Andino	25.220	3	40	5,917,803	3,022,082	8,939,885
3	La Ballena	2.900	3	40	176,851	241,127	417,978
4	Río Maipo (**)	6.200	2	30	370,319	264,319	634,638
5	Los Morros-Ruta 5	4.300	2	30	64,545	143,790	208,335
6	Ruta 5 - Camino Lonquén	10.070	2	30	168,000	336,736	504,736
<b>Sub-Total</b>		<b>58.490</b>			<b>8,533,449</b>	<b>5,086,352</b>	<b>13,619,801</b>
<b>Proyectos Complementarios</b>							
7	Mejoramiento Ruta G-34	4.190	2	15	161,310	140,111	301,421
8	Vía Local Puente Alto -San Bernardo	12.330	1	15	169,164	285,868	455,032
9	Mejoramiento Diego Portales	1.380	2	15	18,120	46,146	64,266
10	Vía Local La Florida-Peñalolen	11.58	1	15	299,853	268,479	568,332
11	Mejoramiento Departamental	2.08	2	15	57,476	69,554	127,030
12	Mejoramiento Av Grecia	0.954	2	0	0	31,901	31,901
13	Mejoramiento Valenzuela Puelma	1.75	2	15	117,788	58,519	176,307
14	Extensión Av Cristobal Colón	2.03	2	30	778,986	67,882	846,868
15	Extensión San Carlos de Apoquindo	1.49	2	30	522,144	49,825	571,969
16	Extensión General Blanche	0.95	2	15	209,916	31,768	241,684
<b>Sub Total</b>		<b>38.734</b>			<b>2,334,758</b>	<b>1,050,054</b>	<b>3,384,811</b>
<b>Total Alternativa</b>		<b>97.224</b>			<b>10,868,207</b>	<b>6,136,405</b>	<b>17,004,612</b>

**Tabla VIII.4**  
**Costos Sociales Enlaces, Alternativa 1**

Enlaces	Tipo	Precio Unitario (\$)
Los Trapences	1	7,644,000,000
General Blanche	1	7,644,000,000
Av Larraín	1	7,644,000,000
Av Departamental	1	7,644,000,000
Av La Florida	2	10,920,000,000
Av Eyzaguirre	3	258,000,000
Concha y Toro	1	7,644,000,000
Acceso Sur	1	7,644,000,000
Los Morros	4	3,057,600,000
Ruta 5	2	10,920,000,000
Ruta G 340	4	258,000,000
Ruta G 352	4	3,057,600,000
Camino Lonquén	3	258,000,000
Ruta G-34	1	3,057,600,000
<b>Total (\$ dic 2000)</b>		<b>77,650,800,000</b>
<b>Total (UF)</b>		<b>4,945,911</b>

➤ **Alternativa 2**

Los costos de la Alternativa 2 fueron estimados empleando criterios semejantes a los detallados para el caso de la Alternativa 1. De esta manera, en la Tabla VIII.5 se presentan los costos de construcción de las vías y de expropiación, mientras que en la Tabla VIII.6 se detallan los costos de los enlaces considerados en el diseño. Finalmente en la Figura VIII.5 se pueden observar los costos de expropiación por zona, empleados en las estimaciones de costos.

**Tabla VIII.5**  
**Costos Sociales de Construcción y Expropiación, Alternativa 2**

Nº	TRAMO	Longitud (kms)	Pistas/Sentido	Ancho Faja Promedio (mts)	Costos Expropiación (UF)	Construcción Vías (UF)	Total (UF)
<b>Vía Principal</b>							
1	Av Pie Andino, Lo Barnechea (*)	9.800	2	30	1,637,650	1,078,299	2,715,949
2	Nueva Pie Andino entre San Carlos de Apoquindo y Av Grecia	10.232	2	30	1,450,028	960,800	2,410,829
3	Nueva Pie Andino entre Grecia y Av La Florida	11.39	3	40	892,280	380,709	1,272,989
4	La Ballena	2.900	3	40	176,851	241,127	417,978
5	Rio Maipo (**)	6.200	2	30	370,319	241,127	611,446
6	Los Morros-Ruta 5	4.300	2	30	50,880	264,319	315,199
7	Ruta 5 - Longitudinal Sur Poniente	19.000	2	30	370,410	635,350	1,005,760
<b>Sub-Total</b>		<b>63.817</b>			<b>4,948,419</b>	<b>3,801,730</b>	<b>8,750,149</b>
<b>Proyectos Complementarios</b>							
8	Mejoramiento Ruta G-346	1.300	2	15	5,250	30,223	35,473
9	Mejoramiento Diego Portales	1.380	2	15	18,120	46,146	64,266
10	Mejoramiento Departamental	1.200	2	15	21,060	40,127	61,187
11	Mejoramiento Av Grecia	0.954	2	0	0	31,901	31,901
12	Mejoramiento Valenzuela Puelma	1.750	2	15	117,788	58,519	176,307
13	Extensión Av Cristobal Colón	0.85	2	30	61,830	28,424	90,254
14	Mejoramiento San Francisco	1.36	2	30	298,337	31,618	329,954
15	Mejoramiento Raul Labbe	0.8	2	15	60,600	43,320	103,920
16	Conexión La Dehesa Vitacura	9.2	2	30	1,676,741	498,177	2,174,918
<b>Sub Total</b>		<b>18.79</b>			<b>2,259,725</b>	<b>808,455</b>	<b>3,068,181</b>
<b>Total Alternativa</b>		<b>82.611</b>			<b>7,208,144</b>	<b>4,610,185</b>	<b>11,818,330</b>

**Tabla VIII.6**  
**Costos Sociales Enlaces, Alternativa 2**

Enlaces	Tipo	Precio Unitario (\$)
Av Grecia	1	7,644,000,000
Av Departamental	1	7,644,000,000
Av La Florida	2	10,920,000,000
Av Eyzaguirre	3	258,000,000
Concha y Toro	1	7,644,000,000
Acceso Sur	1	7,644,000,000
Los Morros	4	3,057,600,000
Ruta 5	2	10,920,000,000
Ruta G 340	4	258,000,000
Ruta G 352	4	3,057,600,000
Camino Lonquén	3	258,000,000
Ruta G-34 (1)	1	3,057,600,000
Ruta G 34 (2)	1	3,057,600,000
Ruta 78 Antigua	1	3,057,600,000
Longitudinal Sur-Poniente	1	3,057,600,000
<b>Total (\$ dic. 2000)</b>		<b>71,535,600,000</b>
<b>Tota (UF)</b>		<b>4,556,408</b>

---

Como se observa en las tablas anteriores, gran parte del costo de los proyectos esta asociado a los altos valores de expropiación, alcanzando más del 40% del valor de las obras en ambas alternativas. Además se observa el alto costo que significa la construcción del tramo Lo Barnechea, hasta San Carlos de Apoquindo.

### VIII.3 Resultados Simulación Alternativas

Una vez definidos los planes de proyecto, se procedió a realizar la simulación de transporte, de manera de poder analizar la efectividad operativa de los proyectos planteados, tanto cualitativa como cuantitativamente.

Una primera etapa fue la codificación de los proyectos dentro del modelo Stgo/EMME/2, la cual se realizó siguiendo los siguientes pasos.

- Se generaron 8 escenarios de modelación, 4 para cada alternativa de proyecto: Corte Temporal 2007 y 2012, Períodos Punta mañana y Fuera Punta. Estos escenarios se obtienen simplemente duplicando los escenarios simulados para la modelación de la situación base.
- Sobre las redes de los escenarios obtenidos, se codificaron los alternativas definidas, para cada Corte Temporal y período. Las características de los arcos de proyectos fueron obtenidas a partir de los diseños propuestos en el acápite anterior, y basándose en los parámetros típicos que se utilizan en Stgo-EMME/2, para obtener las características de los arcos.

Posteriormente, se realizaron las corridas de equilibrio para cada uno de los escenarios creados. Las corridas realizadas se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla VIII.8**  
**Códigos Corridas, Escenarios Modelados**

Corte Temporal	Período	
	Punta Mañana	Fuera Punta
Alternativa 1		
2007	<b>2007PMA1</b>	<b>2007FPA1</b>
2012	<b>2012PMA1</b>	<b>2012FPA1</b>
Alternativa 2		
2007	<b>2007PMA2</b>	<b>2007FPA2</b>
2012	<b>2012PMA2</b>	<b>2012FPA2</b>

Dado que una de las peticiones de la Contraparte Técnica fue la de simular los proyectos operando con cobro de peajes, es que se debieron realizar varias pruebas con el modelo, de manera de poder definir tanto los tramos concesionables por volumen de flujo vehicular; como los valores de peaje, por congestión de algunos tramos de los proyectos. De esta manera se llegó finalmente al esquema que fue detallado en el acápite anterior.

#### c) Alternativa 1

En la Figura VIII.6 se presenta un esquema de la red con los flujos asignados, para el modo autochofer, en el corte temporal 2012. Se puede observar que las mayores cargas del proyecto se presentan en el tramo Av La Florida- Av Las Condes, con flujos que superan los 5000 veh/hr en el sentido Sur-Norte. La carga máxima por arco es de 5600 veh/hr entre José Arrieta y Larraín. En sentido Norte-Sur se presentan flujos altos en el tramo Los Trapenses –Av Las Condes, con valores que bordean los 2000 veh/hr, debido principalmente a la descarga vehicular desde la

Comuna Lo Barnechea hacia Av Las Condes y Costanera Norte – Kennedy. Otro tramo con flujos importantes es Av La Florida - Autopista Norte-Sur, por donde circulan flujos desde Puente Alto hacia el centro, utilizando las Autopistas Acceso Sur y Norte – Sur.

En la Tabla VIII.8 se presentan los indicadores de operación promedio para una selección de los ejes relevantes en la red, y sus correspondientes variaciones experimentadas producto de la implementación de la Alternativa 1. Se observa que en general la implementación de esta Alternativa no produce grandes impactos en la operación del resto de la vialidad de Pie Andino. Mas bien, estas variaciones son marginales. Se destaca la mejoría en indicadores de los ejes más saturados, como Américo Vespucio sentido S-N, Padre Hurtado S-N y Tobalaba S-N.

**Tabla VIII.8**  
**Indicadores de Operación, Ejes Principales**

EJE	Base 2012			Alternativa 1			Alternativa 2		
	G Saturación	V <sub>0</sub>	V <sub>OPERACION</sub>	G Saturación	V <sub>0</sub>	V <sub>OPERACION</sub>	G Saturación	V <sub>0</sub>	V <sub>OPERACION</sub>
Americo Vespucio N-S	58.2	69.3	66.6	59.4	69.2	66.5	59.0	69.2	66.5
Americo Vespucio S-N	111.1	70.2	27.5	108.5	70.2	30.2	108.6	70.2	30.0
Departamental O-P	85.8	40.8	27.1	89.2	41.2	24.2	98.3	41.2	23.2
Departamental P-O	27.9	38.2	37.1	31.8	38.6	36.1	31.2	38.6	37.0
Diego Portales O-P	83.4	31.8	16.8	65.5	33.4	19.6	64.9	33.4	21.5
Diego Portales P-O	46.3	31.1	23.7	65.5	32.6	15.4	75.5	32.6	15.1
Grecia O-P	98.9	41.4	20.3	99.5	41.4	19.7	102.0	41.4	19.0
Grecia P-O	40.0	39.8	37.6	40.7	39.7	37.5	37.2	39.7	38.4
La Florida N-S	27.2	41.5	41.0	37.5	41.4	38.6	35.1	41.4	38.9
La Florida S-N	95.0	42.0	27.1	81.5	41.9	28.7	82.3	41.9	28.4
Padre Hurtado N-S	34.3	37.3	33.3	34.0	37.4	34.0	33.9	37.4	34.1
Padre Hurtado S-N	117.5	37.1	14.9	109.9	37.1	17.0	112.1	37.1	15.8
Quilin O-P	70.9	34.4	21.8	73.0	34.4	19.5	77.4	34.4	18.8
Quilin P-O	18.6	35.0	33.5	10.5	35.0	34.6	13.1	35.0	34.0
Tobalaba N-S	31.9	36.7	35.8	37.2	36.7	34.4	35.5	36.7	35.3
Tobalaba S-N	115.5	37.0	13.9	105.6	36.9	17.4	105.3	36.9	17.7
Vicuña Mackenna N-S	43.6	38.6	34.2	46.3	38.6	34.6	44.8	38.6	34.3
Vicuña Mackenna S-N	74.5	38.3	23.0	70.3	38.3	24.6	71.1	38.3	24.2
Walker Martínez O-P	74.2	33.6	21.6	67.2	33.6	23.2	67.6	33.6	23.1
Walker Martínez P-O	24.5	34.5	32.8	21.7	34.5	33.1	23.2	34.5	32.9

Sin embargo, al considerar todas las vías de la red Pie Andino (incluidos los proyectos de la alternativa), se advierten importantes mejorías a nivel global. En las Tabla VIII.9 y VIII.10 se presentan los indicadores a nivel comunal, para las situaciones base y alternativa 1 respectivamente, y en la Tabla VIII.11 se indican las variaciones estimadas. Se observan notables mejorías en la velocidad de operación, ya que en la comuna de Vitacura se aumenta la velocidad de operación en 7.6 km/hr, mientras que en Puente Alto dicho aumento corresponde a 5 km/hr. Por otro lado Lo Barnechea presenta una disminución de 13.23 % en grado de saturación, mientras que en La Florida y La Reina esta mejoría bordea el 4%.

Interesante es notar que a nivel global de la red, se produce un aumento de la velocidad de 1.42 km/hr, lo que en cifras de ahorro para los usuarios significa una importante cantidad, como se verifica posteriormente en la evaluación económica.

**Tabla VIII.9**  
**Indicadores de Gestión, a Nivel Comunal**  
**Situación Base, 2012, Punta Mañana**

Comuna/Sector	Longitud (kms)	V Flujo Libre (km/hr)	V Operación (Km/hr)	Grado Sat. (%)
La Florida	245.88	38.19	25.87	62.88
La Reina	117.14	32.51	26.13	47.28
Las Condes	281.46	35.35	23.47	66.22
Lo Barnechea	107.03	32.67	23.41	67.53
Peñalolen	144.38	37.64	26.93	54.42
Puente Alto	278.42	33.71	28.32	49.82
Vitacura	137.78	47.98	28.14	64.00
Resto de Stgo	3606.00	50.99	44.81	43.18
<b>Todo Santiago</b>	<b>4918.00</b>	<b>47.06</b>	<b>40.04</b>	<b>47.61</b>

**Tabla VIII.10**  
**Indicadores de Gestión, a Nivel Comunal**  
**Alternativa 1, 2012, Punta Mañana**

Comuna/Sector	Longitud (kms)	V Flujo Libre (km/hr)	V Operación (Km/hr)	Grado Sat. (%)
La Florida	283.68	40.17	30.29	58.76
La Reina	125.42	37.03	28.78	52.01
Las Condes	324.64	38.39	27.34	62.41
Lo Barnechea	123.79	35.67	27.71	54.30
Peñalolen	158.52	41.70	30.08	53.60
Puente Alto	317.34	39.27	33.32	47.14
Vitacura	137.78	47.99	35.78	64.11
Resto de Stgo	3632.71	51.32	45.93	42.29
<b>Todo Santiago</b>	<b>5103.84</b>	<b>48.00</b>	<b>41.46</b>	<b>46.31</b>

**Tabla VIII.11**  
**Comparación Indicadores de Gestión, a Nivel Comunal**  
**Sit Base - Alternativa 1, 2012, Punta Mañana**

Comuna/Sector	Longitud (kms)	V Flujo Libre (km/hr)	V Operación (Km/hr)	Grado Sat. (%)
La Florida	37.80	1.98	4.42	-4.12
La Reina	8.28	4.52	2.65	4.73
Las Condes	43.18	3.04	3.87	-3.81
Lo Barnechea	16.76	3.00	4.30	-13.23
Peñalolen	14.14	4.06	3.15	-0.82
Puente Alto	38.92	5.56	5.00	-2.68
Vitacura	0.00	0.01	7.64	0.11
Resto de Stgo	26.71	0.33	1.12	-0.89
<b>Todo Santiago</b>	<b>185.84</b>	<b>0.94</b>	<b>1.42</b>	<b>-1.30</b>

#### d) Alternativa 2

En la Figura VIII.7 se presenta un esquema de la red con los flujos asignados, para el modo autochofer, en el corte temporal 2012. Se puede observar un comportamiento similar al presentado por la Alternativa 1, vale decir, las mayores cargas se producen en el tramo Av La Florida-Av Las Condes, con flujos que varían entre los 300 y los 6500 veh/hr en el sentido Sur-Norte. El flujo máxima por arco es de 6600 veh/hr y se produce entre Valenzuela Puelma y San Carlos de Apoquindo. En sentido Norte-Sur, tramo Los Trapenses –Av Las Condes, se observa un esquema de flujos muy similar al estimado para la Alternativa1, con valores que bordean los 2000 veh/hr, debido principalmente a la descarga vehicular desde la Comuna Lo Barnechea hacia Av Las Condes y Costanera Norte – Kennedy. Por otro lado, el tramo Av La Florida - Autopista Norte-Sur, por donde circulan flujos desde Puente Alto hacia el centro utilizando las Autopistas Acceso Sur y Norte – Sur, tiene una asignación vehicular que alcanza los 3000 veh/hr en sentido Oriente-Poniente.

En la Tabla VIII.8 se observa que en general la implementación de la Alternativa 2, al igual que en el caso de la Alternativa 1, no produce grandes impactos en la operación de los ejes estructurantes del resto de la vialidad de Pie Andino, siendo estas variaciones marginales..

Por otro lado, al considerar todas las vías de la red Pie Andino (incluidos los proyectos de la alternativa), se advierten importantes mejorías a nivel global. En la Tabla VIII.12 se presentan los indicadores a nivel comunal para Alternativa 2, y en la Tabla VIII.13 se indican las variaciones estimadas, con respecto a la Situación Base. Las comunas más beneficiadas con la implementación del Plan son Vitacura con un aumento de 8 km/hr, Puente Alto con 4.2 km/hr y Las Condes con 3.1 km/hr. Por otro lado Lo Barnechea presenta una fuerte disminución en los grados de saturación (27%), lo que se explica principalmente por la implementación del proyecto Conexión Lo Barnechea – Vitacura.

A nivel global de la red, se produce un aumento de la velocidad de prácticamente 1.00 km/hr, lo que en cifras de ahorro para los usuarios significa una importante cantidad, aun cuando esta disminución esta por debajo de lo observado para la Alternativa 1.

**Tabla VIII.12**  
**Indicadores de Gestión, a Nivel Comunal**  
**Alternativa 2, 2012, Punta Mañana**

Comuna/Sector	Longitud (kms)	V Flujo Libre (km/hr)	V Operación (Km/hr)	Grado Sat. (%)
La Florida	265.96	39.00	28.10	58.68
La Reina	121.54	34.32	24.95	50.77
Las Condes	320.20	37.19	26.54	60.35
Lo Barnechea	143.57	39.02	25.85	40.44
Peñalolen	148.80	38.55	27.61	54.79
Puente Alto	308.50	38.57	32.55	46.19
Vitacura	137.78	47.99	36.21	63.91
Resto de Stgo	3616.91	51.31	45.79	42.58
<b>Todo Santiago</b>	<b>5063.22</b>	<b>47.69</b>	<b>40.98</b>	<b>46.01</b>

**Tabla VIII.13**  
**Comparación Indicadores de Gestión, a Nivel Comunal**  
**Sit Base - Alternativa 2, 2012, Punta Mañana**

Comuna/Sector	Longitud (kms)	V Flujo Libre (km/hr)	V Operación (Km/hr)	Grado Sat. (%)
La Florida	20.08	0.81	2.23	-4.20
La Reina	4.40	1.81	-1.18	3.49
Las Condes	38.74	1.84	3.07	-5.87
Lo Barnechea	36.54	6.35	2.44	-27.09
Peñalolen	4.42	0.91	0.68	0.37
Puente Alto	30.08	4.86	4.23	-3.63
Vitacura	0.00	0.01	8.07	-0.09
Resto de Stgo	10.91	0.32	0.98	-0.60
<b>Todo Santiago</b>	<b>145.22</b>	<b>0.63</b>	<b>0.94</b>	<b>-1.60</b>

### VIII.3.1 Emisión de contaminantes

Otro indicador de impacto lo constituye las variaciones que se producen en las emisiones de contaminantes bajo el caso de operación de los proyectos analizados. En el presente estudio se realizó una estimación de las emisiones utilizando el modelo MEEV para cada una de las alternativas estudiadas y comparándolas posteriormente con los valores obtenidos en la situación base.

Se presentan en la siguiente tabla las estimaciones de emisiones totales de contaminantes en caliente por hora punta para las alternativas 1 y 2, en el anexo N°4 se presentan los valores desagregados por categoría vehicular y se incorporan los resultados para el periodo fuera de punta.

**Tabla VIII.14**  
**Estimación Emisiones, Punta Mañana (kg/hr)**

Emisiones	CH4	CO	CO2	COV	PM10	COV evap.	N2O	NH3	NOx	SO2
<b>Corte temporal 2007</b>										
Situación Base	256	21235	1425820	2228	224	55	147	228	6942	270
Alternativa 1	251	21371	1418961	2204	225	58	151	233	7042	269
Alternativa 2	252	21420	1420268	2215	225	58	150	233	7019	269
<b>Corte temporal 2012</b>										
Situación Base	265	13751	1627776	1590	188	32	185	292	6114	308
Alternativa 1	264	13652	1634570	1573	191	34	194	307	6292	310
Alternativa 2	266	13753	1635905	1581	190	34	193	305	6275	310

Fuente: elaboración Propia.

En la tabla anterior se puede observar que no hay variaciones importantes a nivel de toda la ciudad en las emisiones de contaminantes al comparar la situación base con las alternativas propuestas, incluso en algunos casos existe un pequeño aumento de las emisiones producido seguramente por un aumento en las distancias recorridas. El contaminante que aumenta en mayor porcentaje respecto a la situación base es el de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles con un % de aumento. Este aumento se ve anulado gracias a la disminución de las emisiones de COV directos, con esto se logra una disminución global aproximada de las emisiones en caliente de los COV de un 1% para la primera alternativa estudiada.

La tabla VIII.15 presenta las variaciones porcentuales comunales para las dos alternativas con respecto a la situación base.

**Tabla VIII.15**  
**Variación porcentual emisiones respecto a situación base ,**  
**Punta Mañana, Corte temporal 2012**

	CH4	CO	CO2	COV	PM10	eer	N2O	NH3	Nox	SO2
<b>Alternativa 1</b>										
La Florida	1%	-7%	-1%	-5%	4%	21%	18%	18%	7%	-1%
La Reina	20%	21%	18%	17%	14%	60%	30%	32%	19%	18%
Las Condes	5%	4%	5%	5%	11%	38%	13%	13%	11%	5%
Lo Barnechea	-1%	-16%	-7%	-12%	-2%	15%	9%	9%	7%	-7%
Peñalolen	9%	10%	9%	8%	8%	32%	18%	19%	10%	9%
Puente Alto	12%	11%	16%	2%	9%	44%	41%	40%	24%	16%
Vitacura	-6%	-5%	-3%	-4%	-1%	0%	0%	0%	-1%	-3%
Resto Santiago	-2%	-2%	-1%	-2%	0%	0%	0%	0%	0%	-1%
Santiago	0%	-1%	1%	-1%	1%	7%	5%	5%	3%	1%
<b>Alternativa 2</b>										
La Florida	2%	-7%	-1%	-6%	1%	14%	12%	12%	4%	-1%
La Reina	20%	23%	17%	17%	11%	43%	23%	24%	15%	17%
Las Condes	3%	3%	2%	2%	2%	30%	8%	9%	6%	2%
Lo Barnechea	-8%	-30%	-14%	-23%	1%	47%	30%	30%	16%	-14%
Peñalolen	11%	18%	12%	12%	7%	21%	12%	13%	8%	12%
Puente Alto	6%	7%	9%	-3%	-3%	37%	33%	33%	13%	9%
Vitacura	-6%	-5%	-4%	-5%	-4%	-3%	-2%	-3%	-1%	-4%
Resto Santiago	-1%	0%	0%	-1%	0%	2%	1%	0%	1%	0%
Santiago	1%	0%	1%	-1%	0%	7%	4%	5%	2%	1%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior es posible apreciar fuertes variaciones en las emisiones comunales, incluso algunas comunas presentan reducciones de las emisiones de algunos contaminantes y aumentos para otros contaminantes al implementar las alternativas. Las variaciones presentes en cada comuna pueden ser explicadas por las diferencias existentes entre cada tipo de emisión, hay algunas que dependen en mayor medida de la velocidad de circulación, otras de la distancia recorrida o del tipo de vehículo.

Al aplicar las alternativas se puede ver un aumento en todos los contaminantes en aquellas comunas de paso de ellas como en la Reina, Las Condes y Peñalolen. Por otro lado la única comuna en que las emisiones disminuyen es en Vitacura, que es una comuna por la que no pasa ninguna de las alternativas modeladas. Por esto, parte del flujo asignado a esta comuna se reasigna por otras rutas, reduciéndose así la congestión.

El resto de Santiago también muestra pequeñas reducciones en las emisiones de contaminantes debido a la transferencia de viajes hacia la zona de Pie Andino debido a la nueva vialidad existente en el sector.

La comuna de Lo Barnechea en la alternativa 2 es la que presenta una mayor variabilidad entre los contaminantes considerados por el modelo MEEV, debido principalmente a la presencia de la conexión vial Lo Barnechea-Vitacura que permite reducir la congestión, pero a su vez aumenta los flujos que pasan por la comuna.

La estimación de emisiones permite identificar una fuerte externalidad negativa que presentan las alternativas estudiadas desde el punto de vista ambiental especialmente para las comunas en donde es emplazada cada alternativa. La variable medioambiental a sido tratada como indicador y no como parte de la evaluación económica, debido a que para esto se requiere un modelo de dispersión de contaminantes que permita calcular las concentraciones de ellos y sus efectos sobre la salud de las personas.

## ***VIII.4 Evaluación Económica.***

### ***VIII.4.1 Consumo de Recursos***

A partir de los resultados de las corridas de equilibrio y aplicando el modelo MEEV desarrollado en el presente estudio , se procedió a estimar los consumos de recursos en cada uno de los escenarios modelados.

Se calcularon los consumos de insumos y tiempo de los usuarios tanto para la situación base como para cada una de las dos alternativas estudiadas. Esta estimación se realizo para los dos cortes temporales considerados (2007 y 2012) y para los dos periodos considerados (periodo punta y fuera de punta).

Las cuatro tablas que se presentan a continuación presentan los consumos de los usuarios durante una hora modelada tanto para el periodo punta como no punta.

**Tabla VIII.16**  
**Consumos por hora punta, Año 2007**

	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>Lubricante</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	2715	2777	2765	5690640	5820592	5795440
Taxis	35	35	35	73360	73360	73360
Buses	2757	2792	2776	3641997	3688232	3667096
<b>Repuestos</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	9201	8951	8994	71721795	69773045	70108230
Taxis	177	173	174	1379715	1348535	1356330
Buses	327	327	327	28332588	28332588	28332588
<b>Mano Obra</b>	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	11173	10871	10923	50345538	48984726	49219038
Mano Obra Taxis	341	335	336	1536546	1509510	1514016
Mano Obra Buses	3534	3540	3535	15924204	15951240	15928710
<b>Neumáticos</b>	[miles un]	[miles un]	[miles un]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	881	901	897	21557189	22046569	21948693
Taxis	6	6	6	146814	146814	146814
Buses	81	82	82	11546145	11688690	11688690
<b>Combustible</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	398081	396896	396498	76511168	76283411	76206916
Taxis	6893	6797	6817	1324835	1306383	1310227
Buses	158210	159747	159068	28145559	28418991	28298197
<b>Consumo Tiempo</b>	[miles hr]	[miles hr]	[miles hr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Auto Chofer	192742	183832	185424	143785532	137138672	138326304
Auto Acompañante	125973	120381	120865	93975858	89804226	90165290
Caminata	48226	48056	48056	35976596	35849776	35849776
Taxi	2281	2179	2189	1701626	1625534	1632994
Bus	521620	507382	512594	389129000	378507000	382395000
Bus-Metro	21046	20409	20457	15700316	15225114	15260922
TaxiColectivo	18003	16624	16624	13430238	12401504	12401504
Taxi-Metro	7818	7242	7242	5832228	5402532	5402532
Metro	33684	31505	31505	25128264	23502730	23502730
Auto Chofer-Metro	2451	2361	2361	1828446	1761306	1761306
Auto Acomp-Metro	9695	9367	9367	7232470	6987782	6987782
<b>Flota Requerida</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Buses	17199	17088	17127	149019016	148057267	148395179
Colectivos	3424	3424	3424	2669008	2669008	2669008

Fuente: elaboración Propia

**Tabla VIII.17**  
**Consumos por hora fuera punta, Año 2007**

	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>Lubricante</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	695	667	667	1456068	1397078	1397085
Taxis	35	35	35	73360	73360	73360
Buses	2757	2792	2776	3641997	3688232	3667096
<b>Repuestos</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	1512	1463	1462	11787321	11401634	11396232
Taxis	134	135	135	1044315	1049712	1049815
Buses	249	252	251	21559200	21870770	21787926
<b>Mano Obra</b>	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	1836	1777	1776	8273164	8006499	8001142
Mano Obra Taxis	259	260	260	1166718	1173080	1173141
Mano Obra Buses	2685	2727	2718	12096394	12288395	12248213
<b>Neumáticos</b>	[miles un]	[miles un]	[miles un]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	225	216	216	5510860	5284052	5293858
Taxis	6	6	6	146814	146814	146814
Buses	81	82	82	11546145	11688690	11688690
<b>Combustible</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	84487	81349	81073	16238385	15635271	15582160
Taxis	5671	5668	5675	1089883	1089340	1090698
Buses	138597	140502	139855	24656387	24995256	24880206
<b>Consumo Tiempo</b>	[miles hr]	[miles hr]	[miles hr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Auto Chofer	22681	23151	23280	16919756	17270337	17367207
Auto Acompañante	8416	8798	8867	6278370	6563601	6614991
Caminata	11253	11137	11137	8394847	8308315	8308315
Taxi	806	810	813	601459	604055	606163
Bus	119663	120650	121217	89268147	90005092	90427237
Bus-Metro	1624	1614	1631	1211620	1203814	1216726
TaxiColectivo	4814	4793	4793	3591393	3575558	3575558
Taxi-Metro	553	590	590	412790	440157	440157
Metro	15852	15792	15792	11825424	11780663	11780663
Auto Chofer-Metro	151	151	151	112659	112745	112745
Auto Acomp-Metro	12	13	13	9303	9387	9387
<b>Flota Requerida</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Buses	10768	10981	10953	93299408	95140805	94897345
Colectivos	3424	3424	3424	2669008	2669008	2669008

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla VIII.18**  
**Consumos por hora punta, Año 2012**

	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>Lubricante</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	3279	3433	3414	6872784	7195568	7155744
Taxis	35	35	35	73360	73360	73360
Buses	2822	2865	2849	3727862	3784665	3763529
<b>Repuestos</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	11500	11260	11301	89642500	87771700	88091295
Taxis	181	176	177	1410895	1371920	1379715
Buses	343	342	342	29718892	29632248	29632248
<b>Mano Obra</b>	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	13966	13674	13724	62930796	61615044	61840344
Mano Obra Taxis	349	341	342	1572594	1536546	1541052
Mano Obra Buses	3715	3706	3696	16739790	16699236	16654176
<b>Neumáticos</b>	[miles un]	[miles un]	[miles un]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	1064	1114	1107	26035016	27258466	27087183
Taxis	6	6	6	146814	146814	146814
Buses	83	84	84	11831235	11973780	11973780
<b>Combustible</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	487925	493660	494171	93779185	94881452	94979666
Taxis	7071	6964	6977	1359046	1338481	1340979
Buses	165711	167182	166420	29479987	29741678	29606118
<b>Consumo Tiempo</b>	[miles hr]	[miles hr]	[miles hr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Auto Chofer	246334	230479	230788	183765164	171937334	172167848
Auto Acompañante	162360	149847	149158	121120560	111785862	111271868
Caminata	50591	50325	50325	37740886	37542450	37542450
Taxi	3279	3092	3090	2446134	2306632	2305140
Bus	571878	550208	554891	426621000	410455000	413949000
Bus-Metro	22275	21665	21636	16617150	16162090	16140456
TaxiColectivo	22572	20422	20422	16838712	15234812	15234812
Taxi-Metro	10639	8911	8911	7936694	6647606	6647606
Metro	41228	38506	38506	30756088	28725476	28725476
Auto Chofer-Metro	2824	2687	2687	2106704	2004502	2004502
Auto Acomp-Metro	11661	11166	11166	8699106	8329836	8329836
<b>Flota Requerida</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Buses	16619	16326	16338	143993664	141454994	141558967
Colectivos	3424	3424	3424	2669008	2669008	2669008

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla VIII.19**  
**Consumos por hora fuera punta, Año 2012**

	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Sit. Base	Alternativa 1	Alternativa 2
<b>Lubricante</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	839	824	823	1758544	1727104	1725008
Taxis	35	35	35	73360	73360	73360
Buses	2822	2865	2849	3727862	3784665	3763529
<b>Repuestos</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	1890	1840	1837	14732550	14342800	14319415
Taxis	137	137	137	1067915	1067915	1067915
Buses	261	264	263	22614084	22874016	22787372
<b>Mano Obra</b>	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles hrs]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	2295	2235	2231	10341270	10070910	10052886
Mano Obra Taxis	265	265	265	1194090	1194090	1194090
Mano Obra Buses	2822	2855	2842	12715932	12864630	12806052
<b>Neumáticos</b>	[miles un]	[miles un]	[miles un]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	272	267	267	6655568	6533223	6533223
Taxis	6	6	6	146814	146814	146814
Buses	83	84	84	11831235	11973780	11973780
<b>Combustible</b>	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles ltr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Autos	103555	101182	101044	19903271	19447180	19420657
Taxis	5817	5807	5808	1118027	1116105	1116298
Buses	145168	147041	146319	25825387	26158594	26030150
<b>Consumo Tiempo</b>	[miles hr]	[miles hr]	[miles hr]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Auto Chofer	28987	29025	28976	21624302	21652650	21616096
Auto Acompañante	10847	10952	10943	8091862	8170192	8163478
Caminata	11805	11663	11663	8806530	8700598	8700598
Taxi	1159	1149	1147	864614	857154	855662
Bus	131192	130834	131219	97869000	97602000	97889000
Bus-Metro	1719	1713	1725	1282374	1277898	1286850
TaxiColectivo	6036	5888	5888	4502856	4392448	4392448
Taxi-Metro	753	726	726	561738	541596	541596
Metro	19402	19301	19301	14473892	14398546	14398546
Auto Chofer-Metro	174	172	172	129804	128312	128312
Auto Acomp-Metro	15	15	15	11190	11190	11190
<b>Flota Requerida</b>	[veh]	[veh]	[veh]	[miles \$]	[miles \$]	[miles \$]
Buses	10405	10491	10448	90153082	90898220	90525651
Colectivos	3424	3424	3424	2669008	2669008	2669008

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla VIII.20 se presenta un resumen de los consumos de recursos. Se puede apreciar que la alternativa 1 propuesta presenta los mayores ahorros de tiempo y de recursos para el periodo punta, asimismo se puede observar que los ahorros conseguidos durante el periodo fuera de punta son bastante bajos o incluso negativos. Lo anterior se debe a los bajos índices de congestión que presenta la modelación de la red fuera de punta, con una demanda horaria de autos cercana a la quinta parte de la demanda durante la hora peak. Sin embargo, la inclusión de los beneficios durante el fuera punta significan un factor de seguridad en la evaluación, aun cuando los resultados del equilibrio no sean necesariamente representativos de la realidad.

**Tabla VIII.20**  
**Consumo Anual total de recursos**

Periodo		2007 Base	2007 Alternat.1	2007 Alternat.2	2012 Base	2012 Alternat.1	2012 Alternat.2
Punta	Miles \$	1.051.599	1.023.579	1.029.280	1.229.969	1.186.153	1.189.585
Fuera Punta	Miles \$	258.913	259.662	259.936	291.924	291.108	290.994
<b>Consumo Anual Millones \$</b>		<b>1.632.201</b>	<b>1.604.619</b>	<b>1.611.118</b>	<b>1.886.370</b>	<b>1.839.103</b>	<b>1.842.437</b>
Punta	UF	62.970	61.292	61.634	73.651	71.027	71.233
Fuera Punta	UF	15.504	15.549	15.565	17.480	17.432	17.425
<b>Consumo Anual UF</b>		<b>97.736.598</b>	<b>96.084.957</b>	<b>96.474.115</b>	<b>112.956.274</b>	<b>110.125.917</b>	<b>110.325.544</b>

Fuente: Elaboración Propia.

#### **VIII.4.2 Indicadores Económicos**

Para la realización del cálculo del valor actualizado neto (VAN) se considero un horizonte del proyecto de 25 años, después de este periodo se considera la existencia de un valor residual equivalente a las expropiaciones realizadas. Adicionalmente se considero un aumento de los beneficios de los proyectos de un 3% anual a partir del ultimo corte temporal considerado. Los factores de expansión considerados son:

- Factor Hora Punta – Día: 4 Horas
- Factor Hora Fuera Punta – Día: 8 Horas
- Factor Día – Año: 260 Días

La tabla VIII.21 muestra los beneficios anuales de las dos alternativas. Se considera la construcción del proyecto el año 2004 y su inicio en funcionamiento el año siguiente. El año 25 de funcionamiento del proyecto se suma a los beneficios el valor residual del proyecto.

**Tabla VIII.21**  
**Ahorro anual con respecto a la situación base.**

	Año	Ahorro		Ahorro Actualizado	
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
		UF/año	UF/año	UF/año	UF/año
0	2004	-20.173.234	-15.458.078	-20.173.234	-15.458.078
1	2005	1.556.831	1.190.012	1.415.301	1.081.829
2	2006	1.603.536	1.225.712	1.325.236	1.012.985
3	2007	1.651.642	1.262.484	1.240.903	948.523
4	2008	1.887.385	1.536.133	1.289.109	1.049.199
5	2009	2.123.128	1.809.782	1.318.295	1.123.732
6	2010	2.358.871	2.083.431	1.331.521	1.176.043
7	2011	2.594.614	2.357.081	1.331.447	1.209.555
8	2012	2.830.357	2.630.730	1.320.382	1.227.255
9	2013	2.915.267	2.709.652	1.236.358	1.149.157
10	2014	3.002.725	2.790.941	1.157.681	1.076.029
11	2015	3.092.807	2.874.669	1.084.010	1.007.554
12	2016	3.185.591	2.960.910	1.015.028	943.437
13	2017	3.281.159	3.049.737	950.435	883.400
14	2018	3.379.594	3.141.229	889.953	827.184
15	2019	3.480.982	3.235.466	833.319	774.545
16	2020	3.585.411	3.332.530	780.290	725.256
17	2021	3.692.974	3.432.506	730.635	679.103
18	2022	3.803.763	3.535.481	684.140	635.887
19	2023	3.917.876	3.641.545	640.604	595.422
20	2024	4.035.412	3.750.792	599.838	557.531
21	2025	4.156.474	3.863.315	561.667	522.052
22	2026	4.281.169	3.979.215	525.924	488.831
23	2027	4.409.604	4.098.591	492.456	457.723
24	2028	4.541.892	4.221.549	461.118	428.595
25	2029	15.546.355	11.556.339	1.434.866	1.066.604

Fuente: Elaboración propia.

La tabla VIII.22 presenta los principales indicadores económicos para las dos alternativas estudiadas.

**Tabla VIII.22**  
**Ahorro anual con respecto a la situación base.**

Indicador		Alternativa 1	Alternativa 2
VAN	UF	4.477.284	6.189.352
VAN	US\$	105,310,758	145,580,527
Beneficio / Costo		1,22	1,40
TIR		12,07 %	13,55 %

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que las dos alternativas estudiadas son rentables socialmente. Pese a que la Alternativa 1 es la que genera los mayores ahorros presenta un VAN menor que la alternativa 2 debido a que la alternativa 1 requiere de una mayor inversión en obras y expropiaciones.

#### VIII.4.3 Análisis de sensibilidad.

Se consideraron diversos escenarios para probar su efecto sobre los indicadores económicos. En este sentido las variaciones realizadas fueron un aumento en el monto de la inversión de un 10% y de un 20%, una disminución de los beneficios anuales de un 10% y de un 20% y finalmente una disminución de la duración del proyecto a 20 años. La siguiente tabla presenta los valores obtenidos en cada uno de estos escenarios.

**Tabla VIII.23**  
**Análisis de Sensibilidad**

Escenario	Escenario 1			Escenario 2		
	Van (UF)	Benef/Costo	TIR	Van (UF)	Benef/Costo	TIR
Disminución beneficios 10%	2.112.541	1,10	11,00	4.091.137	1,26	12,40
Disminución beneficios 20%	-252.201	0,99	9,88	1.992.922	1,13	11,20
Aumento de la inversión 10%	2.459.960	1,11	11,07	4.643.544	1,27	12,48
Aumento de la inversión 20%	442.637	1,02	10,18	3.097.736	1,17	11,55
Duración Proyecto 20 años	2.616.741	1,13	11,40	4.296.992	1,28	12,85

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se puede ver que el único caso que no supera el análisis de sensibilidad realizado es una disminución de un 20% de los beneficios anuales del escenario 1. Para todos los otros casos estudiados los proyectos continúan siendo socialmente rentables.

## VIII.5 Conclusiones

En este acápite final se presenta un resumen de las tareas realizadas en el estudio, y las principales conclusiones acerca de las metodologías y resultados obtenidos.

### 1) Desarrollos realizados:

En el presente estudio se generaron importantes avances de tipo metodológico, producto de lo cual se han obtenido una serie de herramientas que sirven de apoyo para la modelación de transporte con el modelo Stgo-EMME/2, y para la evaluación de modelos estratégicos en general.

- a) **Modelo de Emisiones:** Se desarrolló e implementó computacionalmente un modelo para estimar emisiones de contaminantes a nivel vehicular (MEEV), el que considera como principal entrada de datos los resultados de una corrida de equilibrio de redes de transporte. El modelo se ha fundamentado en la metodología aplicada en el modelo MODEM, el cual fue calibrado por el Dpto de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile. La tarea desarrollada en el presente estudio consistió fundamentalmente en realizar una adaptación del modelo en plataforma EMME/2. En este sentido, MEEV posee las mismas características básicas de su fuente (MODEM), pero con un valor agregado: permite distribuir las emisiones por partidas en frío en forma espacial, a través de la red de modelación. Esto es un parámetro importante, ya que las emisiones son mayores al inicio del funcionamiento del motor.
- b) **Modelo de Transporte para Camiones:** Se desarrollaron modelos de Generación y Atracción de carga, desagregados por tipo de producto, basándose en los resultados del estudio "Análisis del Transporte de Carga Urbana en Santiago", y en la recopilación y análisis de una serie de datos a nivel comunal obtenidos para cada producto analizado: *Construcción, Productos Alimenticios, Residuos Sólidos, Productos Industriales y Otros*. Los modelos obtenidos entregan resultados a nivel vehicular. Se calibraron además, modelos de distribución de viajes por tipo de vehículos (camión simple y pesado) y se construyeron redes de asignación con una zonificación a nivel comunal, y una topología adoptada a partir de una sub-red perteneciente a la red estratégica de Santiago. El modelo permite estimar los incrementos en la generación de viajes de camiones, en función de los crecimientos obtenidos para cada comuna a partir de los escenarios de uso de suelo proyectados. Esto permite además, determinar los flujos asignados de dichos vehículos en la red de vías principales.
- c) **Implementación Modelo Fuera Punta:** Dado que uno de los objetivos del presente estudio es desarrollar una herramienta de evaluación de proyectos estratégicos para la Región Metropolitana, se decidió implementar el modelo de equilibrio para el Período Fuera Punta. Para esto, se recurrió a la información de las corridas Etraus realizadas para la evaluación del tramo poniente de la Autopista Américo Vespucio, estudio desarrollado por el Dpto de Concesiones del MOP. A partir de estos parámetros, se implementó una versión Fuera Punta del modelo Stgo-EMME/2, la que fue contrastada y validada con respecto a los resultados de las corridas Etraus que se registran en el estudio mencionado.
- d) **Red Estratégica para las comunas Pie Andino:** Se incorporó a la red de modelación estratégica Stgo-EMME/2 el sector oriente de las comunas del Pie Andino, lográndose así una mayor representatividad tanto en la red de transporte privado, como en la cobertura de las líneas de transporte público. Se realizó además una re zonificación del sector, con el fin

de obtener una desagregación adecuada a nivel zonal del sector bajo estudio, principalmente en el borde oriente del Pie Andino. Este trabajo otorga una mayor validez a los posteriores análisis de los planes de proyectos para el sector, y de la evaluación económica de los mismos.

- e) Modelo de Evaluación Económica: Finalmente, se implementó un modelo de evaluación económica que incorpora todos los ítemes que usualmente se consideran relevantes para una evaluación de tipo estratégico, vale decir, tiempo de viaje, consumo de recursos operativos (Lubricante, Repuestos, Mano de Obra, Neumáticos y Combustible), Flota de transporte Público, Deterioro de Pavimento y Valor Residual de la Inversión.

## 2) Estudio de Análisis Urbano: Actualización de Hogares y Actividades Productivas a partir del Censo 2002

El estudio de Diagnóstico Urbano y de proyección de uso de suelos fue realizado acudiendo a tres fuentes de información: los resultados del estudio Sur Poniente, el Censo INE 2002 y los catastros de usos de suelo y estudios de tendencias .

El Censo 2002 permitió actualizar el stock real de viviendas y habitantes de las comunas que conforman el área de estudio, analizando su evolución desde 1992 a la fecha. Adicionalmente estos resultados sirvieron para determinar un factor de reposición de stock, que internaliza el desplazamiento de los hogares hacia o desde el Corredor Pié Andino. Este ejercicio fue necesario ya que el censo muestra un importante contraste entre zonas que incrementan su crecimiento demográfico y áreas pierden población y actividades económicas durante la última década.

Además, en base a los catastros de usos de suelos, se aplicó un ajuste a las estimaciones de uso de suelo no residenciales y a los proyectos de inversión que condicionarán las tendencias de desarrollo residencial y especialmente la segmentación socioeconómica de la demanda. Desde esta perspectiva se parte de la hipótesis que la oferta inmobiliaria segmentada por precios y abarcando el 70% del suelo urbano disponible en el Gran Santiago (con proyectos y terrenos), definirá en gran medida la localización de nuevos hogares de acuerdo a su atractivo de mercado. Esta situación genera efectos de concentración o expulsión de hogares ,de acuerdo a la capacidad de pago de los usuarios, criterio utilizado en el estudio Sur Poniente para estimar la localización de las viviendas sociales.

La actualización de los resultados del Sur Poniente también obligó a redefinir el esquema de zonificación presentado en el Diagnóstico. Junto con ampliar el área de estudio se requería aumentar el nivel de desagregación en las comunas centrales, a fin de analizar los efectos diferenciados del despoblamiento y la reposición de stock. Producto de lo anterior, en los usos residenciales los incrementos de demanda, separados por segmentos socioeconómicos, se complementan con las viviendas transformadas a comercio o servicios debido a su atractivo de localización o aquellas demolidas por efecto del deterioro urbano.

La suma de estos dos indicadores (demanda y transformación – demolición) permitió estimar con mayor precisión el stock total de viviendas a 2007 y 2012, sirviendo además, para estimar los sectores donde se incrementará la demanda y construcción de m<sup>2</sup> de comercio o servicios. En este contexto se configura un escenario donde el Corredor Pie Andino asume un rol protagónico en la concentración de actividades terciarias actuando como un nuevo centro metropolitano, apoyado por cuatro subcentros intercomunales que se distribuyen desde Lo Barnechea hasta Puente Alto.

### 3) Estudio de Análisis Urbano: Proyección de Uso de Suelos.

Los resultados de la proyección de escenarios de desarrollo muestran la consolidación del modelo actual de crecimiento expansivo de Santiago. Bajo este contexto el Territorio Sur Poniente sube su participación sobre el total edificado del área metropolitana de un 8% a un 14%, lo que representa un incremento de casi 44.000 viviendas con respecto al período 1992 – 2002. De igual forma Chacabuco triplica su participación subiendo de 3% a 9%, con un incremento aproximado de 37.000 unidades.

Como contrapartida los territorios Gran Santiago y Pie Andino, disminuyen su participación sobre el total edificado, bajando de 54% a 47% y de 35% a 31% respectivamente. En el caso del Gran Santiago sin Pie Andino, la pérdida se concentra en comunas del área pericentral como Macul, Independencia e inclusive Ñuñoa y Providencia. La única excepción se da en Santiago Centro que aumenta su participación de 4.8% a 5.3% incorporando nuevos distritos a la dinámica de reemplazamiento.

Curiosamente las pérdidas mayores se producen en comunas periféricas del Poniente, quizás por el alto crecimiento que tuvieron en la década pasada. En Maipú, que baja de 14.8% a 9%, influye la escasez de suelos y el incremento en los precios de los terrenos y de forma importante la apertura de nuevos territorios competitivos para el mercado de viviendas sociales en las comunas vecinas de Padre Hurtado, Talagante o Peñaflores.

Es que en la práctica gran parte del fenómeno de expansión, se explica por el desplazamiento de estos hogares hacia los nuevos territorios urbanos debido a las ventajas que presentan en términos de precio de suelo. De esta forma la pérdida de viviendas sociales ocurrida en Gran Santiago y Pie Andino, se compensa con la ocupación de nuevas zonas en Chacabuco y Sur Poniente, concentrando el 58% de la demanda de este producto a 2012 en más de 52.000 unidades.

Quizás por lo anterior, el único efecto relevante para Pie Andino se produce por la expulsión de las viviendas sociales que se localizaban en La Florida o Puente Alto y por la competitividad que generan algunas ZODUC de Colina, sobre Las Condes, Peñalolén o Lo Barnechea.

Pese a esto, entre 2002 y 2012 el Corredor Pie Andino sigue concentrando un tercio de la demanda de nuevas viviendas del área metropolitana, con 180.587 nuevas viviendas superando el crecimiento del período 1992 y 2002 en 20.000 unidades. Un 45% de este total se localiza en las zonas de expansión de Puente Alto, que se mantiene como la comuna de mayor concentración inmobiliaria del área metropolitana, igual que en el período 1992 - 2002.

Asimismo el Corredor Pie Andino se consolida como el principal receptor de nuevos hogares de estratos altos con un 69% de la demanda metropolitana ABC1. En este mismo segmento las 30 comunas restantes del Gran Santiago captan sólo un 18%, Chacabuco un 11% y Sur Poniente el 2% restante.

Junto con concentrar los residentes históricos de altos ingresos, se observa una tendencia relevante a reconvertir socioeconómicamente zonas que históricamente presentaban ingresos bajos. Esto se puede apreciar en la demanda ABC1 proyectada para Peñalolén, que supera a Providencia o Ñuñoa con 6.461 unidades y en La Florida que capta un 1.2% del total metropolitano, casi equiparando a Ñuñoa. De igual forma se destaca el caso de Puente Alto que capta un 16% de la demanda de estratos medios con 27.961 unidades, superando a Maipú, Quilicura y Santiago Centro.

Junto con la reconversión se identifican tres tendencias de crecimiento relevantes para este territorio:

- a) La consolidación de zonas periféricas de alto dinamismo inmobiliario y demográfico, dada la alta oferta y reserva de proyectos de gran escala (ej. San Carlos de Apoquindo, La Dehesa y Peñalolen Alto).
- b) La generación de distritos especializados de servicios y comercios que cubren las demandas de consumo de los hogares actuales y los nuevos desarrollos inmobiliarios.
- c) La consolidación de un centro a escala metropolitana en Las Condes y Vitacura, con la mayor concentración de empleos terciarios de la ciudad en más de 3.000.000 de m<sup>2</sup> de oficinas y servicios.

Debido a estas razones, se prevé un aumento considerable en la generación de viajes, sobre todo por los nuevos hogares de ingresos altos y medios. A diferencia de zonas de expansión como Chacabuco, este crecimiento se acompaña por un desarrollo acelerado de polos de comercio y servicios que además de cubrir las demandas residenciales internas, aumentan la atracción de los distritos especializados y subcentros sobre el resto de Santiago. Esto último configura un escenario donde la autonomía de Pie Andino aumenta considerablemente.

#### 4) Viajes y su Distribución

Como resultado de la etapa de diagnóstico urbano, se obtuvo una base de datos actualizada del número de hogares por categoría y superficies de actividades productivas para cada zona del sector Pie Andino, además de una corrección del total de hogares por zona para el resto de Santiago, a partir de la información del Censo 2002. Con esta información, fue posible calcular los viajes generados y atraídos por zona para la denominada situación actual, aumentando la precisión de las estimaciones, con respecto a los antecedentes de los escenarios Etraus 1997 y 2005. Se debe notar que los escenarios Etraus subestiman los hogares de las comunas Puente Alto (25770 hogares, 17.9%), Las Condes (20160 hogares, 24.37%), y en menor medida La Reina, Vitacura y Lo Barnechea, sobreestimándose los hogares de La Florida (14760 hogares, 16.2%) y en menor medida Peñalolen. Estas diferencias aumentan notablemente a un nivel más desagregado, bajo una óptica de sub-zonas comunales, a nivel zonal, o segmentando por estrato social y propósito.

En la Situación Actual, la estimación de los viajes generados en una hora, Punta Mañana, son 469.050, lo que significa un 33% de los viajes de Santiago, siendo Puente Alto (133.215 Viajes), La Florida (103.311 viajes) y Las Condes (96.270) las comunas con mayores tasas. Por otro lado, la atracción de viajes en el sector alcanza la cifra de 358.350 viajes, lo que significa un 25% con respecto a todo el sistema, siendo la comuna más relevante Las Condes, con 109.680 viajes.

El crecimiento de viajes estimado para Santiago (Hora Punta) es de 340.000 viajes, y del Pie Andino en particular es de 176.000 viajes, siendo la comuna que más crece en valor absoluto Puente Alto, con 80.000 viajes, y porcentualmente Lo Barnechea, con un 79%.

Los resultados de las corridas con el modelo EMME/2-Stgo para los escenarios *Situación Actual*, *Base 2007* y *Base 2012* muestran una tendencia bastante definida para el eje Pie Andino: Un 25% de los viajes se realizan dentro de cada comuna, otro 25% corresponden a viajes entre comunas de Pie Andino, un 27% de los viajes se realizan hacia el centro de Santiago (Comunas de Santiago y Providencia), y un 23% de los viajes se realizan hacia el resto de zonas que conforman el área urbana de la Región Metropolitana. Estos resultados destacan el grado de autonomía del sector

(un 50% de los viajes se realizan dentro del Pie Andino), lo que refuerza la idea de generar proyectos de transporte para esta zona.

#### 5) Ejes cargados y conflictos

La fase de asignación del modelo de transporte EMME/2-Stgo muestra una gran problemática en los flujos en los sentidos Sur-Norte y Oriente-Poniente. En efecto, al revisar la simulación de la Situación Base, Corte 2012, Punta Mañana, se observa que vías como Américo Vespucio, Tobalaba, Padre Hurtado y La Florida presentan grados de saturación que sobrepasan con amplitud el 80% en gran parte de su eje. Por otro lado los accesos desde la franja oriente del Pie Andino (por ejemplo Departamental, Diego Portales, Av Grecia, Walker Martínez) operan con grados de saturación cercanos al 80%. En estos rangos de saturación, las velocidades de operación se ven reducidas en forma significativa.

#### 6) Emisiones de contaminantes

Se aplicó el modelo de emisiones MEEV al modelo de Santiago en el corte temporal 2002 tanto para el periodo punta como para el fuera de punta. Como parte de la validación del modelo de estimación de emisiones MEEV se compararon los resultados obtenidos en la situación base, corte temporal 2002 con las presentadas en el inventario de emisiones de la CONAMA del año 2000. De esta comparación se puede apreciar que se obtienen valores muy similares para la mayoría de los contaminantes considerando las diferencias existentes entre los modelos utilizados y las diferencias del año de evaluación. Las mayores diferencias pueden ser observadas en las emisiones de monóxido de carbono, que puede ser explicado por la existencia de una metodología de estimación de emisiones por partidas en frío diferentes en los dos modelos y en las emisiones de SO<sub>2</sub> que se produce por la disminución de azufre en los combustibles a partir de el año 2001 y que solo es recogida en el modelo MEEV.

Al comparar las emisiones del corte temporal 2002 con respecto a los resultados obtenidos para los cortes 2007 y 2012 se puede observar un natural aumento en las emisores debido al aumento de los flujos, y pese a que se considero la existencia de mejoras tecnológicas en los vehículos especialmente de la locomoción colectiva. Al considerar el periodo comprendido entre los años 2002 y 2012 se observan aumentos de al menos un 15% en los contaminantes analizados, llegando a aumentos mayores al 40% para las emisiones de NH<sub>3</sub> y N<sub>2</sub>O.

#### 7) Modelación de Camiones

A partir de los modelos desarrollados para el transporte de carga se puede observar la gran importancia que tiene el movimiento de transporte de materiales de construcción, abarcando prácticamente el 40% de los camiones de más de dos ejes. Las comunas que presentan una mayor generación de camiones son Santiago y Quilicura. Dentro de este tipo de carga llama la atención que la comuna de Las Condes presente una alta generación de camiones, esto se debe al movimiento de escombros que genera la construcción, especialmente de los edificios en altura.

Otro resultado importante obtenido es la gran elasticidad que presenta la construcción (y por o tanto los camiones con materiales de construcción) con respecto a la variación del Producto interno bruto, lo que habría producido una importante reducción de los flujos de materiales de construcción.

El análisis de las asignaciones de camiones muestran un importante uso de el eje Norte Sur destacando las vías General Velázquez y la Norte Sur como grandes ejes usados por el transporte de carga, entre las restantes vías se puede destacar la circunvalación Américo Vespucio principalmente en su sección poniente y en el sentido Sur-Norte.

#### 8) Escenarios Alternativas de Proyecto

Se definieron y evaluaron dos Planes de Proyectos para el Pie Andino: **Alternativa 1** y **Alternativa 2**. Cada una de estos, en mayor o menor medida incorpora las soluciones requeridas para esta zona de expansión, las cuales se pueden definir como:

- Creación o mejoramiento de un eje que atravesase el Pie Andino en forma longitudinal, en el sentido Norte-Sur, y que sirva como alternativa de comunicación para las comunas que conforman el sector expansivo.
- Construcción y mejoramiento de diversos ejes de acceso que conectan las zonas de expansión con los centros atractores del Pie Andino, en forma transversal (sentido Oriente-Poniente).
- Definición de proyectos que complementen la vialidad propuesta por la DIRPLAN en los estudios de referencia (provincia de Chacabuco y Sur Poniente de Santiago), para satisfacer los requerimientos de capacidad vial en las zonas de expansión urbana.

La **Alternativa 1** está fundamentada en la implementación del proyecto *Circunvalación Interprovincial Siglo XXI*, proyecto el cual también ha sido conocido como Anillo Orbital, y Pie Andino. A este proyecto se le realizaron algunas modificaciones de trazado, y se le eliminaron las calles locales diseñadas en el estudio original, con el fin disminuir la estimación de costos de construcción. El proyecto posee una longitud de 58 kms entre Los Trapenses y el Camino Lonquén, y 38 ks de mejoramientos de diversos ejes transversales de conexión hacia la vialidad actual del Pie Andino. Estos proyectos incluyen una vía local de una pista por sentido entre Ruta 5 y Puente Alto (por trazado original camino Orbital), y entre Calle Diego Portales y San Carlos de Apoquindo. El costo de la obra alcanza a los **516.000.000 dólares**, de los cuales el 50% corresponde a costos de expropiación. Salvo el tramo San Carlos de Apoquindo – La Florida (3 pistas por sentido), la vía principal tiene un diseño de 2 pistas/sentido, y se ha modelado con cobro de peaje por uso efectivo entre San Carlos de Apoquindo y Camino Lonquén. Se han incorporado al diseño 14 enlaces a desnivel.

La **Alternativa 2** corresponde a una variante del proyecto anterior, en el cual el eje original Pie Andino es reemplazado por una vía diseñada por el borde del pie de cerro, denominada Nueva Pie Andino. En los tramos Los Trapenses - San Carlos de Apoquindo y Calle Diego Portales –Camino Lonquén se ha mantenido el diseño de la Alternativa 1. Se ha agregado un tramo de 4.5 kilómetros entre Ruta G-34 (Límite Provincial) y Autopista del Sol, con lo cual se pretende consolidar un anillo vial complementado por los proyectos surgidos de los estudios Sur-Poniente y Chacabuco. Los proyectos transversales considerados en este plan son semejantes a los de la alternativa 1, pero poseen en algunos casos menor longitud, debido a que el tramo Nueva Pie Andino está trazado a una menor distancia de la vialidad existente, con respecto a la Alternativa 1. Se agregan a estos proyectos el mejoramiento de la Av San Francisco de Asís, y la conexión La Dehesa-Vitacura, proyecto de 9.6 kilómetros que se ha definido por el borde poniente del Valle La Dehesa, hasta conectarse con La Villa Carolina Rabat, en Vitacura Norte. Entre Av Grecia y Av La Florida se ha considerado 3 pistas/sentido, y entre Av Grecia y Autopista el Sol se ha modelado con cobro de peaje por uso efectivo. La conexión La Dehesa-Vitacura también ha sido concebida como un proyecto concesionable. El costo de la obra alcanza a los **385.000.000 dólares**, de los cuales el 44% corresponde a costos de expropiación. Se han incorporado al diseño 15 enlaces a desnivel.

## 9) Resultados

Ambas alternativas poseen tramos muy cargados en el sentido Sur-Norte entre Av La Florida y San Carlos de Apoquindo, y entre Puente Alto y Av Norte-Sur en el sentido Oriente-Poniente. A nivel global la Alternativa 1 implica un aumento de 1.45 km/hr en todo el sistema, mientras que la Alternativa 2 alcanza una mejora de 1 km/hr. Por otro lado, dentro del área Pie Andino, se observan notables mejorías a nivel de aumentos de velocidad bordeando los 4 kms/hr para la Alternativa 1 y 3 kms/hr para la Alternativa 2, considerando todos los ejes incluidos en la red estratégica de modelación dentro de las comunas del Pie Andino. Dadas las cargas y las mejoras en los indicadores, se puede apreciar que, al menos para los períodos punta, los proyectos incluidos en ambas alternativas significan un gran aporte a la mejoría de los estándares operacionales del sector en estudio.

Sin embargo, a partir del estudio de las alternativas propuestas se obtuvieron las estimaciones de emisiones de fuentes móviles, y como principales resultados se ha estimado (a) un leve aumento de las emisiones globales en la ciudad con respecto a lo proyectado en la situación base y (b), importantes aumentos en la mayoría de los contaminantes con respecto a la situación base en las comunas del Pie Andino. Este último resultado es altamente significativo, ya que los proyectos viales definidos se emplazan en dichas comunas, en donde se observan aumentos de las emisiones comunales de algunos contaminantes de hasta un 40% para el periodo punta. Este resultado, aun cuando no ha podido ser expresado en términos monetarios para poder incorporarlo a la evaluación económica, permite mostrar que muchas veces la construcción de proyectos viales destinados al uso del transporte privado no permite solucionar uno de los principales problemas de la ciudad como es la contaminación ambiental.

Finalmente, la evaluación económica, que utiliza 2 cortes temporales (2007 y 2012) y 2 períodos (Punta y Fuera Punta), entrega como resultado que ambas alternativas son rentables desde el punto de vista social. La alternativa 1 presenta una TIR esperada de un 12.07%, con una cota mínima de un 9.88 y un VAN esperado de 4.477.284 UF. Por otro lado, la Alternativa 2 presenta una TIR de 13.55%, con un valor mínimo de 11.20% y un VAN esperado de 6.189.352 UF. A la luz de estos resultados, la Alternativa 2 se presenta como más conveniente. Se debe consignar que los beneficios percibidos en el período Fuera Punta (en una hora) son representan aproximadamente 2% con respecto a lo estimado para el período Punta Mañana.