



BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)

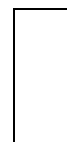
ESTUDIO DE POLITICAS PARA ABATIMIENTO DE GASES DE
EFECTO INVERNADERO Y DESARROLLO ECONOMICO:
SINERGIAS Y DESAFIOS

ABATIMIENTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL TRANSPORTE URBANO: OPCIONES INNOVADORAS EN SANTIAGO, CHILE

INFORME FINAL

Departamento de Ingeniería Industrial (DII)
Universidad de Chile.

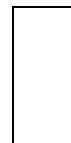
Investigador Responsable: Raúl O’Ryan G.
Director Departamento de Ingeniería Industrial
e-mail: roryan@dii.uchile.cl



INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	8
1 Introducción.....	19
2 El Sistema de Transporte Público de Santiago.....	21
2.1 Tendencias.....	21
2.2 Panorama del Transporte Masivo de Pasajeros en Santiago	23
2.3 Políticas y Estrategias de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano de Santiago	26
2.3.1 Plan de Transporte Urbano para Santiago.....	27
2.3.2 Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA)	28
2.4 Actores Involucrados en el Sistema de Transporte Público Actual.....	30
2.4.1 Choferes.....	30
2.4.2 Propietarios de los buses	31
2.4.3 Sociedades de Transportes	32
2.4.4 Gremios de Buses	33
2.4.5 Consejo Superior del Transporte	33
2.4.6 Multigremial del Transporte.....	34
2.4.7 Buses No Licitados y Piratas.....	34
2.4.8 Metro de Santiago.....	34
3 El negocio actual del transporte de pasajeros en Santiago y sus principales ineficiencias.....	35
3.1 Costos y Beneficios del Negocio de Transporte Público para los Empresarios Actuales	35
3.1.1 Descripción del Escenario	35
3.1.2 Costos del Transporte Público para Empresarios Actuales.....	35
3.1.3 Resultados de Ingresos del transporte público para empresarios actuales	39
3.1.4 Evaluación Económica del Escenario	40
3.1.5 Análisis de Sensibilidad de Resultados	40
3.2 Origen de las fallas de mercado del Sistema de Transporte Público en Santiago	41
4 Aplicabilidad de iniciativas relacionadas al Protocolo de Kyoto para el rediseño y cambio tecnológico del sistema de transporte urbano de Santiago	49
4.1 El Mercado de Carbono.....	50
4.1.1 Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).....	50
4.1.2 Inversionistas Institucionales.....	53
4.1.3 Inversionistas Privados	54
4.1.4 Global Environmental Fund (GEF).....	55
4.2 Discusión de aspectos técnicos relevantes relacionados al protocolo de Kyoto en el sector transporte	58
4.2.1 Definición de Línea Base	58
4.2.2 Concepto de Adicionalidad	59

4.2.3	Monitoreo	60
4.2.4	Verificación y Certificación	61
4.2.5	Requerimientos Técnicos para Proyectos de Transporte.....	62
5	Escenarios de Emisiones del Sistema de Transporte Urbano de Santiago	64
5.1	Definición de la Línea Base: Discusión	65
5.1.1	Resumen de Instrumentos y políticas considerados	65
5.1.2	Definición y descripción de la Línea Base	72
5.2	Descripción de Escenarios de Evaluación	79
5.2.1	Escenarios Sistema Global	79
5.2.2	Escenarios Unidades de Negocio Servicios Troncales.....	86
5.3	Reducción de Emisiones en Cada Escenario.....	88
5.3.1	Sistema Global.....	88
5.3.2	Unidades de Negocio: Servicios Troncales.....	93
5.4	Cumplimiento de metas ambientales del sector	95
5.5	Estimación de los Bonos de Contaminantes Locales y Globales	96
5.5.1	Metodología de evaluación considerando el uso de bonos de descontaminación	96
5.5.2	Precios de los Bonos de Contaminantes.....	97
5.5.3	Ingresos por Venta de Bonos.....	98
5.6	Análisis de sensibilidad de reducción de emisiones e ingresos por bonos....	104
5.6.1	Resultados de la Sensibilización	104
5.6.2	Discusión de los Resultados	107
6	Evaluación Económica de Cambios Propuestos.....	108
6.1	Impactos económicos de reducción de ineficiencias a nivel de línea de transorte en el sistema actual.....	108
6.1.1	Descripción del Escenario	108
6.2	Implicancias en la rentabilidad del negocio de un rediseño del sistema	111
6.2.1	Descripción de los escenarios.....	111
6.2.2	Evaluación de los escenarios del Sistema de Troncales nuevos.....	116
6.3	Análisis económico de la introducción de cambios tecnológicos al sistema de transporte	118
6.4	Análisis de la utilización del sistema de transacción de emisiones en la evaluación de las unidades de negocio de servicios troncales.....	121
7	Aspectos Económicos, Políticos e Institucionales a Superar para Promover Reducciones de GEI en el Sistema de Transporte de Pasajeros de Santiago	125
7.1	Aspectos relacionados al protocolo de Kyoto en el sector transporte.....	125
7.2	Rediseño del sistema y de incentivos	129
7.3	Governanza.....	134
7.4	Impactos Distributivos.....	135
8	Conclusiones.....	138



ANEXOS

[Anexo 1: Análisis Técnico de Tecnologías](#)

[Anexo 2: Modelo de Emisiones Vehiculares \(MODEM\)](#)

[Anexo 3: Metodología para el Análisis de Sistemas de Transporte Urbano de Ciudades de Tamaño Medio](#)

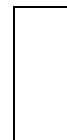
[Anexo 4: Supuestos Modelo de Transporte EMME2](#)

[Anexo 5: Análisis de los Principales Actores Involucrados en el Sistema Actual de Transporte en la Ciudad de Santiago de Chile](#)

[Anexo 6: Análisis Estimación de Emisiones del Sistema de Transporte Público Propuesto para la Licitación 2004-2005](#)

[Anexo 7: Antecedentes Proyecto GEF – 3CV](#)

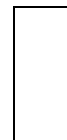
[Anexo 8: Memoria de Cálculo de Ingresos y Costos](#)



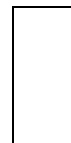
INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Viajes por Modo en Santiago de Chile 2001 (Porcentaje del Número Total de Viajes).....	21
Cuadro 2: Partición Modal en el Gran Santiago, 1977-2001 (Porcentaje del número total de viajes).....	23
Cuadro 3: Costos del Conductor en Escenario Actual	36
Cuadro 4: Costos y Precios Operacionales de un Bus en el Sistema Actual.....	37
Cuadro 5: Consumo de Combustibles y Lubricantes para un Bus en el Sistema Actual	37
Cuadro 6: Costos Legales y Cuotas de Gremio y Asociaciones.....	38
Cuadro 7: Costo de Inversión en Buses Diesel EPA 98.....	39
Cuadro 8: Condiciones del Crédito que paga un Empresario por un Bus	39
Cuadro 9: Flujo de Caja de un Bus Nuevo EPA 98 en el negocio actual.....	40
Cuadro 10: Rentabilidad de un Bus EPA 98 frente a Distintas Tarifas.....	41
Cuadro 11: VPN de un Bus EPA 98 Usando Distintas Tasas de Descuento	41
Cuadro 12: Número de buses por empresario, Región Metropolitana, diciembre 2001 .	45
Número de buses por propietario	45
Cuadro 13: Etapas del Proceso del Mecanismo de Desarrollo Limpio	52
Cuadro 14: Proyectos Nacionales Beneficiados por el GEF	57
Cuadro 15: Inventario de Emisiones 1997	69
Cuadro 16: Normas de calidad del aire primarias vigentes en Chile.....	70
Cuadro 17: Metas de emisión del PPDA 1997 (Cronograma de reducción de emisiones).	71
Cuadro 18: Cronograma de reducción de emisiones de PM10 (ton/año).....	71
Cuadro 19: Cronograma de reducción de emisiones de NOx (ton/año).....	71
Cuadro 20: Metas al año 2005 Establecidas por el PPDA 1997 y 2002	72
Cuadro 21: Número de buses escenario con Renovación Obligada de Buses (2005).....	75
Cuadro 22: Distribución por antigüedad de buses licitados	75
Cuadro 23: Comparación de nivel de actividad entre modelaciones de transporte.....	77
Cuadro 24: Emisiones totales del sistema de transporte Año 2005.....	78
Cuadro 25: Línea base de emisiones totales del sistema de transporte Año 2005	78
Cuadro 26: Escenarios de Evaluación	79
Cuadro 27 :Número de buses, tipo de tecnología, y número de pasajeros situación base global	80
Cuadro 28: Retiro de buses según licitación vigente.....	81
Cuadro 29: Inversiones en Transporte Público 2000-2005	82
Cuadro 30: Proyección de emisiones del transporte en Santiago para los años 2002, 2007 y 2012	89
Cuadro 31: Emisiones de material particulado del sistema de transporte. Año 2005 y 2010 (t/año)	90
Cuadro 32: Emisiones de NOx del sistema de transporte. Año 2005 y 2010 (t/año).....	90
Cuadro 33: Emisiones de CO ₂ del sistema de transporte. Año 2005 y 2010 (t/año).....	91
Cuadro 34: Reducción total de emisiones del sistema de transporte Año 2005.....	92
Cuadro 35: Emisiones Unidades de Negocio: Servicios Troncales	93

Cuadro 36: Emisiones Unidades de Negocio: Servicios Troncales Escenario 4.....	93
Cuadro 37: Emisiones Unidades de Negocio: Servicios Troncales Escenario 5.....	94
Cuadro 38: Emisiones Unidades de Negocio: Servicios Troncales Escenario 6.....	94
Cuadro 39: Emisiones y metas del sector año 2005	95
Cuadro 40: Precios de Bonos de Contaminantes (US\$ / Tonelada reducida)	97
Cuadro 41: Reducciones de Emisiones y Bonos de Material Particulado.....	99
Cuadro 42: Reducciones de Emisiones y Bonos de NOx.....	99
Cuadro 43: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2.....	100
Cuadro 44: Reducciones de Emisiones y Bonos de Material Particulado.....	101
Cuadro 45: Reducciones de Emisiones y Bonos de NOx.....	101
Cuadro 46: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2 Unidad de Negocios 1	102
Cuadro 47: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2 Unidad de Negocios 2	102
Cuadro 48: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2 Unidad de Negocios 3	102
Cuadro 49: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2 Unidad de Negocios 4	103
Cuadro 50: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2 Unidad de Negocios 5	103
Cuadro 51: Precios de Bonos de Contaminantes (US\$ / Tonelada reducida)	104
Cuadro 52: Reducciones de Emisiones y Bonos de Material Particulado Caso menores emisiones	104
Cuadro 53: Reducciones de Emisiones y Bonos de NOx Caso menores emisiones ...	105
Cuadro 54: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2 Caso menores emisiones	105
Cuadro 55: Reducciones de Emisiones y Bonos de Material Particulado Caso mayores emisiones	106
Cuadro 56: Reducciones de Emisiones y Bonos de NOx Caso mayores emisiones ...	106
Cuadro 57: Reducciones de Emisiones y Bonos de CO2 Caso mayores emisiones	107
Cuadro 58: Descripción de los escenario evaluados de mejoras en el sistema actual...	109
Cuadro 59: Resultados de los escenario mejorados evaluados.....	110
Cuadro 60: Análisis de Sensibilidad del Precio del Diesel y la Tarifa para Escenario C con Buses EPA 98	110
Cuadro 61: Gastos en conductores con cambio de sistema	112
Cuadro 62: Gastos Operacionales Buses Articulados Diesel EPA 98.....	112
Cuadro 63: Consumos de Combustible y Lubricantes Buses Articulados Diesel EPA 98 .	112
Cuadro 64: Costos de Mano de Obra en Empresa Tipo Nueva.....	114
Cuadro 65: Otros Gastos de Administración.....	114
Cuadro 66: Resumen Gastos de Administración de la Nueva Firma	115
Cuadro 67: Total de Inversiones en Capital para Operar Nueva Firma	115
Cuadro 68: Desglose de Inversiones en Capital para Operar Nueva Firma	115
Cuadro 69: Costo de la Inversión en Buses Antiguos	116
Cuadro 70: Rentabilidad del Negocio para cada Unidad de Negocio Troncal para Tres Tarifas Tipo Con Renovación Parcial de la Flota	117
Cuadro 71: Rentabilidad del Negocio para cada Unidad de Negocio Troncal para Tres Tarifas Tipo con Renovación Total de la Flota	117
Cuadro 72: Tarifa requerida para lograr una rentabilidad del 13% en cada unidad de negocio troncal según renovación de la flota	118

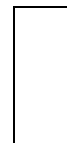


Cuadro 73: Costos de Inversión en buses a GNC e Híbridos	119
Cuadro 74: Consumos de combustibles, lubricantes y neumáticos, y costos de mantención para buses GNC e Híbridos	119
Cuadro 75: Tarifa requerida para lograr una rentabilidad del 13% en cada unidad de negocio troncal según tipo de tecnología	120
Cuadro 76: Tarifa requerida para lograr una rentabilidad del 13% en cada unidad de negocio troncal según tipo de tecnología en un proyecto a 12 años.....	120
Cuadro 77: Diferencias Porcentuales de Tarifas	121
Cuadro 78: Rentabilidad del negocio de los troncales con venta de bonos globales y locales de todo el sistema	122
Cuadro 79: Impacto sobre la rentabilidad del negocio del uso de permisos locales para cambio de flota diesel en dos unidades de negocio	122
Cuadro 80: Rentabilidad del negocio de los troncales con venta de bonos globales y locales para el uso de buses híbridos	123
Cuadro 81: Rentabilidad del negocio de los troncales con venta de bonos locales para el uso de buses GNC	123
Cuadro 82: Matriz de Impactos Distributivos	136



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Viajes Urbanos en Chile (1997) (Pasajero-km Recorrido)	22
Figura 2: Unidades de Negocio en Servicios Troncales	84
Figura 3: Esquema de Redes Servicios Alimentadores	85
Figura 4: Organigrama de la firma	113



RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio tiene como objetivo central, utilizando el caso de Santiago como ejemplo, establecer como las iniciativas del Protocolo de Kyoto pueden apoyar en el proceso de cambio del sistema de transporte logrando a su vez asegurar una reducción importante de GEI. Específicamente se responderán tres interrogantes: (i) ¿Cuántas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se reducen al reformar el sistema de transporte público de Santiago? (ii) ¿Qué impacto tiene sobre la rentabilidad del negocio del transporte público reformado, el uso de mecanismos de transacción de emisiones de GEI? En este sentido ¿es posible que estos mecanismos ayuden a concretar el proyecto de modernización del transporte? Asimismo, ¿puede la transacción de emisiones de GEI ayudar a la incorporación de tecnologías nuevas, más eficientes pero que por razones de costos hoy no están siendo consideradas? (iii) Finalmente, ¿Cuáles son los aspectos políticos, económicos e institucionales relevantes para aprovechar las posibles potencialidades de reducción que surgen de los cambios en el sistema de transporte público?

Para responder a lo anterior se analizan los aspectos microeconómicos del sector de transporte en Santiago que determinan los impactos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), para lo cual se requiere entender los incentivos actuales en el sistema y el comportamiento de sus agentes.

El Sistema de Transporte Público de Santiago

Chile es un país altamente urbanizado: el censo del 2002 arroja que más del 86% de la población del país vive en áreas urbanas. Por ello, cualquier mejora en los sistemas de transporte implicarán reducciones de GEI. Santiago concentra casi el 40% de la población de Chile y por tanto es un caso de estudio interesante.

Los modos principales de transporte en Santiago son los autos, taxis, colectivos, buses y el Metro. De los más de 16.2 millones de viajes realizados en un día laboral del 2001, el 25.9% fue realizado en bus, el 23.7% en auto y el 4.1% en Metro. El 36.7% de los viajes se realiza a pie. Existe una tendencia a un uso creciente del automóvil. En sólo 14 años, la participación de viajes en auto como porcentaje de los viajes totales aumentó en más de 60% mientras que de buses bajo en un 27%.

Cabe destacar que el sistema de transporte público es de propiedad y operado exclusivamente por privados. Por otra parte, hay una circulación excesiva de buses y una importante operación de buses piratas. A pesar de mejoras sustanciales durante la última década, la mantención de buses sigue siendo deficiente.

Como resultado se observan una serie de externalidades asociadas a la operación actual del sistema: emisiones de contaminantes locales, en particular PM10 y NOx, ruido,



congestión, inseguridad y accidentes y una serie de ineficiencias asociadas a la forma en que se compite, que lleva a altos costos de operación.

Los serios problemas en la congestión vehicular y calidad del aire en Santiago han motivado en forma creciente respuestas agresivas por parte del gobierno. Las autoridades locales decidieron responder frente a este deterioro a comienzos de los noventa con medidas como el retiro de buses, límites para la edad, normas de emisión para los buses y normas sobre las características físicas de los mismos. Para regular la operación de los recorridos se innovó de manera significativa incorporando un sistema de licitación de recorridos. En aquellas áreas con serios problemas de congestión o contaminación, los operadores de tránsito tuvieron que postular a concesiones para operar con frecuencias específicas en rutas designadas. Estas licitaciones se asignaron a quienes ofrecieron operarlas a una menor tarifa. Hasta la fecha se han llevado a cabo 4 licitaciones en Santiago: en 1990, 1992, 1994 y 1998.

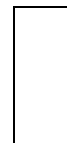
Además se han aplicado una serie de planes, en particular, los Planes de Transporte Urbano para Santiago de la Secretaría Interministerial de Transportes (SECTRA), 1995 y 2000 y los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA) de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, 1998 y 2002. Sin embargo, estos han sido insuficientes para frenar el deterioro observado.

El negocio actual del transporte de pasajeros en Santiago y sus principales ineficiencias

El negocio actual del transporte, a pesar de sus ineficiencias es un negocio rentable, con indicadores económicamente convenientes como un VAN por bus de \$2.374.514 y TIR del 14,5%, a una rentabilidad exigida del 13%. Ello indica que se podrían conseguir mayores utilidades o en su defecto menores tarifas corrigiendo algunas de las ineficiencias existentes.

Estas ineficiencias se observan a tres niveles: en la organización de la red en su conjunto, problemas asociados a la *forma que toma* la competencia entre y dentro de cada recorrido, e ineficiencias a nivel de la operación de cada empresario. Además hay transferencias no voluntarias de los empresarios a los choferes y gremios que reducen sus utilidades, obligando a subir las tarifas para lograr una rentabilidad aceptable.

Con respecto a las ineficiencias en la organización de la red, ellas están directamente relacionadas al aprovechamiento de las economías de densidad, lo que no se realiza en Santiago. Respecto a ello se entregan algunas ideas de porque no se utilizan. En el caso de la operación actual de recorridos, se da un sistema con características de libre acceso, en que cada empresario dueño de bus busca asegurar cortar el máximo de boletos a nivel individual ya que si no lo hace, otro, de la misma línea o de otra línea que compita en una parte de su tramo, se lleva al pasajero. Por ello se paga al chofer por boleto cortado para incentivarlo a maximizar los pasajeros transportados. La estructura actual del



sistema lleva a que se circule en exceso y se conduzca de manera ineficiente. Además se llega a una disipación significativa de las utilidades y la generación de externalidades ambientales, inseguridad y congestión. Por último, las ineficiencias en la operación a nivel de los empresarios llevan a que no se aprovechen economías de escala, la postergación de gastos por falta de liquidez y manejo ineficiente por problema de agencia entre el empresario y el chofer

Como se verá, de reducir estas ineficiencias, será posible reducir las emisiones y mejorar las tecnologías sin aumentar la tarifa.

Situación Base de Emisiones del Sistema de Transporte Urbano de Santiago

La evaluación de escenarios, planes o proyectos de transporte requiere definir la Situación Base. Esta se entiende como la condición actual del sistema, proyectadas de acuerdo a los cambios que se espera ocurran en ausencia del proyecto.

Esto implica considerar todos los proyectos de transporte, políticas y normativas, que ocurrirían de todos modos a futuro. Para establecer la línea base, los principales instrumentos y políticas vigentes en la legislación chilena relacionada al transporte y el medio ambiente que se consideran son los siguientes:

- ❑ Plan de Transporte Urbano Para La Ciudad de Santiago 2000-2010 (PTUS)
- ❑ Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) 1997
- ❑ Propuesta Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) 2002

A partir de estos planes se han definido metas para contaminantes locales para el transporte. Tales metas exigen que las emisiones no podrán ser inferiores al 75% de las emisiones de MP y 40% para el caso de los NO_x, ambas referidas al inventario base de 1997. Las metas establecidas se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO I: METAS AL AÑO 2005 ESTABLECIDAS POR EL PPDA 2002 PARA BUSES EN SANTIAGO

Tipo Contaminante	Meta Propuesta 2002
Material Particulado [ton/año]	162
Oxidos de Nitrógeno [ton/año]	6.579

Por otro lado, estos planes imponen unas tasas de renovación de buses en Santiago, que exige una duración máxima de los buses de 12 años, propulsados por motores diesel, que cumplen las normas de emisiones vigentes a la fecha (EPA91/EURO1, EPA94/EURO2, EPA98/EURO3). Además, considera la optimización de la operación de la infraestructura vial para buses definida por el Programa 7 (P7) del PTUS, consistente en

la habilitación de calles exclusivas para buses y vías reversibles durante el período punta de la mañana, y pistas exclusivas para buses en eje Alameda, parcialmente segregadas con separadores de hormigón.

De esta forma, la línea base se estima considerando el recambio de buses resultante de estas exigencias. Sin embargo, esta no es suficiente para alcanzar las metas de emisión antes señaladas, por lo que es necesario exigir además, que un 50% de la flota utilice filtros de partículas.

La situación base considera una renovación conservadora de la flota actual, de acuerdo a su antigüedad. Se espera una distribución entre EURO1, EURO2 y EURO3 de 30-37-33% respectivamente, para los buses proyectados.

De acuerdo a estos antecedentes, a continuación se presenta la estimación de emisiones de MP, NO_x y CO₂ para los distintos modos de transporte, proyectado al 2005. Para ello se utiliza el modelo estratégico de transporte ESTRAUS y el modelo de estimación de emisiones desarrollado para las condiciones de Santiago, MODEM. La reducción de emisiones solo considera el efecto sobre los buses de transporte público, sin incorporar los cambios generados en el resto del sistema de transporte (automóviles privados, transporte de carga, medios no motorizados). Para las emisiones del resto de los modos se utilizó una corrida ESTRAUS anterior, proyectando los valores de las emisiones de buses licitados de acuerdo a las proporciones definidas en la corrida de ESTRAUS preliminar. Se asume adicionalmente una reducción de la actividad (veh-km/año) de un 3% para los automóviles particulares y vehículos comerciales, la que se mantiene en la proyección. Los resultados se observan en el cuadro II.

**CUADRO II: LÍNEA BASE DE EMISIONES TOTALES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE
AÑO 2005**

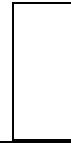
Tipo de vehículo	MP	NO _x	CO ₂
	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
Buses licitados	162	6.621 (*)	727.672
Otros buses	7	128	14.462
Camiones	213	3.030	505.092
Autos particulares	0	5.557	3.430.227
Taxis	0	802	589.878
Vehículos comerciales	59	3.315	1.695.608
TOTAL	441	19.453	6.962.939

Fuente: Elaboración propia

(*) No considera la reducción de asociada al uso de la tecnología DPF.

Se observa que los buses licitados cumplen con las normas propuestas de MP y NO_x¹.

¹ Se asume que los DPF reducen la fracción que hace falta para cumplir con la norma.



Reducción de emisiones globales y locales a partir del proyecto Transantiago

Si bien se cumplen las metas locales, cabe preguntarse si es posible un sistema que reduzca otras externalidades, tales como congestión e inseguridad y que además reduzcan los GEI. Para ello se propone el proyecto Transantiago. Este es un proyecto que tiene como fin renovar el sistema de transporte público de Santiago. El rediseño del STP de Santiago propone utilizar los modos que han sido tradicionales en la ciudad (Metro, buses y –eventualmente- tranvías y taxis colectivos) pero ahora dentro de un esquema jerarquizado y ordenado de la oferta de transporte público. Físicamente el nuevo STP estará operado por tres *tipos de servicios* asociados a otros tantos *tipos de redes*:

- Una *red troncal* formada por los principales ejes de transporte público de la ciudad, donde operarán *servicios troncales* prestados por buses de alta capacidad y alto estándar de calidad (ej.: buses articulados). Dichos servicios no compiten entre sí, a pesar de que pueden ser operados por multi-operadores.
- Un conjunto de *redes alimentadoras*, asociadas con *áreas* disjuntas en que se dividirá la superficie de la ciudad. Cada área tendrá un conjunto de *servicios alimentadores* cuya función esencial será satisfacer la demanda de viajes locales dentro del área, y también servir la etapas locales de los viajes combinados con los servicios troncales y los *servicios de transporte independiente*.
- Una *red de transporte independiente* que por ahora incluye básicamente los servicios de Metro, pero que en un futuro próximo eventualmente puede incluir también servicios de trenes de cercanía y tranvías.

Adicionalmente se evalúan cambios tecnológicos para establecer su factibilidad económica, técnica y ambiental. Para ello se estiman las reducciones adicionales de estos cambios, por sobre la implementación del proyecto Transantiago.

En consecuencia, los escenarios evaluados para el Sistema Global son los siguientes:

- 1 Licitación 2003, rediseño del sistema con buses diesel en ST y SA (LIC)
- 2 Licitación 2003 con buses diesel nuevos en dos ST (redistribución en ST y SA). (LIC MEJ)

Los escenarios evaluados en las Unidades de Negocio de Servicios Troncales con cambios tecnológicos son los siguientes:

- 3 Situación con licitación con buses diesel según renovación natural (LIC ST)
- 4 Situación con licitación con buses diesel nuevos (LIC MEJ ST)
- 5 Buses híbridos en servicios troncales (HIBR ST)
- 6 Buses dedicados GNC en servicios troncales (GNC ST)

Reducción de emisiones en el Sistema Global

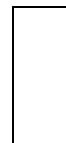
En el cuadro siguiente se presentan las reducciones totales del sistema de transporte con respecto a la línea base del proyecto. Ello permite estimar el potencial de reducción de emisiones del sistema y como resultado las reducciones factibles de ser comercializadas como bonos locales y globales.

**CUADRO III: REDUCCIÓN TOTAL DE EMISIONES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE
AÑO 2005**

	Situación base 2005	Importancia en el Sistema Global	Situación con Rediseño Sistema	Importancia en el Sistema Global	Reducción	Porcentaje Reducido c/r SB 2005
Tipo de vehículo	CO ₂ [t/año]	%	CO ₂ [t/año]	%	CO ₂ [t/año]	%
Buses licitados	727,672	10%	530,302	3%	197,370	27%
Autos, taxis y comerciales	5,715,713	82%	5,459,341	31%	256,372	4%
Total CO ₂	6,443,385	93%	5,989,643	34%	453,742	7%
Tipo de vehículo	NO _x [ton/año]	%	NO _x [ton/año]	%	NO _x [ton/año]	%
Buses licitados	6,621	34%	3,401	10%	3,220	49%
Autos, taxis y comerciales	9,673	50%	9,338	28%	335	3%
Total NO _x	16,294	84%	12,739	38%	3,555	22%
Tipo de vehículo	MP [ton/año]	%	MP [ton/año]	%	MP [ton/año]	%
Buses licitados	162	30%	133	42%	29	18%
Autos, taxis y comerciales	59	11%	57	18%	2	3%
Total MP	221	41%	190	60%	31	14%

Como se puede apreciar del cuadro anterior, el rediseño del sistema genera interesantes reducciones tanto en contaminantes locales como globales. Dependiendo de cómo se asigne la propiedad de los posibles bonos que se generen, puede haber un impacto interesante en el proceso de toma de decisiones como se discute en la sección siguiente.

Para el caso del CO₂, se produce una reducción total de 453,742 t/año para buses licitados, autos, taxis y comerciales. Esto se desglosa en 197,370 t/año para el sistema de buses (27% de las emisiones de buses en el escenario base) y 256,372 t/año para los modos autos, taxis y comerciales (4% de las emisiones de autos respecto al escenario base).



En el caso de los contaminantes locales, se consideran solamente las reducciones directas del transporte para la estimación de bonos de MP y NO_x, es decir no se incluyen posibles reducciones de automóviles debido a que las metas establecidas afectan únicamente a buses. De esta forma, para el NO_x se produce una reducción total de 3,220 t/año, equivalentes al 49% respecto al escenario base y para el MP se produce una reducción total de 29 t/año, equivalentes al 18% respecto al escenario base.

Reducción de emisiones en Por Cambio Tecnológico en Unidades Troncales

En las unidades de negocios de servicios troncales, los escenarios de cambio tecnológico (situación con licitación con buses diesel nuevos, buses híbridos en servicios troncales y buses dedicados GNC en servicios troncales) producen reducciones porcentuales importantes de contaminantes locales. Sin embargo el monto total de emisiones reducidos es bajo. En el caso de las emisiones de CO₂ no se produce una reducción importante y con algunas de las tecnologías simplemente no se produce reducción respecto de la situación con rediseño.

Estimación de Ingresos por Venta de Bonos de Contaminación e Impactos sobre la Rentabilidad del Negocio

Ingresos por Venta de Bonos Locales y Globales

De acuerdo a las reducciones de emisiones estimadas, se calculan los ingresos por concepto de bonos de contaminación locales y globales para los distintos escenarios analizados. Para la estimación de dichos ingresos se usan los siguientes precios para las toneladas reducidas de contaminantes:

CUADRO IV: PRECIOS DE BONOS DE CONTAMINANTES (US\$ / TONELADA REDUCIDA)

Contaminante	Bajo	Medio	Alto
MP (1)	0	10.000	30.000
NO _x (1)	0	8.000	15.000
CO ₂	0	5	10

(1) Valor estimado para una tonelada que se emite en forma permanente.

Fuente: Elaboración Propia

La reducción de GEI y emisiones locales asociadas al rediseño del transporte público permitiría, en principio, generar recursos por venta de estas reducciones. Las ventas de bonos locales podrían alcanzar US\$ 26 millones en un año (US\$ 285,845 para MP y US\$ 25,423,464 para NO_x) y los globales a US\$ 2.5 millones por diez años. Esto en valor presente neto equivale a un total aproximado de US\$ 42 millones para bonos locales y globales.

En el caso del cambio tecnológico en las unidades de negocios de servicios troncales, para el caso del CO₂ se pueden lograr ingresos del orden de los US\$ 15.000 al año, fundamentalmente en el escenario 5 (buses híbridos en servicios troncales), lo cual no es un valor muy relevante en términos del negocio privado. Para el caso de los contaminantes locales, en el caso de los NO_x se pueden lograr ingresos promedio del orden de US\$ 1 millón (valor máximo) y en el MP alcanzan a los US\$ 55.000 (valor máximo). Estos ingresos son por una vez y no impactan significativamente la rentabilidad del negocio.

Implicancias en la rentabilidad del negocio de un rediseño del sistema y de la introducción de cambios tecnológicos

Uno de los resultados más interesantes respecto a la evaluación económica de los escenarios de cambio tecnológico, es el análisis del impacto sobre la rentabilidad de los empresarios de incorporar los ingresos por concepto de repartir los bonos de contaminantes, tanto locales como globales, generados a partir del proyecto de rediseño del sistema. Dicho impacto sobre la rentabilidad absoluta puede ser de entre 0,5% y 1% si se considera solo los ingresos por venta de bonos globales, y llegar incluso al 3% (pasando con ello la rentabilidad del 13% al 16%) si se incorpora la venta de reducciones de los contaminantes locales (ver cuadro V).

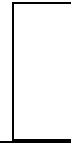
Por otro lado, el impacto sobre la rentabilidad para los empresarios de transar las reducciones de emisiones locales o globales son más bien bajos si se utiliza sólo cambios tecnológicos en las flotas de buses. En este caso son todas menores al 0,6% de la rentabilidad neta.

CUADRO V: RENTABILIDAD DEL NEGOCIO DE LOS TRONCALES CON VENTA DE BONOS GLOBALES Y LOCALES DE TODO EL SISTEMA

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa Diesel para una TIR = 13% (\$)	Rentabilidad con Bonos Globales (%)	Rentabilidad con Bonos Locales (%)	Rentabilidad con Bonos Globales y Locales (%)	Tarifa Diesel para una TIR = 13% con bonos locales y globales (\$)
1	615	14,2%	15,1%	16,3%	602,00
2	615	14,2%	15,0%	16,1%	603,00
3	654	14,1%	14,8%	15,8%	642,00
4	748	14,0%	14,7%	15,7%	733,00
5	703	14,1%	14,9%	16,0%	688,00

Aspectos Económicos, Políticos e Institucionales a Superar para Promover Reducciones de GEI en el Sistema de Transporte de Pasajeros de Santiago

Los principales obstáculos en la definición de proyectos MDL en el sector transporte corresponden a la determinación de la línea base de emisiones, la adicionalidad de cualquier proyecto y el plan de monitoreo y verificación.



En el caso de la línea base de emisiones y la adicionalidad en los proyectos de transporte es necesario estandarizar los procedimientos de cálculo para proyectar las emisiones en un escenario sin proyecto, sin que ésta sea una proyección estática del caso actual. El manejo de gran cantidad de información hace necesario la utilización de herramientas computacionales relativamente sofisticadas para llevar a cabo estas estimaciones.

En este sentido, un problema importante es la continua declaración, por parte de la autoridad regulatoria, de planes, normas y proyectos que finalmente no se concretan y/o que luego se modifican.

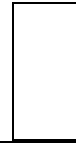
También es importante hacer notar la complejidad asociada a la estimación de la línea base de emisiones (uso de modelos como ESTRAUS, EMM2 y MODEM, cálculo de factores de emisión representativos de las tecnologías presentes en el parque vehicular actual de Santiago, etc.), especialmente la determinación de la línea base para automóviles. Algunos de estos factores mejorarán con la adquisición para el laboratorio 3CV de un dinamómetro de chasis nuevo para medir emisiones en vehículos pesados, financiados a partir de un aporte del GEF.

En el caso de la adicionalidad, ella no es simple de establecer en este tipo de megaproyectos. De acuerdo a los análisis desarrollados, el proyecto tiene tanto adicionalidad ambiental como regulatoria. Se reducen las emisiones como se ha señalado más arriba, pero además la incorporación de este sistema al MDL permitiría exigir mejoras en la fiscalización y en la voluntad de hacer cumplir, que permitirían lograr en forma efectiva las reducciones estimadas. En el caso de la adicionalidad económica se los ejercicios anteriores permiten afirmar que también existe, ya sea se entreguen los ingresos por bonos a las empresas participantes de la licitación, o se los apropie el Estado y lo use para invertir en infraestructura.

Rediseño del sistema y de incentivos

Los principales aspectos que deben superarse para lograr los cambios propuestos a nivel general del sistema de transporte son que se requiere realizar un rediseño que permita aprovechar las economías de densidad, lo que impone desafíos políticos y técnicos significativos. Luego, está la implementación del cambio que debe permitir reducir o eliminar las características de libre acceso que tienen aún hoy en día las calles de la ciudad, en particular en horas fuera de punta. Finalmente, es necesario preocuparse de alinear los incentivos de los diversos actores para lograr reducir las ineficiencias actuales del sistema y las externalidades que éste genera.

Governanza



En términos de gobernanza, existen una serie de obstáculos adicionales que es necesario superar, como la coordinación de las políticas y acciones de las diversas instituciones involucradas, la capacidad real de la autoridad para llevar adelante el proceso de licitación propuesto en los plazos previstos, la capacidad de fiscalización y aplicar sanciones del nuevo sistema y la necesidad de cuidar los detalles al momento de un cambio tan radical.

Impactos Distributivos

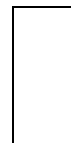
En términos de los impactos distributivos para los distintos agentes del sistema, los principales ganadores de la reforma deberían ser los usuarios y ciudadanos, solo si la tarifa se mantiene dentro de los valores correspondientes al rango actual. Los grandes perdedores del sistema son los que hoy en día se llevan una buena parte de las rentas del negocio.

Conclusiones

El cambio en la organización y operación del sistema de transporte masivo permitiría reducir las diversas ineficiencias actuales del sistema, hacerlo más atractivo para que los usuarios que están en el margen entre utilizar su auto o un bus, opten por este último y como resultado reducir las emisiones de CO₂. Dicha reducción potencial de emisiones GEI supera las 450 mil toneladas por año, un 7% de las emisiones proyectadas conjuntas de buses y autos de la ciudad. Estas son reducciones importantes y ameritan por tanto atención de parte de los organismos interesados en promover reducciones de emisiones de GEI.

En el caso de las reducciones de emisiones de GEI asociadas a un cambio tecnológico o son no rentables o reducen pocos GEI adicionales (buses híbridos), por lo que los cambios tecnológicos no son una opción interesante para el sistema de transporte de Santiago bajo el prisma de los bonos de carbono.

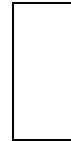
Es importante destacar que para sistemas complejos como el de transporte en países en desarrollo, el Protocolo de Kyoto puede servir para promover el diseño e implementación de sistemas más eficientes, con una mayor probabilidad de éxito y promover un mejor cumplimiento de aspectos centrales como la revisión periódica de emisiones y fiscalización. Sin embargo para aprovechar este potencial el enfoque de proyectos prevaleciente en el Mecanismo de Desarrollo Limpio no es suficiente. Se requiere, por ejemplo, iniciar a la brevedad discusiones en las instancias correspondientes –por ejemplo en el seno de las COP- sobre como incorporar este tipo de sistemas complejos, cuyo principal beneficio no se obtiene por cambios tecnológicos, además de acordar metodologías para la definición de línea base, adicionalidad, monitoreo y verificación, más compleja de establecer que en otros sectores como el energético.



Adicionalmente se requiere mejorar en aspectos institucionales para los que se requiere una voluntad política que cruce a los diversos partidos políticos, mayor coordinación entre los diversos organismos y un mejor sistema de fiscalización y sanciones.

La obligación de cumplir con organismos externos como el Banco Mundial y el BID asociados al Protocolo de Kyoto, facilitaría el logro de compromisos más estables, coordinaciones entre las diversas instituciones involucradas, y una mayor responsabilidad por parte de los reguladores.

En síntesis, considerando lo complejo que es el diseño e implementación eficaz de cambios en sistemas complejos como el de transporte, un rol fundamental a jugar por parte del Protocolo de Kyoto es aumentar su probabilidad de éxito en aquellos aspectos críticos para reducir los GEI. En el caso del transporte en Santiago ello incluye que las diversas autoridades se comprometan con el cambio, que los empresarios estén dispuestos a participar y que se realice una adecuada verificación del cumplimiento. Si gracias a la incorporación del Transantiago al MDL se logra lo anterior, sin duda que se dará un paso importante para asegurar futuras reducciones de GEI en Chile y otras ciudades del mundo.



1 Introducción

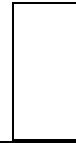
Durante los últimos años se ha discutido en Chile una reforma al sistema de transporte público de Santiago con el objetivo de transformar estructuralmente el sistema de transportes de Santiago, que en su modalidad actual presenta una serie de ineficiencias y genera un conjunto de externalidades negativas. Por otra parte –y a partir del Protocolo de Kyoto- se está iniciando una discusión en diversos foros internacionales sobre la forma de incorporar los proyectos de transporte a la iniciativa de reducción de gases de efecto invernadero (GEI). El presente estudio tiene como objetivo central, utilizando el caso de Santiago como ejemplo, establecer como las iniciativas del Protocolo de Kyoto pueden apoyar en el proceso de cambio del sistema de transporte logrando a su vez asegurar una reducción importante de GEI.

Estimaciones recientes para el año 2000 indican que en Chile se emiten cerca de 21,9 millones de toneladas de CO₂ en el sector transporte. De ellas aproximadamente 9,2 millones corresponden al transporte urbano de pasajeros (autos, taxis, buses, etc.) en el país (O’Ryan, 2002). El sector transporte en su conjunto emite casi un tercio del total nacional de GEI. Por ello, y considerando los esfuerzos actualmente en desarrollo tanto a nivel global como local por poner bajo control las emisiones de otros sectores como el industrial y energético, es de interés iniciar una discusión fundamentada sobre la posibilidad de incluir al sector transporte en estas iniciativas.

En forma específica este estudio pretende responder las siguientes interrogantes:

- (i) ¿En cuanto se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al reformar el sistema de transporte público de Santiago?
- (ii) ¿Qué impacto tiene sobre la rentabilidad del negocio del transporte público reformado, el uso de mecanismos de transacción de emisiones de GEI? En este sentido ¿es posible que estos mecanismos ayuden a concretar el proyecto de modernización del transporte? Asimismo, ¿puede la transacción de emisiones de GEI ayudar a la incorporación de tecnologías nuevas, más eficientes pero que por razones de costos hoy no están siendo consideradas?
- (iii) Finalmente, ¿Cuáles son los aspectos políticos, económicos e institucionales relevantes para aprovechar las posibles potencialidades de reducción que surgen de los cambios en el sistema de transporte público? Interesa analizar las capacidades, motivaciones y comportamiento de los diferentes actores involucrados en el sistema y establecer como pueden promover o dificultar los cambios que se proponen.

Para lograr lo anterior se analiza la organización industrial del sector de transporte en Santiago y como ésta afecta los impactos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En particular se examinan los obstáculos para la adopción de un sistema de transporte público más eficiente y con tecnologías más limpias. Para ello se



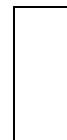
requiere entender los incentivos actuales en el sistema y el comportamiento de los diferentes agentes en el sistema: desde los conductores, los dueños de los buses, los gremios, las instituciones de gobierno que fijan las políticas y las que fiscalizan el sistema, y los usuarios en general.

El informe se organiza de la siguiente forma. El capítulo dos entrega una visión del sistema de transporte público actual en Santiago, sus principales tendencias y actores involucrados. Luego el capítulo 3 estima la rentabilidad actual del negocio para el transporte público y presenta las ineficiencias, desde la perspectiva económica, detectadas en el sistema. El capítulo 4 describe los principales aspectos de los mecanismos de transacción de emisiones de GEI actualmente existentes en el mundo y algunas especificidades para el sector transporte. Ello permite conocer las características principales del sistema de transporte de Santiago y las posibilidades de aprovechar los mecanismos del protocolo de Kyoto para mejorar este sistema.

En el capítulo 5 se cuantifican las reducciones totales, tanto de GEI como de contaminantes locales (MP10, NOx), en el escenario de reformas al sistema de transportes de Santiago. Para ello, se examinan las políticas actualmente en desarrollo, se define la línea base a considerar, y se estiman las reducciones de emisiones.

El capítulo 6 entra al detalle del impacto sobre la rentabilidad del negocio para los operadores del sistema reformado bajo diferentes supuestos de tecnologías. Además, se estima el impacto sobre la rentabilidad del negocio de utilizar los mecanismos de transacción de emisiones para GEI y contaminantes locales.

El capítulo 7 presenta un análisis de los aspectos económicos, políticos e institucionales que se deben superar para llevar a cabo los cambios propuestos. Finalmente el capítulo 8 presenta las principales conclusiones.



2 El Sistema de Transporte Público de Santiago

2.1 Tendencias

Chile se está transformando en un país altamente urbanizado. Más del 61% de la población de 1992 vivía en ciudades de más de cien mil habitantes, en contraste del 41% de 1970. A medida que el país se urbaniza, el transporte se ha vuelto más importante pero problemático. De hecho, el censo del 2002 arroja que más del 86% de la población del país vive en áreas urbanas.

Los buses siguen siendo el modo principal de transporte a pesar del rol expansivo de los autos. En efecto, los viajes en bus y a pie en conjunto representaron el 65%, o más, del total de viajes en las ciudades principales de Chile en la década de los 90. Esta cifra se ha reducido al 63% en el año 2001.

CUADRO 1: VIAJES POR MODO EN SANTIAGO DE CHILE 2001
(PORCENTAJE DEL NÚMERO TOTAL DE VIAJES)

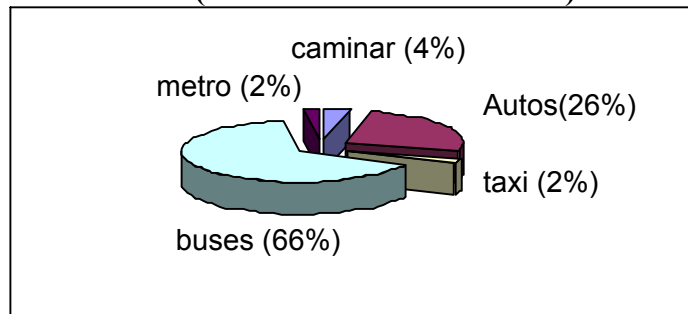
Modo	Santiago (2001)
Bus	25.9
Caminar	36.7
Auto	23.7
Metro	4.1
Taxis y Colectivos*	3.7
Otros	5.8

*Taxis con ruta fija.

Fuente: “Encuesta Origen Destino de Viajes en la Gran Santiago”, SECTRA, 2001.

Los buses registran un 66% de todos los viajes urbanos al medirlos en términos de pasajero-kilómetros recorridos. Los viajes en auto representan el 26% del total de pasajero-kilómetros. El resto de los modos en su conjunto es responsable de sólo un 8% de los viajes.

**FIGURA 1: VIAJES URBANOS EN CHILE (1997)
(PASAJERO-KM RECORRIDO)**



Fuente: O’Ryan R. and T. Turrentine, *Greenhouse Gas Emissions in the Transport Sector 2000-2020: Case Study for Chile*, University of California, Davis, Institute for Transportation Studies Working paper UCD-ITS-RR-00-10, Noviembre 2000.

La población de autos ha crecido rápidamente el último cuarto de siglo. En efecto, uno de cada diez chilenos es propietario de un auto. En Santiago, esta tasa llega a uno de ocho. Dado el crecimiento sostenido del ingreso chileno, es razonable que el parque automotriz siga aumentando.

Las tres principales áreas metropolitanas (Santiago, el Gran Concepción y el Gran Valparaíso) presentan serios problemas de congestión. Más aún, ciudades más pequeñas como Temuco y Valdivia comienzan a presentar problemas notorios de congestión, y éstas y otras ciudades (incluyendo Arica, Iquique, Antofagasta, y Rancagua) están experimentando contaminación atmosférica².

El Gran Santiago incluye 34 comunas oficiales repartidas sobre más de 2000 kilómetros cuadrados, y ahora incluye tres más por motivos de planificación. La densidad poblacional del Gran Santiago es de 8000 residentes por kilómetro cuadrado³, lo que es menor comparado a grandes ciudades asiáticas pero mayor a ciudades norteamericanas. Las densidades varían desde 17.000 habitantes por kilómetro cuadrado en Lo Prado, una comunidad pobre cerca del centro de la ciudad, a 10.250 en el distrito comercial del centro, y hasta menos de 5.000 en barrios pudientes. Los residentes de poblaciones en la periferia de la ciudad realizan largos viajes, especialmente si se miden temporalmente.

Los modos principales de transporte en Santiago son los autos, taxis, colectivos, buses y el Metro. Como se indica en el cuadro 2 siguiente, de los más de 16.2 millones de viajes realizados en un día laboral del 2001, el 25.9% fue realizado en bus, el 23.7% en auto y el 4.1% en Metro. El 36.7% de los viajes se realiza a pie⁴.

² Ver CONAMA, PNUMA, 2000, “Informe País Estado del Medio Ambiente en Chile-1999,” Chile.

³ INE, 1998, “Anuario de Demografía,” Santiago.

⁴ SECTRA, “Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Santiago 2001,” Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte, Santiago, 2001.

La tabla muestra que en sólo 14 años, la participación de viajes en auto como porcentaje de los viajes totales aumentó en más de 60% mientras que aquella de los buses bajó en un 27%.

Adicionalmente, el número de viajes por persona aumentó de 1.14 viajes/persona a 2.12 viajes/persona en el periodo 1977-1991 debido al crecimiento del ingreso y la expansión urbana. A pesar que el uso del Metro y colectivos ha aumentado, la tendencia general es la de confiar más en el uso de autos privados que en el transporte público.

**CUADRO 2: PARTICIÓN MODAL EN EL GRAN SANTIAGO, 1977-2001
(PORCENTAJE DEL NÚMERO TOTAL DE VIAJES)**

Modo	1977	1991	2001***
Auto*	9.8	15.9	23.7
Bus	66.4	48.7	25.9
Metro	3.3	5.0	4.1
Caminar	16.4	19.8	36.7
Colectivo**	N.D.	2.1	3.7
Otros	4.2	8.5	5.8

* Los datos de auto de 1977 y 1991 incluyen taxis.

** El 2001 los viajes en taxi se incluyen junto con los de colectivo.

Fuente: SECTRA, “Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Santiago 1991,” “Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Santiago 2001”

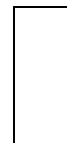
***La encuesta de origen destino del año 2001 cambió la forma de estimar viajes caminando. Por ello esta cifra no es directamente comparable a la de años anteriores y los antecedentes deben usarse cuidadosamente. Los valores relativos entre auto, bus, metro y colectivos si son comparables.

Respecto del Metro, cabe destacar que es un moderno sistema de transporte con alto estándar de servicio. La construcción de la primera línea del metro comenzó en 1969 y fue inaugurada el año 1975. Le siguieron dos nuevas líneas de metro, la más reciente finalizada el año 2000. El Metro actualmente dispone de 40 kilómetros de líneas y cuenta con 52 estaciones. La tasa de ocupación sigue en aumento y llegó a 200 millones de pasajeros en 1998.

2.2 Panorama del Transporte Masivo de Pasajeros en Santiago

La provisión de servicios de tránsito es problemática a nivel mundial, Santiago no es la excepción. Sin embargo, Santiago posee un sistema de transporte público manejado básicamente por el sistema privado.

La industria de los buses ha sido transformada en las últimas décadas. Hasta 1975, el Estado tenía control absoluto sobre rutas, tarifas y frecuencia del servicio. En 1975, este mercado comenzó a liberarse en el contexto nacional. En 1988, se llegó a libertad total



de rutas y tarifas⁵. En la práctica se permitía el ingreso casi sin restricción de buses y taxis. En el periodo comprendido entre 1978 y 1985, el parque de buses aumentó en un 50% mientras que el parque de los taxibuses aumentó en alrededor de un 75%. La cobertura de red mejoró y los tiempos de espera cayeron.

Sin embargo, la desregulación también trajo sus problemas. Más servicios no se tradujeron en más pasajeros. La ocupación (porcentaje de asientos utilizados) cayó en más de un 50% en el periodo entre 1978 y 1985⁶. Como resultado bajaron los ingresos por bus. Esto provocó que los operadores de los buses subieran sus tarifas hasta en un 200% en términos reales entre 1979 y 1990⁷.

La desregulación –en especial el resultante aumento del parque- además trajo consigo una disminución en la seguridad vial y aumentos en la contaminación atmosférica. La seguridad se vio afectada por el envejecimiento de las máquinas, mala mantención, y la alta competencia entre los chóferes por recoger pasajeros. En parte, la contaminación atmosférica aumentó por mala mantención de los buses y el uso de máquinas más antiguas. La inserción de nuevos buses al sistema implicó mayor congestión.

La resultante fue un sistema inseguro, ruidoso, de alto costo y baja calidad de servicio hacia el usuario, con excepción del aumento en cobertura y frecuencia señalados. La imagen del sistema de buses se deterioró, aumentando la popularidad del auto. Por otra parte este sistema había potenciado las externalidades de contaminación atmosférica y de ruidos, congestión e inseguridad.

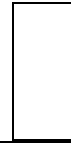
Las autoridades locales decidieron responder frente a este deterioro a comienzos de los noventa. En 1991 el gobierno retiró 2.600 buses del sistema, pagando US\$14 millones en compensaciones. Además, se estableció un límite máximo de 18 años para la edad de los buses lo cual significó una renovación de cerca de 2.000 buses durante los siguientes años. También se introdujeron normas de emisión para los buses y normas sobre las características físicas de los mismos (tamaño, espacio entre asientos, chasis, carrocería, entre otras). La mayoría de estas normas, incluyendo la edad máxima de los buses, se fueron haciendo más estrictas a medida que paso la década.

Para regular la operación de los recorridos se innovó de manera significativa con el sistema de licitación de recorridos. En aquellas áreas con serios problemas de congestión o contaminación, los operadores de tránsito tuvieron que postular a concesiones para operar con frecuencias específicas en rutas designadas. Las autoridades entregan derechos de exclusividad por los servicios a operadores en un plazo determinado (por ejemplo, tres años). Hasta la fecha se han llevado a cabo 4 licitaciones en Santiago: en 1990, 1992, 1994 y 1998.

⁵ Malbrán et al, 1999.

⁶ Zegras, C. Y Litman, T., “An Analysis of the Full Costs and Impacts of Passenger Transport in Santiago de Chile.” International Institute for Energy Conservation (IIEC), Latin America, 1997.

⁷ Malbrán et al, 1999.



Los operadores mediante contratos se comprometen a cumplir requisitos operacionales, estándares tecnológicos y normas administrativas establecidas en la licitación. Las autoridades son quienes determinan los orígenes y destinos de los recorridos. No existe subasta financiera, la asignación se basa exclusivamente en las tarifas y cumplimiento de niveles de servicio. Fuera de las áreas reguladas, existe competencia, y los operadores pueden determinar las rutas y frecuencias libremente.

El proceso de licitación introdujo una fórmula de cálculo tarifario transparente en que las tarifas y su variación dependen de los costos de los insumos. Ello permitió terminar con conflictos políticos asociados a la fijación de tarifas.

Como consecuencia de la licitación, el número de buses en las rutas reguladas cayó drásticamente y aumentó su baja tasa de ocupación. A lo largo de la principal avenida de Santiago, la Avenida Libertador Bernardo O'Higgins, el flujo de buses bajó de 1200 buses por hora en marzo de 1990 a 550 por hora tras la licitación⁸. El sistema de licitaciones permitió también disminuir el número de micros desde un máximo de 13.353 en 1991 a 8.179 en el año 2001. En este periodo aumentó en 20% el total de pasajeros transportados con lo cual el número promedio de pasajeros transportados por bus en un día hábil aumentó de 268 a 523, o un aumento de 95% en la tasa de ocupación⁹.

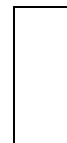
Además, inicialmente se logró frenar y revertir el alza de tarifas que se había producido durante los ochenta, llegando en 1995 a un 75% del valor de 1990. Esto se debió a la competencia entre operadores en las primeras dos licitaciones y la fórmula para reajustar las tarifas. Como se discutirá mas adelante, la licitación de 1998 no fue tan exitosa en reducir las tarifas.

La edad promedio de los buses que operan dentro de recorridos licitados bajó a cuatro años requiriendo de una inversión privada adicional de más de U.S.\$500 millones, sin subsidios. Como resultado, Santiago cuenta con una flota de buses relativamente moderno con apariencia uniforme, mejores condiciones laborales para los conductores, y más seguridad para los usuarios.

Cabe señalar que la inversión estatal en construcción de infraestructura y vías ha sido relativamente baja. En 1995, cinco kilómetros de vías segregadas para buses fueron construidos. En el 2000, vías exclusivas para buses fueron establecidas a lo largo de algunas de las principales avenidas de la ciudad, incluyendo la Alameda.

⁸ Fernández,D., "The Modernization of Santiago's Public Transport: 1990-1992," *Transport Reviews* Vol. 14 N° 2, 1994.

⁹ Las cifras de viajes en día hábil provienen de la encuesta de origen destino del año 1991 y 2001. El impacto sobre la tasa de ocupación media también se debió al aumento del tamaño promedio de los buses al eliminarse los taxibuses.



El proceso de licitación ha sido exitoso en reducir y renovar el parque de buses. Además ha permitido mantener la buena cobertura y frecuencias resultado de la etapa anterior de desregulación. Sin embargo no ha estado exento de problemas. Un problema importante durante la última licitación es presunción de que hubo colusión. En esa ocasión hubo sólo un licitante por recorrido en 76% de las líneas y el 97% de los oferentes licitó la tarifa máxima permitida en las bases (Sanhueza y Castro, 1999). Como resultado, la tarifa en el 2000 fue un 30% más alta que durante 1991, año de similar precio del petróleo¹⁰. Además, en el año 2000 para evitar un paro de micreros, el Ministro de Obras Públicas, Transporte y Telecomunicaciones cedió ante el gremio y extendió el límite máximo de edad de las micros de 10 a 12 años además de otras concesiones (flexibilizar el requerimiento de que los buses tengan caja de cambio automática, por ejemplo).

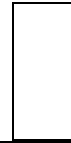
En conclusión se observa un sistema de transporte masivo que pasó en poco más de una década de estar fuertemente regulado a una completa liberalización, para luego pasar a un esquema licitado. El resultado, por el lado positivo, es un sistema con una buena cobertura y frecuencia, completamente privado que opera sin subsidios estatales, y con una tarifa relativamente baja para estándares internacionales. Los tiempos de viaje, y en particular de espera, son en promedio aceptables, aunque hay algunos viajes muy largos como resultado de la falta de un sistema de tarifa integrada y trasbordo. Los cambios han generado una serie de externalidades no resueltas: altas emisiones, alto nivel de ruido, congestión, inseguridad y accidentes. El sistema presenta una serie de ineficiencias asociadas a la forma en que se compite, que lleva a altos costos de operación. El proceso de licitación no ha impedido estas ineficiencias y la tarifa por tanto no se ha reducido.

2.3 Políticas y Estrategias de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano de Santiago

Serios problemas en la congestión vehicular y calidad del aire en Santiago han motivado en forma creciente respuestas agresivas por parte del gobierno. En otras ciudades grandes y medianas de Chile se han comenzado a enfrentar problemas de congestión. Quizás el aspecto más relevante del sistema de transporte sea el pequeño rol del financiamiento público. La mayoría de los caminos interurbanos y de los servicios de buses han sido privatizados y las operaciones del tren urbano (Metro) son financiadas en forma privada. Futuras privatizaciones de infraestructura y servicios y el uso de tarifas y otros instrumentos para lidiar con problemas de transporte están a la cabeza del debate público.

En Santiago, el rápido crecimiento en el uso del automóvil comenzó a crear significativos problemas en la congestión vehicular y calidad del aire durante la década de los 80 en Santiago. En 1986, el gobierno respondió restringiendo el uso de algunos vehículos en días más contaminados. En cada uno de 22 días altamente contaminados, un quinto de buses, taxis y vehículos no catalíticos (que incluía virtualmente a todos los vehículos) fueron restringidos de viajar por parte del área municipal. Las restricciones

¹⁰ Una comparación más acabada requeriría examinar además el precio del dólar en ambos años.

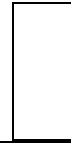


estaban basadas en el último dígito de la placa de la licencia. Aunque inicialmente fue considerado como una medida de emergencia, se ha vuelto permanente. El área cubierta por esta restricción ha aumentado y es aplicada nueve meses al año. En días especialmente contaminados se ha extendido a más números y más horas. En días de emergencia, el 80% de vehículos no catalíticos (aproximadamente 40% de la flota vehicular el 2000) están con restricción. La restricción se volvió cada vez más controversial porque su efecto ambiental disminuyó a medida que los convertidores catalíticos se volvieron más frecuentes y porque afectaba desproporcionalmente a hogares de bajos ingresos que no podían costear automóviles con equipamiento catalítico. En 2001, las restricciones se aplicaron por primera vez a autos catalíticos. No ha habido ninguna evaluación de la efectividad de esta medida. Ciertamente, la contaminación por parte de buses también fue convirtiéndose en una preocupación mayor desde 1980.

En 1990 el gobierno nacional democrático confrontó directamente el problema de la contaminación del aire. La recientemente creada Comisión Especial para la Descontaminación de la Región Metropolitana adoptó un plan maestro que apuntaba a buses y automóviles. Como resultado, los buses más antiguos fueron quitados, estándares de emisión cada vez más estrictos fueron aplicados a buses nuevos, sólo los buses más limpios fueron aceptados en las rutas principales de la ciudad y mejores medidas de refuerzo fueron implantadas. A partir de 1992 los automóviles nuevos fueron sometidos a exhaustivas pruebas de emisiones (aprobadas sólo por convertidores catalíticos), fueron implementadas inspecciones de la emisión de los vehículos, la pavimentación de calles y se incrementó para reducir el polvo y partículas. Las medidas fueron bastante extraordinarias y efectivas en restringir una escalada de contaminación y problemas de congestión.

2.3.1 Plan de Transporte Urbano para Santiago.

A final de 1995, la Secretaría Interministerial de Transportes (SECTRA) montó un largo estudio de transporte para desarrollar un plan para Santiago a 15 años. Modelos matemáticos fueron desarrollados para estudiar cambios en infraestructura, uso de suelo, y una variedad de instrumentos de financiamiento y de mercado. El Plan de Desarrollo resultante permitió elaborar un Escenario base para 1997-1998, que incluyó proyectos y mejoras de caminos. Un importante objetivo del plan fue mantener la división entre modos de transporte a niveles actuales- es decir, restringir el uso de automóviles. El plan de desarrollo incluía una larga lista de recomendaciones, incluidas propuestas para más caminos, vías dedicadas para buses, y líneas férreas, como también la imposición de varios impuestos y tarifas. Se consideraron distintos instrumentos que desincentivarían el uso del automóvil. Entre los instrumentos de mercado recomendados, se incluían una tarifa de U.S. \$4 para entrar al centro de la ciudad durante las horas punta de la mañana para todos los vehículos excepto buses; una tarifa de uso de caminos variando entre U.S. \$0.12 y \$4 por kilómetro dependiendo de la localización comenzando en 2005; tarifas de estacionamiento de acuerdo al propósito del viaje (trabajo, estudios, otros) y tiempo de



estadía; venta de concesiones de operación a compañías de buses en vías exclusivas para buses para incrementar fondos para las vías de buses; e integrar tarifas de tránsito para buses y el Metro.

Si el Plan de Desarrollo fuese implementado, se estimó que las velocidades promedio para transporte privado caería de 25 km/hr en 1991 a 20 km/hr en 2005 y las velocidades del transporte público subirían de 16 km/hr a 19 km/hr.

El Plan sería financiado por pago de peajes, cargos a los operadores del transporte público usando las líneas para buses y contribuciones del fondo público. El costo de esta inversión era de U.S. \$2.8 billones, muy por encima del financiamiento de programas previos para la ciudad de Santiago.

Sin embargo, ninguno de los instrumentos de mercado propuestos ha sido adoptado y la única inversión significativa ha sido la construcción de la Línea 5 del Metro. La tarificación vial fue específicamente rechazado por políticos, al ser percibido como altamente impopular, en especial entre aquellos pertenecientes a los grupos de ingresos medios y altos. A medida que las condiciones ambientales empeoren y la economía se expanda, hay razones para creer que muchas de las inversiones y herramientas de mercado recomendadas serán adoptadas eventualmente. La mayor iniciativa durante los años pasados ha sido el futuro desarrollo del proceso de licitación de recorridos que considerará tanto factores ambientales como de transporte.

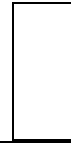
En el año 2000, SECTRA realizó un nuevo Plan de Transporte Urbano para Santiago. Los objetivos de este plan son de mantener la actual repartición de viajes por parte del transporte público; reducir el largo promedio de los viajes; promover los viajes no motorizados; y asegurar que los usuarios paguen los costos reales del transporte. Además de proponer incentivos para el uso de transporte público por sobre el uso de automóviles, (como menores tiempos de viaje y vías exclusivas para buses) y estrategias de uso eficiente del suelo, el plan requiere una reorganización del sistema de transporte y mayor compromiso por parte de organizaciones no gubernamentales.

2.3.2 Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA) ¹¹

En Agosto de 1996 la Región del Gran Santiago fue declarada una zona saturada excediendo los estándares ambientales para partículas, ozono y monóxido de carbono (basado en estándares de Organización Mundial de la Salud).

El problema de contaminación de Santiago se agudiza en invierno porque los cerros alrededor impiden la circulación de masas de aire y provocan inversiones térmicas que atrapan los contaminantes cerca del suelo- como sucede también en la ciudad de México

¹¹ La descripción de PPDA está basada en CONAMA, "Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA)." Informe Final, Santiago, 1997



y Los Angeles. Los habitantes de Santiago sufren de contaminación de partículas en otoño e invierno y de niveles de ozono elevados en primavera y verano. Efectos a corto y largo plazo en la salud han sido documentados, incluyendo mortalidad y morbilidad relacionadas a partículas¹².

El gobierno está implementando medidas cada vez más efectivas para reducir la contaminación. En Junio de 1998, la Comisión Nacional del Medio Ambiente lanzó el Plan Mayor de Prevención de la Contaminación y de Descontaminación del Aire (PPDA). Este plan paraguas desarrolló 54 medidas específicas. El proceso de planificación involucró a muchas agencias de gobierno y más de 300 representantes de organizaciones no gubernamentales, negocios, gobierno y academia. En transporte fueron propuestas 4 estrategias generales:

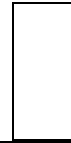
- ❑ Reducción de emisiones por vehículo;
- ❑ Reducción de emisiones de actividades relacionadas con carga y transporte de pasajeros;
- ❑ Incorporar variables ambientales en la planificación de transporte;
- ❑ Evitar nuevos viajes motorizados.

Un programa de implementación fue diseñado para cada medida, y responsabilidades de reforzamiento fueron asignadas. El objetivo era alcanzar estándares de calidad en el año 2011. El costo total para estas medidas en diez años, para aquellas que podían cuantificarse, era de alrededor de U.S. \$1 billón, pero hubo muchas otras medidas que no fueron especificadas lo suficiente como para ser cuantificadas en términos monetarios¹³.

Después de dos años, debido a limitaciones financieras y resistencia política, menos de la mitad de las medidas programadas para ser implementadas habían sido adoptadas o avanzadas. Aquellas que habían sido implementadas eran las más fáciles y baratas de implementar- principalmente cambios tecnológicos de bajo costo que tuvieron relativamente poco impacto. El hecho más importante puede haber sido la aplicación de estándares más estrictos de emisión para buses (equivalentes a los estándares para buses de EEUU en 1994). Sin embargo, cambios en la calidad de los combustibles fueron aplazados debido a la resistencia de la Empresa Nacional de Petróleo. Las tarifas por uso de caminos tampoco fueron adoptadas y las tarifas de estacionamientos fueron aplicadas sólo de forma esporádica. La mayoría de las iniciativas de infraestructura, como la de expandir el número de vías exclusivas designadas para buses, fueron ignoradas durante todo este tiempo.

¹² Ver por ejemplo Salinas M., Vega J., "El Efecto de la Contaminación Atmosférica Externa en la Mortalidad: Un Estudio Ecológico Sobre Santiago, Chile." *World Health Stat Q* 48(2):118-25, 1995; Ostro B., Eskeland G.S., Sánchez J.M., Feysioglu T., "Air Pollution and Health Effects: A Study of Medical Visits Among Children in Santiago, Chile." *Env Health Perspec* 107(1):69-73, 1999, entre otros.

¹³ CONAMA, 1997.



Sin embargo, en junio del 2000, un plan de emergencia fue adoptado, reflejando la creciente disposición y capacidad de implementar nuevas medidas significativas. En días de contaminación severa, los automóviles son excluidos de usar 6 importantes vías arteriales y sólo buses, taxis y colectivos están permitidos. Los resultados han sido significativos. Los tiempos de viaje para pasajeros de buses fueron reducidos entre 5% y 45% en las arterias principales, promediando un 38% de reducción en tiempos de viaje en buses. Los tiempos de viaje en automóvil no aumentaron ya que menor cantidad de autos circulaban con menor congestión. El uso del Metro aumentó en 10% y se estimó que las emisiones bajaron en 20% y que el ahorro debido a las disminuciones en el tiempo de viaje y en el uso de combustibles fue de U.S. \$50.000 por día. Basado en este éxito, el Ministerio de Transporte decidió en 2001 hacer permanentes las vías dedicadas para buses, taxis y colectivos y crear vías de buses dedicadas adicionales en Alameda y otras arterias principales. Además comenzó el rediseño de un ambicioso cambio en el sistema de transporte de pasajeros, el que se discute en el capítulo 4.

Otra iniciativa ha sido probar el uso de gas natural en buses. El gobierno ofreció un subsidio a los primeros 40 buses en convertirse de diesel a gas natural, debido a que los buses a gas natural cuestan considerablemente más que los diesel. Los operadores, escépticos de la economía de los buses a gas natural, no han cambiado los vehículos.

Los continuos avances en la reducción de la contaminación atmosférica de Santiago dependen fuertemente de la relación entre los realizadores de políticas ambientales de CONAMA y agencias de gobierno encargadas de controlar las actividades de transporte, y del apoyo de empresarios y electores.

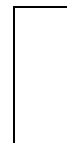
El año 2002 se presentó una propuesta de reformulación del PPDA 1997, la cual se encuentra actualmente en revisión y cuyas principales propuestas se discuten más adelante.

2.4 Actores Involucrados en el Sistema de Transporte Público Actual

Para describir el complejo sistema de transporte público actual que rige en la ciudad de Santiago es necesario realizar un desglose de los diferentes actores participantes. Para este efecto se explicará brevemente el rol que cumple cada individuo o institución comenzando desde la estructura más básica: el chofer de bus.

2.4.1 Choferes

Los choferes del transporte público licitado de Santiago son claramente el eslabón más básico del sistema que conforma la red de transporte. Actualmente el sueldo de los choferes corresponde entre el 10 y 20% (en general 15%) de la recaudación de boletos y en algunos casos más un sueldo base (\$120.000). En otras palabras su ingreso mensual es de \$300.000 a \$390.000 en el mejor de los casos, sin embargo el chofer no recibe imposiciones de jubilación y salud sobre este monto, sino que por el sueldo mínimo.



Cabe destacar que una parte importante de los ingresos de los choferes es producto de la evasión de boletos cortados. Se ha estimado¹⁴ que mensualmente este valor por bus alcanza en promedio a los \$500.000.

Las jornadas de trabajo de los choferes comienzan en promedio entre las 5:30 y 7:00 am hasta las 12:00 – a 15:00 pm, llamada “jornada corta” (equivalente a 2-3 vueltas a al recorrido) y la “jornada larga” que comienza entre las 13:00 – las 16:00 hrs. hasta las 21:00 y 23:30 hrs (que corresponden a 3-5 vueltas al recorrido). En algunos casos la jornada se extiende hasta las 3:00 am. En un bajo porcentaje de los casos, no existe más de un chofer por autobús, por lo que la jornada laboral se puede extender por sobre las 16 horas

2.4.2 Propietarios de los buses

Los propietarios de los buses deben encargarse de suministrar los insumos necesarios para cada uno de sus buses, combustible, lubricantes y neumáticos entre otros, así como también de comprar su(s) bus(es).

Cabe destacar que son los propietarios los que asumen toda la responsabilidad financiera frente a la compra de buses y son estos los que realizan las inversiones en el sector de transporte público. Para este efecto los propietarios no reciben ninguna ayuda económica de parte de los gremios a los cuales están afiliados ni tampoco alguna clase de subsidios¹⁵ por parte del gobierno.

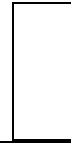
Los propietarios financian sus inversiones y sus costos operacionales recolectando el dinero cobrado por los choferes a los pasajeros. Diariamente el propietario junta el dinero ganado en cada bus y en muchos casos, los propietarios hacen uso de ese dinero inmediatamente

En general la estructura de propietarios de buses se encuentra muy atomizada. Hoy en Santiago, existen aproximadamente 2,1 buses/propietario, donde los 8469 buses licitados pertenecen a 3868 dueños.

En muchos casos se da que existe más de un propietario por bus. Actualmente, casi el 70% de los buses en circulación pertenecen a un micro-empresario (propietario) con 5 o menos buses.

¹⁴ Fuente: Entrevistas con operadores del sector microbusero.

¹⁵ Excepto por el caso de un subsidio otorgado por el gobierno a través de CORFO para la adquisición de buses a Gas Natural. El sector autobusero se abstuvo de utilizar este subsidio por falta de garantías para el uso de esta tecnología. Actualmente, el gobierno estudia ampliar este subsidio para buses Diesel-Eléctricos.



2.4.3 Sociedades de Transportes

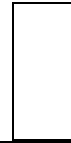
Cada sociedad de transportes esta compuesta por un número de líneas o variantes, generalmente entre 1 a 4, sin embargo existen un grupo reducido de sociedades que agrupan entre 14 a 17 líneas o variantes. Las líneas tienen asignadas un recorrido según la última licitación de 1997. Estas sociedades de transportes agrupan una cantidad importante de propietarios de buses, los cuales conforman la sociedad. En general existen sociedades más pequeñas al interior de cada sociedad de transportes las que tienen la concesión de número pequeño de líneas o variantes. Cada línea a su vez está compuesta por un número determinado de buses casi siempre pertenecientes a un número muy similar de propietarios.

La sociedad de transportes es una sociedad anónima cerrada, la cual existe solo nominalmente, ya que en la práctica es y funciona como una asociación gremial. Sus obligaciones son principalmente el pago de personal administrativo e inspectores. Además tiene ingerencia en las sanciones, despidos y visto de bueno de los contratos de choferes, sin embargo los contratos con estos últimos depende exclusivamente del propietario del bus.

Cada sociedad de transportes, en general, posee una garita o más, oficinas, un servicentro y en algunas ocasiones un estanque de combustible, generalmente puesto en comodato para alguna compañía distribuidora de combustible. En muchos casos las sociedades de transportes no tienen suficiente espacio para albergar los buses durante la noche, por lo que el bus generalmente pernocta al cuidado del chofer de turno. Los buses no forman parte del patrimonio de la sociedad. En general cada propietario de el (los) bus(es) entrega en comodato su(s) bus(es) a la sociedad de transportes, lo que se traduce en un mandato para que ésta pueda participar en la licitación, como fue el caso en 1997. Sin perjuicio de lo anterior, la administración de el (los) bus(es) depende de cada propietario.

A diferencia de lo que sucede en las empresas con varios socios, donde los socios que aportan el mayor capital conforman el directorio, en las sociedades de transporte en muchos casos los miembros del directorio prácticamente no son propietarios de buses o a lo más son dueños de un par de buses. Estas sociedades están sujetas a la Ley de Renta Presunta, por lo cual, prácticamente no pagan impuestos, no están sujetas a fiscalización del Servicio de Impuesto Internos y no tiene una contabilidad clara de sus actividades financieras.

El mecanismo de financiamiento de las sociedades de transporte es que los propietarios de los buses, que pertenecen a dicha sociedad, deben pagar cuotas mensuales a la misma con el objeto de financiar sueldos del directorio, administración de oficinas y garitas.



2.4.4 Gremios de Buses

El sector del transporte público de la Región Metropolitana está agrupado en cinco federaciones de transporte los que a su vez están constituidos por varias sociedades de transportes. En general cada gremio de transportes agrupa entre 9 y 32 sociedades de transporte.

Los gremios de transportes antes mencionados se financian a partir de cuotas mensuales que deben pagar las sociedades de transportes que están afiliadas a los respectivos gremios. En general estas cuotas son variables y dependen del número de buses que agrupa la sociedad de transportes.

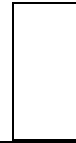
El gremio de transportes a su vez, brinda su respaldo gremial y asesoría legal a la sociedades de transportes afiliadas a estos (socios). El respaldo gremial consiste en la asesoría a las sociedades de transporte afiliadas en cuanto a problemas que puedan surgir en la actividad, discrepancias con las autoridades de transportes u otros gremios, etc. Mientras que el respaldo legal consiste en una atención integral para asuntos de carácter global, sin incluir aspectos como choques o accidentes, los que son resueltos por cada sociedad de transportes. En algunas federaciones¹⁶ de transporte, se cobra a las sociedades de transporte una cantidad de dinero mensual por bus para hacerse cargo de los posibles problemas legales que puedan tener los buses por causa de choques o atropellos. Generalmente, la acción emprendida por gremio de transportes es más bien dilatar los juicios lo más posible y sólo pagar indemnizaciones a los afectados como último recurso.

2.4.5 Consejo Superior del Transporte

El Consejo Superior del Transporte, solo es un nombre ya que no tienen ningún tipo de personalidad jurídica, sin embargo, hoy en día, es la agrupación de mayor fuerza en el transporte público licitado. Este organismo agrupa a la AGMTP, Federación Nacional de Buses y Taxibuses de Chile y Federación de Buses y Taxibuses de Santiago. La AETP y la Federación Siglo XXI no se han acogido a este consejo y menos aún han adoptado sus resoluciones. EL Consejo Superior de Transportes está compuesto por los presidentes y máximos dirigentes de las federación afiliadas antes mencionadas¹⁷.

¹⁶ Fuente: Entrevistas con operadores del sector microbusero.

¹⁷ La última vez que sesionó dicho consejo con efectos directos en la ciudadanía fue para realizar el paro de transporte realizado el 12 y 13 de Agosto de 2002. En esta paralización del transporte no solo dejaron de circular los buses agrupados por el Consejo sino que los mismos buses bloquearon las principales avenidas y vías de acceso de Santiago. Por esta razón, el gobierno aplicó la Ley de Seguridad Interior del Estado por lo que los máximos dirigentes fueron procesados en la Cárcel Anexo Capuchinos, junto a Marcel Antoine, máximo dirigente de Federación de Metrobuses. Actualmente estos dirigentes fueron puestos en libertad esperando el veredicto final de la Corte Suprema.



2.4.6 Multigremial del Transporte

En el año 2000, se creó la Multigremial del Transporte que agrupaba al Consejo Superior del Transporte, la Confederación de Dueños de Camiones de Chile, la federación de Taxi y Federación de Taxicolectivos de Chile. En la actualidad esta agrupación se encuentra disuelta. Producto del enjuiciamiento de los dirigentes del Consejo Superior de Transportes debido al paro de locomoción, se trató de reagrupar este organismo sin resultados positivos. Se espera que para el año 2004, la Multigremial del Transporte vuelva a funcionar.

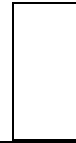
2.4.7 Buses No Licitados y Piratas

Actualmente existen más de 1500 buses no licitados y piratas que circulan en la Región Metropolitana que no están debidamente regularizados. Cabe destacar que no existe un empadronamiento adecuado para buses que circulan en la periferia de Santiago, como por ejemplo los servicios de Santiago a Melipilla y Santiago a Colina.

Estos buses están continuamente traspasando el anillo de Américo Vespucio, generalmente en el sector poniente de la capital con el fin recolectar pasajeros, con lo cual los buses licitados pierden importantes ingresos, especialmente a las horas punta.

2.4.8 Metro de Santiago

El principal competidor del sector microbusero es la red del Metro de Santiago. Esta es una sociedad anónima estatal que cuenta hoy con 52 estaciones y 40 kilómetros que recorren las tres líneas. Pero esto no es definitivo, ya que en diciembre del 2000 comenzaron los trabajos de una nueva extensión de la línea 5, desde Santa Ana hasta la Quinta Normal, tramo que constará con dos nuevas estaciones, Ricardo Cummings y estación Matucana, el cual estará finalizado a principios del 2004. Pero además existen dos nuevos proyectos de extensión, la ampliación de la línea 2 hacia el norte por Recoleta desde la estación Cal y Canto, con dos nuevas estaciones, Santa Filomena y Santos Dumont. También la ampliación de la línea 2 hacia el sur desde la estación lo Ovalle, que iría desde el paradero 18 de Gran Avenida hasta el paradero 25, con dos nuevas estaciones, El Parrón y Américo Vespucio. Los trabajos para ambas extensiones comenzaron el 2001 y se espera que estén finalizados para el año 2005. Además, el 2002 comenzaron los trabajos de construcción de la nueva línea 4 del metro.



3 El negocio actual del transporte de pasajeros en Santiago y sus principales ineficiencias

En esta sección se desarrolla un análisis del negocio de los actuales operadores del sistema licitado de buses, a partir de la revisión de los costos y beneficios del negocio de transporte público y del origen de las fallas de mercado del Sistema de Transporte Público en Santiago, a partir de la identificación de sus principales problemas e ineficiencias.

3.1 Costos y Beneficios del Negocio de Transporte Público para los Empresarios Actuales

El objetivo de esta sección es calcular la rentabilidad actual de un empresario del transporte público. Con este fin se considerará un escenario base o de situación actual. Este asume la estructura organizacional actual del sistema de transporte público en Santiago.

A continuación se presentan los ingresos, costos e inversiones del bus considerado para así construir los flujos de caja asociados al bus por periodo. A partir de este análisis se desprenden indicadores financieros que permiten estimar la rentabilidad de un empresario de la situación actual. Dado que a los buses se les permite operar por 10 años, se considera un periodo de 10 años para realizar esta evaluación.

3.1.1 Descripción del Escenario

En este ejercicio se evalúa la rentabilidad de un bus que ingresa al sistema de transporte actual. Dado lo atomizado del sector, no es relevante analizar completamente a las firmas de transporte, es decir, la estimación de los flujos de caja por bus provee de una buena estimación de la rentabilidad del sector.

El supuesto que el bus pertenece a una sociedad de transporte permite capturar el hecho que éstas junto con los gremios se apropian de gran parte de la renta. Además, las sociedades de transporte, al negociar como tales los insumos de diesel y lubricantes permiten aprovechar algunas economías de escala por estos productos.

Para el análisis se ha supuesto una flota de 60 buses, con un promedio de kilómetros recorridos por bus de 100.000 km/año de acuerdo a estimaciones de operadores del sector.

3.1.2 Costos del Transporte Público para Empresarios Actuales

Los empresarios del sector transporte deben incurrir una serie de costos. Estos costos pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Costos Asociados al Chofer
- Costos Operacionales del Bus
- Costos del Validador (cobrador automático)
- Otros costos (Legales, Gremiales)
- Inversiones y Costos Financieros

Costos Asociados al Chofer

Según la información entregada por empresarios del sector en cada bus trabajan dos chóferes. De los costos asociados a los conductores, el más importante es el del sueldo. El salario neto del conductor se calcula a partir de los ingresos por boleto cortado. Entrevistas realizadas a empresarios del transporte indican que el sueldo se calcula como el 15% de los ingresos por boleto cortado en el bus en cuestión. Dado que el bus representativo dispone de dos chóferes, este ingreso se divide entre ambos en partes iguales en los periodos considerados. A pesar de que el sueldo depende directamente de los ingresos operacionales, los empresarios del transporte suelen imponer a sus chóferes por sólo el monto del salario mínimo legal. En el siguiente cuadro se presentan todos los costos asociados al chofer.

CUADRO 3: COSTOS DEL CONDUCTOR EN ESCENARIO ACTUAL

Ítem Gastos Chofer		Valor	Fuente
Seguro Vida	\$/conductor-año	24.072	SECTRA
Uniformes	\$/conductor-año	37.000	SECTRA
Capacitación	\$/conductor-año	60.180	SECTRA
Sueldo Neto Conductor	\$/conductor-mes	292.500	Entrevistas
Accidentes de Trabajo	\$/conductor-mes	20.083	SECTRA
Indemnización	\$/conductor-mes	20.083	SECTRA
Reemplazo	\$/conductor-mes	32.146	SECTRA
Imposiciones	\$/conductor-mes	27.000	SECTRA
Costo Total por Chofer	\$/conductor-mes	401.916	

Costos Operacionales del Bus

Los costos y consumos relacionados con la operación del bus, tales como los costos en seguros, permisos, boletos, administración, además de los precios de referencia de combustibles, lubricantes y los gastos en neumáticos y mantención se resumen en el siguiente cuadro.

CUADRO 4: COSTOS Y PRECIOS OPERACIONALES DE UN BUS EN EL SISTEMA ACTUAL

Item de Gastos Operacionales Bus		Valor	Fuente
Póliza de Garantía	\$/bus-5 años	106.500	SECTRA
Seguro Vehículo	\$/bus-año	1.680.000	SECTRA
Costo Seguro Obligatorio por Vehículo	\$/bus-año	80.196	SECTRA
Permiso de Circulación	\$/bus-año	28.000	SECTRA
Revisión Técnica	\$/bus-año	46.000	SECTRA
Terminal	\$/bus-mes	73.513	SECTRA
Gastos Administración	\$/bus-mes	50.784	SECTRA
Costo Boletos	\$/bus-año	48.000	SECTRA
Litro de Combustible Diesel	\$/lt	287	Mercado
Litro de Aceite de Motor	\$/lt	2.008	SECTRA
Litro de Aceite para Caja	\$/lt	1.534	SECTRA
Litro de Aceite para Diferencial	\$/lt	1.593	SECTRA
Litro de Aceite para Dirección Hidráulica	\$/lt	1.593	SECTRA
Neumáticos	\$/km-bus	10	Expertos ¹⁸
Repuestos, Partes y Mantenimiento	\$/km	21	Expertos ¹⁹

Para poder calcular los costos del combustible y los distintos lubricantes se necesitan los consumos de estos insumos por parte del bus. Éstos se presentan a continuación en el cuadro 5.

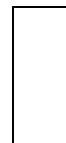
CUADRO 5: CONSUMO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES PARA UN BUS EN EL SISTEMA ACTUAL

Item Consumos		Valor	Fuente
Consumo de Combustible	l/km	0,50000	SECTRA
Consumo Lubricantes Motor	l/km	0,00163	SECTRA
Consumo Lubricantes Caja Automática	l/km	0,00057	SECTRA
Consumo Lubricantes Caja Diferencial	l/km	0,00033	SECTRA
Consumo Lubricantes Dirección Hidráulica	l/km	0,00012	SECTRA

Es importante notar que al pertenecer el bus en cuestión a una sociedad de transporte se negocian en conjunto ciertos insumos, es decir, ellos presentan economías de escala. Los principales insumos negociados son el diesel y el lubricante de motor. En menor medida también se negocian otros lubricantes.

¹⁸ Si bien los datos de SECTRA indican que el costo de los neumáticos alcanzan los 20\$/km-bus, expertos estiman que en la actualidad esta cifra no representa la realidad de las condiciones de los neumáticos. Por ende se asume un monto del 50% del entregado por SECTRA.

¹⁹ Al igual que la nota al pie anterior, se estima que la cifra de 61,6\$/km-bus en mantención y reparación entregado por la Universidad Católica de Valparaíso (UCV) es excesiva, por lo que se asume una cifra del 33% de este valor.



Costos Asociados al Validador

Los costos asociados al validador son los siguientes:

Mantenimiento Validador	3.333 \$/validador-mes (Fuente: Expertos ²⁰)
Seguro de Validador	49.656 \$/validador-año (Fuente: SECTRA)

Otros Costos

Adicionalmente se deben considerar otros costos, los llamados costos legales y gremiales. Los primeros son un promedio anual de gastos por litigaciones y compensaciones que un dueño de bus debe pagar por concepto de siniestros. El valor utilizado se obtuvo de entrevistas a empresarios de transporte. Es importante recalcar que el valor utilizado para este costo corresponde a un promedio. En casos reales, es posible tener costos nulos o mucho mayores a los señalados. Al presentar este ítem tal aleatoriedad, la rentabilidad resultante por bus será la del bus promedio del sector.

A pesar de las economías de escala que se obtienen de la asociación de transporte, es importante recalcar que la pertenencia a asociaciones y gremios genera costos para pertenecer a ellas. Las cifras utilizadas son datos reales de una asociación de transporte (línea) perteneciente a la Asociación Metropolitana. El cuadro 6 resume los costos antes definidos.

CUADRO 6: COSTOS LEGALES Y CUOTAS DE GREMIO Y ASOCIACIONES

Item Otros Costos		Valor	Fuente
Costos Legales	\$/año	800.000	Entrevistas Asociaciones
Costos Gremiales	\$/año	1.104.000	Entrevistas Asociaciones
Costos Asociación	\$/año	2.580.000	Entrevistas Asociaciones

Inversiones, Costos Financieros y Depreciación

Las inversiones requeridas para entrar al sistema actual consideran la compra de un bus y un validador. Los valores de las inversiones se presentan en el siguiente cuadro. Se ha asumido que para ingresar al sistema actual se debe utilizar buses EPA 98 (o EURO III) por lo que se asumen los costos asociados a este.

²⁰ Nuevamente según las estimaciones de SECTRA la mantención del validador debería llegar a \$10.000 mensuales. Es así como expertos en el área indican que esta cifra sobreestima los costos, llegando ellos a ser de un tercio de lo expuesto por SECTRA.

CUADRO 7: COSTO DE INVERSIÓN EN BUSES DIESEL EPA 98

Item Inversiones		Valor	Fuente
Precio Vehículo Nuevo Patrón EPA98	\$/vehículo	74.800.000	SECTRA
Precio Validador Nuevo	\$/validador	4.875.000	SECTRA

Para llevar a cabo estas inversiones, el empresario se endeuda a una tasa anual que fluctúa entre el 7-9%. Actualmente, el pie suele ser 30% o 40% mientras que el resto lo paga en cuotas mensuales a la tasa estipulada. Estas condiciones de crédito se deben a que los operadores por lo general no tienen acceso al sistema financiero tradicional que provee de menores tasas de interés. En consecuencia, la alternativa actual disponible es endeudarse directamente con las carrocerías que proveen de las condiciones de crédito señaladas.

Los datos asumidos para el ejercicio realizado se presentan en el cuadro a continuación. Para la compra del validador se suponen las mismas condiciones de crédito.

CUADRO 8: CONDICIONES DEL CRÉDITO QUE PAGA UN EMPRESARIO POR UN BUS

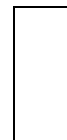
	Valor	Unidad
Tasa de Interés	0,08	Anual
Pie	30	%
Crédito	70	%
Número de Cuotas	60	Mensual

Por último, se supone una depreciación lineal anual del bus, el que al décimo (y último periodo) llega a su valor residual el que se asume de \$8MM a partir de datos provistos por empresarios del sector.

3.1.3 Resultados de Ingresos del transporte público para empresarios actuales

La principal fuente de ingresos es por venta de pasajes. La tarifa considerada es de 300\$/viaje. Entrevistas realizadas con asociaciones de transporte permiten estimar que al mes se venden alrededor de 13.000 boletos. Cabe notar que se estima que adicionalmente cada bus tiene una pérdida de aproximadamente \$500.000 que se reparten entre ambos conductores. En este sentido, eliminar estas pérdidas podría generar ingresos sustancialmente mayores al empresario²¹.

²¹ Cabe notar que si bien se estima que cada chofer se lleva \$250.000 mensuales, las pérdidas son mayores pues una parte de esta pérdida consiste en pasajeros que no pagan la tarifa completa. En este sentido no existen estimaciones concretas respecto de las pérdidas totales que se generan en el sistema debido a los comportamientos de los conductores y pasajeros.



Además, existe una fuente menor de ingresos que corresponde a aquellos generados por venta de publicidad. Las mismas entrevistas arrojan que este valor es del orden de \$33.000/mes.

Respecto al impuesto a las utilidades, al no existir una contabilidad clara de los flujos financieros, el impuesto que se paga es de renta presunta. Este tipo de impuesto carga el 1% al patrimonio de la empresa.

3.1.4 Evaluación Económica del Escenario

A partir de los antecedentes presentados en los cuadros 3 al 8, se construye el flujo de caja del negocio para un bus tipo.

A continuación se presenta el flujo de caja para 10 años correspondiente al bus considerado.

CUADRO 9: FLUJO DE CAJA DE UN BUS NUEVO EPA 98 EN EL NEGOCIO ACTUAL

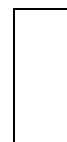
Año	Inversión	Valor Residual	Costos financieros	Costos Operacionales	Ingresos	Utilidades	Impuesto	Flujo de caja
0	23.302.500							-23.302.500
1			13.617.944	33.579.071	47.196.000	-1.015	663.200	-664.215
2			13.617.944	33.579.071	47.196.000	-1.015	598.400	-599.415
3			13.617.944	33.579.071	47.196.000	-1.015	533.600	-534.615
4			13.617.944	33.579.071	47.196.000	-1.015	468.800	-469.815
5			13.617.944	33.579.071	47.196.000	-1.015	404.000	-405.015
6			0	33.579.071	47.196.000	13.616.929	339.200	13.277.729
7			0	33.579.071	47.196.000	13.616.929	274.400	13.342.529
8			0	33.579.071	47.196.000	13.616.929	209.600	13.407.329
9			0	33.579.071	47.196.000	13.616.929	144.800	13.472.129
10		8.000.000	0	33.579.071	47.196.000	21.616.929	80.000	21.536.929

Entrevistas realizadas con empresarios actuales y potenciales operadores del nuevo sistema indican que la rentabilidad mínima exigida del negocio es del 13%. Por este motivo, la tasa de descuento con que se evalúa el proyecto es del 13%.

Al descontar con esta tasa se obtiene un VAN = \$2.374.514. Por otra parte, la TIR del proyecto a 10 años es del 14,5%. De esta forma se observa que al asumir una rentabilidad exigida del 13%, los proyectos con estos buses actualmente son económicamente factibles.

3.1.5 Análisis de Sensibilidad de Resultados

A partir de los resultados del flujo de caja mostrado en el cuadro anterior, es interesante llevar a cabo un análisis de sensibilidad de los principales indicadores (VAN y TIR)



respecto a distintos valores de tasa de descuento y tarifa por viaje, de manera de establecer como influyen estas variables en los resultados del negocio.

En el cuadro siguiente se muestra como varía la rentabilidad de un empresario dueño de un bus EPA 98 frente a variaciones de $\pm \$20$ en la tarifa.

CUADRO 10: RENTABILIDAD DE UN BUS EPA 98 FRENTE A DISTINTAS TARIFAS

Tarifa	VPN (13%)	TIR
280	(10.360.350)	6.60%
290	(3.992.918)	10.50%
300	2.374.514	14.50%
310	8.741.946	18.50%
320	15.109.379	22.60%

De la misma forma interesa saber cómo cambia el Valor Presente del Proyecto (VPN) frente a distintas tasas de descuento. En el cuadro siguiente se muestra como varía la rentabilidad de un empresario dueño de un bus EPA 98 frente a variaciones de $\pm \%3$ en la tasa de descuento.

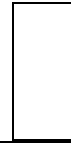
CUADRO 11: VPN DE UN BUS EPA 98 USANDO DISTINTAS TASAS DE DESCUENTO

Tasa Descuento	VPN
10%	8,397,765.1
13%	2,374,514.2
16%	-2,095,233.0

Como se aprecia en los resultados de los dos cuadros anteriores, los resultados financieros del negocio son muy sensibles tanto a la tarifa como a la tasa de descuento que se le exija al proyecto. Si bien la tarifa depende del precio del diesel, a través de un polinomio de cálculo, lo que hace que se amortigüe esta variación, cualquier error o variación en el cálculo de la tarifa pueden producir importantes pérdidas (ganancias) en los empresarios del sector.

3.2 Origen de las fallas de mercado del Sistema de Transporte Público en Santiago

Para examinar desde una óptica económica los problemas del transporte en Santiago es necesario considerar tres niveles: ineficiencias en la organización de la red en su conjunto, problemas asociados a la *forma que toma* la competencia entre y dentro de cada recorrido, e ineficiencias a nivel de la operación de cada empresario. Además hay transferencias no voluntarias de los empresarios a los choferes y gremios que reducen sus utilidades, obligando a subir las tarifas para lograr una rentabilidad aceptable.



a) Ineficiencias en la organización de la red.

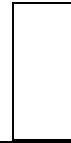
Díaz, Gómez-Lobo y Velasco (2003) proponen que, por razones tecnológicas el costo de transportar una carga mayor de pasajeros puede no aumentar proporcionalmente con el número de pasajeros transportados, es decir se generan economías de densidad. Esto puede suceder por que se pueden utilizar buses más grandes cuyos costos no son proporcionalmente mayores (reduciendo además la congestión), por que ya existe una infraestructura especializada en ese recorrido (por ejemplo un metro), o por que se introducen vías segregadas o exclusivas para el transporte público. Como resultado es más eficiente en este caso satisfacer la demanda de transporte con un sistema integrado, obligando a algunos pasajeros a realizar un transbordo hacia el bus de mayor capacidad. Existe evidencia que existen estas economías de densidad en la industria aeronáutica, lo cual explicaría la configuración de ‘*hub and spoke*’ que ha adquirido esta industria en Estados Unidos desde su liberalización²².

Estos autores proponen que la existencia y magnitud de economías de densidad en la industria de transporte urbano es un asunto empírico. Esta depende de la tecnología disponible y la existencia de infraestructura complementaria como un metro. En el caso urbano también se debe considerar el costo de construir la infraestructura para realizar los transbordos, así como la incomodidad para los pasajeros de realizar dichos cambios, cuando se hace una evaluación de la eficiencia de un sistema integrado de transportes.

En caso de darse estas economías de densidad, cabe la pregunta de porqué no se han aprovechado en Santiago. Si en la industria aeronáutica dichas economías han sido explotadas eficientemente por empresas operando en un mercado competitivo. ¿Por qué se requiere una intervención regulatoria en el caso del transporte urbano? Los autores señalados ofrecen algunas hipótesis no excluyentes entre sí al respecto.

Primero, puede que existan costos fijos muy altos en la construcción de la infraestructura de transbordos o en un sistema sofisticado de boletos que se requiere para tener integración tarifaria. Difícilmente un empresario o grupo de empresarios puede enfrentar este esfuerzo. Otra factor es que las empresas de transporte urbano enfrentan algunas deseconomías de tamaño y por lo tanto no pueden crecer y aprovechar las economías de densidad. En la subsección (c) siguiente se discuten dos razones para ello asociadas a los riesgos por accidente y costos de monitoreo de los choferes. Finalmente, sostienen que la principal fuente de economía de densidad puede provenir de la reducción de los tiempos de viaje asociada a una reducción de la congestión en un sistema integrado de transporte. En este caso, sería difícil para una empresa individual apropiarse de estas ganancias de eficiencia. Por el contrario, se requeriría un cambio coordinado y simultáneo de todos los agentes para mejorar la eficiencia del sistema.

²² Ver Brueckner and Spiller (1994). El sistema de ‘*hub and spoke*’ es un sistema utilizado por las aerolíneas para concentrar pasajeros de distintos orígenes en algún aeropuerto (el *hub* o centro) y desde ahí embarcarlos en aviones más grande hacia otras ciudades.



b) Operación actual de recorridos: un sistema con características de libre acceso

En este sistema se da el clásico efecto de “use it or lose it” típico de bienes de libre acceso²³. Cada empresario dueño de bus busca asegurar cortar el máximo de boletos a nivel individual ya que si no lo hace, otro, de la misma línea o de otra línea que compita en una parte de su tramo, se lleva al pasajero. Por ello se paga al chofer por boleto cortado para incentivarlo a maximizar los pasajeros transportados. En efecto, la estructura actual del sistema lleva a:

- **Competencia en ciertos tramos entre diferentes sociedades de transporte.** Empresarios de diferentes Sociedades de Transporte que comparten una proporción significativa de sus recorridos compiten por los pasajeros a que ambos sirven.
- **Competencia en ciertos tramos entre diferentes líneas o variantes.** Empresarios de una misma Sociedad de transporte pero diferentes Líneas que comparten una proporción significativa de sus recorridos compiten por los pasajeros a que ambos sirven.
- **Competencia entre empresarios de una misma línea.** Empresarios de una misma Línea compiten entre sí por los pasajeros.
- **Competencia entre choferes de un mismo empresario.** Los choferes de cada bus perciben un ingreso que depende directamente del número de boletos cortados, por tanto compiten con cualquier otro bus, incluso del mismo empresario dueño de su bus.

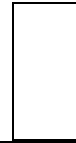
Como consecuencia se circula en exceso y se conduce de manera ineficiente. Una manifestación evidente de este problema son las bajas tasas de ocupación observadas en horas fuera de punta. Debido a la característica de libre acceso conviene a cada empresario circular siempre que la tarifa cubra el costo variable medio.

El resultado final es una disipación significativa de las utilidades (rentas) como se discute en la próxima sección y la generación de externalidades ambientales, inseguridad y congestión señalados en el capítulo anterior.

Por otra parte el sistema de buses licitados compite con otros medios de transporte algunos formales y otros informales. Entre estos últimos existe una competencia desleal por parte de buses piratas que son ilegales y compiten por los mismos pasajeros en ciertos tramos de la red de transporte. Se requiere de mayor fiscalización para eliminarlos del sistema. Además existen los buses no empadronados que, si bien son legales ya que están autorizados para operar fuera del anillo de Américo Vespucio, no están sujetos a las mismas regulaciones²⁴. Sin embargo, éstos en la práctica ingresan al

²³ Si bien las licitaciones realizadas en la década de los noventa limita el ingreso y por tanto el parque total de vehículos, no fue efectivo en regular la competencia que disipa las rentas.

²⁴ Muchos de los buses piratas y no empadronados son los mismos que fueron retirados del sistema con las licitaciones anteriores.



interior de esta zona compitiendo con los buses empadronados (licitados). Esto genera un merma en los ingresos de los empresarios licitados. Adicionalmente los taxis colectivos, que en general no son competidores directos de los buses, si lo son en algunos segmentos. Estos recorridos tampoco han sido licitados, y generan una reducción de los ingresos del sistema licitado.

En conclusión, hay una disipación de las rentas del negocio por competencia entre operarios y una reducción de los ingresos por competencia formal e informal.

c) Ineficiencias en la operación a nivel de los empresarios

Finalmente, existe un conjunto de ineficiencias a nivel de empresas de buses que producen un aumento en el costo de operación del transporte.

No aprovechamiento de economías de escala

Los empresarios del sector autobusero no aprovechan todas las economías de escala disponibles en este sector (ejemplo: menores precios en insumos y menores tasas de interés para financiar los créditos, por nombrar sólo dos). Este fenómeno se produce por un conjunto de razones .

Primero, existe una alta atomización del sector, en el sentido de que conviven muchos empresarios con muy pocos buses como se observa en el cuadro siguiente. Esto se debe a varias razones. En particular los procesos de licitación de recorridos (con excepción del último proceso con el sistema de Metrobus), no han exigido a las sociedades de transporte ni patrimonio ni empresarización. Esto permite la existencia de estos pequeños empresarios dentro del sistema. Sin embargo, este argumento no es suficiente para explicar el que no se generen empresas de mayor tamaño que puedan aprovechar las economías de escala.

CUADRO 12: NÚMERO DE BUSES POR EMPRESARIO, REGIÓN METROPOLITANA, DICIEMBRE 2001

Número de buses por propietario	Número de empresarios	Número total de buses en cada categoría	Porcentaje de buses en circulación en cada categoría
1	2.463	2.463	30,2%
2	774	1.548	19,0%
3	293	879	10,8%
4	117	468	5,7%
5	56	280	3,4%
Entre 6 y 10	106	786	9,6%
Entre 11 y 20	33	479	5,9%
Entre 21 y 50	21	616	7,6%
Más de 50	5	629	7,7%
Total	3.868	8.148	100,0%

Notas: Incluye buses de recorridos licitados, metro buses y expresos.

Fuente: MOPTT, citado en Díaz et al., 2003.

De hecho, diversos empresarios tienen en realidad un mayor número de buses que el nominal, pero estos están a nombre de otras empresas que en general tienen sus familiares. Esta atomización virtual se produce debido al riesgo de pérdida de patrimonio debido a causas judiciales. Como se explicó anteriormente en el sistema actual existe una alta tasa de accidentes de tránsito, que en general acarrearán demandas civiles en contra de la empresa responsable. Debido a ello el empresario se “protege” de este riesgo dividiendo el patrimonio de sus buses entre varios miembros de su familia y con ello evita las altas pérdidas potenciales en caso de juicios desfavorables. Otra razón para mantenerse pequeño son los crecientes costos de monitoreo asociados a controlar el cobro de boletos que realizan los choferes de los buses. Sin embargo, aún cuando el número de buses que posee cada empresario suele ser mayor que el número efectivamente declarado, el total de buses que cada empresario gestiona es bajo (en general menor a 10 buses).

En este contexto, los empresarios no pueden aprovechar las economías de escala intrínsecas a este negocio. De esta forma terminan pagando costos más altos en varios insumos. En particular, se pierden economías de escala en la compra de combustibles, lubricantes y neumáticos, tres de los principales insumos utilizados en el sector, si bien estos son negociados en ocasiones a nivel de línea. Es así como se aprovechan algunas economías de escala en las compras de combustible y lubricantes (como fue expuesto en la sección 2.1). Asimismo, el riesgo del negocio y pequeño patrimonio de cada empresario le impiden acceder por lo general a créditos bancarios, por lo que las empresas carroceras, que le venden los buses, lo hacen con intereses por sobre los del mercado formal.



Postergación de gastos por falta de liquidez

En la sección anterior se estimó una rentabilidad relativamente baja para los empresarios del sector. Los ingresos pueden además sufrir como consecuencia de accidentes. Al no tener acceso a créditos, por lo general están continuamente sujetos a problemas de liquidez. Por ello, es común observar que durante los primeros años de operación de un bus se “sacrifican” algunos gastos, en particular en mantención para mantener la caja en positivo. Además, parte de los gastos gremiales suelen postergarse hasta que el empresario haya pagado efectivamente el bus (5 años). De esta forma el empresario puede operar todos los años con flujos de caja positivos, pero sacrificando la mantención en los primeros años. Como resultado hacia el fin de la vida útil de los buses, éstos operen un número menor de días al mes (debido a continuas fallas mecánicas), y con ello se perciben menores ingresos. De la misma forma, dado que la calidad del bus es deficiente, su valor residual también es menor.

Manejo ineficiente por problema de agencia entre el empresario y el chofer

Otra forma de ineficiencia al interior de la empresa de buses ocurre debido a la relación entre el dueño del bus y el conductor del mismo. El conductor recibe un salario variable por número de boletos cortados en el bus, lo cual genera una conducción ineficiente de parte del chofer acelerando y frenando bruscamente para captar pasajeros. Este salario variable se utiliza para alinear los incentivos del empresario con los del conductor, ya que éste intenta captar por ello la mayor cantidad de pasajeros posibles.

Cabe notar que, aún cuando como resultado de esta forma de competir el riesgo de accidentes, los costos operacionales y el deterioro de los buses son mayores, para el empresario este esquema es preferible a otro de salario fijo que lleve a una conducción segura. En este caso se tiene el típico “dilema del prisionero” en el cual, si todos los conductores manejan de forma segura podrían captarse un número muy similar de pasajeros en promedio, a un costo sustancialmente menor, aumentando las utilidades. Sin embargo, cada conductor tiene el incentivo de conducir en forma insegura dado que el resto conduce en forma segura debido a que con ello captaría parte de los pasajeros del resto, incrementando su ingreso. El equilibrio en este caso es que todos conduzcan en forma insegura.

d) Transferencias no voluntarias que reducen los ingresos de los empresarios

Finalmente, la rentabilidad del negocio se ve afectada por la evasión de los conductores y la necesidad de pagar cuotas a los Gremios de Transporte para recibir servicios de escaso valor.



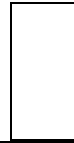
Pérdidas por evasión de los conductores

El hecho que el conductor recaude conduce al fenómeno de “evasión”, al apropiarse indebidamente de parte de los ingresos al no entregar boleto, utilizar talonarios de boletos “paralelos”, o cobrar menos que la tarifa establecida. Cabe señalar que esta es una práctica conocida dentro del sistema y que se genera fundamentalmente debido a que (i) el chofer recauda el ingreso arriba del bus; y (ii) el chofer tiene incentivos para evadir dado que la oferta de conductores es relativamente inelástica. Según los mismos empresarios al despedir a un conductor de una empresa, este encuentra trabajo “al día siguiente” en otra empresa. Este fenómeno se produce debido a que existen ciertos requisitos que impiden que cualquier persona pueda conducir un bus de locomoción colectiva, en particular un número de años determinados de tener licencia de clase A. Al ocurrir esto, los conductores tienen incentivos para obtener estos ingresos adicionales, pues en caso de ser despedidos pueden encontrar trabajo en forma relativamente sencilla. Cabe señalar que la existencia de este fenómeno también podría generarse en un escenario de salario fijo para el conductor.

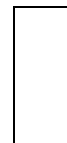
La solución propuesta por parte de los empresarios pasaría por eliminar el cobro dentro del bus. Una alternativa sería imponer el uso de tarjetas de prepago con torniquetes, o bien en la línea del Transmilenio de Bogotá, que el cobro se realice en el paradero (como estaciones de Metro, es decir que el pasajero suba “pagado”). Este problema en forma definitiva requiere adicionalmente que exista una oferta mayor de conductores, tal que la amenaza de pérdida de trabajo, desincentive la evasión arriba del bus.

Apropiación de rentas: los gremios

Una última fuente de pérdida de utilidad del empresario tiene que ver con la necesidad de pertenecer a un Gremio de Transporte. En efecto, los Gremios se apropian de parte de las rentas del transporte, a través de cobros legales y otros cercanos a la ilegalidad. Este fenómeno se produce debido a que existen barreras de entrada y salida en el negocio. En particular para ingresar a operar en el sistema se debe pertenecer a una sociedad de transporte que a su vez pertenece a un Gremio. Sin embargo, una vez dentro del Gremio, los costos de salida son altos. La razón de esto radica en que los gremios ofrecen ciertos “servicios” a sus asociados, que al momento de dejar de pertenecer al gremio, dejan de percibir. En particular, y a modo de ejemplo de los servicios ofrecidos, se destacan las asesorías legales. Los gremios ofrecen a sus abogados para las defensas en los juicios por accidentes. De esta forma, y dado el conocimiento de estos abogados del sistema judicial, los juicios se alargan hasta que el patrimonio de la empresa afectada se reduzca y con ello minimice las pérdidas judiciales. En caso de que un asociado quiera retirarse del gremio, los abogados dejarán de defender al asociado y con ello, este percibe un costo alto que lo desincentiva a disociarse del gremio. Los cobros a los asociados parecen altos respecto de los beneficios obtenidos, por lo que se estima que capturan parte de la renta del negocio.



Todas estas ineficiencias a nivel del negocio del empresario generan una reducción en las utilidades, por lo que al reducirse éstas, la rentabilidad del negocio del transporte debería ser bastante mayor a lo estimado en la sección anterior (14%). Esto permitiría en particular, ya sea reducir la tarifa, o bien mejorar la calidad del servicio prestado. Estas opciones se analizan en la sección 5.1

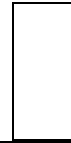


4 Aplicabilidad de iniciativas relacionadas al Protocolo de Kyoto para el rediseño y cambio tecnológico del sistema de transporte urbano de Santiago

En el Protocolo de Kyoto se estableció que los países desarrollados deben reducir sus emisiones de GEI a un nivel que va entre 5% y 10% por debajo de los niveles de emisión de 1990, lo cual debe cumplirse en el período 2008 al 2012. Para cumplir con estos objetivos, el Protocolo de Kyoto establece 3 mecanismos de flexibilidad que permiten a los países desarrollados (también señalados como Anexo I) cumplir con las exigencias de reducción de emisiones fuera de sus fronteras. Dos de estos mecanismos sólo pueden llevarse a cabo entre países considerados en el Anexo I, estos son los proyectos de Implementación Conjunta (Joint Implementation), según se describe en el Artículo 6 del Protocolo de Kyoto; y el Comercio de Emisiones (Emissions Trading), según lo dispuesto en el Artículo 17 del Protocolo de Kyoto. El tercer mecanismo de flexibilidad establecido en el Protocolo de Kyoto es el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cual se establece en el Artículo 12 de dicho protocolo. Este artículo establece los mecanismos para un desarrollo limpio cuyo propósito es ayudar a las partes no incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención sobre Cambio Climático, así como ayudar a las partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

En el ámbito del transporte y el Protocolo de Kyoto existen diversos proyectos que se están desarrollando con distintos grados de avance. Dichos proyectos están siendo desarrollados por actores del sector público y privado. En el ámbito público se han desarrollado proyectos con el financiamiento del GEF, como es el caso de Chile, México, Egipto, Pakistán entre otros. Todos estos proyectos han contribuido de manera importante al conocimiento para la elaboración de líneas bases en el sector transporte, además de aspectos específicos, tales como: utilización de tecnologías limpias en el transporte, cambios operacionales en el mismo, utilización de combustibles limpios, etc., adecuados a la realidad de cada uno de los países que han solicitado dichos fondos. Por otra parte, las iniciativas privadas apuntan a la determinación de reducciones de emisiones de GEI, debidas principalmente a la sustitución de gasolinas por combustibles más limpios, principalmente la utilización del Gas Natural Comprimido (GNC) en vehículos livianos, por cuanto es más fácil determinar las líneas bases en este caso.

Considerando que el Protocolo de Kyoto establece mecanismos de flexibilidad cuya finalidad es permitir la comercialización de los Créditos de Carbono (CERs) entre países desarrollados y en desarrollo, y que dicha comercialización se dará entre empresas del sector privado, la lógica que primará a la hora de cerrar negocios de compra de CERs es la que existe en cualquier negocio entre empresas privadas. Es decir, el comprador verificará que la empresa vendedora esté consolidada en el mercado local, la rentabilidad del proyecto en el largo plazo considerando las rentabilidades exigidas en los países donde se desarrolle el proyecto (esto depende del riesgo país), etc. Por su parte, el



vendedor verificará la capacidad de pago de la empresa compradora, el precio al cual le están comprando los CERs y los costos de transacción asociados a la preparación del proyecto como MDL. Adicionalmente, en este proceso de negociación están involucrados los siguientes actores: Autoridad Nacional Designada, Entidad Operacional Designada, Desarrollador del Proyecto, Brokers y el Cuerpo Ejecutivo de la Convención.

El gran problema que enfrentan los proyectos de transporte público, como es el caso del transporte urbano de Santiago, es la determinación de la línea base que permita estimar con exactitud las reducciones de emisiones de GEI que se producirán en virtud de un cambio tecnológico, así como también, de los cambios operacionales y de infraestructura. Para resolver este problema es necesario contar con las herramientas adecuadas que permitan realizar estas estimaciones considerando la complejidad y gran cantidad de información que se requiere para llevar a cabo las evaluaciones pertinentes. La información requerida es entre otras la siguiente: flujos vehiculares, demanda de pasajeros, velocidades de operación del parque vehicular, tipos de tecnologías de transporte, factores de emisión por categoría de vehículo, etc.

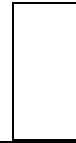
En el caso del transporte público de Santiago, un aspecto fundamental para la viabilidad del negocio es que los compradores puedan comprar los CERs a empresas privadas con credibilidad y un patrimonio que les asegure a los compradores la operación de las mismas en el largo plazo. Esta no es la realidad actual del transporte público en Santiago, pero se espera que una vez materializada la empresarización del transporte y la entrada de importantes actores privados internacionales a este sector, esto será posible.

4.1 El Mercado de Carbono

4.1.1 Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

Como es sabido, el MDL ha abierto la posibilidad de participación de los países en desarrollo como Chile en el "Mercado Internacional del Carbono", lo cual permite, a los países con compromisos de reducción de emisiones de GEI, dar cumplimiento a parte de sus obligaciones a través de la adquisición de reducciones certificadas alcanzadas mediante la implementación de Proyectos orientados a este fin en los países en desarrollo. Por medio del MDL se oficializa la oferta de CERs, un nuevo bien transable. Los países desarrollados (compradores) pueden adquirir este nuevo bien, obtenido en proyectos que fijen, reduzcan o eviten emisiones de GEI.

Para que los proyectos de reducción de emisiones de GEI puedan transar sus CERs en el mercado internacional, deben validarse como proyectos MDL de acuerdo con lo establecido en el Artículo 12 del Protocolo de Kyoto. Esto es de fundamental importancia, en consideración a que los compradores de emisiones verificarán que el proyecto cumpla con los requisitos establecidos en el marco del MDL con el fin de que sus emisiones sean reconocidas como válidas por la Convención de Cambio Climático



(UNFCCC) para cumplimiento de sus metas. Los requisitos establecidos por el Protocolo de Kyoto para registrar un proyecto como MDL son:

- i) Las reducciones deben ser cuantificables y adicionales, conceptos que están directamente relacionados con la definición de la línea base del proyecto;
- ii) El proyecto debe ser sustentable. Es decir la reducción de emisiones no puede ser revertida. Esto no se da por ejemplo en los proyectos de captura de carbono por medio de forestación, en los que la reducción de emisiones de CO₂ se da solamente por un período de tiempo.
- iii) Las reducciones deben ser verificadas por una entidad independiente validada por el UNFCCC.
- iv) El proyecto debe ser aprobado por el Gobierno del país en el que se desarrolla el proyecto. La validación de parte del Gobierno la realiza la Autoridad Nacional Designada, la cual en el caso de Chile corresponde a la Comisión Nacional del Medioambiente (CONAMA).

En la práctica, la verificación de estos criterios se debe realizar mediante el siguiente proceso, en el cual están involucrados diferentes tipos de actores, siendo los principales el comprador, el vendedor (o desarrollador del proyecto), el validador del proyecto como MDL ante el UNFCCC y el verificador de las reducciones una vez el proyecto está implementado. En estos 2 últimos casos los actores (también conocidos como Entidad Operacional Designada) corresponden a auditores privados validados por el UNFCCC y quienes deben ser contratados por el desarrollador del proyecto.

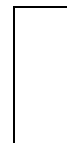
Las etapas de este proceso se describen brevemente a continuación.

CUADRO 13: ETAPAS DEL PROCESO DEL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO

Etapa	Descripción	Responsabilidad
Identificación y Formulación del proyecto Documento de Proyecto (PDD)	Identificación del proyecto y elaboración de un documento de diseño que incluya la línea base, adicionalidad, contribución al desarrollo sustentable, plan de monitoreo y verificación, y opiniones de tomadores de decisión a nivel nacional.	Desarrollador de proyecto
Aprobación Nacional	Aprobación nacional consistente con las leyes vigentes locales y con las prioridades políticas.	Desarrollador de proyecto - Autoridad Nacional Designada (CONAMA)
Validación	Validación independiente de un tercero en relación con la línea base y otros detalles con el fin de asegurar que la posterior verificación permita entregar reducciones certificadas de emisiones	Entidad Operacional Designada (DNV, PWC, SGS, otros)
Registro	Registro del proyecto con el Cuerpo Ejecutivo del MDL una vez obtenida la aprobación del gobierno local mediante la Autoridad Nacional Designada.	Cuerpo Ejecutivo por solicitud, si corresponde, de la entidad Operacional Designada.
Financiamiento	El inversionista (s) entrega capital en forma de deuda o patrimonio; los inversionistas pueden ser o no compradores de créditos de carbono.	Desarrollador del proyecto
Implementación	Construcción e iniciación de operaciones	Desarrollador del proyecto
Monitoreo	Una vez implementado, se debe monitorear el desarrollo del proyecto y las reducciones de emisiones logradas.	Desarrollador del proyecto
Verificación	Una entidad independiente debe verificar que el desempeño del proyecto se adecua al diseño de éste, incluyendo el tema de la línea base.	Entidad Operacional Designada
Certificación y emisión de los CERs	Sobre la base de los resultados del informe de verificación, el Cuerpo Ejecutivo del MDL certifica y emite los CERs.	Cuerpo Ejecutivo

Respecto a los costos de transacción en los proyectos MDL, éstos se dividen en 2 según la etapa de Implementación del proyecto. En primer lugar los costos de pre-implementación del proyecto abarcan los costos asociados a las etapas de negociación, aprobación y validación. En segundo lugar, los costos de implementación del proyecto abarcan los costos de monitoreo y verificación una vez que el proyecto haya sido implementado. Según datos del PCF, los costos típicos de transacción de la etapa de negociación van desde US\$ 147.000 a US\$ 430.000, por otra parte, los costos de aprobación van desde US\$ 47.000 a US\$ 243.000. Finalmente, los costos de validación del proyecto ante el cuerpo ejecutivo del MDL van desde US\$ 20.000 hasta US\$ 40.000.

Una de las lecciones más importantes obtenidas de las primeras transacciones de CERs que se han llevado a cabo mediante el MDL, es que los costos de transacción asociados a



todo el ciclo descrito anteriormente son altos, con lo cual se dificulta en gran medida la implementación de proyectos MDL de pequeña escala.²⁵ Por ejemplo, el PCF señala que para que un proyecto sea interesante, desde el punto de vista del vendedor de los CERs, el financiamiento por concepto de venta de reducciones de emisiones debe ser mayor a US\$ 2 millones. Este hecho ha dejado en el camino a una gran cantidad de proyectos interesantes desde el punto de vista ambiental, pero que no logran absorber los costos de transacción asociados. Por esta razón, el Acuerdo de Marrakesh estableció la necesidad de elaborar procedimientos simplificados para la presentación de proyectos MDL de pequeña escala. Actualmente el cuerpo ejecutivo del MDL se encuentra terminando la elaboración de estos procedimientos, los cuales podrán ser vistos en <http://cdm.unfccc.int/EB/Panels/ssc/ProjectActivities>

A continuación se describen los principales compradores que actualmente se encuentran operando en el mercado global de emisiones.

4.1.2 Inversionistas Institucionales

Diversas entidades públicas y privadas han mostrado interés en financiar proyectos que reducen emisiones de GEI y que califiquen como proyectos MDL. Estos se discuten a continuación.

Fondo Holandés

El Gobierno holandés cuenta con fondos para la compra de reducciones de emisiones de CO₂ en proyectos de países en desarrollo que califiquen como MDL. La gestión de este fondo está a cargo del Ministerio de Medioambiente, Vivienda y Planificación (VROM), entidad que usa estos fondos para la compra de Reducciones de Emisiones Certificadas (CERs) en proyectos sustentables de países en desarrollo en una manera costo – eficiente, lo cual permite generar ingresos adicionales para los desarrolladores del proyecto y al mismo tiempo ayudar al gobierno holandés a cumplir con sus metas de reducción de emisiones acordadas en el Protocolo de Kyoto.

La materialización de la transacción de la reducción de emisiones debe realizarse a través de entidades intermediarias, contratadas directamente por el gobierno de Holanda. Estas entidades son las siguientes para el caso de proyectos en el sector energía :

- International Finance Corporation (IFC) (www.ifc.org/enviro/EFG)
- International Bank for Reconstruction and Development (IBRD) (www.worldbank.org)
- Corporación de Fomento Andino (<http://www.caf.com/view>)

²⁵ Proyectos que reducen GEI pero que no emiten más de 15.000 toneladas al año.



Para seguir el conducto regular establecido por el gobierno holandés, se debe presentar el proyecto a uno de estos intermediarios en el formato en el que lo soliciten, y seguir el procedimiento establecido en cada caso.

Fondo Prototipo de Carbono

Uno de los compradores más importantes en el actual mercado global de emisiones es el Fondo Prototipo de Carbono (PCF). El PCF es administrado por el Banco Mundial y se ha constituido con fondos de entidades públicas y privadas. El objetivo del PCF es la compra de reducciones de emisiones de GEI certificadas en proyectos relacionados con reemplazo de combustibles fósiles por fuentes renovables y con el aumento de la eficiencia energética, los cuales deben calificar como MDL.

El ciclo que debe cumplir un proyecto para vender sus reducciones al PCF consta de una serie de etapas, la cual comienza con la presentación de la idea del proyecto a los especialistas del PCF, aceptación por parte del PCF, validación como MDL ante el UNFCCC, implementación del proyecto, monitoreo de las reducciones y, finalmente, el pago del PCF por estas.

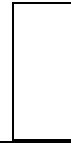
En cuanto al pago de los CREs por parte del PCF se puede mencionar que estos se llevan a cabo una vez implementado el proyecto. Por otra parte, los costos de transacción en los que se incurre en todo el proceso de registro del proyecto como MDL ante la junta ejecutiva del MDL debe ser cubierto por el desarrollador del proyecto. Estos costos de transacción son financiados por el PCF en su primera etapa, es decir hasta el momento de la validación del proyecto ante la Junta Ejecutiva del MDL. El PCF cobrará al desarrollador del proyecto los costos de transacción asumidos en la primera etapa del proyecto una vez que el proyecto opere. Este cobro por parte del PCF se efectuará como parte de los CERs adquiridos del proyecto.

4.1.3 Inversionistas Privados

Empresas Japonesas

Entre estos inversionistas destacan las empresas japonesas y canadienses. En relación con compradores japoneses se pueden mencionar a las siguientes empresas que actualmente se encuentran en busca de proyectos MDL:

- J Power (www.jpowers.co.jp/english): Empresa de generación y transmisión eléctrica japonesa establecida en 1952. Actualmente J Power vende electricidad a las 10 principales compañías eléctricas a través de plantas hidroeléctricas y térmicas a carbón que ellos construyen y operan.
- Toyota (www.toyota-industries.com)



El contacto con estos compradores Japoneses para el análisis de la transacción de las reducciones de emisiones de CO₂ se realiza a través de la empresa MGM International, broker que cuenta con experiencia en la implementación de proyectos MDL en el sector energía y transporte. El contacto en esta empresa es con el Sr. Marco Monroy, Gerente General de MGM International.

Empresas Canadienses

Respecto a la identificación de compradores Canadienses es importante señalar que en el año 1998 el gobierno de Canadá estableció la Oficina Canadiense de Mecanismo de Desarrollo Limpio e Implementación Conjunta, la que tiene como uno de sus principales objetivos el asistir y ayudar a entidades canadienses a obtener créditos de reducción de emisiones de CO₂ a través de proyectos MDL en países en desarrollo. Con esto se ayuda al Gobierno de Canadá a cumplir su meta de reducción de GEI acordada en el Protocolo de Kyoto. En el caso de Chile el contacto para presentar proyectos a este mecanismo es a través de la embajada Canadá en Chile, específicamente con la encargada Sra. Margot Edwards.

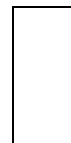
Una empresa que ha estado en permanente búsqueda de proyectos de reducción de GEI en el marco del MDL ha sido la compañía de generación eléctrica Transalta Corporation (www.transalta.com). Esta empresa está focalizando sus adquisiciones de CERs en México, no obstante también continúan en la búsqueda de proyectos que califiquen como MDL y que permitan lograr reducciones de buena calidad y a bajo costo²⁶.

4.1.4 Global Environmental Fund (GEF)

El Global Environment Fund inicia sus operaciones a partir del año 1993, con posterioridad a la cumbre de Cambio Climático, donde fue definida su creación, llevada a cabo en la Ciudad de Río de Janeiro en el año 1992. El objetivo de este fondo era dar inicio a las actividades en países en desarrollo en materia de cambio climático, con particular énfasis en los temas de energía y biodiversidad. Cabe señalar que la postulación a estos fondos se puede realizar a través de tres ventanillas. (i) El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en cada uno de los países donde tiene oficinas; (ii) El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y; (iii) El Banco Mundial.

Este fondo ha contribuido de manera sustancial a la consolidación y posterior operación de la institucionalidad del protocolo de Kyoto. Con estos fondos se financiaron las comunicaciones nacionales de todos los países que suscribieron el Protocolo de Kyoto, lo cual implicó, entre otras acciones, realizar inventarios nacionales de GEI, estudios de adaptabilidad y mitigación para el cambio climático, actividades habilitantes (enabling

²⁶ Información entregada por correo electrónico por Rochelle Pancoast, Adquisitions Manager – GHG Offsets and Strategy, Transalta Corporation.



activities) para que los países incorporen los conceptos de cambio climático en sus políticas nacionales, etc.

En términos de las opciones de financiamiento que ofrece el GEF, éste financia los costos adicionales e "incrementales" relacionados con la transformación de un proyecto que produce beneficios nacionales en un proyecto que produce beneficios globales para el medio ambiente. Por ejemplo, la elección de tecnologías basadas en la energía solar en lugar del carbón o el petróleo diesel cumple el mismo objetivo de desarrollo nacional (generación de energía), pero es más costoso. Las subvenciones del GEF cubren la diferencia o el "incremento" existente entre una opción más económica pero más contaminante y una opción más costosa pero menos perjudicial para el medio ambiente.

El financiamiento ofrecido por el GEF considera tres categorías de proyectos: grandes, medianos y actividades habilitadoras. Adicionalmente también entrega financiamiento para la preparación de proyectos (Project Development Facility PDF) en tres categorías (A, B, C). Para mayores antecedentes, respecto de este fondo, recomendamos visitar la página WEB de la CONAMA (www.conama.cl/gef/).

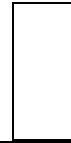
Chile ha sido beneficiado con diversos proyectos financiados a través del GEF, en la tabla siguiente se muestra un listado de proyectos financiados por el GEF, cuya agencia de implementación ha sido el PNUD.

CUADRO 14: PROYECTOS NACIONALES BENEFICIADOS POR EL GEF

Nombre del Proyecto	Institución Ejecutora	Estatus en el Proceso de Aprobación de Estudio	Agencia de Implementación	Breve Descripción del Proyecto	Tipo y Localización del Proyecto
Reducción de gases efecto invernadero en Chile	CNE	Ejecutado 1999-2000	PNUD	Gasificación de biomasa en la X Región y eficiencia energética en la Pequeña y mediana empresa.	PROYECTO GRANDE X Región de Los Lagos y Región Metropolitana.
Remoción de barreras para la electrificación rural con energías renovables en Chile, Regiones IV y X	CNE	Proyecto en ejecución	PNUD	Apoyar el programa de electrificación rural impulsado por el Gobierno de Chile en su componente de energías renovables.	PROYECTO GRANDE IV Región de Coquimbo y X Región de Los Lagos
Capacitación de Chile para cumplir sus compromisos con la Convención Marco de NNUU sobre cambio climático	CONAMA	Ejecutado 1997			ACTIVIDADES HABILITADORAS Nivel Nacional
Finalización del inventario de gases efecto invernadero del sector no energético y análisis de opciones de mitigación.	CONAMA	En ejecución 1997	PNUD	Elaboración de la primera comunicación nacional a la Convención de Cambio Climático	ACTIVIDADES HABILITADORAS Nivel Nacional

Al listado de proyectos anteriormente señalado es necesario añadir el proyecto de Transporte Sustentable para la Ciudad de Santiago, ejecutado por el Banco Mundial, actualmente en preparación.

Dada la complementariedad existente entre los fondos del GEF y los otros fondos de cambio climático implementados con posterioridad es que se prevé la continuidad de este fondo, de hecho ha sido aprobado su programa operacional hasta el año 2006.



4.2 Discusión de aspectos técnicos relevantes relacionados al protocolo de Kyoto en el sector transporte

4.2.1 Definición de Línea Base

La línea base del proyecto se define como el escenario que habría ocurrido si el proyecto no se implementara. De esta forma, la línea base representa la herramienta que se utiliza para cuantificar las reducciones de emisiones obtenidas gracias a la implementación de un proyecto, con lo cual se mide también el grado de adicionalidad del mismo. Esta adicionalidad será efectiva si las emisiones producidas por la operación del proyecto son menores que las que se producirían en el escenario representado por la línea base.

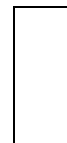
En proyectos de transporte la estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos, en cualquier escenario, estará dada en función de dos parámetros fundamentales:

- i) Factores de emisión de contaminantes atmosféricos asociados a las distintas categorías de vehículos del parque vehicular.
- ii) Nivel de actividad del sector transporte.

Los factores de emisión de las distintas categorías vehiculares dentro de un sistema de transporte dependen de las características técnicas de los vehículos, el tipo de combustible utilizado, presencia de sistema de abatimiento de contaminantes, patrones de operación característicos de esa categoría vehicular en el sistema de transporte (también conocidos como ciclos de conducción), etc. Por otra parte, el nivel de actividad del sector transporte estará caracterizado por las velocidades de los flujos vehiculares en ese sistema, la composición vehicular del parque local, la demanda de pasajeros, etc.

Por tanto, para establecer la línea base de emisiones de un proyecto de transporte se requiere conocer estos parámetros en la actualidad y proyectarlos a futuro en el horizonte de evaluación del proyecto. Al respecto, es importante señalar que para realizar esta proyección se deben tener en cuenta todos los proyectos de transporte, políticas y normativas de transporte, que ocurrirían de todos modos a futuro, es decir, independiente de si el proyecto se implementa o no. Las dificultades asociadas a esta proyección se deben, en primer lugar, a la gran cantidad de información requerida para estimar las emisiones, y en segundo lugar, que además esta información se genera en fuentes de emisión móviles dentro de una zona muy amplia. Por esta razón, las proyecciones de las emisiones actuales para determinar la línea base del proyecto están sujetas a ciertos niveles de incertidumbre.

En el caso de Santiago, solamente se cuenta con factores de emisión locales para el caso de vehículos livianos de ciclo Otto. Para el resto de las categorías vehiculares, los factores de emisión utilizados son recopilados de la literatura internacional,



específicamente de la metodología europea COPERT III²⁷. Por lo tanto para estos casos, las estimaciones de las reducciones de emisiones no son necesariamente las reales, por lo que se requiere llevar a cabo nuevos programas experimentales que permitan generar factores de emisión característicos del parque total de vehículos. El desarrollo de estos programas de determinación de factores de emisión consta de 2 fases: la primera fase corresponde a la determinación de los patrones de conducción característicos de una determinada categoría vehicular dentro del sistema de transporte local. La segunda fase es la reproducción de estos patrones de conducción en laboratorios especializados, con el fin de medir con instrumentación de alta complejidad las emisiones de contaminantes atmosféricas provenientes del tubo de escape de los vehículos.

Por último, es importante señalar que en proyectos macro de transporte, la determinación de la línea base de emisiones se puede realizar en función de una proyección de los consumos anuales históricos de combustible en el sector transporte. Estas proyecciones simplificadas se realizan sobre la base de parámetros macroeconómicos tales como el PIB, nivel de población, estadísticas de viajes de pasajeros (origen destino), etc. No obstante lo anterior, las incertidumbres en la estimación producto de la aplicación de esta metodología no permiten su utilización en proyectos de transporte específicos, tales como cambio tecnológico de sistema de buses, cambios en la infraestructura y operación del sistema, etc. Para estos casos se requiere la utilización de modelos sofisticados de simulación de transporte y cálculo de emisiones, los cuales en el caso de Santiago están disponibles como se explicará más adelante.

4.2.2 Concepto de Adicionalidad

La adicionalidad de las reducciones de emisiones es una precondition esencial para un proyecto para ser elegible bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Esto significa que el proyecto debería resultar en un nivel más bajo de emisiones sin pérdidas y doble contabilidad, además debería haber una clara propiedad de las reducciones de emisiones resultantes. Desde la perspectiva del país local, es importante interpretar el concepto de adicionalidad en una perspectiva amplia, para asegurar que el proyecto MDL propuesto es adicional a lo que ocurriría de todos modos. La adicionalidad regulatoria se encuentra si el proyecto excede los estándares de regulación o implementa regulación no forzada que resulte en menor nivel de emisiones de GEI.

Dada la importancia fundamental que tiene este concepto para la validación de los CERs, por parte de los distintos actores institucionales del MDL, y que el concepto ha sido modificado conforme se han integrado los actores privados a la institucionalidad del MDL es que se entrega la experiencia del tratamiento privado en el abordaje de este concepto. Como es de público conocimiento, el MDL fue concebido como un mecanismo de flexibilidad para permitir las reducciones de GEI, en un principio el concepto de adicionalidad fue definido como: cualquier proyecto puede vender sus CERs, cuando la venta de éstos le da rentabilidad al proyecto, es decir, un proyecto con

²⁷ Computer Program to Estimate Emissions from Road Transport (COPERT III), Noviembre de 2001.



rentabilidad negativa, al vender los CERs y obtener rentabilidad positiva sería adicional y por lo tanto podría vender sus CERs.

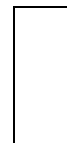
Sin embargo, se verifica en la práctica que aun cuando los proyectos tengan rentabilidad positiva estos no se hacen por las siguientes razones: (i) riesgo país, hay países donde proyectos con rentabilidades superiores al 20% no se hacen ya que los inversionistas no están dispuestos a realizar la inversión con esas tasas de rentabilidad; (ii) incertidumbres en la evaluación del proyecto; (iii) barreras regulatorias como es el caso de los proyectos de cogeneración que aun con rentabilidades positivas son de alto riesgo; (iv) desconocimiento de la tecnología por parte de los inversionistas, esto es clásico en los proyectos de eficiencia energética. Por lo tanto el concepto de la adicionalidad ha sufrido importantes cambios en virtud de las razones señaladas con anterioridad. En consecuencia dicho concepto se analiza proyecto a proyecto y será la Entidad Operacional Designada o el Cuerpo Ejecutivo de la Convención, los que en definitiva acepten la definición de adicionalidad del proyecto entregada por el desarrollador del mismo.

4.2.3 Monitoreo

El monitoreo corresponde al proceso de seguimiento continuo del proyecto a través de la medición de los parámetros revelantes que permitan una adecuada verificación a futuro de los resultados planteados en el PDD. Esta etapa se lleva a cabo una vez que el proyecto ha sido validado y se encuentre en un estado de implementación.

Como parte del PDD del proyecto, se debe incluir un diseño de un Plan de Monitoreo para ser aplicado una vez que el proyecto ha sido implementado. Este diseño debe incluir lo siguiente:

- Recopilación de los datos para estimar o medir las emisiones de GEI que se produzcan por la implementación del proyecto durante el período de acreditación.
- Recopilación de los datos para determinar la línea base de emisiones del proyecto dentro del período de acreditación.
- Determinación de las posibles fuentes de incremento de emisiones de GEI fuera del ámbito del proyecto, y que sean significativas y atribuibles al proyecto. Además de la recopilación de los datos y archivos relevantes para ello. Este caso aplica a proyectos de tecnologías eléctricas como tranvías, trolebuses y metro, debido a que aunque no producen emisiones de GEI in situ, sí la producen indirectamente por la generación de electricidad en el sistema eléctrico local.
- Recopilación de información relacionada con las disposiciones sobre impactos ambientales del proyecto.
- Procedimientos de garantía y control de calidad del proceso de monitoreo.
- Procedimientos para el cálculo periódico de la reducción de emisiones del proyecto, considerando potenciales fugas o emisiones indirectas.



- Detalle de todas las etapas de cálculo listadas anteriormente.

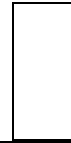
Es importante señalar que pueden plantearse dos tipos de plan de monitoreo y verificación. El primero es aquel que utilizará modelos de transporte para la determinación de las emisiones, y el segundo es aquel que utilizará datos gruesos de consumos de combustible y kilometrajes durante un tiempo de evaluación determinado (1 mes, 6 meses o 1 año).

En el primer caso la recopilación de los datos para estimar o medir las emisiones de GEI producidas por la Implementación del proyecto, implica la determinación de los factores de emisión de una flota representativa de la o las tecnologías aplicadas en el marco del proyecto en el sistema de transporte local. Como se mencionó anteriormente, estas determinaciones se deben realizar en laboratorios especializados bajo condiciones de operación características de los vehículos. La frecuencia de la determinación de estos factores de emisión debería ser aquella que permita reflejar adecuadamente los posibles deterioros en el nivel de emisiones, generalmente se utiliza un período de 1 año. Posteriormente, estos factores de emisión son utilizados en forma conjunta con los datos sobre actividad vehicular generados por un modelo de transporte validado, para obtener una estimación de las emisiones provenientes del sistema de transporte en su totalidad.

En el segundo caso, el monitoreo se realiza mediante el registro diario de los consumos de combustible y del kilometraje en un bus representativo de una tecnología a implementar en un determinado proyecto. Esta información es utilizada en conjunto con factores de emisión de GEI en función del contenido de carbono del combustible para obtener, mediante una metodología estandarizada, las emisiones generadas por ese bus en un determinado período de tiempo. Luego por multiplicación simple se estiman las emisiones de toda la flota de buses del proyecto. En este caso, para que las mediciones puedan reflejar el efecto de proyectos de cambio operacional, éstas deben ser realizadas bajo estas mismas condiciones de operación.

4.2.4 Verificación y Certificación

La verificación es la revisión periódica e independiente de las reducciones de emisiones observadas del proyecto una vez que éste ha sido implementado. El verificador independiente debe asegurarse de que las reducciones de emisiones se han obtenido de acuerdo con las metodologías y condiciones acordadas en la validación inicial del proyecto MDL. El verificador en sí es una entidad operacional designada, y debe ser reconocida por el UNFCCC para efectuar esta función. Hasta la fecha el UNFCCC no ha reconocido ninguna entidad operacional, no obstante está en proceso de acreditación de varias entidades privadas de auditoría o consultoría. Esta lista se puede consultar en la siguiente página web: <http://cdm.unfccc.int/DOE/callforinputs>.



Por otra parte, la certificación es una carta o documento en el que el verificador asegura que, durante un período específico de tiempo, el proyecto ha alcanzado las reducciones de emisiones de GEI que se han verificado.

4.2.5 Requerimientos Técnicos para Proyectos de Transporte

4.2.5.1 Requerimientos en cuanto a Equipamiento

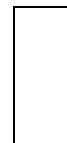
Es fundamental contar con un equipamiento de laboratorio para realizar las mediciones de los factores de emisión de todas las categorías existentes en el parque vehicular del sistema de Transporte. Un laboratorio de medición de contaminantes atmosféricos en vehículos debe ser capaz de realizar mediciones tanto en vehículos livianos como en vehículos pesados, simulando en ambos casos las características típicas de conducción dentro del sistema de transporte local.

Para llevar a cabo mediciones de factores de emisión, que permitan cuantificar las emisiones en cualquier escenario (línea base, escenario con proyecto, sensibilizaciones), en forma precisa para la determinación de la línea base, el monitoreo y verificación de las reducciones de emisiones de CO₂ de un proyecto de transporte, es necesario contar con los siguientes equipos²⁸.

- Dinamómetro de Chasis (vehículos pesados y livianos): Este aparato permite simular las condiciones reales de operación de los vehículos en la ciudad. Para ello, el funcionamiento del dinamómetro se adecua a patrones de conducción dados en función de tiempo y velocidad que son medidos experimentalmente en rutas reales.
- Túnel de Dilución de los gases de escape.
- Sistema de Muestreo a Volumen Constante (CVS)
- Sistema de medición de gases de escape.
- Analizador de Gases de escape.
- Sistema de ayuda al conductor: aparato que permite visualizar gráficamente en una pantalla la curva de velocidades que debe llevar a cabo para simular el comportamiento del vehículo de acuerdo con los ciclos de conducción deseados.

Si en las mediciones de factores de emisión en laboratorio van a incluir al material particulado, entonces los costos aumentan considerablemente al adquirir un sistema de Muestreo de Particulado. Actualmente el costo de este equipo bordea los US\$ 150.000, no obstante para mediciones de CO₂ no se necesita.

²⁸ Corresponde a los equipos más caros. Más antecedentes en estudio “Preparación del Estudio para la Evaluación Ambiental y Económica de Buses de Tecnología Limpia en Santiago”, desarrollado por Deuman International; Informe Final Abril de 2003. www.sectra.cl



Es importante señalar que actualmente la certificación de buses y camiones (vehículos pesados) se realiza en bancos de motores, bajo condiciones de exigencia estandarizadas internacionalmente, pero que no permiten cuantificar las emisiones que realmente ocurren cuando los vehículos son operados en ruta. Este tema crea incertidumbres en la determinación de los factores de emisión a la hora de llevar a cabo el proceso de monitoreo y verificación de las emisiones de CO₂ una vez que un proyecto esté implementado. La desventaja de medir y verificar las emisiones mediante pruebas de motor, además de no permitir la simulación real de los vehículos en ruta, es que discrimina a tecnologías que usan motores pequeños como los vehículos híbridos, en los cuales el motor es más pequeño que los convencionales y además trabaja en estado estacionario, por lo que las pruebas de motor transientes sobreexigen este tipo de motor haciendo que genere mayores emisiones de lo que genera en la realidad.

Por último es importante señalar la existencia de la tecnología de mediciones on board, esto quiere decir que las emisiones son medidas en ruta, durante la operación normal del vehículo, utilizando equipamiento portátil que es montado en los vehículos. Esta tecnología es relativamente nueva y no ha sido implementada masivamente, no obstante sus bajos costos en cuanto a equipos y operación en relación con los costos de un laboratorio, harían de esta tecnología la más adecuada para realizar las mediciones en un proceso de verificación y monitoreo de las emisiones de CO₂ durante la operación de un proyecto. Más antecedentes sobre esta tecnología ver <http://www.sensors-inc.com> y <http://www.vito.be>. Debido a que los costos asociados a esta tecnología de medición de emisiones de gases de escape en vehículos es mucho más barata que implementar equipos de laboratorio, es muy probable que sea la que se utilice en los proyectos de transporte MDL a la hora de la etapa de monitoreo y verificación de las reducciones de emisión.

4.2.5.2 Requerimientos en cuanto a Modelos Computacionales

Para estimar las emisiones en proyectos de transporte en cualquier escenario, ya sea en la línea base o en el escenario con proyecto, además de la determinación de los factores de emisión de las tecnologías de vehículos participantes en estos escenarios, es necesario determinar el nivel de actividad del sistema de transporte en cualquier escenario. Por otra parte también se requiere de un modelo que sea capaz de utilizar tanto la información del nivel de actividad del sector transporte con la información de los factores de emisión para obtener los niveles de emisión asociados al escenario caracterizado por la información vial generada en el modelo estratégico de transporte.

En el caso de Santiago, estos modelos son el ESTR AUS y el MODEM, de los cuales se hace una descripción breve más adelante en los anexos 3 y 2 respectivamente.



5 Escenarios de Emisiones del Sistema de Transporte Urbano de Santiago

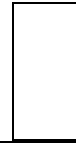
En el ámbito de evaluación social de proyectos de transporte, se define Escenario de Transporte como un conjunto de planes de transporte. A su vez, un Plan de Transporte corresponde a un conjunto coherente de proyectos de transporte (como el Plan de Transporte Urbano de Santiago – PTUS), siendo un Proyecto de Transporte un cambio en las condiciones de operación y/o infraestructura y/o tecnologías de transporte que afectarán a una región geográfica particular, que puede abarcar desde el área de influencia de una intersección hasta el país completo. En el caso particular de este estudio, el área de análisis corresponde a la ciudad de Santiago.

Para la evaluación de escenarios, planes o proyectos de transporte es necesario definir la denominada Situación Base. Esta se entiende como la condición actual del sistema, optimizada mediante acciones inmediatas de bajo costo respecto a la operación, infraestructura y/o tecnologías de transporte. La definición de una situación base optimizada se sustenta en el hecho que un cambio en el sistema de transporte debe ser comparado con la mejor forma de operar el sistema actual, de modo de no sobrestimar los beneficios de proyectos de inversión alternativos. Es decir, asume que el ente planificador ha hecho el mejor uso de los recursos disponibles antes de embarcarse en cuantiosas inversiones para mejorar el sistema. Esto asegura que los recursos se inviertan en forma eficiente. A esto se adicionan las condiciones que impone el Protocolo de Kyoto para la definición de líneas Base.

En este contexto se propone para este estudio el uso de tres criterios para la definición de escenarios de análisis del sistema de Transporte Público de Superficie (TPS) de Santiago:

- ❑ Forma de operación: corresponde a los aspectos regulatorios y operacionales del sistema de TPS, tales como aspectos legales y administrativos, forma de operación y gestión de los operadores, etc.
- ❑ Tecnología de vehículos: se refiere a las características técnicas de los medios de transporte; por ejemplo, tamaño de los vehículos, sistemas de propulsión, etc.
- ❑ Tecnología de infraestructura: son las características físicas y operacionales que tendrá la vialidad por donde circularán los vehículos.

La metodología para evaluar los escenarios del estudio consistirá en la forma tradicional de evaluación de proyectos de transporte. Es decir, comparar la situación o escenario base ceteris paribus con cada escenario alternativo propuesto. De dichas comparaciones se desprenderán los costos y beneficios para la evaluación de las alternativas de cambio tecnológico.



5.1 Definición de la Línea Base: Discusión

Tal como se especifica en el capítulo 3, para la definición de la línea base de emisiones, se deben tener en cuenta todos los proyectos de transporte, políticas y normativas de transporte, que ocurrirían de todos modos a futuro, es decir, independiente de si el proyecto se implementa o no. Debido a ello, a continuación se describen los principales instrumentos y políticas vigentes en la legislación chilena relacionada al transporte y el medio ambiente, con énfasis en las reducciones de emisiones de contaminantes locales y globales.

5.1.1 Resumen de Instrumentos y políticas considerados

En esta sección se describen brevemente los instrumentos y políticas que tienen influencia en la definición de la situación base de emisiones del sistema de transporte de Santiago. Ellos consideran:

- ❑ Plan de Transporte Urbano Para La Ciudad de Santiago 2000-2010 (PTUS)
- ❑ Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) 1997
- ❑ Propuesta Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) 2002

5.1.1.1 Plan de Transporte Urbano Para La Ciudad de Santiago 2000-2010 (PTUS)

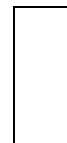
El fin de este plan de mejorar el sistema de transporte en Santiago en forma integral. Con este fin, el PTUS ha diseñado distintos programas. A continuación se nombran y describen brevemente los once planes contemplados por el PTUS.

Programa 1: Modernización del Transporte Público

Este programa está orientado al rediseño integral del transporte público de la ciudad de Santiago. Con tal objeto, este programa considera todos los modos de transporte existentes en la ciudad (Metro y trenes suburbanos, buses urbanos, interurbanos y rurales que ingresan a la ciudad, taxis y colectivos, y vehículos de tecnología alternativa).

Este programa tiene como fin hacer atractivo el sistema de transporte público para la ciudadanía de forma ambientalmente aceptable. Con este fin, es necesario implementar medidas que coordinen a los distintos actores que juegan un rol en el sistema de transporte de la ciudad.

A continuación se definen medidas generales para cada uno de estos actores.



1. Buses

El sistema de buses será redefinido. A continuación se señalan características generales de este nuevo sistema:

- Se requiere que los servicios de buses se integren a la red del metro. Se distinguen según su utilidad distintos tipos de ejes. (Troncales y alimentadores)
- Se definirá nuevo método de licitación para el transporte público. Se licitarán áreas de servicio coincidentes con las cuencas naturales de demanda en las que un único concesionario se hará cargo de los recorridos , y licitación de corredores estructurantes independientes de las anteriores.
- Se definirá un sistema tarifario que distinga según longitud del viaje y horario en que se realice. Además, se pretende integrar los distintos servicios del transporte público con el fin de tener una tarifa independiente de los trasbordos realizados.
- Se requiere un sistema de pago automático que permita eliminar la evasión y ojalá el uso de dinero.
- Se requiere infraestructura especializada para que el nuevo sistema de transporte público opere adecuadamente. Esto considera un nuevo sistema de paraderos como también de estaciones intermodales.
- Deben existir incentivos para empresarizar el sistema de transporte público con el objeto de aprovechar economías de ámbito.

2. Metro

El PTUS pretende darle un rol fundamental al Metro de Santiago. Con este objeto se consideran la extensión de las líneas 2 y 5 ya existentes como también la creación de una nueva línea.

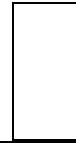
3. Taxis Colectivos y taxis

Se quiere integrar el uso de estos modos de transporte al sistema de metro y buses principal. Para ello, se pretende licitar recorridos para el caso de los colectivos y de cupos para el de los taxis. Se quiere además mayor empresarización de ambos sectores. Por último, por razones ambientales es deseable el introducir nuevas tecnologías a estos modos de transporte.

4. Buses Rurales e Interurbanos

Se deben fijar rutas establecidas para estos tipos de buses al ingresar a la ciudad como también disponer de terminales autorizados.

Programa 2: Inversiones Viales y Regulación del Transporte Privado



Este programa tiene como objeto mejorar la infraestructura para el transporte privado (automóvil y carga). Además destaca el limitar los estacionamientos en áreas congestionadas, implantación de control dinámico a más semáforos, ampliación del sistema de circuito cerrado de televisión y habilitación de detección automática de incidentes, modernizar el sistema de control de tránsito de Santiago, entre otros.

Programa 3: Localización de Establecimientos Educativos

Del total de viajes realizados, más del 30% es realizado por razones de estudios. Por esto, este programa apunta a gestionar la demanda de viajes con propósitos de estudio. En el corto plazo podrían alejarse las horas de ingreso o salida de los establecimientos de las horas punta.

Programa 4: Impulso a Nuevas Áreas de Comercio

La gran segregación socioeconómica existente en la ciudad hace que aumente el número de viajes entre áreas apartadas y con una fuerte dependencia. Por esto, se desea producir integración de actividades en territorios más pequeños.

Programa 5: Cambios en la Tendencia de Localización de Hogares

Este programa apunta a influir en la ubicación de los hogares.

Programa 6: Modos No Motorizados de Transporte

Orientado a facilitar los viajes a pie y en bicicleta.

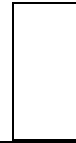
Programa 7: Medidas Inmediatas

Se refiere a medidas que empezaron a implementarse el año 2001 con el fin de mitigar episodios críticos. Entre ellas destacan:

- El establecimiento de una red exclusiva para transporte público entre los meses de marzo y agosto.
- El aumento del número de pistas segregadas para buses en Alameda, Providencia y Apoquindo.
- Extensión de la vía exclusiva para buses en Av. Grecia
- Vía Exclusiva para buses en Santa Rosa
- Reversibilidad en 8 ejes viales del Gran Santiago.

Programa 8: Regulación del Transporte de Carga Urbana

Este programa tiene como objetivo regular la operación del transporte de carga de la ciudad sin afectar el abastecimiento.



Programa 9: Fiscalización

Este programa tiene como objeto el fortalecer los mecanismos de supervisión y control que son indispensables para el buen funcionamiento de los distintos elementos y agentes que juegan un rol en el sistema de transporte. Para ello se estudiará la creación una entidad fiscalizadora que supervigilará los servicios de transporte público, para que se cumplan las normas técnicas que rigen la actividad y las obligaciones de carácter contractual.

Programa 10: Financiamiento del Plan

Este programa tiene como fin el cuantificar las inversiones necesarias para llevar el PTUS a cabo como también el de implementar mecanismos que permitan el financiamiento de las medidas en los plazos necesarios.

Programa 11: Comunicación

Este programa tiene como fin el encontrar un consenso en la parte técnica para así poder comunicar a la ciudadanía de las medidas adoptadas

De los once programas contemplados por el plan de transporte urbano sólo se ha implementado el séptimo referente a las medidas inmediatas. Los otros programas están en etapas de estudio y planificación. Esto debería permitir diseñar medidas concretas junto con líneas de acción definidas para el cumplimiento de las metas y objetivos de cada programa.

5.1.1.2 Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) 1997

Tal como fue descrito en el capítulo 1, en 1998 fue aprobado el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) que definió una serie de medidas para las emisiones de fuentes fijas y móviles, para todos los sectores productivos, en particular el transporte.

Para la definición de estas medidas de reducción de emisiones se tomó como base el Inventario de Emisiones desarrollado en 1997. Este se presenta en el cuadro siguiente.

CUADRO 15: INVENTARIO DE EMISIONES 1997

Tipo fuente	Fuente	PM10 Ton/año	CO Ton/año	NO _x Ton/año	COV Ton/año	SO ₂ Ton/año
Fuentes Fijas	Procesos Industriales	1467	1222	5391	65	7827
	Calderas Industriales	1486	2791	5075	165	8735
	Calderas de Calefacción	190	241	418	9	427
	Panaderías	33	49	75	1	49
	TOTAL FF	3175	4303	10959	241	17037
Otras Fuentes	Combustión residencial ⁽¹⁾	1359	5134	1567	3543	975
	Emisiones evap. de COV ⁽²⁾				14076	
	Solventes de uso doméstico				1316	
	Distribución de combustibles ⁽³⁾				4959	
	Emisiones biogénicas			218	8722	
	Incendios forestales	1467	9083	140	873	
	Quemas registradas e ilícitas	65	410	1	74	
	TOTAL OF	2891	14627	1926	33563	975
Fuentes Móviles	Vehículos particulares	225	113123	9478	13575	277
	Vehículos comerciales	326	62810	5292	7560	411
	Taxis	54	25628	1947	2971	111
	Camiones	953	18859	8727	2759	1348
	Buses	1173	4854	5490	1322	1010
	Motocicletas		718	9	229	
	TOTAL FM	2730	225992	30943	28417	3157
	SUBTOTAL	8798	244921	43828	62221	21169
Polvo resuspendido	Calles Pavimentadas	28524				
	Calles sin pavimentar	4462				
	TOTAL Polvo resuspendido	32986				
TOTAL		41784	244921	43828	62221	21169

Fuente: CONAMA R.M.

(1) Emisiones producidas por combustión de leña, kerosene, gas licuado y gas de cañería en residencias.

(2) Incluye lavasecos, talleres de pintado de autos y uso de pintura en casas y edificios.

(3) Corresponde a las emisiones producidas por evaporación en grandes estanques de almacenamiento, almacenamiento en servicentros y expendio de gasolina en los mismos.

Los antecedentes utilizados para determinar la calidad del aire de la Región Metropolitana provienen del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA),

recopilados fundamentalmente a través de la Red de Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos (Red MACAM) y la Red de Vigilancia²⁹.

Adicionalmente, existen una serie de metas de calidad ambiental para el país, las que sirven de base para la definición de las metas de emisión. Las normas de la calidad del aire primarias vigentes en Chile se detallan en el cuadro siguiente.

CUADRO 16: NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE PRIMARIAS VIGENTES EN CHILE

Contaminante	Norma	Unidad	Tipo de Norma
Partículas en suspensión (PTS)	75	µg/m ³	Media geométrica anual
	260	µg/m ³	Promedio aritmético de 24 horas consecutivas. (*)
Material Particulado respirable (PM10)	150	µg/m ³	Media aritmética diaria
Dióxido de azufre (SO₂)	80	µg/m ³	Media aritmética anual.
	365	µg/m ³	Media aritmética diaria.
Oxidantes Fotoquímicos (O₃)	160	µg/m ³	Media aritmética horaria. (*)
Monóxido de Carbono (CO)	40	mg/m ³	Media aritmética horaria. (*)
	10	mg/m ³	Promedio aritmético móvil de 8 horas consecutivas. (*)
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	100	µg/m ³	Media aritmética anual.

(*) Valor que no puede ser sobrepasado más de una vez por año.

Fuente: Res. 1.215/78 del Ministerio de Salud, D.S. 185/91 del Ministerio de Minería.

El PPDA de 1997 contempla reducciones en los distintos contaminantes atmosféricos que afectan a la ciudad de Santiago. Para ello el plan tiene como objetivo reducir gradualmente las emisiones de estos contaminantes. El cuadro que sigue indica las reducciones meta definidas por el plan en los plazos requeridos.

²⁹ La red MACAM es una red automática de monitoreo de contaminantes atmosféricos, conectada en línea a una estación central de procesamiento de datos. Es utilizada como fuente de información para obtener los índices de calidad de aire referidos a gases y partículas de la ciudad de Santiago. Cada una de las estaciones de la red MACAM se utiliza para el cálculo de índice de calidad del aire según zonas. La estación A corresponde a zona Central Centro, la B a zona Central Oriente, la F a zona Norte, la D a zona Central Sur y la estación M a zona Tabancura. En ellas se miden los contaminantes CO, PM10, O₃, SO₂, NO y NO_x (NO + NO₂) y variables meteorológicas (temperatura, velocidad del viento y humedad). La Red de Vigilancia es operada con equipos manuales, con una frecuencia de medición de una vez cada 4 días. Comprende 8 estaciones que miden PTS, SO₂, NO₂ y polvo sedimentable

**CUADRO 17: METAS DE EMISIÓN DEL PPDA 1997
(CRONOGRAMA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES)**

Situación	PM10 Ton/año	CO Ton/año	NOx Ton/año	COVs Ton/año	SO ₂ Ton/año
Emisiones 1997	41782	244921	43828	62221	21169
Emisión meta 2000	38648	226552	40541	57554	19581
Emisión meta 2005	29137	183691	32871	46666	15877
Emisión meta 2011	20891	97968	21914	31110	10585

Nota: No se estimaron las metas de reducción para PTS debido a que no se cuenta con el inventario correspondiente

Fuente: PPDA 1997.

Para lograr las reducciones requeridas se necesita controlar las distintas fuentes asociadas a la generación de emisiones. De esta forma, el plan contempla reducciones de emisiones en las fuentes relacionadas a las actividades de transporte; industria, comercio y construcción; agricultura; domésticas y polvo resuspendido. Además, se distingue entre los distintos tipos de contaminantes. Las tablas que siguen muestran los cronogramas de reducción definidos por el PPDA 1997 para PM10 y NOx, y según el tipo de fuente o actividad.

CUADRO 18: CRONOGRAMA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE PM10 (TON/AÑO)

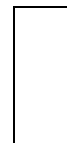
Actividades y fuentes relacionadas con:	PM10		
	2000	2005	2011
Transporte	2525	1365	1365
Industria, Comercio y Construcción	2937	1588	1588
Agricultura	1417	766	766
Domésticas	1257	680	680
Polvo resuspendido	30512	24739	16493

Fuente: CONAMA R.M.

CUADRO 19: CRONOGRAMA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE NOx (TON/AÑO)

Actividades y fuentes relacionadas con:	NOx		
	2000	2005	2011
Transporte	28622	23207	15472
Industria, Comercio y Construcción	10137	8219	5479
Agricultura	332	269	180
Domésticas	1449	1175	784

Fuente: CONAMA R.M.



5.1.1.3 Propuesta Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) 2002

Desde 1997, se han recopilado antecedentes que han permitido reformular el PPDA. Así, el 2002 se desarrolló una propuesta de un nuevo PPDA que intenta corregir las deficiencias de su predecesor de 1997.

Esta reformulación tiene entre sus metas terminar con las pre-emergencias ambientales para el año 2005 y las alertas ambientales por concepto de material particulado. Para el 2010 se pretende cumplir con las metas globales de calidad del aire para todos los contaminantes atmosféricos considerados en el plan.

A su vez se incluyen una serie de programas estratégicos y complementarios para enfrentar periodos críticos de contaminación. El conocimiento adquirido permitiría introducir gradualmente el funcionamiento de instrumentos económicos de gestión ambiental.

Parte importante de las modificaciones se refieren a la renovación tecnológica del transporte público. Aquellos buses que no cuenten con sello verde deberán salir del parque para el año 2003.

Adicionalmente, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones debe coordinarse con CONAMA R.M. y redefinir nuevas metas globales de reducción para el sector antes de la Licitación de Recorridos del 2003. Tales metas no podrán ser inferiores al 75% de las emisiones de MP y 40% para el caso de los NO_x, ambas referidas al inventario base de 1997. Luego que estas metas estén definidas, el Ministerio de Transporte debe determinar las metas particulares para cada nuevo servicio licitado.

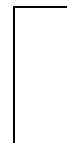
A partir de los antecedentes recopilados a partir del PPDA 1997 y 2002, las metas establecidas en dichos planes se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 20: METAS AL AÑO 2005 ESTABLECIDAS POR EL PPDA 1997 Y 2002

Tipo Contaminante	Meta PPDA 1997	Meta Propuesta 2002
Material Particulado [ton/año]	330	162
Oxidos de Nitrógeno [ton/año]	5.500	6.579

5.1.2 Definición y descripción de la Línea Base

Como se puede constatar de los antecedentes presentados en la subsección anterior, existen una serie de indefiniciones e incertidumbres en la aplicación de las distintas políticas e instrumentos en el sector transporte en Santiago. En efecto, se han hecho



varias propuestas de medidas, como el mejoramiento de la calidad de los combustibles, la tarificación vial, entre otros, que no han sido implementadas hasta hoy día. Ello se ha debido a factores que van desde la falta de capacidad de ejecución de los organismos encargados, hasta presiones políticas y de los sectores económicos involucrados que protegen sus intereses económicos. Ello se ve empeorado por la poca capacidad de fiscalización del sector público, ya que se tiene conciencia de sus deficiencias, las que hacen que sea utópico pensar en la implementación de algunas medidas y políticas, como las antes mencionadas.

Por ello, para la definición de la línea base se han considerado solo aquellas medidas que se tiene cierta certeza que se van a implementar en los plazos que corresponden a la evaluación de este proyecto (año 2005). De esta forma, se define como línea base la proyección de la licitación de buses vigente y el uso de la flota de buses actuales con renovación natural (cada 10 ó 12 años). ello incluye las medidas del programa 7 descrito en el PTUS 2000-2010 y las metas ambientales locales del PPDA 1997. Estas son las únicas obligaciones vigentes que son cumplidas por el sector y que han sido posibles de ser fiscalizadas por parte del regulador. Por otra parte la reformulación del PPDA 2002 propone metas más exigentes para el material particulado. Si bien esta propuesta aún no se aprueba, se considera que ello sucederá en un plazo breve y por tanto es razonable considerar esta meta como parte de la línea base.

Respecto de las metas ambientales para material particulado y NO_x, cabe señalar que la primera no se cumple con la renovación natural del parque y las medidas del PTUS. Por otro lado, la meta de NO_x si se cumple en este escenario.

Para cumplir con la norma de material particulado es necesario reducir las emisiones en 104 ton/año (por sobre las 266 ton/año estimadas para el escenario 2005). En principio, esto se puede lograr utilizando dispositivos de postratamiento. En efecto, aplicando dispositivos del tipo Trampa PDF (80% de reducción en MP) al 50% de los buses existentes en el parque 2005 (aproximadamente 3.800 buses EPA 91 y EPA 94) se logran reducir estas 104 ton/año, de acuerdo a la calidad de los combustibles que se dispondrá en ese año³⁰. Ello implica un costo actualizado del orden de los US\$ 25 millones³¹. De esta forma, se asume que estos equipos son parte del escenario base, con el objetivo de cumplir con las metas locales que se imponen al sector..

Algunos actores del sistema de transporte de buses licitados plantean la posibilidad que el proyecto Transantiago corresponda a la línea base del proyecto de reducción de GEI. A juicio de los consultores ello no es correcto, dado que este proyecto aún se encuentra a

³⁰ En el caso del filtro trampa, este producto ofrece reducciones de 80% en material particulado, de acuerdo a datos proporcionados por el fabricante, conforme a pruebas realizadas en Alemania con combustible con 350 ppm de azufre.

³¹ El costo de este dispositivo es cercano a los USD 5.000 + IVA y tienen una vida útil cercana a los 5 años, luego de lo cual deben ser reemplazadas por nuevas. Adicionalmente, el consumo de combustible aumenta en un 2% debido a la instalación de los filtros.



nivel de “propuesta” y ha venido sufriendo modificaciones importantes desde su concepción (año 2002) tanto en sus plazos de implementación y licitación, como en los conceptos y variables técnicas, las características de su funcionamiento y de la infraestructura requerida.

En la siguiente sección se describen los principales aspectos operacionales, tecnológicos y de infraestructura de esta línea base.

5.1.2.1 Escenario 0: Línea Base con Renovación Obligada de Buses (Base)

Forma de operación

Consiste en la estructura de la red del sistema de TPS, tamaño de flota y aspectos regulatorios definidos por la licitación actual de recorridos. Considera fundamentalmente el Programa 7 descrito en el Plan de Transporte Urbano para la Ciudad de Santiago 2000-2010 (PTUS) y el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA) 1997. Ellos consisten en el establecimiento de medidas para el retiro de los buses que cumplen su vida útil en la concesión (10 años, prorrogables a 12 máximo) y medidas inmediatas como el establecimiento de vías reversibles y exclusivas para buses. Además incorpora las metas de emisiones de contaminantes locales de la propuesta del PPDA 2002.

Tecnología de vehículos

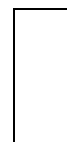
Se asume la existencia de buses normales de 12 o menos años de antigüedad, propulsados por motores diesel, que cumplen las normas de emisiones vigentes a la fecha (EPA91/EURO1, EPA94/EURO2, EPA98/EURO3).

Se utilizan dispositivos del tipo Trampa PDF, los que reducen la emisión de material particulado en un 80% en el bus, en el 50% de los buses existentes en el parque 2005 (aproximadamente 3.800 buses EPA 91 y EPA 94).

Tecnología de infraestructura

Considera la optimización de la operación de la infraestructura vial para buses definida por el Programa 7 (P7) del PTUS. Es decir:

- Calles exclusivas para buses durante el período punta de la mañana (7:30 – 10:00).
- Vías reversibles en períodos punta de la mañana y tarde (17:00 – 21:00), algunas de las cuales son usadas por vehículos de transporte público (Irarrázaval, Salvador, Portugal, etc.).
- Pistas exclusivas para buses en eje Alameda, parcialmente segregadas con separadores de hormigón.



En resumen, la situación base del sistema global (Escenario 0) corresponde a la proyección al año 2005 de la flota de buses actual, con un 50% de la flota con filtros de partículas y considerando el esquema actual de licitación. Por tanto la futura reorganización del sistema que resultará a partir del proceso de licitación del transporte público a realizarse el 2003 implicará variaciones en las variables de transporte y de emisiones respecto de esa situación base global.

Las principales variables operacionales consideradas en esta situación base se resumen en los siguientes cuadros.

CUADRO 21: NÚMERO DE BUSES ESCENARIO CON RENOVACIÓN OBLIGADA DE BUSES (2005)

Tipo de vehículo	EPA91	EPA94	EPA98 Diesel	Total
Simples	2,605	2,793	2,237	7,635

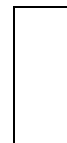
Fuente: Universidad de Chile (2002)

CUADRO 22: DISTRIBUCIÓN POR ANTIGÜEDAD DE BUSES LICITADOS

Año fabricación	Buses licitados	Antigüedad al 2004	Norma de ingreso
1989	0	15	VTT
1990	2	14	VTT
1991	188	13	VTT
1992	1035	12	VTT
1993	1012	11	VTT
1994	1732	10	EURO 1
1995	435	9	EURO 1
1996	438	8	EURO 1
1997	591	7	EURO 2
1998	860	6	EURO 2
1999	212	5	EURO 2
2000	241	4	EURO 2
2001	212	3	EURO 2
2002	677	2	EURO 2
2003	0	1	EURO 3

Fuente: Universidad de Chile (2002)

Los buses VTNC (vehículos con tecnología no contaminante) tienen una antigüedad máxima de 12 años. Se espera que la fracción más antigua (año de fabricación 1994), correspondiente a norma de ingreso EURO1, será parcialmente reemplazada el 2004 por buses nuevos EPA98 o EURO3.



El resto de los buses, ingresados al país entre 1995 y 2002, pasarían a operación en los Servicios Alimentadores. Es decir, aproximadamente 1571 buses con tecnología EURO1 y 2793 buses EURO2, lo que permite estimar una proporción de 36-64% entre ambas tecnologías de emisión.

Por otro lado, la situación base considera una renovación conservadora de la flota actual, de acuerdo a su antigüedad. Se espera una distribución entre EURO1, EURO2 y EURO3 de 30-37-33% respectivamente, para los buses proyectados³².

De acuerdo a estos antecedentes, a continuación se presenta la estimación de emisiones de MP, NOx y CO2 para los distintos modos de transporte, proyectado al 2005.

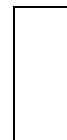
Los resultados provienen del Modelo de Emisiones MODEM³³ y corresponden solo a la emisión de buses, dado que éste es el modo que mayores cambios experimentará a partir de la próxima Licitación 2004-2005.

La reducción de emisiones solo considera el efecto sobre los buses de transporte público, sin incorporar los cambios generados en el resto del sistema de transporte (automóviles privados, transporte de carga, medios no motorizados). El impacto global producido por la implementación del PTUS en la ciudad requiere una modelación de transporte completa, considerando los distintos modos, a través de un programa como ESTRASUS o EMME2.

A la fecha de edición del presente documento no existe una corrida ESTRASUS completa, sin embargo, en el estudio Universidad de Chile (2002) se evaluó una corrida ESTRASUS preliminar, cuyos resultados pueden ser utilizados con los nuevos datos del Escenario 5-5. Esta modelación consideraba un 28% de reducción de actividad (veh-km/año) en la flota de buses, un 3% de reducción para los automóviles particulares y vehículos comerciales, y un 4% de reducción en la actividad de los taxis. El Escenario 5-5 estima un 41% de reducción en la actividad de los buses y no existen estimaciones para el resto de los modos de transporte. Estos datos se indican en el cuadro siguiente:

³² Universidad de Chile (2002)

³³ MODEM: corresponde a un modelo de cálculo de emisiones vehiculares desarrollado por la Universidad de Chile para SECTRA-MIDEPLAN, mediante dos estudios desarrollados durante los años 2000 y 2001 ("Análisis de Evaluaciones y Reevaluaciones ExPost, VI Etapa" y "Actualización Modelo de Cálculo de Emisiones Vehiculares", respectivamente). MODEM es una herramienta computacional que relaciona variables de actividad vehicular generada por modelos de transporte y sus emisiones de contaminantes atmosféricos regulados (CO, HC, NOx, MP) y no regulados (CO₂, N₂O, NH₃, CH₄). Para mayores antecedentes, ver anexo 2 del informe.



CUADRO 23: COMPARACIÓN DE NIVEL DE ACTIVIDAD ENTRE MODELACIONES DE TRANSPORTE

Modelación	Tipo de vehículo	Situación base 2005	Situación con plan	Reducción (%)
		NA [veh-km/año]	NA [veh-km/año]	
Corrida ESTRAUS Corredor xs_am05 Pre Informe Final Noviembre 2002	Buses licitados	788768	563973	28
	Otros buses	11978	11978	0
	Camiones	688158	673317	2
	Autos particulares	11122458	10773751	3
	Taxis	1882214	1811070	4
	Vehículos comerciales	4832799	4669227	3
Diseño Esc 5-5	Buses licitados	659240	390935	41

Fuente: Elaboración propia.

El nuevo diseño del sistema de transporte público representado por el Escenario 5-5 considera niveles de actividad más bajos que la corrida preliminar ESTRAUS, pero se asume una reducción porcentual en la actividad de los buses licitados mucho mayor (de 28% a 41%). No existen estimaciones para el resto de los modos motorizados de transporte, pero las opiniones de expertos coinciden en que el efecto será bajo o bien despreciable, a menos que se incorporen medidas adicionales a las de los buses³⁴, como tarificación vial, travel blending, ciclovías, etc. Las opiniones coinciden en que el mejoramiento del sistema de transporte público podría frenar la tasa de crecimiento de los modos privados de transporte sobre el público, lo cual debiese ser considerado como una reducción de la actividad proyectada de los modos privados.

Si se asume que los porcentajes de reducción en el nivel de actividad de los modos privados de transporte se mantienen en ambas modelaciones, se puede estimar una reducción global total de MP, NOx y CO₂, junto a la reducción calculada para el transporte público del Escenario 5-5. Esta hipótesis de cálculo es discutible, pero es necesario considerar el alto impacto que el resto de los vehículos de la flota motorizada tiene en los consumos de combustible, comparado con el reducido número de buses. El cuadro siguiente muestra la estimación de las emisiones en el escenario proyectado al 2005, de acuerdo a la tendencia que entregan los supuestos anteriores. Más adelante se tomarán estos mismos supuestos para la proyección al escenario con licitación (escenario 5.5).

³⁴ Consultas telefónicas a Mónica Zucker (CGTS), Rodrigo Fernández (Universidad de Chile) y Juan Carlos Goicoechea (SECTRA) en el marco del proyecto Universidad de Chile (2002).

**CUADRO 24: EMISIONES TOTALES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE
AÑO 2005**

Tipo de vehículo	MP	NO _x	CO ₂
	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
Buses licitados	266	6.621	727.672
Otros buses	7	128	14.462
Camiones	213	3.030	505.092
Autos particulares	0	5.557	3.430.227
Taxis	0	802	589.878
Vehículos comerciales	59	3.315	1.695.608
TOTAL	545	19.453	6.962.939

Fuente: Elaboración propia

Como se definió en la línea base, se deben implementar filtros de partículas en aproximadamente 3.800 buses EPA 91 y EPA 94. De esta forma, las emisiones de la línea base varían en lo que respecta al material particulado. Ello se presenta en el siguiente cuadro.

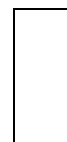
**CUADRO 25: LÍNEA BASE DE EMISIONES TOTALES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE
AÑO 2005**

Tipo de vehículo	MP	NO _x	CO ₂
	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
Buses licitados	162	6.621	727.672
Otros buses	7	128	14.462
Camiones	213	3.030	505.092
Autos particulares	0	5.557	3.430.227
Taxis	0	802	589.878
Vehículos comerciales	59	3.315	1.695.608
TOTAL	441	19.453	6.962.939

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior se puede apreciar un interesante potencial de reducción que tiene el sistema de transportes de Santiago en su conjunto respecto a contaminación global (CO₂) y también local (en particular NO_x). Dicho potencial y las reducciones efectivas serán desarrollados en las secciones siguientes.

En resumen, para el caso de los GEI y considerando los supuestos presentados anteriormente, si se logran reducciones de 41% en la actividad de los buses de transporte público en conjunto con reducciones del orden de 2-4% en los modos de transporte privados, es posible obtener una base que sirva como potencial de reducción de emisiones de CO₂ superior a los 6 millones de toneladas anuales, de las cuales una importante fracción podrían provenir de las reducciones generadas por la optimización



del sistema de transporte público y el resto por las reducciones indirectas que se generen en otros modos de transporte.

A continuación se describen los escenarios de reducción de emisiones que se evaluarán por sobre esta línea base. Para ello se tomará como base el proyecto Transantiago y el rediseño del sector que este propone.

5.2 Descripción de Escenarios de Evaluación

En esta sección se presentan los escenarios que serán evaluados tanto ambiental como económicamente para determinar posteriormente sus emisiones de contaminantes locales y globales y los costos que implican. En el cuadro siguiente se resumen estos seis escenarios, los que son descritos en las secciones 5.2.1 y 5.2.2.

CUADRO 26: ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

Esc	Descripción	Nombre
Sistema Global		
1	Licitación 2003, rediseño del sistema con buses diesel en ST y SA	LIC
2	Licitación 2003 con buses diesel nuevos en dos ST (redistribución en ST y SA).	LIC MEJ
Troncales		
3	Situación con licitación con buses diesel según renovación natural	LIC ST
4	Situación con licitación con buses diesel nuevos	LIC MEJ ST
5	Buses híbridos en servicios troncales	HIBR ST
6	Buses dedicados GNC en servicios troncales	GNC ST

5.2.1 Escenarios Sistema Global

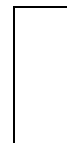
En el sistema global, que considera toda la red urbana de Santiago, se han definido los escenarios “Licitación 2003, rediseño del sistema con buses diesel en ST y SA (1)” y “Licitación 2003 con buses diesel nuevos en dos ST (redistribución en ST y SA) (2)”. Ellos serán descritos en detalle a continuación.

5.2.1.1 Escenario 1: Línea Base con Rediseño Integrado del Sistema(Lic)

Forma de operación

Consistirá en la estructura de la red y regulaciones definidas por el proceso de licitación del 2003, que incluye:

- Servicios Troncales (ST) en los principales corredores de TPS



- Servicios Alimentadores (SA) de los ST (distribuidos en 9 zonas)

Tecnología de vehículos

El proceso de licitación del 2003 considera diferentes tecnologías en cuanto a tamaño de vehículos para los distintos servicios:

- Buses de 80 y 160 pasajeros en ST
- Buses de 80 pasajeros en SA
- Ambos casos con vehículos diesel que cumplan norma de emisiones vigente (EPA91/EURO1, EPA94/EURO2, EPA98/EURO3), de acuerdo a su antigüedad.
- No se requiere la implementación de filtros atrapa partículas en los buses.

Tecnología de infraestructura

Se asume las siguientes condiciones de infraestructura y operación:

- Construcción de corredores segregados para buses en ST (Ej. Avda. Grecia: 2 millones US\$/km).
- Uso de vías normales en SA
- Construcción de Paraderos de Alto Estándar (PAE) tanto en ST como en rutas de los SA.
- Prioridad activa para los buses en semáforos de los ST (*selective vehicle detection*).

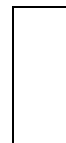
Las principales variables operacionales consideradas en esta situación base se resumen en los siguientes cuadros³⁵. Cabe señalar que de acuerdo a las condiciones de infraestructura y operación que se proyectan para la situación con rediseño del sistema, se espera que las condiciones de conducción serán mejores reduciendo el consumo de combustibles y las emisiones de contaminantes. Este efecto ha sido incorporado en los factores de consumo de combustible y de emisiones utilizados en el modelo de cálculo de emisiones (MODEM) y se describe con mayor detalle en el anexo 6.

**CUADRO 27 :NÚMERO DE BUSES, TIPO DE TECNOLOGÍA, Y NÚMERO DE PASAJEROS
SITUACIÓN BASE GLOBAL**

Tipo de vehículo	N° de Buses	
	Troncales	Alimentadores
Simples (40 pas)		1.554
Simples (80 pas)	799	1.828
Articulados	1.234	-
Total	2.033	3.382

Fuente: SECTRA 2003, Resultados Escenario 5.5 corrida ESTRAUS.

³⁵ Antecedentes preliminares facilitados por Coordinación de Transantiago.



CUADRO 28: RETIRO DE BUSES SEGÚN LICITACIÓN VIGENTE

Año	Capacidad				Total
	40 pas.	62 pas.	80 pas.	90 pas.	
2002	0	0	0	2	2
2003	48	90	0	2	140
2004	23	456	15	0	494
2005	12	824	182	5	1.023
2006	3	6	1.730	14	1.753
2007	1	0	430	8	439
2008	5	0	426	7	438
2009	3	0	525	59	587
2010	0	1	788	88	877
2011	4	0	187	23	214
2012	17	0	221	11	249
2013	17	0	197	0	214
2014	52	5	622	2	681
2015	0	0	45	0	45
Totales	185	1.382	5.368	221	7.156

Fuente: Coordinación de Transantiago.

Para llevar a cabo el rediseño del sistema, se requieren una serie de obras y actividades, tanto por parte de los inversionistas privados, como el sector público. De acuerdo a antecedentes preliminares facilitados por la Coordinación de Transantiago, a continuación se presentan los ítems de obras considerados entre los años 2000 y 2005, para el rediseño del sistema y una estimación de las inversiones requeridas para su financiamiento.

CUADRO 29: INVERSIONES EN TRANSPORTE PÚBLICO 2000-2005

Obras	Financiamiento (US\$ Millones)		
	Público	Privado	Total
Extensiones Líneas 1, 2 y 5	436		436
Línea 4	1.007		1.007
Metro Ligero Recoleta-Independencia	175		175
Metro - Metro Ligero [Subtotal]	1.618	0	1.618
Estaciones de Intercambio Modal	0	46	46
Estaciones de Transferencia y Paraderos	0	129	129
Terminales	0	25	25
Infraestructura de Integración [Subtotal]	0	200	200
Vías Segregadas y Conexiones Viales	0	80	80
Mantenimiento de Pavimentos (2004-2005)	15	0	15
Vialidad [Subtotal]	15	80	95
Buses Nuevos (2000-2003)	0	89	89
Renovación de Buses Licitación al 2005	0	137	137
Buses [Subtotal]	0	226	226
Sistema de Gestión de Transporte Público	0	120	120
Sistema de Pago Multivía	0	100	100
Sistemas de Apoyo [Subtotal]	0	220	220
Total	1.633	726	2.359
	69.2%	30.8%	100%

Fuente: Coordinación de Transantiago, Datos preliminares.

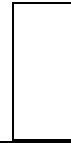
Como se aprecia en el cuadro anterior, el rediseño del sistema comprende una inversión aproximada de US\$ 2.359 Millones, distribuidos en un 69% correspondiente al sector público y un 31% a los privados. En el caso de la inversión en buses, en el capítulo 5 se llevará a cabo un análisis más detallado de los costos en este ítem.

Adicionalmente a los antecedentes estimados hasta ahora, el proyecto de rediseño del sistema (Transantiago) considera una serie de variables adicionales, las que serán descritas a continuación.

Descripción Proyecto Transantiago³⁶

Transantiago es un proyecto que tiene como fin el renovar el sistema de transporte público de Santiago.

³⁶ A partir de entrevistas con los ejecutivos de la Coordinación de Transantiago y la presentación preliminar del Proyecto.



Las metas de este proyecto son generar un nuevo sistema para acceder a la ciudad: seguro, cómodo, moderno, oportuno e informado. El sistema se sustentará financiera, social y ambientalmente y buscará definir el transporte público como patrimonio de la ciudad. Dicho cambio generará arraigo e identidad territorial y cultural.

Las prioridades de este proyecto son:

- ❑ Mantener el promedio de la tarifa familiar actual de \$340³⁷.
- ❑ Desarrollar contratos complementarios con servicios de apoyo:
 - Sistema de pago Multivía.
 - Centro de Gestión del Transporte Público e Información a Usuarios.
- ❑ Llevar a cabo las concesiones de terminales, centros de transbordo y vialidad (Pajaritos, Alameda y Santa Rosa).
- ❑ Subtrans/Seremitt RM, serán las autoridades de transporte.

El rediseño del STP de Santiago utilizará los modos que han sido tradicionales en la ciudad (Metro, buses y –eventualmente- tranvías y taxis colectivos) pero ahora dentro de un esquema jerarquizado y ordenado de la oferta de transporte público. Físicamente el nuevo STP estará operado por tres *tipos de servicios* asociados a otros tantos *tipos de redes*:

- Una *red troncal* formada por los principales ejes de transporte público de la ciudad, donde operarán *servicios troncales* prestados por buses de alta capacidad y alto estándar de calidad (ej.: buses articulados). Dichos servicios no compiten entre sí, a pesar de que pueden ser operados por multi-operadores.
- Un conjunto de *redes alimentadoras*, asociadas con *áreas* disjuntas en que se dividirá la superficie de la ciudad. Cada área tendrá un conjunto de *servicios alimentadores* cuya función esencial será satisfacer la demanda de viajes locales dentro del área, y también servir la etapas locales de los viajes combinados con los servicios troncales y los *servicios de transporte independiente*.
- Una *red de transporte independiente* que por ahora incluye básicamente los servicios de Metro, pero que en un futuro próximo eventualmente puede incluir también servicios de trenes de cercanía y tranvías.

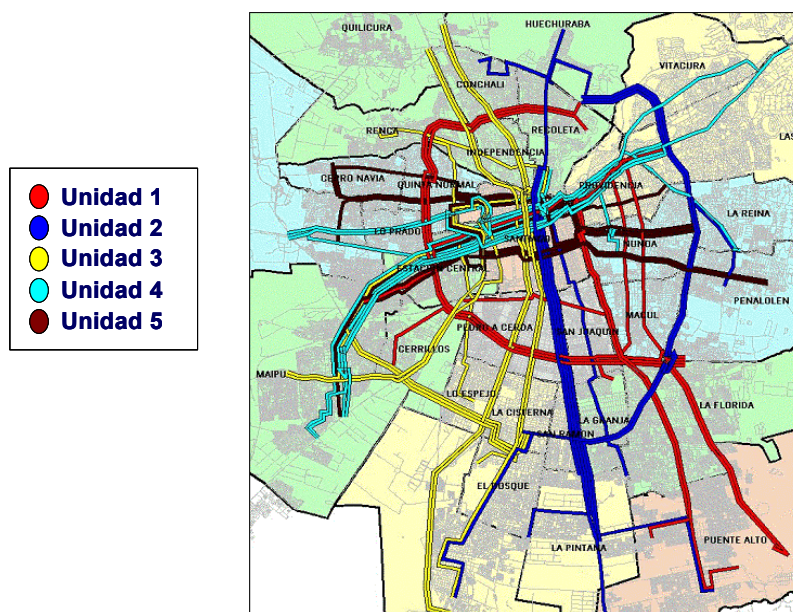
En este contexto jerarquizado y ordenado, será posible diseñar un STP caracterizado por su flexibilidad para adecuar dinámicamente la oferta de servicios a los requerimientos espaciales y temporales de la demanda, en un escenario de integración física, operacional y tarifaria entre los distintos modos de transporte público. A su turno, todo ello requiere de un organismo rector, que ordene el desarrollo y la gestión del sistema de acuerdo a los parámetros señalados.

Servicios de la Red Troncal. La red troncal estará constituida por el conjunto de todos los principales ejes de transporte público de la ciudad. Ello significaría que

³⁷ Actualmente la tarifa es de \$300.

aproximadamente un tercio de los actuales viajes de autobús tendría su origen y su destino en el entorno inmediato de esta red troncal (viajes sin trasbordo) y una parte importante del resto de los viajes requerirá solo un trasbordo (al tener su origen o su destino en el entorno de la red troncal). Sobre esta red troncal operará un conjunto de servicios “óptimos”, especialmente diseñados para satisfacer adecuadamente los requerimientos espaciales y temporales de la demanda de transporte público en dicha red.

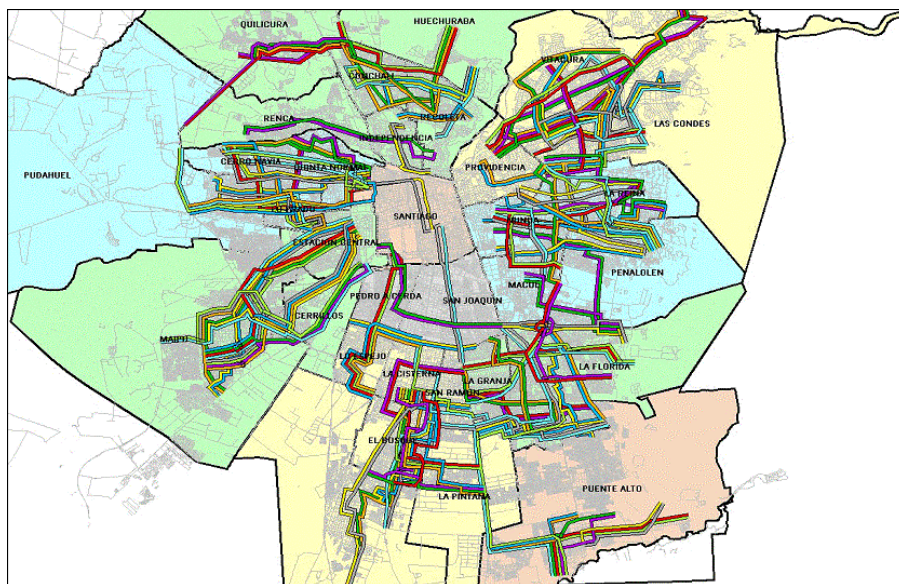
FIGURA 2: UNIDADES DE NEGOCIO EN SERVICIOS TRONCALES



Fuente: Coordinación de Transantiago

Servicios de Transporte de las Áreas de Alimentación. La superficie de la ciudad será dividida en áreas de tamaño variable, que pueden comprender una comuna o varias comunas. Estas áreas serán llamadas “áreas de alimentación” del STP y los servicios de transporte que allí operen, tendrán los objetivos básicos de satisfacer los viajes locales (internos a las áreas) y “alimentar” la red troncal y la red de transporte independiente en lo que respecta a la parte local de los viajes combinados.

FIGURA 3: ESQUEMA DE REDES SERVICIOS ALIMENTADORES



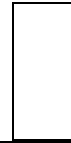
Fuente: Coordinación de Transantiago

Las licitaciones de los servicios troncales y alimentadores se realizarán separada e independientemente. Los criterios básicos de adjudicación incluyen mínimo cobro por prestación de servicio y emisiones. A su vez, habrá premios y multas por calidad de servicio fiscalizada y medida por encuestas a los usuarios.

Por otra parte, existirá límite a la cantidad de negocios que pertenezcan a una misma empresa. Los plazos de concesión para servicios con inversión significativa en material rodante serán mayores. Los distintos prestadores (buses, banco, empresas servicios de apoyo) firmarán contratos entre ellos para garantizar simultáneamente la operación del sistema.

En el nuevo sistema de pago los usuarios a través del uso de una tarjeta recargable podrán utilizar distintos medios de transporte público incluyendo el metro, y servicios troncales y alimentadores (sistema integrado). Para ello existirá un administrador del fondo de transporte que será responsable de pagarle a los operadores según un esquema predeterminado. Así, a los operadores de servicios troncales se les remunerará por bus-kilómetro recorrido mientras que a los alimentadores por pasajero transportado y al metro por coche-kilómetro. A los terminales de intercambio modal se les pagará por bus ingresado. El sistema de pago y el centro de control de buses recibirán en forma independiente un porcentaje de los ingresos percibidos.

A pesar de que existirá un único sistema de pago se pueden definir distintas tarifas. La tarifa local se utiliza para viajes realizados sólo en los servicios alimentadores. La tarifa troncal se usa para viajes realizados en servicios troncales y locales en cualquier



combinación. Por último, la tarifa escolar se cobra para viajes de estudiantes independiente de servicios utilizados (35% tarifa troncal).

Entre los objetivos de Transantiago está también el regular la competencia. Entre estos se encuentran los buses rurales, los taxis y taxi-colectivos. En el caso de los taxi-colectivos se pretende compatibilizar este servicio con la Licitación de Buses de Transantiago y así poder modernizar gradualmente la actividad. Es necesario poder regular el crecimiento del parque vehicular de colectivos y la cantidad de operadores como también mejorar la calidad del servicio.

5.2.1.2 Escenario 2: Licitación con buses diesel nuevos en dos ST (LIC MEJ)

Para el sistema completo de servicios troncales y alimentadores se ha considerado un escenario adicional al escenario 1 correspondiente a la redistribución de los buses en dos ejes troncales. Este se describe a continuación.

Forma de operación

Consistirá en la misma estructura de la red y regulaciones definidas por el proceso de licitación del 2003 definido en el Escenario 1, aplicadas a todas las unidades de negocios ST y SA.

Tecnología de vehículos

La totalidad de los buses existentes en estos servicios son diesel que cumplan norma de emisiones vigente (EPA91/EURO1, EPA94/EURO2, EPA98/EURO3), de acuerdo a su antigüedad. Sólo se redistribuirá el parque disponible para disponer de dos unidades de negocio de ST (2 y 4) con buses nuevos EPA98/EURO3.

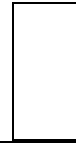
Tecnología de infraestructura

Las condiciones de infraestructura y operación son las mismas definidas en el Escenario 1, por cuanto el tipo de vehículo en ST lo requiere.

5.2.2 Escenarios Unidades de Negocio Servicios Troncales

También es interesante analizar las opciones de control y reducciones de las emisiones al interior de los servicios troncales, en las unidades de negocio, que a la larga se convertirán en los futuros operadores del sistema. Para ello se han definido los escenarios :

3. Situación con licitación con buses diesel según renovación natural (licitación a nivel de servicios troncales).
4. Situación con licitación con buses diesel nuevos



- 5. Buses híbridos en servicios troncales
- 6. Buses dedicados GNC en servicios troncales

A continuación se describen cada uno de estos escenarios.

5.2.2.1 Escenario 3: Licitación con buses diesel según renovación natural (LIC ST)

Forma de operación

Consistirá en la misma estructura de la red y regulaciones definidas por el proceso de licitación del 2003 definido en el Escenario 1, aplicadas a una unidad de negocio ST.

Tecnología de vehículos

La totalidad de los buses existentes en estos servicios son diesel que cumplan norma de emisiones vigente (EPA91/EURO1, EPA94/EURO2, EPA98/EURO3), de acuerdo a su antigüedad.

Tecnología de infraestructura

Las condiciones de infraestructura y operación son las mismas definidas en el Escenario 1, por cuanto el tipo de vehículo en ST lo requiere.

5.2.2.2 Escenario 4: Licitación con buses diesel nuevos (LIC MEJ ST)

Forma de operación

Consistirá en la misma estructura de la red y regulaciones definidas por el proceso de licitación del 2003 definido en el Escenario 1, aplicadas a una unidad de negocio ST.

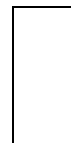
Tecnología de vehículos

La totalidad de los buses existentes en estos servicios son diesel que cumplan norma de emisiones EPA98/EURO3.

Tecnología de infraestructura

Las condiciones de infraestructura y operación son las mismas definidas en el Escenario 1, por cuanto el tipo de vehículo en ST lo requiere.

5.2.2.3 Escenario 5: Buses híbridos en servicios troncales (HIBR ST)



Forma de operación

Consistirá en la misma estructura de la red y regulaciones definidas por el proceso de licitación del 2003 definido en el Escenario 1, aplicadas a una unidad de negocio ST.

Tecnología de vehículos

La totalidad de los buses existentes en estos servicios son híbridos.

Tecnología de infraestructura

Las condiciones de infraestructura y operación son las mismas definidas en el Escenario 1, por cuanto el tipo de vehículo en ST lo requiere.

5.2.2.4 Escenario 6: Buses dedicados GNC en servicios troncales (GNC ST)

Forma de operación

Consistirá en la misma estructura de la red y regulaciones definidas por el proceso de licitación del 2003 definido en el Escenario 1, aplicadas a una unidad de negocio ST.

Tecnología de vehículos

La totalidad de los buses existentes en estos servicios son dedicados GNC.

Tecnología de infraestructura

Las condiciones de infraestructura y operación son las mismas definidas en el Escenario 1, por cuanto el tipo de vehículo en ST lo requiere.

5.3 Reducción de Emisiones en Cada Escenario

En la sección anterior se han definido los escenarios de evaluación de la reducción de emisiones y los costos asociados, tanto a nivel del sistema global, como de servicios troncales. En esta sección se presentan los resultados de estimaciones y reducciones de emisiones respecto a la situación base para los contaminantes locales (MP y NOx) y globales (CO2), separadas para el sistema global y los escenarios en servicios troncales. La metodología de cálculo de estas emisiones se presenta en el anexo 6 de este informe.

5.3.1 Sistema Global

En los siguientes cuadros se presentan las emisiones de MP, NOx y CO2, estimadas para los escenarios 1 y 2, comparada con el escenario de línea base (0), para los años 2005 y

2010. Esto se lleva a cabo para el sistema de buses por separado y la suma de los buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales.

La estimación para buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales se realizó a partir de antecedentes generados en el proyecto Universidad de Chile (2002). La proyección 2010 se realizó sobre la base de la proyección de emisiones del modelo EMME2. Los resultados utilizados de la corrida del modelo EMME2, para los años 2002, 2007 y 2012, se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 30: PROYECCIÓN DE EMISIONES DEL TRANSPORTE EN SANTIAGO PARA LOS AÑOS 2002, 2007 Y 2012

Tipo vehículos	Situación Base 2002			Situación Base 2007			Situación Base 2012		
	CO2	PM10	NOx	CO2	PM10	NOx	CO2	PM10	NOx
	T/Año	T/Año	T/Año	T/Año	T/Año	T/Año	T/Año	T/Año	T/Año
Autos con convertidor	1,999,668	0	4,569	2,677,518	0	7,920	3,575,683	0	10,038
Autos sin convertidor	582,330	0	4,173	357,732	0	2,194	95,326	0	599
Comercial con convertidor	710,201	0	880	989,287	0	1,339	1,260,659	0	1,699
Comercial sin convertidor	209,740	0	1,222	125,290	0	789	39,847	0	262
Comercial Diesel	141,388	146	608	212,553	222	898	270,624	283	1,147
Taxis con convertidor	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taxis sin convertidor	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Colectivos con convertidor	31,173	0	74	66,785	0	157	75,904	0	174
Colectivos sin convertidor	8,745	0	66	8,325	0	64	0	0	0
Buses Pre EPA91	678,565	874	11,200	0	0	0	0	0	0
Buses EPA91	613,094	334	7,082	456,981	252	5,272	0	0	0
Buses EPA94	758,704	254	6,260	1,279,164	433	10,541	506,650	169	4,171
Buses EPA98	0	0	0	399,370	95	2,304	1,696,303	395	9,774
TOTAL	5,733,609	1,608	36,134	6,573,005	1,002	31,478	7,520,997	847	27,864

Fuente: Universidad de Chile. Corrida modelo EMME2.

Del cuadro anterior se puede apreciar que los valores de emisiones de CO2, PM10 y NOx son del mismo orden que los estimados a partir del modelo ESTRAUS, presentados en el cuadro 30. Si bien no se tomarán estos valores como emisiones oficiales, los resultados para los años 2002, 2007 y 2012 se utilizarán para estimar los valores proyectados de emisiones al año 2010. De esta forma, a partir de la interpolación lineal establecida por la tendencia de los valores de emisiones, se estima la proyección de los valores del 2010, sobre la base de los valores del 2005 (cuadro 31). Ellos se presentan en los cuadros 31, 32, y 33.

**CUADRO 31: EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.
AÑO 2005 Y 2010 (T/AÑO)**

Año	2005		2010	
Escenario	Sistema Buses	Buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales	Sistema Buses	Buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales
0	162	221	118	220
1	133	190	59	160
2	133	190	59	160

Fuente: Elaboración propia a partir de escenario 5.5, corrida ESTRAUS. Proyección 2010, elaboración propia, a partir de corrida EMME2.

Del cuadro anterior se puede observar que con los tres escenarios es posible llegar a niveles de emisiones que permiten cumplir las metas al año 2005 de material particulado para la propuesta del PPDA 2002. Por otro lado, los escenarios 1 y 2 tienen los mismos valores de emisiones dado que corresponden a escenarios similares en el tipo y cantidad de buses, solamente que se han redistribuido para dejar dos servicios troncales sólo con buses EPA 98.

En el caso del escenario 0, para el año 2005 el sistema de buses aportará con el 73% de las emisiones de los modos buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales. Dicha proporción variará a un 54% en el año 2010. Para los escenarios 1 y 2 esta proporciones corresponden al 70% y 37%, para el año 2005 y 2010, respectivamente.

**CUADRO 32: EMISIONES DE NOX DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.
AÑO 2005 Y 2010 (T/AÑO)**

Año	2005		2010	
Escenario	Sistema Buses	Buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales	Sistema Buses	Buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales
0	6,621	16,294	4,212	15,619
1	3,401	12,739	2,164	13,175
2	3,401	12,739	2,164	13,175

Fuente: Elaboración propia a partir de escenario 5.5, corrida ESTRAUS. Proyección 2010, elaboración propia, a partir de corrida EMME2.

Del cuadro anterior se puede observar que con los escenarios 1 y 2 es posible llegar a niveles de emisiones que permiten cumplir las metas al año 2005 de NOX para la propuesta del PPDA 2002. Por otro lado, los escenarios 1 y 2 tienen los mismos valores de emisiones dado que corresponden a escenarios similares en el tipo y cantidad de buses, solamente que se han redistribuido para dejar dos servicios troncales sólo con buses EPA 98.

En el caso del escenario 0, para el año 2005 el sistema de buses aportará con el 41% de las emisiones de los modos buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales. Dicha proporción variará a un 27% en el año 2010. Para los escenarios 1 y 2 esta proporciones corresponden al 27% y 16%, para el año 2005 y 2010, respectivamente.

**CUADRO 33: EMISIONES DE CO₂ DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.
AÑO 2005 Y 2010 (T/AÑO)**

Año	2005		2010	
Escenario	Sistema Buses	Buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales	Sistema Buses	Buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales
0	727,672	6,443,385	772,253	8,444,138
1	530,302	5,989,643	562,791	7,890,562
2	530,302	5,989,643	562,791	7,890,562

Fuente: Elaboración propia a partir de escenario 5.5, corrida ESTRAUS. Proyección 2010, elaboración propia, a partir de corrida EMME2.

En el caso del escenario 0, para el año 2005 el sistema de buses aportará con el 11% de las emisiones de los modos buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales. Dicha proporción variará a un 9% en el año 2010. Para los escenarios 1 y 2 esta proporciones corresponden al 9% y 7%, para el año 2005 y 2010, respectivamente.

A partir de estas emisiones, en el siguiente cuadro se presentan las reducciones totales del sistema de transporte con respecto a la línea base (escenario 0) del proyecto. Ello permitirá definir el potencial de reducción de emisiones del sistema y estimar las reducciones factibles de ser comercializadas como bonos locales y globales.

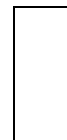
**CUADRO 34: REDUCCIÓN TOTAL DE EMISIONES DEL SISTEMA DE TRANSPORTE
AÑO 2005**

	Situación base 2005	Importancia en el Sistema Global	Situación con Rediseño Sistema	Importancia en el Sistema Global	Reducción	Porcentaje Reducido c/r SB 2005
Tipo de vehículo	CO ₂ [t/año]	%	CO ₂ [t/año]	%	CO ₂ [t/año]	%
Buses licitados	727,672	10%	530,302	3%	197,370	27%
Autos, taxis y comerciales	5,715,713	82%	5,459,341	31%	256,372	4%
Total CO ₂	6,443,385	93%	5,989,643	34%	453,742	7%
Tipo de vehículo	NO _x [ton/año]	%	NO _x [ton/año]	%	NO _x [ton/año]	%
Buses licitados	6,621	34%	3,401	10%	3,220	49%
Autos, taxis y comerciales	9,673	50%	9,338	28%	335	3%
Total NO _x	16,294	84%	12,739	38%	3,555	22%
Tipo de vehículo	MP [ton/año]	%	MP [ton/año]	%	MP [ton/año]	%
Buses licitados	162	30%	133	42%	29	18%
Autos, taxis y comerciales	59	11%	57	18%	2	3%
Total MP	221	41%	190	60%	31	14%

Como se puede apreciar del cuadro anterior, el rediseño del sistema genera interesantes reducciones tanto en contaminantes locales como globales, por lo que la propiedad de los posibles bonos que se generen en este sentido, es un importante tema de discusión que se abordará en la siguiente sección.

Para el caso del CO₂, se produce una reducción total de 453,742 t/año para buses licitados, autos, taxis y comerciales. Esto se desglosa en 197,370 t/año (27% respecto al escenario base) para el sistema de buses y 256,372 t/año (4% respecto al escenario base) para los modos autos, taxis y comerciales.

En el caso de los contaminantes locales, se considerarán solamente las reducciones directas del transporte para la estimación de bonos de MP y NO_x. De esta forma, para el NO_x se produce una reducción total de 3,220 t/año, equivalentes al 49% respecto al escenario base y para el MP, se produce una reducción total de 29 t/año, equivalentes al 18% respecto al escenario base.



5.3.2 Unidades de Negocio: Servicios Troncales

En los siguientes cuadros se presentan las emisiones de MP, NOx y CO₂, estimadas para los escenarios 3, 4, 5 y 6 para el año 2005, del sistema de buses licitados, en las cinco unidades de negocio de servicios troncales definidas en el proyecto de rediseño del sistema. Para ello se utilizará la metodología definida en el anexo 6 y los supuestos usados en las estimaciones anteriores del sistema global.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados del escenario 3 (emisiones de servicios troncales de acuerdo al rediseño del sistema), que sirve de base una vez que se aplique el proyecto de rediseño y contra el que se compararán los escenarios de aplicación de tecnologías más limpias.

CUADRO 35: EMISIONES UNIDADES DE NEGOCIO: SERVICIOS TRONCALES

Resultados anuales	MP	NOx	CO ₂
Unidades de Negocio ST	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
1	11	311	63,023
2	10	277	56,267
3	11	290	58,804
4	12	333	67,517
5	12	329	66,763
Total servicios troncales	57	1,540	312,373

Fuente: Elaboración Propia

Como se dijo anteriormente, estas emisiones servirán de base para la estimación de las reducciones de contaminantes locales y globales una vez aplicados los escenarios de cambio tecnológico definidos anteriormente. En los próximos cuadros se presentan las emisiones de MP, NOx y CO₂ para los tres escenarios de cambio tecnológico, correspondientes a la situación con licitación con buses diesel nuevos, buses híbridos en servicios troncales y buses dedicados GNC en servicios troncales.

**CUADRO 36: EMISIONES UNIDADES DE NEGOCIO: SERVICIOS TRONCALES
ESCENARIO 4**

Resultados anuales	MP	NOx	CO ₂
Unidades de Negocio ST	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
1	-	-	-
2	9	241	56,796
3	-	-	-
4	11	289	68,153
5	-	-	-
Total servicios troncales	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro anterior se presentan los valores de emisiones de dos servicios troncales (unidades de negocios 2 y 4). Al comparar con los resultados del escenario 3 se puede apreciar que las reducciones de contaminantes locales no son significativas y que se produce un leve aumento de las emisiones de CO₂.

**CUADRO 37: EMISIONES UNIDADES DE NEGOCIO: SERVICIOS TRONCALES
ESCENARIO 5**

Resultados anuales	MP	NO _x	CO ₂
Unidades de Negocio ST	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
1	6	239	60,250
2	6	214	53,791
3	6	223	56,216
4	7	256	64,546
5	7	253	63,826
Total servicios troncales	32	1,186	298,629

Fuente: Elaboración Propia

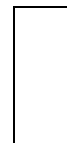
En el cuadro anterior se presentan los valores de emisiones de las unidades de negocios de servicios troncales con tecnología buses híbridos. Al comparar con los resultados del escenario 3 se puede apreciar que las reducciones porcentuales de contaminantes locales son significativas (50% y 30% para MP y NO_x, respectivamente) pero como el nivel base no es muy alto, no se traduce en reducciones importantes. En el caso de las emisiones de CO₂ tampoco se produce una reducción importante (del orden del 10%).

**CUADRO 38: EMISIONES UNIDADES DE NEGOCIO: SERVICIOS TRONCALES
ESCENARIO 6**

Resultados anuales	MP	NO _x	CO ₂
Unidades de Negocio ST	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]
1	6	189	63,023
2	6	169	56,267
3	6	176	58,804
4	7	203	67,517
5	7	200	66,763
Total servicios troncales	31	937	312,373

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro anterior se presentan los valores de emisiones de las unidades de negocios de servicios troncales con tecnología buses GNC. Al comparar con los resultados del escenario 3 se puede apreciar que las reducciones porcentuales de contaminantes locales son significativas (50% y 40% para MP y NO_x, respectivamente) pero como el nivel



base no es muy alto, no se traduce en reducciones importantes. En el caso de las emisiones de CO₂ no se produce reducción.

En la sección 5.5 se presentan las reducciones de emisiones de los escenarios tecnológicos, junto con la estimación de los posibles ingresos por concepto de bonos, tanto locales como globales.

5.4 Cumplimiento de metas ambientales del sector

En la sección 5.3.1 se establecieron las emisiones de material particulado y NO_x tanto para el escenario base como el escenario cambios operacionales del sistema de transporte público. Los resultados se presentan en las primeras dos columnas de la siguiente tabla. Por otra parte el PPDA del año 1997 propone metas para el 2005 para ambos contaminantes. Finalmente en la propuesta que reformula y actualiza el PPDA en elaboración se proponen metas algo diferentes. Estas se presentan en las dos últimas columnas del cuadro siguiente.

CUADRO 39: EMISIONES Y METAS DEL SECTOR AÑO 2005

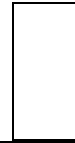
Tipo Contaminante	Esc 0	Esc 1	Meta PPDA 1997	Meta Propuesta 2002
Material Particulado [ton/año]	162	133	330	162
Oxidos de Nitrógeno [ton/año]	6.621	3.401	5.500	6.579

Fuente: Coordinación de Transantiago
Universidad de Chile (2002)

Como se aprecia en la tabla, la meta oficial del PPDA 1997, tanto para MP como NO_x se cumple sin problemas con el escenario 1 e incluso las emisiones del escenario 0 de MP estimadas para el año 2005, cumplen con dicha meta. Se genera en el escenario 1 un excedente de 29 ton/año de MP y de 3.178 ton/año de NO_x.

Por otro lado, las metas propuestas en el 2002 también se pueden cumplir en los escenarios 0 y 1. Aunque estas metas aún no son oficiales, se considerarán como base para estimar las reducciones en exceso posibles de transar. De esta forma, en el caso del MP se puede vender cualquier reducción bajo el valor de las 162 ton/año. En el caso del NO_x se pueden transar las emisiones bajo las 6.579 ton/año³⁸.

³⁸ Se supone que se alcanza la meta de 6.579 ton/año en el escenario base, a pesar que las emisiones de dicho escenario son 6.621 ton/año. Ello se fundamenta en que no se ha aplicado ninguna reducción a los NO_x por la implementación de los filtros DPF, los que según el fabricante reducen en un 25% las emisiones. De acuerdo a esto, se supone que como mínimo el escenario base cumple con la meta 2002.



5.5 Estimación de los Bonos de Contaminantes Locales y Globales

En esta sección se presentan los resultados de ingresos por concepto de bonos de contaminantes locales y globales para los distintos escenarios analizados. En la primera subsección se presenta la metodología para la estimación. En la siguientes subsecciones se presentan los supuestos para los precios de dichos bonos y en la última los resultados de ingresos para los distintos escenarios. La propiedad de dichos bonos es discutida en la sección 7 de este informe.

5.5.1 Metodología de evaluación considerando el uso de bonos de descontaminación

En este estudio se lleva a cabo un análisis que responde a la pregunta ¿qué escenario resulta ser rentable, desde una perspectiva privada, para el negocio del transporte público y como influye en esta rentabilidad la incorporación de posibles ingresos por ventas de permisos de contaminantes locales y globales?.

Para ello se utiliza la expresión general:

$$\pi = \text{Ingresos } (P, Dda) - \text{Costos } (Inv, Op, Mant)$$

A partir de esta ecuación, se simula la incorporación de distintas variables al sistema (precios, demandas, costos, tecnologías) para los escenarios definidos, considerando la incorporación de bonos de descontaminación.

La ecuación específica utilizada es:

$$\pi^* = \underbrace{P * Q_i}_{\text{Ingresos por Venta de Pasajes}} + \underbrace{\Delta E_i^{co2_equivalente} * VC}_{\text{Ingresos por Venta de Bonos GEI}} - \underbrace{\Delta E_i^{Contams} * VB^{Contams}}_{\text{Venta o Compra de Bonos Locales}} - \underbrace{Costos_i}_{\text{Costos Totales Opciones}} (Inv, Op, Mant)$$

Donde:

π^* : Rentabilidad Operadores

i : Tecnología (Escenario Tecnológico)

P : Valor Tarifa

$Costos_i (Inv, Op, Mant)$: Costo Inversión Anualizado_i + Costo Operación_i + Costo Mantenimiento_i

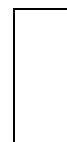
$\Delta E_i^{co2_equivalente}$: Reducción neta de emisiones de CO₂ para la tecnología

VC : Precio de los Bonos de Carbono

$\Delta E_i^{Contams}$: Emisión Final – Emisión Autorizada de PM-10 o NO_x para la tecnología

$VB^{Contams}$: Precio de los Bonos de Descontaminación para PM-10 o NO_x

$\Delta E_i^{Contams} > 0$ Compra



$\Delta E_i^{Contams} < 0$ Vende
 $\Delta E_i^{Contams} = 0$ No se produce transacción

Una de las variables principales en esta ecuación es el precio de los bonos, tanto de contaminantes locales, como globales. En la sección siguiente se proponen valores de precios para los bonos de material particulado, NOx y CO2, y se entregan los supuestos y argumentos considerados para su utilización.

5.5.2 Precios de los Bonos de Contaminantes

Para realizar una evaluación económica de las reducciones en emisiones, considerando la venta/compra de permisos para los contaminantes considerados, es necesario contar con precios por unidad de contaminante reducido. Actualmente no hay un mercado desarrollado para los contaminantes analizados con precios claramente definidos. Existe un incipiente mercado de bonos de carbono y experiencias iniciales de créditos de material particulado en Santiago. A partir de estas experiencias se proponen precios considerando un rango de valores bajo, medio y alto.

Los valores propuestos para los precios de las toneladas reducidas de contaminantes (Bonos) son los siguientes:

CUADRO 40: PRECIOS DE BONOS DE CONTAMINANTES (US\$ / TONELADA REDUCIDA)

Contaminante	Bajo	Medio	Alto
MP (1)	0	10.000	30.000
NOx (1)	0	8.000	15.000
CO2	0	5	10

(1) Valor estimado para una tonelada que se emite en forma permanente.

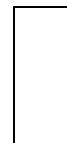
Fuente: Elaboración Propia

Es importante notar que estos valores no son directamente comparables, ya que en el caso de MP y NOx, los precios corresponden a un pago por el valor actual de reducción de emisiones, lo que significa que se realizarán una vez (al inicio) en el proyecto. El CO2 en cambio corresponde a un pago por reducciones año a año, por lo que los ingresos por posibles reducciones se pagan anualmente en el horizonte de la evaluación.

Los supuestos utilizados para definir estos valores son los siguientes:

MP: Se observó durante la década del 90 un valor de aproximadamente 3.000 US\$/Kg-día en el sistema de compensaciones de Santiago³⁹. A juicio de los consultores, este valor es alto para las actuales condiciones del mercado, por lo que dicho valor

³⁹ Los valores fluctuaron fuertemente en el periodo, llegando incluso a US\$ 10.000 por kg. Día. En la actualidad, en cambio, el mercado está deprimido observándose pocas transacciones debido al ingreso de gas natural y reducción de la actividad económica.



correspondería a la cota superior del rango. De esta forma el valor alto correspondería a 30.000 US\$/Tonelada reducida y el medio a un valor inferior equivalente a 10.000. Existe la posibilidad que no exista mercado, por lo que el valor bajo es 0.

NOx: En este caso no existen antecedentes de transacciones de bonos de este tipo, por lo que el valor de la tonelada reducida se estimó a partir del diferencial de emisiones y del costo anualizado⁴⁰ entre un bus convencional (Euro 3) y un bus GNC (gas natural), dado que esta es la tecnología que reduce este contaminante. La diferencia de emisiones es de 0,6 t/año y el diferencial de costos es de 4.900 US\$/Año. Esto implica un costo de aproximadamente 8.000 US\$/Ton, que es el mínimo valor que estaría dispuesto a recibir por sus bonos una fuente que reduce emisiones. En base a esto se estima un valor alto de 15.000 US\$/Tonelada reducida (casi el doble del mínimo dispuesto a recibir por el poseedor de bonos) y el medio a un valor equivalente a 8.000. Existe la posibilidad que no exista mercado, por lo que el valor bajo es 0.

CO₂: En este caso existe un mercado que se ha desarrollado a partir del Protocolo de Kyoto y del mecanismo CDM. Los precios de transacción se encuentran en alrededor de US\$5 por tonelada reducida. Por ello se ha estimado como valor alto 10 US\$/Tonelada reducida y un valor medio de 5. Existe la posibilidad que no exista mercado, por lo que el valor bajo es 0.

5.5.3 Ingresos por Venta de Bonos

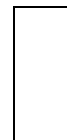
De acuerdo a la metodología y los precios definidos anteriormente, en esta sección se llevan a cabo las estimaciones de los probables ingresos por venta de bonos de contaminantes locales y globales para los distintos escenarios definidos. Para ello se presentarán las reducciones de contaminantes que se generan en cada escenario y la estimación de los ingresos correspondientes.

Se estimarán los ingresos para los escenarios del sistema global y luego para los servicios troncales.

5.5.3.1 Ingresos por Venta de Bonos: Sistema Global

A continuación se presentan los resultados de reducción de emisiones e ingresos por bonos para material particulado, NOx y CO₂. En cada uno de los cuadros se presenta la reducción respecto al escenario 0 (fila 1), y a continuación los ingresos por bonos estimados respecto a la meta 2005 del PPDA 2002. Los bonos de contaminantes globales se presentan para un horizonte de diez años, sobre la base del Escenario 0. Para todas las estimaciones se utilizaron los valores medios de los precios de bonos.

⁴⁰ El costo utilizado en la estimación del precio de los bonos de NOx considera los costos de inversión, operación, mantención y consumo de combustible de las tecnologías en cuestión.



CUADRO 41: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE MATERIAL PARTICULADO

Año	Esc 0	Esc 1	Esc 2
Emisión (t/año)	162	133	133
Meta 2002 (t/año)	162		
Reducción (t/año)	0	29	29
US\$	-	285,845	285,845

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, la meta de material particulado se cumple en los tres escenarios (incluido el base). Es más, para los escenarios 1 y 2, se produce un adicional de 29 ton de material particulado, los que pueden ser vendidos como bonos de descontaminación. Ello implica un ingreso en el año cero de US\$ 285,845⁴¹.

CUADRO 42: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE NOX

Año	Esc 0	Esc 1	Esc 2
Emisión (t/año)	6,579	3,401	3,401
Meta 2002 (t/año)	6,579		
Reducción (t/año)	0	3,178	3,178
US\$	-	25,423,464	25,423,464

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, la meta de NOx se cumple en los tres escenarios (incluido el base). Es más, para los escenarios 1 y 2, se produce un adicional de 3,178 ton de NOx, los que pueden ser vendidos como bonos de descontaminación. Ello implica un ingreso en el año cero por este concepto de US\$ 25,423,464⁴².

Para los GEI, la reducción se contabiliza año a año (por un periodo de 10 años), por lo que se consideran ingresos en cada año del horizonte de la evaluación.

⁴¹ A un precio de 10,000 US\$/ton reducida.

⁴² A un precio de 8,000 US\$/ton reducida.

CUADRO 43: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2

Año	Reducción Emisiones			Ingresos Bonos
	Esc 0	Esc 1	Esc 2	
	t/año	t/año	t/año	US\$/Año
1	0	453,742	453,742	2,268,710
2	0	473,709	473,709	2,368,544
3	0	493,676	493,676	2,468,378
4	0	513,642	513,642	2,568,211
5	0	533,609	533,609	2,668,045
6	0	553,576	553,576	2,767,879
7	0	573,543	573,543	2,867,713
8	0	593,509	593,509	2,967,546
9	0	613,476	613,476	3,067,380
10	0	633,443	633,443	3,167,214

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, existe una interesante reducción de GEI, para los escenarios 1 y 2, los que generarían ingresos por concepto de bonos, superiores a los US\$ 2 millones al año⁴³. Ello equivale a un valor actualizado de aproximadamente US\$ 16 millones, descontado a una tasa del 10% (tasa social).

Como se puede apreciar en los cuadros anteriores, las reducciones de contaminantes locales del sistema de transporte (incluyendo buses licitados, autos, taxis y vehículos comerciales) y sus correspondientes ingresos por bonos son bastante diferentes. En el caso de los NOx se pueden lograr ingresos del orden de los US\$ 25 millones. Estas son comparables a los ingresos esperables por ventas de bonos globales. Las reducciones de MP no son relevantes y alcanzan a los US\$ 285.000.

5.5.3.2 Ingresos por Venta de Bonos: Servicios Troncales

A continuación se presentan los resultados de reducción de emisiones e ingresos por bonos para material particulado, NOx y CO2 para las unidades de negocio 1 a 5 de los servicios troncales. En cada uno de los cuadros se presenta la reducción respecto al escenario 3 (columnas 2, 3 y 4), y a continuación los ingresos por bonos estimados respecto a dichas reducciones. Los bonos de contaminantes locales se estiman para el primer año y los de CO2 se presentan para un horizonte de diez años.

⁴³ A un precio de 5 US\$/ton reducida.

CUADRO 44: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE MATERIAL PARTICULADO

Servicios Troncales	Reducción Emisiones			Ingresos Bonos		
	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
	t/año	t/año	t/año	US\$/Año	US\$/Año	US\$/Año
Unidad 1	-	5.0	5.2	-	49,666	52,087
Unidad 2	1.1	4.4	4.7	11,077	44,342	46,503
Unidad 3		4.6	4.9	-	46,342	48,600
Unidad 4	1.3	5.3	5.6	13,291	53,208	55,802
Unidad 5	-	5.3	5.5	-	52,614	55,179

A partir del cuadro anterior se puede apreciar que, dadas las bajas reducciones de emisiones de material particulado (entre 1 y 5 ton) que se producen a partir de la incorporación de tecnologías por sobre el rediseño del sistema, se generan bajos ingresos por concepto de venta de bonos de descontaminación, los que como máximo alcanzan los US\$ 55.000 en el escenario 6, con tecnología de buses GNC.

CUADRO 45: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE NOx

Servicios Troncales	Reducción Emisiones			Ingresos Bonos		
	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
	t/año	t/año	t/año	US\$/Año	US\$/Año	US\$/Año
Unidad 1	-	71.4	121.6	-	570,944	972,553
Unidad 2	36.7	63.7	108.5	293,429	509,739	868,295
Unidad 3		66.6	113.4	-	532,724	907,447
Unidad 4	44.0	76.5	130.2	352,100	611,660	1,041,909
Unidad 5	-	75.6	128.8	-	604,831	1,030,275

A partir del cuadro anterior se puede apreciar que, existen reducciones de emisiones de NOx más significativas (entre 40 y 130 ton) que el caso del material particulado, a partir de la incorporación de tecnologías por sobre el rediseño del sistema. De acuerdo a ello, los ingresos que se generan por concepto de venta de bonos de descontaminación son más importantes y varían entre US\$ 300.000 y US\$ 1 millón, este último valor para el caso de la tecnología de buses GNC.

Para los GEI, la reducción se contabiliza año a año, por lo que se consideran ingresos en cada año del horizonte de la evaluación.

CUADRO 46: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2
UNIDAD DE NEGOCIOS 1

Reducciones CO2 t/año				Ingresos Bonos US\$/Año		
Año	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
1	-	2773	0	-	13865	0
2	-	2821	0	-	14107	0
3	-	2870	0	-	14349	0
4	-	2918	0	-	14592	0
5	-	2967	0	-	14834	0
6	-	3015	0	-	15076	0
7	-	3064	0	-	15318	0
8	-	3112	0	-	15561	0
9	-	3161	0	-	15803	0
10	-	3209	0	-	16045	0

CUADRO 47: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2
UNIDAD DE NEGOCIOS 2

Reducciones CO2 t/año				Ingresos Bonos US\$/Año		
Año	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
1	0	2476	0	0	12379	0
2	0	2519	0	0	12595	0
3	0	2562	0	0	12811	0
4	0	2605	0	0	13027	0
5	0	2649	0	0	13244	0
6	0	2692	0	0	13460	0
7	0	2735	0	0	13676	0
8	0	2779	0	0	13893	0
9	0	2822	0	0	14109	0
10	0	2865	0	0	14325	0

CUADRO 48: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2
UNIDAD DE NEGOCIOS 3

Reducciones CO2 t/año				Ingresos Bonos US\$/Año		
Año	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
1	-	2587	0	-	12937	0
2	-	2633	0	-	13163	0
3	-	2678	0	-	13389	0
4	-	2723	0	-	13615	0
5	-	2768	0	-	13841	0
6	-	2813	0	-	14067	0
7	-	2859	0	-	14293	0
8	-	2904	0	-	14519	0
9	-	2949	0	-	14745	0
10	-	2994	0	-	14971	0

CUADRO 49: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2
UNIDAD DE NEGOCIOS 4

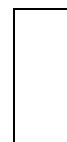
Reducciones CO2 t/año				Ingresos Bonos US\$/Año		
Año	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
1	0	2971	0	0	14854	0
2	0	3023	0	0	15113	0
3	0	3075	0	0	15373	0
4	0	3126	0	0	15632	0
5	0	3178	0	0	15892	0
6	0	3230	0	0	16151	0
7	0	3282	0	0	16411	0
8	0	3334	0	0	16670	0
9	0	3386	0	0	16930	0
10	0	3438	0	0	17189	0

CUADRO 50: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2
UNIDAD DE NEGOCIOS 5

Reducciones CO2 t/año				Ingresos Bonos US\$/Año		
Año	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6
1	-	2938	0	-	14688	0
2	-	2989	0	-	14945	0
3	-	3040	0	-	15201	0
4	-	3092	0	-	15458	0
5	-	3143	0	-	15714	0
6	-	3194	0	-	15971	0
7	-	3246	0	-	16228	0
8	-	3297	0	-	16484	0
9	-	3348	0	-	16741	0
10	-	3399	0	-	16997	0

De los cuadros anteriores se puede apreciar que para el caso del CO2 se pueden lograr ingresos del orden de los US\$ 15.000 al año, fundamentalmente en el escenario 5 (buses híbridos en servicios troncales), lo cual no es un valor muy relevante en términos del negocio privado.

Para el caso de los contaminantes locales, una vez aplicados los escenarios de cambio tecnológico definidos (situación con licitación con buses diesel nuevos, buses híbridos en servicios troncales y buses dedicados GNC en servicios troncales) por sobre el rediseño del sistema, las reducciones de contaminantes locales son bastante más significativas. En el caso de los NOx se pueden lograr ingresos promedio del orden de US\$ 1 millón (valor máximo). Por otro lado, las reducciones de MP no son tan relevantes y alcanzan a los US\$ 55.000 (valor máximo).



En el capítulo 6 de este informe se analizará la importancia de los ingresos por concepto de bonos locales y globales en el negocio de cada una de las unidades en los servicios troncales.

5.6 Análisis de sensibilidad de reducción de emisiones e ingresos por bonos

En esta sección se realiza un análisis de sensibilidad de las emisiones del sistema global de transporte y de la estimación de los ingresos por bonos que ello conlleva. Sólo se sensibilizarán los datos del sistema global, ya que los valores de emisiones e ingresos por bonos no es de mayor relevancia en el caso de los escenarios definidos para las unidades de negocio de servicios troncales. Las variables a variar son las siguientes:

Emisiones. De acuerdo a opinión experta, las emisiones estimadas por el modelo MODEM, arrastran un error de $\pm 15\%$ desde la modelación en el modelo ESTRAUS.

Precios de los bonos. Se ha asumido la siguiente variación de precios de los bonos, la que se aplicará en el análisis de sensibilidad en su valor alto.

CUADRO 51: PRECIOS DE BONOS DE CONTAMINANTES (US\$ / TONELADA REDUCIDA)

Contaminante	Bajo	Medio	Alto
MP (1)	0	10.000	30.000
NOx (1)	0	8.000	15.000
CO2	0	5	10

A continuación se presentan los resultados de las variaciones de $\pm 15\%$ de las emisiones del sistema global y el valor máximo de precio de los bonos de contaminantes.

5.6.1 Resultados de la Sensibilización

**CUADRO 52: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE MATERIAL PARTICULADO
CASO MENORES EMISIONES**

Año	Esc 0	Esc 1	Esc 2
Emisión (t/año)	138	113	113
Meta 2002 (t/año)	162		
Reducción (t/año)	0	25	25
US\$/Año	-	1,457,905	1,457,905

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, la meta de material particulado se cumple en los tres escenarios (incluido el base). Es más, para los escenarios 1 y 2, se produce un

adicional de 25 ton de material particulado, los que pueden ser vendidos como bonos de descontaminación, implicando un ingreso en el año cero de US\$ 750,000⁴⁴.

CUADRO 53: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE NOX
CASO MENORES EMISIONES

Año	Esc 0	Esc 1	Esc 2
Emisión (t/año)	5,628	2,891	2,891
Meta 2002 (t/año)	6,579		
Reducción (t/año)	0	2,737	2,737
US\$/Año	-	55,321,395	55,321,395

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, la meta de NOx se cumple en los tres escenarios (incluido el base). Es más, para los escenarios 1 y 2, se produce un adicional de 2,737 ton de NOx, los que pueden ser vendidos como bonos de descontaminación. Ello implica un ingreso en el año cero por este concepto de US\$ 55,321,395⁴⁵.

Para los GEI, la reducción se contabiliza año a año (por un periodo de 10 años), por lo que se consideran ingresos en cada año del horizonte de la evaluación.

CUADRO 54: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2
CASO MENORES EMISIONES

Año	Reducción Emisiones			Ingresos Bonos
	Esc 0	Esc 1	Esc 2	US\$/Año
	t/año	t/año	t/año	
1	0	385,681	385,681	3,856,807
2	0	402,652	402,652	4,026,524
3	0	419,624	419,624	4,196,242
4	0	436,596	436,596	4,365,959
5	0	453,568	453,568	4,535,677
6	0	470,539	470,539	4,705,394
7	0	487,511	487,511	4,875,111
8	0	504,483	504,483	5,044,829
9	0	521,455	521,455	5,214,546
10	0	538,426	538,426	5,384,264

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, existe una interesante reducción de GEI, para los escenarios 1 y 2, los que generarían ingresos por concepto de bonos, superiores a los

⁴⁴ A un precio de 30,000 US\$/ton reducida.

⁴⁵ A un precio de 15,000 US\$/ton reducida.

US\$ 4 millones al año⁴⁶. Ello equivale a un valor actualizado de aproximadamente US\$ 28 millones, descontado a una tasa del 10% (tasa social).

**CUADRO 55: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE MATERIAL PARTICULADO
CASO MAYORES EMISIONES**

Año	Esc 0	Esc 1	Esc 2
Emisión (t/año)	186	153	153
Meta 2002 (t/año)	162		
Reducción (t/año)	0	9	9
US\$/Año	-	257,165	257,165

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, la meta de material particulado se cumple en los escenarios 1 y 2 y no se cumple en el base. Para los escenarios 1 y 2, se produce un adicional de 9 ton de material particulado, los que pueden ser vendidos como bonos de descontaminación, implicando un ingreso en el año cero de US\$ 257,165⁴⁷.

**CUADRO 56: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE NOX
CASO MAYORES EMISIONES**

Año	Esc 0	Esc 1	Esc 2
Emisión (t/año)	7,614	3,911	3,911
Meta 2002 (t/año)	6,579		
Reducción (t/año)	0	2,668	2,668
US\$/Año	-	40,016,594	40,016,594

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en el cuadro anterior, la meta de NOx se cumple en los escenarios 1 y 2 y no se cumple en el base. Para los escenarios 1 y 2, se produce un adicional de 2,668 ton de NOx, los que pueden ser vendidos como bonos de descontaminación. Ello implica un ingreso en el año cero por este concepto de US\$ 40,016,594⁴⁸.

Para los GEI, la reducción se contabiliza año a año (por un periodo de 10 años), por lo que se consideran ingresos en cada año del horizonte de la evaluación.

⁴⁶ A un precio de 10 US\$/ton reducida.

⁴⁷ A un precio de 30,000 US\$/ton reducida.

⁴⁸ A un precio de 15,000 US\$/ton reducida.

CUADRO 57: REDUCCIONES DE EMISIONES Y BONOS DE CO2
CASO MAYORES EMISIONES

Año	Reducción Emisiones			Ingresos Bonos
	Esc 0	Esc 1	Esc 2	
	t/año	t/año	t/año	US\$/Año
1	0	521,803	521,803	5,218,033
2	0	544,765	544,765	5,447,651
3	0	567,727	567,727	5,677,268
4	0	590,689	590,689	5,906,886
5	0	613,650	613,650	6,136,504
6	0	636,612	636,612	6,366,121
7	0	659,574	659,574	6,595,739
8	0	682,536	682,536	6,825,357
9	0	705,497	705,497	7,054,974
10	0	728,459	728,459	7,284,592

Fuente: Elaboración Propia

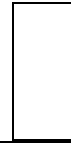
Como se aprecia en el cuadro anterior, existe una interesante reducción de GEI, para los escenarios 1 y 2, los que generarían ingresos por concepto de bonos, superiores a los US\$ 5 millones al año⁴⁹. Ello equivale a un valor actualizado de aproximadamente US\$ 37 millones, descontado a una tasa del 10% (tasa social).

5.6.2 Discusión de los Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos en la sección anterior, se pueden determinar dos conclusiones principales respecto a la sensibilización de los resultados.

- Cumplimiento de metas locales.** Se pudo comprobar que un aumento de un 15% de las emisiones hace peligrar el cumplimiento de las metas locales de material particulado y NOx, y podría reducir los ingresos por bonos de estos contaminantes. En este caso no ocurre lo último, ya que se utilizó el valor máximo del precio de los bonos. Por ello es importante precisar la metodología y la variabilidad de los resultados entregados por el modelo ESTRASUS.
- Mayores ingresos por bonos de carbono.** Dado que no existe una meta local de bonos de carbono, la variación de las emisiones no afecta las reducciones por sobre la línea base. De esta forma, el aumento del precio de los bonos permite alcanzar mayores ingresos por las reducciones de emisiones, lo que hace más atractivo el proyecto de rediseño del sistema de transporte.

⁴⁹ A un precio de 10 US\$/ton reducida.



6 Evaluación Económica de Cambios Propuestos

Este capítulo presenta los resultados de la evaluación económica de diversas alternativas de mejoramiento del sistema de transporte urbano de Santiago. En particular se evalúa en primer término una disminución en las ineficiencias a nivel de línea de transporte, asumiendo el diseño del sistema de transporte actual. Luego, se analiza un segundo escenario que incorpora la reforma del sistema de transporte, sobre la base de las propuestas que se conocen a la fecha del rediseño del transporte urbano de Santiago, el proyecto Transantiago. Por último se analizan tres escenarios de cambio tecnológico y la utilización de los sistemas de bonos de emisión locales y globales para ver su impacto sobre la rentabilidad del negocio y las tarifas exigidas por los operadores.

6.1 Impactos económicos de reducción de ineficiencias a nivel de línea de transporte en el sistema actual

6.1.1 Descripción del Escenario

Este escenario supone que en el mismo sistema de transporte actual se llevan a cabo mejoras potenciales. En este caso se mantienen los supuestos básicos definidos en la evaluación del capítulo 2. De esta forma, se toma un bus que entra al sistema actual, el que forma parte de una firma que posee 400 buses. Este escenario considera asimismo tres sub-escenarios de mejoras del sistema.

El primer escenario asume que el flujo de buses permanece constante, pero se reducen costos debido a que se eliminan las rentas de los gremios y asociaciones y se eliminan las pérdidas del chofer.

El segundo escenario asume las mismas condiciones que el primero pero adicionalmente se reducen los costos financieros debido a una menor tasa de interés en los créditos. Asimismo este escenario asume una menor circulación por parte de los buses en horario fuera de punta debido a una optimización del sistema en el cual se persigue aumentar la tasa de ocupación de los vehículos⁵⁰.

Finalmente, el tercer escenario consiste en una mejora en la mantención del bus, el cual puede venderse al final del período a un precio residual 20% mayor que en el caso original. Además al chofer se le pagan imposiciones por el sueldo real que recibe y no por el sueldo mínimo.

El cuadro que sigue resume las principales características de cada escenario evaluado.

⁵⁰ Se asume que el ingreso permanece constante pues existe un sistema de frecuencias regulado, y conocido por los usuarios que no desincentiva el uso del transporte público. Esto pues, si bien las frecuencias disminuyen, los tiempos de espera no deberían aumentar dado que los usuarios conocen el itinerario de los buses.

CUADRO 58: DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIO EVALUADOS DE MEJORAS EN EL SISTEMA ACTUAL

Item	Escenario A: Sólo Menores Costos y mayores ingresos	Escenario B: Menores costos y menor circulación	Escenario C: Mejor mantención y menor circulación
Organización	Se asume una empresa que es dueña de 400 buses de varias líneas de transporte	Se asume una empresa que es dueña de 400 buses de varias líneas de transporte	Se asume una empresa que es dueña de 400 buses de varias líneas de transporte
Costos de operación y mantención	Se asume menor costo por economía de escala en combustibles y lubricantes. Los costos en lubricantes y neumáticos permanece constantes.	Se asume menor costo por economía de escala en combustibles y lubricantes. Los costos en lubricantes y neumáticos permanece constantes.	Se asume menor costo por economía de escala en combustibles y lubricantes. Los costos en lubricantes y neumáticos aumentan para mejorar la mantención y la vida útil del bus.
Valor Residual Bus	Se asume igual que el escenario actual	Se asume igual que el escenario actual	Se asume un 20% mayor debido a mejor mantención del bus.
Costos legales	Se asume que los costos legales disminuyen a un 33% de la situación base debido a menor cantidad de siniestros.	Se asume que los costos legales disminuyen a un 33% de la situación base debido a menor cantidad de siniestros.	Se asume que los costos legales disminuyen a un 33% de la situación base debido a menor cantidad de siniestros.
Ingresos Bus	Se asume que los ingresos adicionales (pérdidas por evasión de conductores) se distribuyen en partes iguales entre conductores y empresarios.	Se asume que los ingresos adicionales (pérdidas por evasión de conductores) se distribuyen en partes iguales entre conductores y empresarios.	Se asume que los ingresos adicionales (pérdidas por evasión de conductores) se distribuyen en partes iguales entre conductores y empresarios.
Circulación de buses	Se asume que los buses circulan la misma cantidad de km-año que el escenario base	Se asume que debido a optimización del sistema en horario fuera de punta la circulación anual de los buses cae en 25%.	Se asume que debido a optimización del sistema en horario fuera de punta la circulación anual de los buses cae en 25%.
Costos Gremiales y de Asociación	Se asumen que se eliminan los costos de pertenecer a los gremios y asociaciones.	Se asumen que se eliminan los costos de pertenecer a los gremios y asociaciones.	Se asumen que se eliminan los costos de pertenecer a los gremios y asociaciones.
Costos de Administración	Se asume que los costos de administración en este escenario son de \$50.000 por bus en base a entrevistas a expertos.	Se asume que los costos de administración en este escenario son de \$50.000 por bus en base a entrevistas a expertos.	Se asume que los costos de administración en este escenario son de \$50.000 por bus en base a entrevistas a expertos.
Costos Chofer	Las imposiciones del chofer siguen siendo en base a sueldo mínimo.	Las imposiciones del chofer siguen siendo en base a sueldo mínimo.	Se pagan imposiciones en base al sueldo real del conductor.
Costos Financieros	Permanecen constantes respecto del escenario base	Disminuyen de un 8% a un 7%.	Disminuyen de un 8% a un 7%.
Impuestos	Se declara por renta presunta	Se declara por renta presunta	Se declara por renta efectiva

Los resultados de la evaluación de cada escenario, en términos del VAN y el TIR, se resumen en el cuadro que sigue. De aquí se desprenden dos conclusiones importantes. En primer término se puede concluir que las tarifas actuales son en realidad altas, dada la rentabilidad que se podría obtener del negocio, incluso gastando mucho más de los que se gasta hoy en mantención y cuidado de los vehículos. Asimismo, se observa que la rentabilidad potencial del negocio también es importante, incluso sólo considerando buses nuevos EPA 98. Más aun, se observa que las ganancias potenciales que se pueden obtener en este caso son sustanciales.

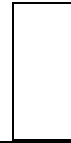
CUADRO 59: RESULTADOS DE LOS ESCENARIO MEJORADOS EVALUADOS

Escenario	VAN/BUS [M\$]	TIR	Reducción % tarifa actual para TIR = 13%	Tarifa Final hoy con TIR = 13%
A con EPA 94	48,441	55%	25%	224
A con EPA 98	35,867	37%	19%	244
B con EPA 94	69,268	75%	36%	192
B con EPA 98	56,594	51%	30%	211
C con EPA 94	30,940	39%	23%	232
C con EPA 98	20,269	26%	16%	253

Cabe señalar en todo caso que estos resultados son sensibles a cambios en ciertos parámetros. En particular se puede observar que tanto la tarifa como el precio del diesel son parámetros fundamentales en la rentabilidad del negocio. A modo de ejemplo, se analiza el impacto sobre la rentabilidad de cambios en estos parámetros para el escenario C con buses EPA 98. Los resultados sobre la TIR de cambios de la tarifa y del precio del diesel entre -50% y 50% en tramos de 10% se presentan en el cuadro que sigue.

CUADRO 60: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL PRECIO DEL DIESEL Y LA TARIFA PARA ESCENARIO C CON BUSES EPA 98

Cambio Porcentual	Rentabilidad para cambio en Precio Diesel	Rentabilidad para cambio en la tarifa
-50%	42%	N/A
-40%	39%	N/A
-30%	35%	N/A
-20%	32%	7%
-10%	29%	16%
0%	26%	26%
10%	24%	37%
20%	21%	48%
30%	18%	60%
40%	15%	73%
50%	12%	86%



Del resultado anterior se desprende que la rentabilidad del negocio es mucho más sensible a la tarifa que se cobra que al precio del diesel. En efecto, cada variación del precio del diesel en 10% implica un cambio en la rentabilidad de aproximadamente 3 puntos porcentuales. En cambio cada cambio de la tarifa de 10% implica una variación en la rentabilidad de orden del 10 puntos porcentuales. Es importante recalcar que este análisis es estático. Para el cálculo de la tarifa se consideran distintos insumos incluido el diesel, los que son prorrateados a partir de un polinomio de cálculo. Por esto, en la realidad, una variación del precio del diesel conllevaría cambios en la tarifa.

6.2 Implicancias en la rentabilidad del negocio de un rediseño del sistema

A continuación se presentan los resultados de las simulaciones en el escenario del rediseño del sistema de transportes que se ha propuesto en el plan Transantiago. Para ello se consideran dos escenarios para cada unidad de negocio de servicios troncales. El primero de ellos considera una renovación de la flota parcial y el segundo considera la renovación total de la flota de buses.

6.2.1 Descripción de los escenarios

Los escenarios que se describen a continuación consideran un conjunto de cambios importantes en el sistema. En primer lugar se asume que todas las unidades de negocio evaluadas funcionan como empresas de transporte. En este escenario se consideran el número de buses articulados y normales, y su circulación según se presentó en el capítulo 4. De esta forma, se obtienen los parámetros que permiten evaluar el negocio para cada unidad troncal.

A continuación se presentan los supuestos utilizados para el cálculo del negocio. En este sentido se deben hacer supuestos respecto de:

- Costos Asociados al Chofer
- Costos Operacionales del Bus
- Costos de Administración
- Inversiones, Costos Financieros y Depreciación
- Ingresos

Los gastos asociados al chofer se aprecian en el cuadro que se presenta a continuación. En este sentido se asume un incremento en el salario del chofer equivalente a la mitad de las pérdidas que se llevaba por su cuenta, además de un incremento de sus imposiciones debido a que es contratado a sueldo fijo, por el monto indicado.

CUADRO 61: GASTOS EN CONDUCTORES CON CAMBIO DE SISTEMA

Gastos Chofer	Unidad	Valor	Fuente
Seguro Vida	\$/conductor-año	24.072	SECTRA
Uniformes	\$/conductor-año	37.000	SECTRA
Capacitación	\$/conductor-año	60.180	SECTRA
Sueldo Neto Conductor	\$/conductor-mes	417.500	Estimación Propia
Acc. Trabajo	\$/conductor-mes	20.083	SECTRA
Indemnización	\$/conductor-mes	20.083	SECTRA
Reemplazos	\$/conductor-mes	32.146	SECTRA
Imposiciones	\$/conductor-mes	107.375	25% sueldo

En general los costos operacionales de los buses se mantienen respecto del escenario base, con la salvedad de la mantención (61,7\$/km) y el uso de neumáticos (20\$/km) que en este caso considera los costos calculados por la Universidad Católica de Valparaíso y SECTRA respectivamente. Para el caso del bus EPA 98 articulado, se asumen los siguientes costos de operación.

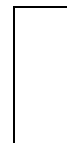
CUADRO 62: GASTOS OPERACIONALES BUSES ARTICULADOS DIESEL EPA 98

Gastos Operacionales Bus	Unidad	Valor	Fuente
Póliza de Garantía	\$/bus-5 años	106,500	SECTRA
Seguro Vehículo	\$/bus-año	1,787,327	SECTRA
Costo Seguro Obligatorio por Vehículo	\$/bus-año	80,196	SECTRA
Permiso de Circulación	\$/bus-año	28,000	SECTRA
Revisión Técnica	\$/bus-año	46,000	SECTRA
Terminal	\$/bus-mes	110,270	SECTRA
Costo Boletos	\$/bus-año	50,000	SECTRA
Neumáticos	\$/km-bus	33	UCV*5/3
Repuestos, Partes y Mantenimiento	\$/km	80	SECTRA

Para poder calcular los costos de combustible y los distintos lubricantes se necesitan los consumos de estos insumos requeridos por un bus articulado. Éstos se presentan en el cuadro siguiente.

CUADRO 63: CONSUMOS DE COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES BUSES ARTICULADOS DIESEL EPA 98

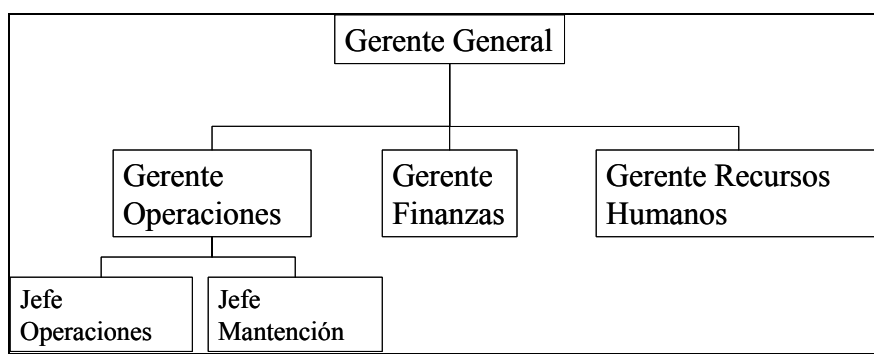
Consumos	Unidad	Consumo	Fuente
Consumo de Combustible	l/km	0.70400	SECTRA
Consumo Lubricantes Motor	l/km	0.00747	SECTRA
Consumo Lubricantes Caja Automática	l/km	0.00043	SECTRA
Consumo Lubricantes Caja Diferencial	l/km	0.00055	SECTRA
Consumo Lubricantes Dirección Hidráulica	l/km	0.00012	SECTRA



Además se asume que los costos asociados al validador se mantienen.

Por otra parte, hay que considerar ahora los costos de administración que conlleva el funcionamiento de una firma de esta envergadura. Se supone que existen tres grandes divisiones dentro de la estructura organizacional. Éstas incluyen las áreas de operaciones, finanzas y recursos humanos. También se suponen otros trabajadores que apoyan la labor de estas áreas. El esquema que se presenta enseguida resume el organigrama de la firma.

FIGURA 4: ORGANIGRAMA DE LA FIRMA



El área de operaciones se divide en las sub-áreas de operación y mantención. La primera se preocupa de la operación y monitoreo de los buses y los terminales, mientras que la segunda se preocupa de mantener los buses en buen estado y repararlos en caso de alguna falla. El área de finanzas se encarga de la recaudación desde el sistema centralizado de cobro, y de negociar los insumos e inversiones necesarias así como los créditos y otros. Finalmente el área de RR.HH. se preocupa de la contratación de los conductores y del bienestar del personal, así como del diseño de mecanismos de incentivos por metas cumplidas (por ejemplo: ahorro de combustible en los buses).

Esto difiere notablemente de la situación actual. Al incorporar mejoras potenciales se asume que se forma una empresa con una estructura organizacional definida. Hoy en día, al pertenecer cada empresario a una asociación de transporte, el empresario deja de asumir muchas de las tareas administrativas. Esto sumado a lo atomizado del sector explicaría la inexistencia de firmas organizadas.

Los costos administrativos asociados a la mano de obra se estimaron considerando los siguientes supuestos respecto del personal, los cuales se resumen en el cuadro 64

CUADRO 64: COSTOS DE MANO DE OBRA EN EMPRESA TIPO NUEVA

Costos Mano obra			
Ítem	Número	Costo unitario	Costo Mensual
Gerente General	1	15.000.000	15.000.000
Gerente Operaciones	1	8.000.000	8.000.000
Jefe Operaciones	1	3.000.000	3.000.000
Ingeniero Operaciones	3	1.500.000	4.500.000
Gerente Finanzas	1	8.000.000	8.000.000
Ingeniero Finanzas	2	1.500.000	3.000.000
Técnico en Comercio Exterior	1	400.000	400.000
Gerente Recursos Humanos	1	8.000.000	8.000.000
Psicólogo	2	650.000	1.300.000
Ingeniero Comercial/Industrial	1	1.500.000	1.500.000
Asistente Social	2	350.000	700.000
TERMINALES			
Guardia	10	250.000	2.500.000
Aseo	10	150.000	1.500.000
Encargado	10	500.000	5.000.000
Fiscalizador	10	400.000	4.000.000
OTROS			
Secretarias	4	400.000	1.600.000
Junior	2	150.000	300.000
Aseo	1	150.000	150.000
Recepcionista	1	250.000	250.000
Abogados	1	3.000.000	3.000.000
Contador	1	500.000	500.000

Por otra parte el funcionamiento de la firma se requiere cubrir otros costos fijos que no dependen de la mano de obra utilizada. En este punto se incluyen el arriendo de las oficinas y de los terrenos de los terminales, gastos en servicios en las oficinas centrales y en los terminales así como la mantención de los equipos computacionales. En el cuadro que sigue se resumen los gastos asociados a cada ítem.

CUADRO 65: OTROS GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

GASTO			
ITEM	Número	Costo Unitario	Costo Mensual
Oficina	1	2.000.000	2.000.000
Servicios	1	600.000	600.000
Terreno terminal	10	500.000	5.000.000
Servicios terminal	10	100.000	1.000.000
Mant. PCs	1	250.000	250.000

A partir de los costos administrativos señalados anteriormente, es posible calcular los costos administrativos anuales. Los costos gremiales ya no existen al no pertenecer el empresario a ninguna asociación. Los costos legales se incluyen en los gastos administrativos por concepto de abogados. Los gastos administrativos totales de capital y trabajo se muestran en el Cuadro 66.

CUADRO 66: RESUMEN GASTOS DE ADMINISTRACIÓN DE LA NUEVA FIRMA

Otros Costos	Unidad	Valor	Fuente
Otros Costos Administrativos	\$/año	106.200.000	Elab. Propia
Costos Administración de Trabajo (sin choferes ni mantención)	\$/año	866.400.000	Elab. Propia

Para operar en este nuevo escenario, la firma en cuestión debe realizar una serie de inversiones. Éstas incluyen la compra de buses, validadores y otras inversiones en equipos computacionales, equipos GPS, mobiliario de oficina, construcción de terminales, entre otras. El cuadro a continuación resume las inversiones requeridas.

CUADRO 67: TOTAL DE INVERSIONES EN CAPITAL PARA OPERAR NUEVA FIRMA

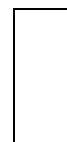
Inversiones	Valor	Unidad	Fuente
Precio Vehículo Bus Articulado EPA 98	122.400.000	\$/vehículo	SECTRA
Precio Validador Nuevo	4.875.000	\$/validador	SECTRA
otros (computadores, equipos y GPS)	390.008.700	\$/empresa	Elab. Propia

Además, para estimar el valor de otras inversiones se hicieron ciertos supuestos. Estos se detallan en el cuadro siguiente a continuación.

CUADRO 68: DESGLOSE DE INVERSIONES EN CAPITAL PARA OPERAR NUEVA FIRMA

INVERSION			
ITEM	Número	Costo Unitario	Costo Total
Computadores	30	1.200.000	36.000.000
Mobiliario	1	2.000.000	2.000.000
Terminales	10	5.000.000	50.000.000
Equipos monitoreo	10	150.000	1.500.000
Mobiliario Terminal	10	1.000.000	10.000.000
Costos GPS			290.508.700

Para financiar la compra del bus articulado y las otras inversiones se suponen mejores condiciones de crédito. Esto por una disminución de la tasa de interés (a una del 5%), manteniendo las otras características de la deuda (pie 20%, 60 cuotas). Además, la depreciación sigue siendo lineal.



Se supone que la vida útil de un bus articulado en el sistema va a ser también de 10 años, como también que el valor residual del bus, tras dicho periodo, es la misma proporción que el bus normal respecto de su valor original. Para el caso del bus normal, se asume que se valor residual es 20% mayor que en el escenario actual. Este valor es igual al valor asumido en el Escenario C descrito en el apartado anterior. Finalmente, se considera una tasa de impuesto del 17% a las utilidades.

Respecto de los ingresos de cada Unidad de Negocio de servicios troncales, se asume que se incrementan los ingresos de publicidad al doble del caso inicial. Además, se asume que los servicios troncales cobran por km recorrido y no por pasajero transportado según se describió en el Capítulo 4.

6.2.2 Evaluación de los escenarios del Sistema de Troncales nuevos

Escenario S1: Renovación parcial de la flota.

El primer escenario tiene los siguientes supuestos adicionales a los definidos inicialmente. Se asume que los buses articulados que ingresan son buses nuevos. Se asume asimismo, que los buses normales son buses EPA 94 que en promedio tienen 5 años de vida útil. El escenario consiste en que en el año 0 se compren todos los buses articulados nuevos y los normales usados. Luego, en el año 5 se compren buses nuevos EPA 98 para reemplazar los buses antiguos que salen del sistema. Se asume que los costos de inversión en buses antiguos son los dados en el siguiente cuadro.

CUADRO 69: COSTO DE LA INVERSIÓN EN BUSES ANTIGUOS

Inversiones	Valor	Unidad	Fuente
Precio Vehículo Bus Antiguo 5 años EPA 94	35.500.000	\$/vehículo	Expertos ⁵¹
Reacondicionamiento	5.680.000	\$/vehículo	Expertos ⁵²
Total	41.180.000	\$/empresa	

De esta forma se puede obtener los siguiente resultados para el flujo de caja a 10 años considerando tarifas diferentes para cada troncal. En particular se asumen tarifas de \$680, \$760 y \$1000⁵³. Los resultados se muestran en el Cuadro 70.

⁵¹ Se asume que el costo de un bus es de US\$ 10.000 por año de vida útil que le queda. Tipo de cambio a 710.

⁵² Se asume que el costo de reacondicionar el bus es de US\$ 8.000. Esto incluye pintura y refacción, pero no incluye los equipos GPS.

⁵³ El rango de tarifa que ha sido manejado hasta el momento es entre \$500 y \$1000. Sin embargo se ha asumido la tarifa mínima de \$680 pues una tarifa menor implicaría una rentabilidad negativa en al menos una unidad de negocio.

CUADRO 70: RENTABILIDAD DEL NEGOCIO PARA CADA UNIDAD DE NEGOCIO TRONCAL PARA TRES TARIFAS TIPO CON RENOVACIÓN PARCIAL DE LA FLOTA

UNIDAD NEGOCIO	Rentabilidad del Negocio Según Tarifas por bus-km		
	Tarifa = 680	Tarifa = 760	Tarifa = 1000
1	60%	100%	250%
2	37%	65%	158%
3	18%	36%	126%
4	1%	14%	76%
5	12%	31%	123%

De esta forma se aprecia que dada una misma tarifa, las unidades de negocio de los servicios troncales tienen rentabilidades que difieren notablemente entre ellas. En particular se observa que las unidades 1 y 2 son las más rentables económicamente. De esta misma forma, la unidad 4 aparece como la menos rentable de todos.

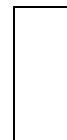
Escenario S2: Renovación total de la flota.

En este escenario se asume que la flota completa se renueva en cada troncal. De esta forma, todos los buses que ingresan a este negocio serían nuevos. La evaluación de este negocio para las mismas tarifas antes presentadas se presenta en el Cuadro 71.

CUADRO 71: RENTABILIDAD DEL NEGOCIO PARA CADA UNIDAD DE NEGOCIO TRONCAL PARA TRES TARIFAS TIPO CON RENOVACIÓN TOTAL DE LA FLOTA

UNIDAD NEGOCIO	Rentabilidad del Negocio Según Tarifas por bus-km		
	Tarifa = 680	Tarifa = 760	Tarifa = 1000
1	29%	49%	143%
2	29%	50%	145%
3	19%	35%	116%
4	2%	13%	66%
5	9%	22%	86%

En este caso se vuelve a observar que la unidad 4 sigue siendo la menos atractiva, mientras que las unidades 1 y 2 siguen siendo las menos rentables, usando una tarifa común. Por otra parte, se observa -como es esperado- que la rentabilidad en este caso es menor que la rentabilidad en el escenario anterior, para todas las unidades, excepto las unidades 3 y 4 con tarifa de \$680. En ese caso no se observa lo anterior, debido a que el número de buses normales que tiene la unidad es significativamente menor al número de buses articulados, lo cual no justifica una inversión nuevamente en el año 5.



Finalmente, se pueden comparar las tarifas mínimas en cada unidad de negocio para obtener una rentabilidad exigida del 13%⁵⁴. En este caso, como se observa en el Cuadro 72 la mínima y máxima tarifa, en una unidad de negocios, en la situación base sería de \$582 y \$748 para las unidades 1 y 4, respectivamente. Asimismo, se observa que en el caso de exigir sólo buses nuevos, la tarifa mínima y máxima serían \$615 y \$748 para las unidades 1 y 4, respectivamente.

CUADRO 72: TARIFA REQUERIDA PARA LOGRAR UNA RENTABILIDAD DEL 13% EN CADA UNIDAD DE NEGOCIO TRONCAL SEGÚN RENOVACIÓN DE LA FLOTA

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa Renovación Parcial (\$)	Tarifa Renovación Total (\$)
1	582	615
2	606	615
3	660	654
4	748	748
5	684	703

De este análisis se puede concluir que el negocio, dentro del rango de tarifa que ha sido manejado, es rentable. No obstante lo anterior, se debe aclarar que estos valores son sensibles al precio de combustible y al precio del dólar. Luego al especificar las tarifas, se debe tener en consideración el impacto en el cambio de estas variables sobre las tarifas cobradas por las empresas de buses.

6.3 Análisis económico de la introducción de cambios tecnológicos al sistema de transporte

En esta sección se analiza el impacto sobre la rentabilidad del negocio y sobre las tarifas cobradas por las unidades de negocios de introducir tecnologías más limpias en los buses. En particular, se analizan dos tecnologías diferentes: buses a gas natural comprimido (GNC) y buses híbridos. Para ello deben hacerse ciertos supuestos respecto de la inversión y operación de éstos. Ellos se resumen a continuación.

En primer lugar se asumen los siguientes costos de inversión para cada tecnología.

⁵⁴ Tasa mínima que debería entregar este negocio a juicio de los privados.

CUADRO 73: COSTOS DE INVERSIÓN EN BUSES A GNC E HÍBRIDOS

Inversiones	Valor	Unidad	Fuente
Precio Vehículo Bus GNC normal	108.914.000	\$/vehículo	U. de Chile (2002)
Precio Vehículo Bus GNC articulado	149.100.000	\$/vehículo	U. de Chile (2002)
Precio Vehículo Bus híbrido normal	132.770.000	\$/vehículo	U. de Chile (2002)
Precio Vehículo Bus híbrido articulado	181.758.149	\$/vehículo	Expertos ⁵⁵

Luego se definen los consumos de cada tipo de bus GNC e híbrido. En el cuadro siguiente se presentan los consumos de combustible y lubricantes para cada tecnología, y junto con ello los costos en neumáticos y de mantención de cada tecnología.

CUADRO 74: CONSUMOS DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES Y NEUMÁTICOS, Y COSTOS DE MANTENCIÓN PARA BUSES GNC E HÍBRIDOS

ITEM	GNC Normal	GNC Articulado	Híbrido Normal	Híbrido Articulado	Unidad	Fuente
Consumo de Combustible	0,69800	0,85200	0,44500	0,62656	m ³ /km ó l/km	U. de Chile (2002)
Consumo Lubricantes Motor	0,00174	0,00201	0,00155	0,00179	l/km	U. de Chile (2002)
Consumo Lubricantes Caja Automática	0,00060	0,00070	0,00054	0,00062	l/km	U. de Chile (2002)
Consumo Lubricantes Caja Diferencial	0,00036	0,00041	0,00032	0,00037	l/km	U. de Chile (2002)
Consumo Lubricantes Dirección Hidráulica	0,00012	0,00014	0,00011	0,00013	l/km	U. de Chile (2002)
Costo de Neumáticos	26,36	43,93	19,77	32,95	\$/km-bus	U. de Chile (2002)
Costos de Mantención	65	84	67,76	88	\$/km-bus	U. de Chile (2002)

El resto de los costos de operación se asumen iguales al caso de buses normales o articulados EPA 98. Finalmente se requiere definir el precio de combustible para el caso del gas natural comprimido. En principio se ha asumido un precio de \$186/m³ (Universidad de Chile (2002)), que toma el precio de \$160/m³ y ajustándolo según el incremento de 16% que sufrió el precio del gas natural residencial. Cabe señalar que este los resultados del análisis para los buses GNC son sumamente sensibles al precio del mismo al igual que el precio del diesel en el caso de buses diesel.

Se presentan a continuación las tarifas mínimas exigidas por cada unidad de negocio para ingresar con flotas completas de buses GNC e Híbridos, y su comparación con el caso de ingresar sólo con buses EPA 98. Esto se evalúa para un horizonte de 10 años. En

⁵⁵ Se asume que el incremento porcentual en el costo de un bus híbrido articulado es igual al caso del bus GNC.

particular, se observa que en este caso, los buses híbridos son menos atractivos como negocio, por lo que exigen tarifas más altas para poder ingresar al sistema. Para la unidad de negocio 2 se obtiene la tarifa más baja tanto para utilizar GNC como híbridos. Asimismo, se puede notar que la diferencia en tarifas cobradas sería menor en la unidad de negocio 3, con una diferencia de sólo \$ 8/km.

CUADRO 75: TARIFA REQUERIDA PARA LOGRAR UNA RENTABILIDAD DEL 13% EN CADA UNIDAD DE NEGOCIO TRONCAL SEGÚN TIPO DE TECNOLOGÍA

UNIDAD NEGOCIO	Rentabilidad = 13%		
	Tarifa (EPA 98) (\$)	Tarifa (GNC) (\$)	Tarifa (Híbrido) (\$)
1	615	655	707
2	615	633	688
3	654	662	725
4	748	772	848
5	703	738	805

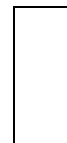
Por otra parte, se debe notar que para el caso de los buses híbridos, estos requieren de una tarifa sustancialmente mayor para poder operar. En este sentido las tarifas exigidas por los buses híbridos son de casi \$100/km adicionales en todas las unidades de negocio. Sin embargo en ambos casos se tiene que con tarifas de menos de \$1,000/km se pueden hacer ingresar flotas completas de buses de mejor tecnología que la existente.

Adicionalmente, se considera importante analizar la factibilidad de extender la vida útil de los buses de 10 a 12 años. Esto se considera viable en el caso de estas tecnologías puesto que los expertos⁵⁶ señalan que esto es factible manteniendo la calidad de los buses en buen estado. Esto incentivaría la adopción de mejores tecnologías y al mismo tiempo permitiría bajar las tarifas. Los resultados de este análisis se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO 76: TARIFA REQUERIDA PARA LOGRAR UNA RENTABILIDAD DEL 13% EN CADA UNIDAD DE NEGOCIO TRONCAL SEGÚN TIPO DE TECNOLOGÍA EN UN PROYECTO A 12 AÑOS

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa (GNC)	Tarifa (Híbrido)
1	\$ 641	\$ 684
2	\$ 620	\$ 661
3	\$ 649	\$ 693
4	\$ 755	\$ 811
5	\$ 721	\$ 774

⁵⁶ METROGAS, VIVENDI, empresarios de buses actuales.



En este cuadro se observa que las tarifas se reducen considerablemente en el caso de los buses híbridos, y en menor medida en los buses a GNC. Sin embargo al comparar la unidad 3, entre la tecnología EPA 98 a 10 años y GNC a 12 años se obtiene que la diferencia en tarifa incluso indica que el GNC podría ofrecer una tarifa menor que la tarifa de un bus EPA 98.

El cuadro 77 siguiente, muestra los porcentajes de reducción de la tarifa asociados a un aumento de dos años en el periodo de operación de los buses de forma tal que la rentabilidad del proyecto sea 13%.

CUADRO 77: DIFERENCIAS PORCENTUALES DE TARIFAS

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa (GNC)	Tarifa (Hibrido)
1	2,1%	3,3%
2	2,1%	3,9%
3	2,0%	4,4%
4	2,2%	4,4%
5	2,3%	3,9%

6.4 Análisis de la utilización del sistema de transacción de emisiones en la evaluación de las unidades de negocio de servicios troncales

En esta sección se analiza la utilización de los sistemas de transacción de emisiones como fuente de ingreso para los operadores del sistema. Para ello se consideran diferentes escenarios para el cálculo de las emisiones reducidas. Los escenarios corresponden a lo siguiente:

- Se evalúa el escenario de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en particular CO₂ derivado de la reducción de emisiones de CO₂ producto de la reorganización del sistema con un horizonte de 10 años. El escenario utilizado calcula las emisiones ahorradas del sistema completo (buses y autos). Para el análisis se asignan entre unidades de negocios de servicios troncales y alimentadores, dividiéndola por número de buses equivalentes. De esta forma se asignan 49% de los bonos a los troncales y 51% a los alimentadores. Dada la actividad casi idéntica entre los servicios troncales se asume que los bonos se reparten en partes iguales entre ellos.
- Dentro del mismo escenario se evalúan las reducciones de contaminantes locales por sobre la meta estipulada PPDA 2002, para PM₁₀ y NO_x. Es así como se analiza el impacto de entregar los bonos a los operadores para el primer año según la misma lógica de repartir los bonos globales.

A continuación, se presentan los resultados sobre las rentabilidades de cada unidad de negocio derivados de la venta de los bonos globales y locales a la misma tarifa mínima calculada en la sección 6.2.

CUADRO 78: RENTABILIDAD DEL NEGOCIO DE LOS TRONCALES CON VENTA DE BONOS GLOBALES Y LOCALES DE TODO EL SISTEMA

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa Diesel para una TIR = 13% (\$)	Rentabilidad con Bonos Globales (%)	Rentabilidad con Bonos Locales (%)	Rentabilidad con Bonos Globales y Locales (%)	Tarifa Diesel para una TIR = 13% con bonos locales y globales (\$)
1	615	14,2%	15,1%	16,3%	602,00
2	615	14,2%	15,0%	16,1%	603,00
3	654	14,1%	14,8%	15,8%	642,00
4	748	14,0%	14,7%	15,7%	733,00
5	703	14,1%	14,9%	16,0%	688,00

Del cuadro anterior se desprende que la rentabilidad cambia levemente para el caso de la venta de bonos globales, pasando de 13% a 14%. Los bonos locales en este sentido juegan un rol más activo alcanzando un impacto de dos puntos sobre la rentabilidad del negocio. Finalmente la combinación de ambos aporta un 3% en rentabilidad adicional al negocio.

Desde la perspectiva de los bonos globales esto es interesante pues un impacto de 1% en la rentabilidad también es equivalente a una disminución de la tarifa cobrada de alrededor de un 1%. Este impacto si bien es pequeño, puede ser importante a la hora de no tener que incrementar la tarifa.

Una vez realizado el análisis anterior se procede a evaluar tres escenarios tecnológicos adicionales. El primero de ellos consiste en evaluar el impacto sobre la rentabilidad del negocio de incorporar dos flotas de buses nuevos en el sistema en las unidades de negocio 2 y 4, a las que se les otorga los bonos de contaminantes locales. Los resultados sobre la rentabilidad se muestran a continuación en el siguiente cuadro.

CUADRO 79: IMPACTO SOBRE LA RENTABILIDAD DEL NEGOCIO DEL USO DE PERMISOS LOCALES PARA CAMBIO DE FLOTA DIESEL EN DOS UNIDADES DE NEGOCIO

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa Diesel para una TIR = 13% (\$)	Rentabilidad con Bonos Locales (%)
2	615,00	13,4%
4	726,00	13,3%

De lo anterior se desprende que el impacto del uso de tecnologías diesel más limpias tiene un impacto muy menor en la rentabilidad del negocio, aproximadamente 0,2%⁵⁷.

⁵⁷ La rentabilidad sin bonos a las tarifas indicadas es de 13,2 y 13,1% respectivamente.

A continuación, se evalúa la opción de utilizar el sistema de bonos globales y locales para la introducción de buses híbridos y su impacto sobre la rentabilidad dada la tarifa mínima anteriormente calculada. Los resultados se resumen en el siguiente cuadro.

CUADRO 80: RENTABILIDAD DEL NEGOCIO DE LOS TRONCALES CON VENTA DE BONOS GLOBALES Y LOCALES PARA EL USO DE BUSES HÍBRIDOS

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa Híbrido para una TIR = 13% (\$)	Rentabilidad con Bonos Globales (%)	Rentabilidad con Bonos Locales (%)	Rentabilidad con Bonos Globales y Locales (%)
1	707	13,1%	13,4%	13,4%
2	688	13,1%	13,3%	13,4%
3	725	13,1%	13,3%	13,3%
4	848	13,1%	13,3%	13,4%
5	805	13,1%	13,4%	13,4%

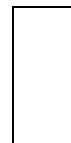
Del cuadro se desprende que ni los bonos locales ni los globales tienen un impacto significativo sobre la rentabilidad. Sin embargo, los primeros tienen un impacto levemente superior a los segundos. De todas formas, parece improbable que los buses híbridos ingresen al sistema por la venta de bonos, pues el impacto es muy menor. Por otra parte, si se considera el proyecto a 12 años, para obtener una rentabilidad del 13%, y se analizan los cambios en la rentabilidades, se obtiene que ellas no varían mayormente. En efecto, el aumento de la rentabilidad sigue estando acotado superiormente por un aumento de medio punto porcentual (al igual que en la evaluación de 10 años).

Finalmente, se analiza la posibilidad de utilizar bonos locales para la introducción de buses GNC. Los resultados se resumen en el cuadro que sigue.

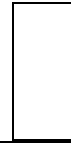
CUADRO 81: RENTABILIDAD DEL NEGOCIO DE LOS TRONCALES CON VENTA DE BONOS LOCALES PARA EL USO DE BUSES GNC

UNIDAD NEGOCIO	Tarifa GNC para una TIR = 13% (\$)	Rentabilidad con Bonos Locales (%)
1	655	13,8%
2	633	13,7%
3	662	13,5%
4	772	13,6%
5	738	13,7%

En este caso se observa que la rentabilidad aumenta medio punto porcentual al utilizar los bonos locales que se generan debido a la menores emisiones de los buses de GNC. Al igual que en el caso anterior, se observa que si el proyecto se evalúa a 12 años, los incrementos en la rentabilidad siguen siendo de 0,5%.



Finalmente, se puede concluir que el impacto sobre la rentabilidad de utilizar los sistemas de bonos locales o globales son más bien bajos si se utiliza sólo cambios tecnológicos en las flotas de buses. En este caso son todas menores al 0,6%. Utilizando los bonos de todo el sistema sin embargo, se tiene que el impacto puede alcanzar un impacto sobre la rentabilidad de 3%.



7 Aspectos Económicos, Políticos e Institucionales a Superar para Promover Reducciones de GEI en el Sistema de Transporte de Pasajeros de Santiago

Para aprovechar las potencialidades asociadas a una reorganización del sistema y mejoras operacionales, se requiere una serie de definiciones claves y oportunas que permitan a los empresarios de transporte y usuarios del sistema tomar las decisiones correctas desde una óptica ambiental. A continuación se discuten éstas en tres ámbitos diferentes: los referidos al Protocolo de Kyoto, al rediseño del sistema de transporte y de incentivos, y a aspectos de gobernanza que se deben mejorar. Además se presentan los aspectos distributivos asociados a los cambios propuestos, los que pueden dificultar en definitiva la implantación de los cambios.

7.1 Aspectos relacionados al protocolo de Kyoto en el sector transporte

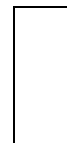
En base a lo discutido en la sección 4, los obstáculos principales en la definición de proyectos MDL en el sector transporte corresponden a la determinación de la línea base de emisiones, la adicionalidad de cualquier proyecto y el plan de monitoreo y verificación.

Definición de la Línea Base

Las dificultades para determinar la línea base de emisiones y la adicionalidad en los proyectos de transporte son sustancialmente mayores a las de proyectos específicos de reducción en el sector energético. Es necesario estandarizar los procedimientos de cálculo para proyectar las emisiones en un escenario sin proyecto, sin que ésta sea una proyección estática del caso actual. El manejo de gran cantidad de información hace necesario la utilización de herramientas computacionales relativamente sofisticadas para llevar a cabo estas estimaciones.

Los principales elementos para desarrollar una línea base se discutieron en la sección 4.2.1. Un primer punto es establecer aquellas iniciativas normativas y de inversión que se realizarían en ausencia del proyecto. Estas determinan tanto el nivel de actividad como las emisiones vehiculares, tanto de buses como de autos. Un problema importante en este sentido es la continua declaración, por parte de la autoridad regulatoria, de planes, normas y proyectos que finalmente no se concretan y/o que luego se modifican. En la sección 2 de este informe se discute que tanto el PTUS de 1995 como el PPDA de 1997 se cumplieron solo parcialmente y que luego se modificaron. Es importante que el Executive Board del MDL o una entidad similar genere guidelines respecto de lo que se debe y no debe incluir en la línea base los proyectos.

En este sentido, en la sección 5.1.2 de este informe se propone una línea base para el sistema de transporte urbano de Santiago, que corresponde a la proyección al año 2005



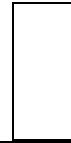
de la flota de buses actual, con un 50% de la flota con filtros de partículas y considerando el esquema actual de licitación. Ello considera la existencia de buses normales de 12 o menos años de antigüedad, propulsados por motores diesel, que cumplen las normas de emisiones vigentes a la fecha (EPA91/EURO1, EPA94/EURO2, EPA98/EURO3) y la optimización de la operación de la infraestructura vial para buses definida por el Programa 7 (P7) del PTUS. Esta línea base cumple además con las normas de emisión agregadas establecidas para el sistema de buses de la ciudad.

Otro tema de carácter técnico es la complejidad asociada a la estimación de emisiones. Por una parte es necesario establecer la evolución esperada de las variables de transporte en la situación sin proyecto, lo que normalmente exige el uso de modelos complejos. Para Santiago, éstas se obtienen a partir de la información vial generada por el modelo estratégico de transporte ESTRASUS (ver anexo 3). Luego, usando otro modelo computacional denominado MODEM (Modelo de Emisiones, ver anexo 2), se obtienen las emisiones de contaminantes específicos asociados a distintas categorías vehiculares.

Para que las emisiones estimadas sean aceptables como línea base, estos modelos deben ser validados nacional e internacionalmente. Si bien el modelo ESTRASUS es reconocido en Chile como un modelo apropiado para Santiago, es necesario contar con una validación internacional del mismo, que permita su utilización para estimar las variables de transporte. Existen otras opciones para la modelación del sistema de transporte utilizadas más ampliamente en el mundo, como el modelo EMME2 (que fue utilizado en algunos cálculos de este estudio), pero su utilización no concita apoyo entre los encargados de la planificación del sistema de transporte de Santiago.

De especial relevancia es la determinación de la línea base para automóviles. Como se discutió en el capítulo anterior, la decisión de algunos usuarios de mantenerse utilizando el transporte público y no cambiarse al automóvil como consecuencia de las mejoras en el sistema de buses y desincentivos para el uso del automóvil, tiene implicancias importantes en las emisiones de GEI. Considerando que las reducciones estimadas en veh-km circulados son menores al 5%, los modelos deben ser lo suficientemente precisos como para captar estas diferencias y robustos frente a variaciones de parámetros claves. De otra forma se corre el riesgo de aceptar reducciones que no ocurrirán en la práctica.

El MODEM por su parte estima las emisiones con los antecedentes más recientes disponibles en Chile y a nivel mundial. Contiene información sobre los factores de emisión de contaminantes locales y globales para cada tipo de vehículo, los cuales están expresados en función de la velocidad media de conducción. A pesar de ser lo mejor disponible, faltan muchos factores lo que obliga al uso de antecedentes internacionales que no representan necesariamente las características técnicas del parque vehicular de Santiago, tampoco las características de operación de las distintas categorías de vehículos ni las características de los combustibles utilizados (nivel de azufre, poder calorífico, densidades, etc). Si bien, las actualizaciones del MODEM incorporan la



corrección de estos factores de emisión para algunas variables técnicas, es necesario validarlas a nivel internacional.

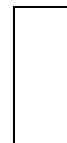
Además, se hace necesario el desarrollo de factores de emisión representativos de las tecnologías presentes en el parque vehicular actual de Santiago. Para esto sin embargo, se requiere de la infraestructura adecuada. Las entidades internacionales preocupadas de reducir los GEI pueden jugar un rol relevante aquí. De hecho, el GEF ha realizado un aporte de fondos importante para el aumento de la capacidad local para medir factores de emisión en vehículos pesados en Santiago de Chile. Este aporte se ha materializado con un acuerdo de compra para el laboratorio 3CV de un dinamómetro de chasis nuevo para medir emisiones en vehículos pesados por un monto de hasta US\$ 700.000. Además de este aporte en equipos, el GEF ha aportado fondos para desarrollar una prueba de determinación de ciclos de conducción experimentales para buses de Santiago. Estos aportes del GEF se enmarcan en el Proyecto la componente cambio tecnológico del proyecto “Chile: Calidad de Aire y Transporte Sustentable para la Ciudad de Santiago de Chile”.

En resumen es necesario estandarizar el procedimiento de cálculo de la línea base de emisiones en proyectos de transporte y facilitar la generación de los antecedentes claves. Ello permitiría reducir los costos de transacción asociados a esa etapa del ciclo de proyecto MDL. Además, evitaría el juego que pueden realizar tanto los compradores como los vendedores de subestimar la línea base para presentar mejores emisiones, lo cual beneficiaría a ambas partes debido a que los compradores adquirirían CERs a menor costo y los desarrolladores del proyecto podrían contar con ingresos adicionales para su proyecto. Especial atención debe ponerse en la posibilidad de evaluar cambios conductuales en los usuarios de automóviles actuales y potenciales.

Adicionalidad

La adicionalidad tampoco es simple de establecer en este tipo de megaproyectos. Si se acepta que la línea base es la situación sin proyecto, cabe preguntarse por aquellos aspectos asociados a la adicionalidad ambiental, económica y regulatoria de TranSantiago que es necesario definir.

Se ha estimado que la implantación de este sistema permite reducir 450 mil toneladas al año de CO₂. Un tema central en este caso se refiere a quien es dueño de las reducciones de GEI que se logran al reorganizar el sistema. Corresponden al resultado de un megaproyecto con varias componentes y actores. Cerca de la mitad de las reducciones corresponden a emisiones directas desde los buses. El resto es por reducción del uso del automóvil. ¿De quien son estas reducciones: de los autos que dejan de circular, de las autoridades que implementan el rediseño, o de los empresarios de buses que realizan las inversiones? Se propone considerar el transporte como un sistema que incluye tanto a buses y autos. Este sistema se rige por las normas, políticas e inversiones que desarrolla el Estado. Por tanto, si el Estado realiza cambios en éstas que en el agregado reducen las



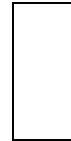
emisiones, se puede aceptar que éste sea el dueño de las reducciones. Cualquier otra opción sería poco eficaz ya que no entregaría incentivos económicos a los privados para cambiar sus decisiones ni al Estado para ser más efectivo en la implementación del cambio. Por ello la opción de entregarlos a los empresarios de buses permite una adicionalidad económica efectiva.

En la sección 5.5.3 se estimó que las ventas de bonos globales podrían alcanzar \$2.5 millones anuales y los locales, específicamente de NOx, una cifra algo superior por año. Estos montos son significativos y facilitarían el logro de los cambios propuestos en el sistema de transporte. Para ello sin embargo es preciso definir –además de quien es el dueño de las reducciones- a qué actores asignar éstas, de modo que exista una adicionalidad económica importante que los lleve a tomar decisiones en el sentido correcto desde una óptica de GEI. Su potencial asignación a automovilistas, además de ser impracticable no generaría ninguna adicionalidad relevante. Una opción más interesante es asignarlas gratis a los empresarios de buses del nuevo sistema. Ello permitiría incrementar la rentabilidad absoluta de las empresas que se adjudiquen las unidades de servicios troncales licitadas entre 1,1% y 3,3%, considerando una tarifa mínima⁵⁸. Esto haría más atractivo este negocio y facilitaría su aceptabilidad por parte de empresarios expuestos al riesgo de un cambio de sistema.

Otra opción de uso de estos recursos sería para financiar cerca del 20% de la inversión en infraestructura requerida para la implementación del proyecto. Ello, en un contexto en que se están recortando los recursos que se pretende destinar al TranSantiago, podría hacer la diferencia entre que sea o no exitoso. Como contrapartida a estos ingresos, se puede requerir que el sistema de fiscalización sea más exigente. La escasa capacidad de fiscalización y los problemas de corrupción son temas de gran importancia en países en desarrollo, que en última instancia dificultan e incluso impiden la exitosa implementación de medidas de descontaminación simples y efectivas, en particular exigencias de mantención. Esta adicionalidad regulatoria puede por tanto ser altamente eficaz para reducir los GEI.

Pero mas allá del aspecto financiero, la obligación de cumplir con organismos externos como el PCF, Banco Mundial y el BID facilitará el logro de compromisos más estables, coordinaciones entre las diversas instituciones involucradas, cumplimiento de lo propuesto y en definitiva aumentará la probabilidad de éxito del cambio. El asumir obligaciones con terceros independientes que pueden hacer cumplir (enforce) lo propuesto, es una forma de adicionalidad regulatoria diferente, pero potencialmente muy eficaz. Las autoridades locales se obligarían a hacer cumplir para así no perder el flujo de recursos asociados a la venta de CRE's.

⁵⁸ Para alcanzar una rentabilidad del 13% sin incluir mejoras operativas ni venta de bonos de emisión.



Monitoreo y Verificación

El desarrollo de un plan de monitoreo en conjunto con una verificación eficaz, puede ser parte de las exigencias que se imponen para aceptar que las reducciones de emisiones de GEI puedan ser considerados parte del MDL. Sin duda esto sólo sería un gran paso para asegurar reducciones que de otra forma no sucederían. Sería necesario que la autoridad demostrará en un plazo prudente que dispone de las metodologías, información y equipamiento necesarios para realizar la verificación.

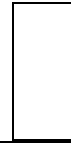
En este sentido, con la disposición de un laboratorio completamente equipado para desarrollar pruebas transientes en vehículos pesados y livianos en Santiago (proyecto GEF antes señalado) se facilitarán las etapas de monitoreo y verificación en grandes proyectos de transporte. Además, el contar con factores de emisión locales no solamente facilitará la determinación de las emisiones en el escenario base y con proyecto, sino que también permitirá llevar a cabo un monitoreo y verificación mucho más confiable al momento de implementar el proyecto, ya que esta infraestructura permitirá determinar periódicamente las características ambientales de las tecnologías participantes de un determinado proyecto.

Quizás el obstáculo mayor en cuanto a la verificación se refiere a las reducciones de emisiones del conjunto de los autos. Sería necesario precisar los factores principales que afectan las emisiones del parque de autos (crecimiento del parque, composición, factores de emisión, veh-km circulados, partición modal, tasas de ocupación) y sus tendencias. Estas luego se compararían con lo que efectivamente pasa año a año con cada indicador. Cabe destacar en este sentido que en Santiago existen estaciones de conteo de flujo vehicular en las principales avenidas las que pueden utilizarse para establecer una tendencia en cuanto a circulación, la que puede compararse luego con lo que efectivamente se mide.

7.2 Rediseño del sistema y de incentivos

Hay tres aspectos centrales que deben superarse a nivel general del sistema de transporte para lograr los cambios propuestos. Primero, se requiere realizar un rediseño que permita aprovechar las economías de densidad lo que impone desafíos políticos y técnicos significativos. Luego, está la implementación del cambio que debe permitir reducir o eliminar las características de libre acceso que tienen aún hoy en día las calles de la ciudad, en particular en horas fuera de punta. Finalmente es necesario preocuparse de alinear los incentivos de los diversos actores para lograr reducir las ineficiencias actuales del sistema y las externalidades que éste genera. Cada uno de estos temas se discuten a continuación.

a) Obstáculos al rediseño del sistema para aprovechar economías de densidad.



La autoridad ha debido intervenir para intentar aprovechar las economías de densidad. Los operadores no han podido hacerlo por si mismos por los diversos motivos señalados en la sección 2. Surgen una multiplicidad de obstáculos a superar debido a lo radical del cambio propuesto. El primero es disponer de una voluntad política firme, necesaria para renovar un sistema complejo que genera problemas que parecen endémicos e inevitables. Esta voluntad es necesaria para respaldar, a lo largo de un proceso que tomará varios años, la institucionalidad creada para coordinar a los diversos actores involucrados, que tienen en muchos casos objetivos y plazos diferentes y a veces contrapuestos. El cambio propuesto exige primero, consensuar, entre los diversos actores regulatorios, y luego apoyar la propuesta de rediseño del sistema hasta su implementación. Esta misma institucionalidad deberá además enfrentar una serie de críticas por las inevitables disrupciones a la vida diaria de usuarios y ciudadanos en general que resultará del proceso. Se deberán pagar costos políticos inicialmente y tal como va el proceso, precisamente en época de elecciones. Si se politiza este proceso, la probabilidad de éxito será baja. Es crítico generar a la brevedad una voluntad amplia de apoyo al Plan de cambio propuesto: las ganancias esperadas del mismo no deben ser de un Partido o Coalición, si no ser considerado un imperativo de Estado.

La complejidad técnica del diseño requerido por su parte es otro factor a superar. Afortunadamente existe un equipo técnico con gran experiencia en modelar el sistema de transporte de Santiago. Sin embargo lo que se está proponiendo es completamente nuevo para Chile y hay poca experiencia en el mundo al respecto. Se deberá disponer de los recursos financieros y humanos, en cada etapa del proyecto, para los diseños y ajustes requeridos.

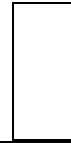
Las inversiones requeridas son otro obstáculo importante. Se requieren cerca de US\$300 millones para mejorar la infraestructura vial y estaciones de intercambio. Sin esta inversión, lo propuesto no es viable. Similarmente lograr una plena integración tarifaria operando de manera transparente y con apoyo de todos los actores –empresarios actuales y nuevos, Metro- es otra tarea no trivial a superar.

b) Eliminación del carácter de libre acceso: competencia por la cancha

Como se ha discutido, este sistema tiene características propias de los bienes de libre acceso⁵⁹. En su afán por capturar pasajeros hay gran:

- Competencia en un mismo tramo entre sociedades de transporte y líneas diferentes.
- Competencia entre empresarios de una misma línea.
- Competencia entre choferes de un mismo empresario

⁵⁹ Si bien las licitaciones realizadas en la década de los noventa limita el ingreso y por tanto el parque total de vehículos, no fue efectivo en regular la competencia que disipa las rentas.



Como consecuencia se circula en exceso y se conduce de manera ineficiente. El resultado final es una disipación significativa de las utilidades (rentas) como se discutió en la sección anterior y la generación de externalidades ambientales, inseguridad y congestión.

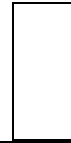
Para resolver el problema asociado al libre acceso es necesario enfrentar simultáneamente los niveles de competencia señalados⁶⁰. Una opción para ello es que haya “competencia por la cancha” más que “en la cancha”. Esto implica aceptar monopolios regulados a los que la autoridad extrae las rentas en el proceso de asignación del mismo. Para ello es posible utilizar un proceso de licitación para asignar zonas exclusivas. Si este proceso es competitivo, será posible lograr un resultado socialmente eficiente. Este es un cambio profundo, ya iniciado en 1991, pero que se consolidaría, enterrando en forma definitiva el esquema de competencia en las calles que ha prevalecido hasta ahora.

Lo anterior implica aceptar unidades de negocio exclusivas en cada zona. Para ello se debe definir los límites de cada zona y precisar un proceso competitivo de asignación. Este proceso debe definir ciertas condiciones técnicas básicas que la flota debe cumplir, asegurar una cobertura y tarifa apropiadas. Por otra parte debe cautelar la calidad del servicio en términos de frecuencia y limpieza del bus.

Para ello en el caso de las alimentadoras, una opción razonable es que las bases de licitación especifiquen las condiciones técnicas, licitar en base a mínima tarifa, y pagar a cada unidad de negocio (no operador individual) en base a los pasajeros transportados. Esto último asegura que en cada alimentador el dueño buscará maximizar el número de pasajeros transportados. Además, al no haber competencia de parte de otros empresarios no será necesario pagar por boleto cortado. Si se le paga al chofer un sueldo fijo se elimina la competencia en la calle por los pasajeros. Un problema a resolver es el asegurar que, en un contexto de cambio de recorridos como el propuesto, y esencialmente dinámico ya que la demanda cambia año a año, no se produzcan desajustes entre la oferta y la demanda. En particular si la demanda es mayor a lo presupuestado puede decaer la calidad de servicio y un oferente monopólico tendrá pocos incentivos para aumentar su oferta permitiendo buses con altas tasas de ocupación. Considerando la dificultad para fiscalizar frecuencias en el proceso de licitación pasado, ello es una preocupación válida.

Para troncales en las cuales necesariamente habrá superposición parcial de recorridos, el desafío incluye además asegurar que los buses no compitan entre sí. El pago a los operadores en base a los vehículo kilómetro circulados por los buses de la unidad de negocios, los que se definen *a priori* en la licitación, es una forma de lograr esto. Esta

⁶⁰ No basta con definir paraderos diferenciados entre líneas y prohibir tomar o dejar pasajeros fuera de los paraderos. Se mantendría una competencia entre operarios de una misma línea los que buscarían maximizar sus utilidades individuales. Si no se cambian los incentivos a los choferes seguirán compitiendo entre ellos.



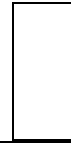
opción entrega mayor seguridad al ganador ya que no enfrenta la incertidumbre asociada a estimar una demanda. En este caso se debe dar un proceso de negociación

Es deseable que los empresarios actuales del sistema participen las licitaciones, incorporando su experiencia y capital. Sin embargo, hasta el momento estos empresarios no han sido partícipes del proceso de rediseño y manifiestan su desconfianza respecto de lo que se propondrá. Es claro que participarán del sistema en la medida que ello les implique una ganancia respecto del sistema actual. Como se ha señalado en las secciones anteriores, se puede mantener la rentabilidad y reducir la incertidumbre del negocio para aquellos que se mantengan en él, haciéndolo más atractivo. Sin embargo habrá un número de empresarios que deberán retirarse del negocio. Es posible que por ello en su conjunto se opongan al cambio propuesto. Ello puede llevar a movilizaciones del sector y a su no participación en el proceso de licitación.

Un segundo escollo se relaciona con la magnitud del cambio: Se ha propuesto que éste debe hacerse de a una vez. Son aproximadamente quince licitaciones las que deben realizarse en un periodo relativamente breve. Las licitaciones deben estar muy bien diseñadas para no desacreditar luego el sistema con continuos cambios en las reglas. Esto incluye definir claramente los parámetros técnicos de cada licitación, si habrá garantías estatales, las exigencias a las empresas participantes, las tarifas a público y sus procedimientos de cálculo, las sanciones por no cumplimiento, los mecanismos de monitoreo y verificación, procedimiento para cambiar aspectos de la licitación, entre otros. Hay una gran cantidad de detalles que deben resolverse *antes* de cada licitación. No habrá tiempo, ni de parte de la autoridad ni de los proponentes, de aprender de los errores que se cometan. Si bien existe experiencia en diseñar y aplicar licitaciones, el tiempo previsto –18 meses- parece poco.

Un tema importante a resolver se refiere a la posibilidad de que buses o colectivos “pirata” surjan como competencia a las unidades de negocio formales. Considerando la dificultad de la autoridad actual para evitar esta situación ¿porqué se debe confiar que ello será posible a futuro? Una capacidad de fiscalización y sanción efectiva es crítica para la rentabilidad del negocio. Si ella es posible gracias a la participación en el MDL, se logrará un resultado importante.

Lo anterior genera una serie de incertidumbres para empresas internacionales con experiencia en el rubro interesadas en participar. Las inversiones requeridas no son triviales y por tanto se exigirá algunas garantías para participar y una rentabilidad interesante. Qué sucede si la demanda es menor a la esperada? Como se resolverán los conflictos que necesariamente habrán? Qué sucede si aparecen buses o colectivos piratas? Estas incertidumbres deben resolverse a la brevedad para asegurar la participación de inversionistas extranjeros. La participación de estas empresas es clave ya que –preocupadas de su reputación en sus mercados locales, entre otras razones- permite “disciplinar” al mercado local y tener opciones reales frente a la no participación de actores locales o al no cumplimiento de los contratos.



c) **Rediseño de incentivos a choferes, usuarios y automovilistas**

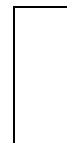
Como se ha señalado un cambio como el propuesto permite reducir el incentivo de los choferes de manejar de manera insegura e ineficiente, parando y acelerando continuamente, buscando aumentar sus ingresos cortando un número mayor de boletos. Un paso adicional importante es evitar que manipulen dinero⁶¹. Por ejemplo en el caso de las troncales, si se le paga al operador por vehículo kilómetro, el permitir que el chofer recaude genera incentivos para que éste se quede con parte del dinero, y el empresario no tendrá incentivo para evitarlo ya que su ingreso no depende de ello. Esta práctica afectaría la recaudación general en cada troncal y por tanto la tarifa final a usuarios.

Evitar el cobro de parte del chofer es no trivial. Los usuarios están acostumbrados a pagar en los buses y muchos a “negociar” la tarifa con el chofer. En muchos paraderos, especialmente en hora de punta, sube una cantidad importante de pasajeros y el sistema de cobro debe permitir cobrarles rápidamente para no detener el bus, tema no resuelto hasta el momento en los buses de Santiago. Por cierto al no competir por pasajeros con otros buses se disminuye la presión sobre los choferes de andar “a la carrera”, permitiendo una demora algo mayor en el cobro.

Sin embargo el cambio más importante desde una perspectiva ambiental es que los empresarios en vez de focalizar su preocupación en los ingresos del negocio, lo harán en la reducción de costos. En efecto, el ingreso no dependerá del esfuerzo del empresario, si no de la demanda. Esta aumentará en la medida que se ofrezca un buen servicio lo que implica, buenos tiempos totales de viaje, cumplimiento de horarios, una frecuencia aceptable, buena calidad general del servicio y una tarifa relativamente baja. Todas estas variables dejan de ser decisión de los empresarios ya que deben cumplirse como parte de su contrato y finalmente la calidad de servicio depende de un buen diseño y operación del sistema. El empresario puede aumentar sus utilidades entonces sólo reduciendo costos. La forma de hacerlo es asegurando una buena mantención y conducción de los vehículos. Para ello es necesario capacitar apropiadamente a los choferes, implementar sistemas de monitoreo del consumo de combustible y diseñar incentivos que premien la buena conducción.

Finalmente cabe señalar que la autoridad –incentivada por la posibilidad de vender CRE’s- puede ayudar a promover la reducción del uso del automóvil. A la mejora en el sistema de transporte público (incentivo positivo) se pueden agregar crecientes costos de estacionamiento, tarificación vial o zonal y regulaciones respecto de estacionamientos para edificios corporativos (incentivos negativos). En Santiago algunas expansiones mayores de infraestructura vial se están concesionando y se cobrarán en un breve plazo. El trade-off entre ahorro de tiempo y costo de uso de la vía determinará si esto implica

⁶¹ Esto reduciría además la inseguridad para los choferes frente a robos.



un mayor o menor uso de las vías. Este es sin embargo una experiencia que luego se puede generalizar ya que existirá la tecnología para cobrar el uso de estas vías.

7.3 Gobernanza

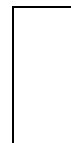
Claramente al alejarse de un modelo competitivo “en la cancha” para el sistema de transporte de pasajeros, los mecanismos utilizados para lograr los resultados buscados deben cambiar. ¿Qué hace falta para lograr en forma efectiva los resultados buscados por el proceso de rediseño del transporte basado en una “competencia por la cancha” e incorporar los potenciales beneficios asociados a reducciones de GEI? En las secciones anteriores se han presentado algunos obstáculos a nivel técnico, de rediseño de las redes, de la licitación e incentivos a choferes. En esta subsección se presentan una serie de obstáculos adicionales que es necesario superar.

Un primer aspecto clave es coordinar las políticas y acciones de las diversas instituciones involucradas. Por lo general las propuestas de metas ambientales para el sector transporte y el rediseño del sistema no han estado coordinadas⁶². Cada institución opera presionada por sus propias metas y plazos. Como resultado las propuestas de ambos no son necesariamente compatibles. Si no se definen luego las reglas para los permisos transables en el transporte, no se podrán incorporar en la toma de decisiones de la licitación. Por otra parte, si los resultados ambientales del sistema licitado no coinciden con las emisiones meta a proponer por CONAMA para el 2010, puede hacerse necesario exigir reducciones adicionales a las unidades de negocio, no contempladas inicialmente en la licitación. ¿Quien debe financiar estos cambios?

Otro obstáculo a considerar es la capacidad real de la autoridad para llevar adelante el proceso de licitación propuesto en los plazos previstos. Los aspectos técnicos de diseño de alimentadores y troncales son complejos pero al parecer ya se tiene una propuesta clara. Están mucho más atrasados los aspectos relacionados con los diversos procesos de licitación de unidades de negocio, unidad de gestión y unidad de cobro. Un problema central que deberá enfrentar la autoridad es el de la potencial colusión de los empresarios, lo que ya se presentó en el proceso de licitación de 1998. La necesidad de tener resultados para 2005 puede llevar a una captura regulatoria que obligue a aceptar propuestas ineficientes.

La capacidad de fiscalización y aplicar sanciones del nuevo sistema es también un potencial obstáculo para su desempeño eficiente. Bajo el esquema propuesto la autoridad debe preocuparse por la correcta operación de tres nuevas concesiones y fiscalizar el cumplimiento de la calidad de servicio en las quince unidades de negocio. Deberá establecer un sistema de sanciones creíbles y eficaces para corregir cualquier anomalía. Respecto de la fiscalización de la calidad de servicio, cabe señalar que en la actualidad los servicios licitados tienen establecidas frecuencias, sin embargo éstas no se cumplen.

⁶² Uno de los autores participa en una mesa de discusión inaugurada en Mayo del 2003 para discutir esta coordinación, en la que participan actores de CONAMA, SECTRA y la CGTS.

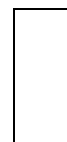


Afortunadamente ello no es crítico debido a que los empresarios tienen el incentivo de circular cada vez que cubren sus costos variables. En el esquema futuro esto sería grave ya que el incentivo para los empresarios ya no será el circular al cubrirse estos costos, si no más bien a circular a máxima capacidad. Con ello la frecuencia y calidad de servicio se deteriorará para los usuarios. Tampoco se controla la operación de buses pirata y no empadronados. ¿Tendrá a futuro el regulador esta capacidad? Respecto de la supervisión de las concesiones, si bien se realiza en otros ámbitos como el de concesiones de infraestructura del MOP, es una tarea nueva para las autoridades de transporte.

Finalmente, la necesidad de cuidar los detalles –el diablo está en los detalles- es una preocupación importante al momento de un cambio tan radical. Una de las gracias principales de la propuesta de “dejar a los mercados asignar los recursos” en el caso de existir competencia, es que es simple y la autoridad no debe intervenir para lograr el resultado eficiente. Cuando hay una imperfección de mercado, y esta amerita la intervención regulatoria, es necesario entrar a diseñar con más detalle los mecanismos que aseguren un resultado más eficiente. Cualquier error puede llevar a un problema similar o peor al que se intenta corregir. Los plazos de este proyecto son ambiciosos y los recursos deben dimensionarse apropiadamente para asegurar su éxito.

7.4 Impactos Distributivos

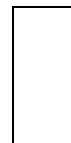
La reformas en los sistema económicos rara vez generan impactos positivos para todos los agentes del sistema. Es así como intentamos en esta sección analizar los impactos distributivos de los cambios propuestos al sistema de transporte de pasajeros de Santiago. El siguiente cuadro resume los principales impactos identificado para cada actor/agente en el sistema.



CUADRO 82: MATRIZ DE IMPACTOS DISTRIBUTIVOS

Actor/ Agente	Impactos Positivos	Impactos Negativos	Suma de impactos
Conductores	- Los conductores actuales podrán recibir mejores condiciones laborales. - Se les pagarían salario fijo, y trabajarían probablemente jornadas menos exigentes	- El salario actual, que incluye las pérdidas puede ser mayor que el que reciba a futuro. - Algunos conductores podrían perder su trabajo debido a la menor cantidad de buses en circulación	Positivo/ Negativo
Empresarios Actuales	Los que permanezcan en el sistema podrán hacer un buen negocio.	Es muy probable que varios empresarios dejen de operar en el corto y mediano plazo, siendo reemplazados por empresas más grandes	Positivo/ Negativo
Gremios	Si aprovechan sus recursos pueden ganar alguna de las licitaciones.	Son en principio los grandes perdedores pues dejarán de percibir las rentas que actualmente reciben de parte de sus asociados	Negativo
Proveedores		En general los proveedores de insumos tales como combustibles y lubricantes, así como las empresas que venden los buses debería percibir parte de una pérdida pues deberán disminuir sus precios y competir.	Negativo
Usuarios de transporte público	- El sistema debería generar impactos positivos en tiempos de desplazamiento y calidad de servicio. - Mejora en seguridad. - Mayor calidad de buses	- Los usuarios que no pagan la tarifa completa hoy en día deberán pagarla en el futuro, incrementando su costos de viaje. - Si la tarifa no logra mantenerse en los rangos actuales podría haber una pérdida especialmente significativa para los usuarios de menores ingresos	Positivo
Empresas Nuevas	Deberían generar una rentabilidad más que aceptable para la inversión, además de mejorar la imagen del transporte público de buses	Algunas empresas podrían tener problemas al operar, dado que no conocen el negocio, y con ello incluso alguna podría quebrar o tener que renegociar con la autoridad los términos de la concesión	Positivo
Ciudadanos	- Mejor calidad del aire - Reducción de la congestión - Mayor seguridad en la calle - Reducción de ruidos - Mejor imagen del transporte público	Problemas asociados a la implementación y ajustes.	Positivo

Del cuadro se desprende que los principales ganadores de la reforma deberían ser los usuarios y ciudadanos. Sin embargo, esto solo se mantiene si la tarifa se mantiene dentro



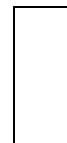
de los valores correspondientes al rango actual. Asimismo, los usuarios que hoy en día no pagan la tarifa, o bien sólo una parte de ella, deberían percibir un impacto negativo.

Por otra parte los grandes perdedores del sistema son los que hoy en día se llevan una buena parte de las rentas del negocio. Entre ellos se destacan principalmente los gremios, pues con la reorganización, si bien esta no impide que ellas sigan existiendo, parece razonable que pierdan el poder que hoy en día poseen. Es así como deberían dejar de percibir las rentas del negocio. De la misma forma, los proveedores también deberían reducir las rentas que perciben hoy debido al no aprovechamiento de las economías de escala.

Del resto de los actores del sistema, sus impactos son más bien inciertos. Se presume que en el caso de los choferes, algunos se verán beneficiados con mejores condiciones laborales y un salario nominalmente mayor⁶³ y otros no, pues podrían perder su fuente de trabajo. Lo anterior se repite en el caso de las empresas actuales.

Las empresas nuevas que ingresen al negocio también pueden enfrentar escenarios inciertos. Como toda licitación están sujetos a la “maldición del ganador”, luego podrían verse obligados a ceder la licitación o renegociar con la autoridad. Sin embargo, con las reglas de la licitación claras esto podría evitarse.

⁶³ Cabe recordar que el salario real que perciben los conductores incluyen las pérdidas por evasión, que no deberían ocurrir en un escenario futuro.



8 Conclusiones

Los antecedentes presentados permiten establecer que, bajo un escenario tendencial en el que no se toman medidas decididas para transformar el transporte público de pasajeros en la ciudad, las emisiones de GEI de este sector aumentan un significativo 31% en el periodo 2005-2010⁶⁴. Quizás más problemático desde una óptica de preocupación por el fenómeno de calentamiento global es el hecho que este sistema que aporta casi un tercio del total nacional de las emisiones de GEI –considerando el transporte urbano e interurbano- está “fuera de control”, es decir no hay políticas explícitas ni incentivos para morigerar el aumento de estas emisiones. Esto a diferencia del sector industrial y energético en los que tanto para reducir emisiones locales como por crecientes esfuerzos internacionales para mitigar las emisiones de GEI se observa un mayor control de estas emisiones.

Un cambio en la organización y operación del sistema de transporte masivo permitiría reducir las diversas ineficiencias actuales del sistema, hacerlo más atractivo para que los usuarios que están en el margen entre utilizar su auto o un bus, opten por este último y como resultado reducir las emisiones de CO₂. En efecto, de acuerdo a las estimaciones presentadas en la sección anterior, considerando una tarifa aceptable para el regulador y rentabilidad similar a la actual para los empresarios de buses, las emisiones anuales de CO₂ directas de los buses se pueden reducir en un 27%, unas 200 mil toneladas por año, respecto de su valor tendencial. Este sería un resultado notable ya que se quebraría la tendencia creciente en las emisiones directas de buses.

Además, si el rediseño implica que algunos usuarios potenciales de auto se mantienen utilizando el sistema de buses, es decir no se cambian de modo, se generan otras 250 mil toneladas de reducción respecto del aumento tendencial. Si bien el total de emisiones de GEI de los automóviles aumenta debido al mayor parque automotor en el periodo y su creciente uso, este aumento es a una tasa menor a lo que sucedería en ausencia de una mejora del transporte público. Este también sería un resultado importante ya que permitiría comenzar a poner bajo control la variable menos controlable del sistema, las emisiones de los automóviles.

Como consecuencia, la reducción potencial de emisiones GEI supera las 450 mil toneladas por año, un 7% de las emisiones proyectadas conjuntas de buses y autos de la ciudad. Estas son reducciones importantes y ameritan por tanto atención de parte de los organismos interesados en promover reducciones de emisiones de GEI.

Por otra parte, las reducciones de emisiones de GEI asociadas a un cambio tecnológico o son no rentables –caso de vehículos eléctricos- o reducen pocos GEI adicionales (buses híbridos) comparados con la reorganización del sistema y mejoras operacionales. Por

⁶⁴ Ver cuadro 33.



tanto los cambios tecnológicos no son una opción tan interesante para el sistema de transporte de Santiago.

En consecuencia, es opinión de estos autores que para sistemas complejos como el de transporte en países en desarrollo, es importante que el Protocolo de Kyoto pueda servir para promover el diseño e implementación de sistemas más eficientes, aumentar su probabilidad de éxito una vez implementado y promover un mejor cumplimiento de aspectos centrales como la revisión periódica de emisiones y fiscalización.

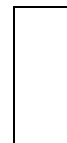
Ello es perfectamente factible si se acepta que las reducciones de GEI resultantes se puedan transar. Como resultado el negocio se puede hacer más atractivo para los futuros operadores. Dependiendo de cómo se defina la propiedad de las reducciones y cómo se asignen éstas, el impacto sobre la rentabilidad para los empresarios de transar las reducciones de GEI puede ser de entre 0,5% y 1%, llegando incluso al 3% en términos absolutos (pasando así del 13% a más del 16%) si se incorpora además la venta de reducciones de otros contaminantes locales. Este es un impacto fuerte que aumenta la probabilidad de éxito del cambio propuesto.

Sin embargo para aprovechar este potencial el enfoque de proyectos prevaleciente en el Mecanismo de Desarrollo Limpio no es suficiente. Como se señalara, las reducciones provienen fundamentalmente de una mejor organización y operación del sistema de buses, así como una menor utilización del automóvil asociada a un transporte colectivo más atractivo.

De lo anterior se desprende que es necesario iniciar a la brevedad discusiones en las instancias correspondientes –por ejemplo en el seno de las COP- sobre como incorporar este tipo de sistemas complejos, cuyo principal beneficio no se obtiene por cambios tecnológicos. La definición de línea base, adicionalidad, monitoreo y verificación es crucial pero más compleja de establecer que en otros sectores como el energético. Un tema central en el caso de proyectos de transporte se refiere a quien es dueño de las reducciones de GEI que se logran al reorganizar el sistema y como y a quienes se asignan éstas. Los inversionistas institucionales internacionales que pueden apoyar tales iniciativas requieren estas definiciones para establecer con quien iniciar las negociaciones respecto de estas reducciones.

De ser posible, considerando un valor de US\$5 por tonelada reducida de CO₂, ello permitiría recaudar US\$2,5 millones anuales en reducciones respecto de la línea base de transporte, lo que puede potenciar la posibilidad de un cambio.

Más allá del aspecto puramente financiero, la obligación de cumplir con organismos externos como el Banco Mundial y el BID asociados al Protocolo de Kyoto, facilitaría el logro de compromisos más estables, coordinaciones entre las diversas instituciones involucradas, y una mayor responsabilidad en lo que se anuncia como política (de transporte y ambiental) por parte de los reguladores. En definitiva aumentaría su



probabilidad de éxito, lo que es especialmente interesante para operadores internacionales que observan un alto riesgo regulatorio en este ámbito.

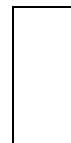
Los aspectos institucionales a superar en el sistema de transporte son múltiples y complejos. Se requiere una voluntad política que cruce a los diversos partidos políticos. Esta se debe basar en un convencimiento de la bondad del diseño técnico y de los beneficios asociados a este cambio. Debe haber acuerdo que es de interés aprovechar las economías de densidad y que el instrumento propuesto –licitaciones de unidades de negocio alimentadores y troncales- es el mecanismo de asignación apropiado. En definitiva que se acaba la competencia “en la cancha” y se reemplaza por “competencia por la cancha”, cancha que define el regulador. La participación en el MDL obligaría a lograr acuerdos más estables al haber un compromiso con organismos internacionales en juego.

Las coordinaciones entre los diversos organismos es fundamental y ha sido relativamente débil hasta la fecha, ya que cada uno está preocupado de las metas y plazos asociados a sus obligaciones propias. Del mismo modo, los plazos establecidos para la implementación de la reorganización son ambiciosos para la magnitud del cambio propuesto. Ello hace difícil cuidar de los detalles que finalmente determinarán el éxito de lo que se propone. Al participar del MDL, con una supervisión externa y experta de los aspectos claves, se aumenta la probabilidad de que los detalles se cuiden.

Otro aspecto crítico es el de la fiscalización y sanciones. En la práctica éstas han sido insuficientes para evitar buses pirata cambio en las frecuencias, detenciones fuera de paraderos, y otras fallas en general fáciles de detectar. Es necesario asegurar que con el rediseño propuesto se generarán las capacidades para mejorar en esto. Ciertamente la participación en un mecanismo como el MDL pueden permitir esto ya que se puede hacer exigible un plan de monitoreo y verificación efectivo para desembolsar los recursos asociados a las ventas de reducciones de GEI cada año.

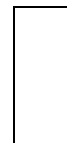
En los aspectos económicos, la mejora en rentabilidad asociada a vender reducciones de CO₂ es importante. Pero es necesario destinar los recursos de inversión en infraestructura requeridos (US\$300 millones) y los adicionales para un buen diseño e implementación. Se deben alinear correctamente los incentivos de modo que los empresarios busquen reducir sus costos (ya que su ingreso está predeterminado) y que los choferes conduzcan en forma eficiente. No se puede aceptar que en las alimentadores el monopolio local minimice la circulación y maximice sus tasas de ocupación en desmedro de los usuarios. Similarmente, las troncales buscarán maximizar la circulación, lo que debe limitarse.

Finalmente se requieren nuevas habilidades: de negociación por parte de la autoridad por ejemplo en caso de cambio de condiciones de demanda, de fiscalización de calidad de servicio para asegurar que los usuarios están recibiendo lo esperado y valoran más el transporte público. En la medida que se empiecen a desarrollar este tipo de proyectos en



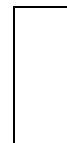
el mundo –apoyados por el MDL-, se ganará experiencia que luego se puede transferir a otros países que buscan mejorar sus sistemas de transporte.

En síntesis, considerando lo complejo que es el diseño e implementación eficaz de cambios en sistemas complejos como el de transporte, un rol fundamental a jugar por parte del Protocolo es aumentar su probabilidad de éxito en aquellos aspectos críticos para reducir los GEI. En el caso del transporte en Santiago ello incluye que las diversas autoridades se comprometan con el cambio, que los empresarios estén dispuestos a participar y que se realice una adecuada verificación del cumplimiento. Si gracias a la incorporación del Transantiago al MDL se logra lo anterior, sin duda que se dará un paso importante para asegurar futuras reducciones de GEI en Chile y otras ciudades del mundo.



Bibliografía

1. Cifuentes, B. (2000) “Cuantificación y Proyección de Escenarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Transporte en Chile,” memoria para optar al grado de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile.
2. CONAMA, Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana. 1997
3. CONAMA, “Primera Comunicación Nacional, bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.” Santiago, Chile. 1999.
4. Delucchi, M. A., and T. E. Lipman. 1997. Emissions of Non-CO2 Greenhouse Gases from the Production and Use of Transportation Fuels and Electricity. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis. UCD-ITS-RR-97-5. February.
5. Delucchi, M. A. 1997. *A Revised Model of Emissions of Greenhouse Gases from the Use of Transportation Fuels and Electricity*. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis. UCD-ITS-RR-97-22. November
6. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile, “Informe Final Análisis de Evaluaciones y Reevaluaciones Expost VI ETAPA”. Abril 2000.
7. Escudero, Juan. “A 5 Años del Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana,” Acción Ciudadana por el Medio Ambiente/Friedrich Ebert Stiftung, 1996.
8. Fernández, D., “The Modernization of Santiago’s Public Transport: 1990-1992,” *Transport Reviews* Vol. 14 N° 2, 1994
9. Gobierno de Chile “Plan de Transporte Urbano Para la Ciudad de Santiago 2000-2010”
10. Gobierno de Chile, Consejo de Ministros. Presentación “Plan de Descontaminación 2001-2010”
11. Malbrán, H, A. Dourthé, y M. Wityk, *Santiago, Chile’s Experience with the Regulation of the Public Transport Market*, Secretaría Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones Región Metropolitana, 1999. Informe no publicado.
12. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Presentación “Plan de Transporte Urbano”. Agosto 2001.



13. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Presentación “Transantiago Súbete”. Sr. Aldo Signorelli. Junio 2003
14. O’Ryan, 1986, “Energía y Transporte de Pasajeros en Santiago: Impactos de una Gestión Integrada,” Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Eléctrico y al Grado de Magister en Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.
15. O’Ryan, Raul, and L. Larraguibel, “Air Pollution in Santiago: ¿what is it, what has been done, what is needed?”, Perspectivas en Política, Economía y Gestión Vol 4, No 1, pp 153-191, 2000
16. O’Ryan R. and T. Turrentine, Greenhouse Gas Emissions in the Transport Sector 2000-2020: Case Study for Chile, University of California, Davis, Institute for Transportation Studies Working paper UCD-ITS-RR-00-10, Noviembre 2000
17. SECTRA, Presentación “Estudio de Diseño del Sistema de Transporte Público de Santiago: Resultados Escenario 6”, Mayo 2003
18. SECTRA, “Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Santiago 2001,” Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte, Santiago, 2001.
19. SECTRA, “Encuesta Origen Destino de Viajes en el Gran Santiago 1991,” Comisión de Planificación de Inversiones en Infraestructura de Transporte, Santiago, 1991.
20. Universidad de Chile (2002), “Plan de Cambio Tecnológico para el Sistema de Transporte Público en Santiago de Chile”, Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a solicitud del proyecto CHI/02/001 “Transporte sustentable y aire limpio para Santiago”. Encargado por la Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte (SECTRA), 2002.
21. Zegras, C. Y Litman, T., “An Analysis of the Full Costs and Impacts of Passenger Transport in Santiago de Chile.” International Institute for Energy Conservation (IIEC), Latin America, 1997.