

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
MBA

**ESTUDIO DE CONVERSIÓN DE VEHICULOS DE GASOLINA A GAS
VEHICULAR EN CHILE PARA MODELOS ANTERIORES AL AÑO 2012:
MERCADO ACTUAL, FACTORES QUE LIMITAN SU IMPLEMENTACIÓN
TOTAL Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO**

Juan Andrés Monsalve Medina

MBA. Magíster en Gestión Empresarial

Septiembre 2017

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
MBA

**ESTUDIO DE CONVERSIÓN DE VEHICULOS DE GASOLINA A GAS
VEHICULAR EN CHILE PARA MODELOS ANTERIORES AL AÑO 2012**

Tesis de Grado presentada por

Juan Andrés Monsalve Medina

Como requisito para optar al grado de

MBA. Magíster en Gestión Empresarial

Director de Tesis: **Dr. Patricio Rubio Romero**

Septiembre 2017

TITULO DE TESIS:

“Estudio de conversión de vehículos de gasolina a gas vehicular en Chile para modelos anteriores al año 2012”

AUTOR:

JUAN ANDRÉS MONSALVE MEDINA

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones: _____

Dr. Patricio Rubio Romero.

Dr. Javier Scavia
.....

Mg. Iván Zurita

Santiago, Septiembre 2017

Todo el contenido, análisis, conclusiones
y opiniones vertidas en este estudio son
de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre:

Firma:

Fecha:

AGRADECIMIENTOS

A mi amada madre Violeta Medina, que comenzó a mi lado este camino, y que partió antes de culminar. Gracias por todo su amor, orgullo y enseñanza.

A mi familia por los momentos que dejé de compartir junto a ellas y la paciencia en este largo camino. A mi amada mujer Susana, mi pequeña hija Constanza y a Emmi, mi fiel compañera de las noches de tesis.

A mi padre, a mi tía Adriana por su apoyo desde la otra vida.

A mi tía Rosita por sus plegarias, a mi tía Gladys por su amor silencioso.

A todos los que a pesar del largo camino no dejaron de creer en mí.

“Si crees que la economía es más importante que el medio ambiente, aguanta la respiración mientras cuentas tu dinero”

RESUMEN EJECUTIVO

A fines del año 2016, el gobierno de Chile planteó la posibilidad de aplicar restricción vehicular a los automóviles catalíticos cuya fecha de inscripción sea anterior al año 2012, esto es, cuya norma de emisión sea Euro 4 o anterior. Esta normativa ha generado controversia pues la percepción ciudadana es que afecta directamente a la clase media puesto que no se cuenta con los medios para adquirir vehículos más nuevos.

A raíz de esta problemática, en este trabajo se propone como una solución que el gobierno autorice la conversión a gas vehicular de estos vehículos afectados, permitiendo la circulación libre y disminuyendo las emisiones.

Esta alternativa de solución se analiza desde el punto de vista económico, ambiental y social, estudiando el impacto y la viabilidad de realizar este proyecto.

Se concluye que efectivamente se disminuyen las emisiones al convertir los vehículos a gas vehicular, la recaudación fiscal por impuesto a los combustibles no se ve afectada significativamente pues se puede reemplazar perfectamente por un alza al impuesto al tabaco. No obstante, las empresas distribuidoras de gas vehicular no se encuentran preparadas para abastecer una flota significativa de vehículos, principalmente por la escasa infraestructura de estaciones surtidoras y redes de distribución.

Desde el lado del usuario, existe el interés de buscar alternativas más sustentables de transporte, y principalmente combustibles más económicos. Se presentan diversas alternativas de financiamiento para incentivar la conversión a gas vehicular, siendo esta perfectamente factible para un usuario de clase media promedio.

En tanto, para las empresas distribuidoras de gas vehicular, esta alternativa se presenta como un gran negocio, con una fuerte inversión principalmente en infraestructura y canales de distribución, consolidando el gas vehicular como un competidor directo de la gasolina o el petróleo diésel, no obstante, este no es posible implementarlo de forma inmediata para el parque vehicular objetivo, dado que es imposible construir la infraestructura requerida en el corto plazo.

ABSTRACT

At the end of 2016, the government of Chile raised the possibility of applying vehicle restriction to catalytic cars whose registration's date is prior to 2012, that is, whose emission standard is Euro 4 or earlier. This legislation has generated controversy because the citizen's perception is that it directly affects the middle class since the means to acquire newer vehicles is not available.

As a result of this problem, this thesis proposes as a solution that the government authorize the conversion to vehicular gas of these affected vehicles, allowing free circulation and reducing emissions.

This solution alternative analyzes from the economic, environmental and social point of view, studying the impact and feasibility of carrying out this project.

It is concluded that emissions are effectively reduced by converting vehicles to vehicular gas, the tax revenue from fuel tax is not significantly affected as it can be perfectly replaced by a rise in the tobacco tax. However, gas distribution companies are not prepared to supply a significant fleet of vehicles, mainly due to the scarce infrastructure of supply stations and distribution networks.

From the user's side, there is an interest in finding more sustainable alternatives to transport, and especially cheaper fuels. Various financing alternatives are presented to encourage conversion to vehicular gas, which is perfectly feasible for an average middle-class user.

Meanwhile, for gas distribution companies, this alternative is presented as a big business, with a strong investment mainly in infrastructure and distribution channels, consolidating vehicular gas as a direct competitor of gasoline or diesel oil, but, it is not possible to implement it immediately for the target vehicle park, since it is impossible to build the infrastructure required in the short term.

ÍNDICE

Introducción	16
Capítulo I ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO	20
1. Origen y propósito del estudio	21
1.1. La contaminación ambiental en Santiago	22
1.1.1. Contaminantes ambientales	23
1.1.2. Norma Euro V	26
1.2. Matriz energética de Chile	28
1.2.1. Generación eléctrica	28
1.2.2. Transporte	29
1.3. Parque automotriz a nivel nacional	30
1.3.1. Parque automotriz en la región Metropolitana	31
1.3.2. Antigüedad del parque Vehicular en Chile	31
1.4. Tipos de combustibles vehiculares utilizados en Chile	31
1.5. GLP y GNC Vehicular en Chile	32
1.5.1. Gas licuado de petróleo GLP	33
1.5.2. Gas Natural Comprimido GNC	33
1.5.3. Mercado de GLP y GNC en Chile	34
1.5.3.1. Procedencia del GLP	34
1.5.3.2. Procedencia del GNC	36
1.6. Requisitos básicos de un vehículo para la conversión a gas vehicular en Chile	38
1.7. Alternativas de financiamiento para la conversión	39
1.8. El caso de los vehículos Diésel	42
1.9. Indicadores utilizados	44
Capítulo II OBJETIVOS	45
2.1. Objetivo General	46
2.2. Objetivos Específicos	46
Capítulo III ALCANCE DEL ESTUDIO	48
3.1. Alcance del estudio	49

3.1.1. Rango de acción	49
3.1.2. Tipo de estudio	50
Capítulo IV ESTADO DEL ARTE	51
4.1. Antecedentes del estado del arte	52
4.2. Penetración del gas vehicular en Chile	53
4.3. Conversión a gas vehicular a nivel mundial	55
4.3.1. Integración del gas vehicular desde fábrica de origen	56
4.4. Marco teórico del estado del arte a aplicar en la investigación	58
Capítulo V METODOLOGÍA DE TRABAJO	59
5.1. Metodología de trabajo	60
5.1.1. Identificación de la problemática	60
5.1.2. Análisis de soluciones	61
5.1.3. Definición de la propuesta	62
5.2. Carta Gantt del desarrollo del estudio	63
Capítulo VI EL UNIVERSO DE DATOS	65
6.1. Datos económicos	66
6.1.1. Precios de los combustibles vehiculares y mecanismos de estabilización	66
6.1.2. Mecanismo de estabilización de precios de los combustibles (MEPCO)	68
6.1.3. La problemática del precio de los combustibles	69
6.1.4. Evolución de los impuestos a los combustibles y su contribución a la recaudación fiscal	70
6.1.5. Costo de conversión por compañía de gas y alternativas de financiamiento	71
6.1.6. Participación de mercado del gas natural y gas licuado en Chile	72
6.1.7. Factores de riesgo y perspectivas de crecimiento del mercado del gas en Chile	76
6.1.7.1. Gas Licuado	76
6.1.7.2. Gas Natural	78
6.2. Datos demográficos	79
6.2.1. Población en la región Metropolitana	79

6.2.2. Parque vehicular en Chile	81
6.2.3. Tasa de motorización en la región Metropolitana	83
6.2.4. Estaciones surtidoras de gas vehicular en la región Metropolitana	85
6.3. Datos ambientales	86
6.3.1. Eventos ambientales como consecuencia de la contaminación vehicular	86
6.3.1.1. Episodios ambientales y la incidencia de los vehículos del segmento de estudio	87
6.3.1.2. Fuentes de contaminación.	88
6.3.1.3. Efectos en la salud de la población	89
6.3.1.4. Efectos económicos asociados a la salud de la población	90
6.4. El Plan de Descontaminación: Medidas Propuestas por el gobierno	91
6.5. Sustentabilidad en Chile para modelos de transporte	93
6.5.1. Sustentabilidad del transporte en el resto del mundo	94
Capítulo VII APLICACIÓN METODOLÓGICA Y RESULTADOS	95
7.1. Cálculos necesarios para el desarrollo del estudio	96
7.1.1. Calculo de equivalencia real entre combustibles	96
7.1.2. Parque automotriz objetivo de conversión a gas vehicular	101
7.1.3. Disminución de la recaudación fiscal por impuesto a los combustibles	102
7.1.4. Reducción de emisiones por uso de gas vehicular	111
7.1.4.1. Modelo Internacional de Emisiones de Vehículos (IVE)	111
7.1.4.2. Modelo de emisiones genérico de EPA	117
7.1.4.3. Comparación de la metodología IVE y EPA	120
7.1.4.4. Emisión de material particulado	121
7.1.4.5. Reducción de huella de Carbono	122
7.1.5. Estaciones de recarga necesarias	124
7.1.6. Impacto en las importaciones de gas y la participación de mercado	128
7.1.7. Volumen de negocio	130
7.1.8. Capacidad de almacenamiento disponible y proyectada	136
7.1.8. Estrategia de Marketing de las empresas distribuidoras de gas vehicular	138

7.1.8.1. Análisis FODA	141
7.1.8.2. Estrategia de marketing recomendada	141
7.1.9. Costo de conversión de vehículos, periodo de recuperación de la inversión y opciones de subvención y financiamiento.	142
7.1.9.1. Evaluación de la inversión	142
7.1.9.2. Opciones de financiamiento y subvención	146
7.1.10. Reducción de los costos en salud	149
Capítulo VIII CONCLUSIONES	150
8.1. Conclusiones ambientales	151
8.2. Conclusiones económicas	152
8.3. Conclusiones operacionales	153
8.4. Conclusiones sociales	154
Capítulo IX RECOMENDACIONES	156
Capítulo X BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	161
Capítulo XI ANEXOS	164

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de ahorro al convertir un vehículo a Gas Vehicular	43
Tabla 2. Impuesto específico a los combustibles en Chile	54
Tabla 3. Algunos Vehículos con gas vehicular de fábrica comercializados en Europa	57
Tabla 4. Composición del precio de venta de la gasolina en Chile	69
Tabla 5. Participación de Mercado del gas en Chile	75
Tabla 6. Población país v/s región Metropolitana	79
Tabla 7. Norma de emisiones para vehículos livianos y medianos	87
Tabla 8. Datos característicos de los combustibles	99
Tabla 9. Equivalencia entre combustibles aplicando la formula (8)	99
Tabla 10. Costos entre combustibles aplicado los cálculos de equivalencia	101
Tabla 11. Desglose del precio de la gasolina	102
Tabla 12. Cálculos de recaudación fiscal para gasolina, GLP y GNC	103
Tabla 13. Regresión lineal para estimar la recaudación fiscal al 2020	104

Tabla 14. Ingresos generales de la nación e ingresos por impuestos específicos estimados al 2017	108
Tabla 15. Pérdida de ingresos por impuestos al convertir los vehículos objetivo a gas vehicular	108
Tabla 16. factor de emisiones promedio de acuerdo al tipo de vía, horario y velocidad media	115
Tabla 17. Reducción de emisiones por conversión de los vehículos objetivo a GLP y/o GNC	116
Tabla 18. Factores de emisión para fuentes móviles en ruta, en países en vías de desarrollo	117
Tabla 19. Factores de emisión para fuentes móviles en ruta, en países en vías de desarrollo	118
Tabla 20. Fracción total de kilómetros recorridos en las principales ciudades del mundo	119
Tabla 21. Factor de emisiones corregidos para la ciudad de Santiago de Chile	119
Tabla 22. Estimación de toneladas anuales de emisión generados por el parque vehicular objetivo	120
Tabla 23. Cálculo de reducción de emisiones por conversión del parque vehicular objetivo a gas vehicular	120
Tabla 24. Estimación de emisiones de material particulado para los vehículos	121
Tabla 25. Reducción de emisiones por conversión a gas vehicular del segmento objetivo de vehículos	123
Tabla 26. Estaciones surtidoras requeridas por conversión del parque vehicular objetivo a GLP	125
Tabla 27. Estaciones surtidoras requeridas por conversión del parque vehicular objetivo a GNC	126
Tabla 28. Costo de instalación de una estación surtidora de gas vehicular y volumen de producto combustible adicional de importación	127
Tabla 29. Origen del GLP utilizado en Chile	128
Tabla 30. Origen del GNC/GNL utilizado en Chile	129
Tabla 31. Volumen de ventas empresas distribuidoras de GLP año 2016 (Toneladas)	130
Tabla 32. Volumen de ventas y participación de mercado para el escenario 1 (Toneladas)	132
Tabla 33. Volumen de ventas y participación de mercado para el escenario 2 (Toneladas)	133
Tabla 34. Volumen de ventas y participación de mercado para el escenario 3 (Toneladas)	135

Tabla 35. Capacidades de almacenamiento de Gas Licuado y Gas Natural a nivel nacional	136
Tabla 36. Inversiones necesarias v/s volumen de ventas adicional al realizar la conversión de vehículos objetivo a GLP	138
Tabla 37. Segmento objetivo de la encuesta de marketing	138
Tabla 38. Resultados de la encuesta "Transporte sustentable para la región Metropolitana"	139
Tabla 39. Análisis FODA para las empresas distribuidoras de gas vehicular	141
Tabla 40. Evaluación económica de conversión de vehículos a GLP	143
Tabla 41. Evaluación económica de conversión de vehículos a GNC	144
Tabla 42. Evaluación económica de mantener los vehículos a gasolina	144
Tabla 43. Comparación entre proyectos GLP versus Gasolina	145
Tabla 44. Comparación entre proyectos GNC versus Gasolina	145
Tabla 45. Simulación de financiamiento por parte de la empresa distribuidora	146
Tabla 46. Simulación de financiamiento por parte del estado	147
Tabla 47. Simulación de financiamiento con subsidio del gobierno	147
Tabla 48. Reducción de impuesto por la adquisición de un vehículo menos contaminante	148
Tabla 49. Estimación de la disminución de eventos de salud	149

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Matriz energética de Chile por sector (TCaI)	28
Gráfico 2. Oferta de energía primaria en Chile (TCaI)	29
Gráfico 3. Parque vehicular de buses de transporte público, privado e interurbano, por tipo de combustible	30
Gráfico 4. Tipo de combustible utilizado en vehículos livianos y medianos	32
Gráfico 5. Importaciones de gas licuado de petróleo en Chile	35
Gráfico 6. Procedencia del gas licuado de petróleo en Chile	36
Gráfico 7. Importación de gas natural licuado por origen, año 2016	37
Gráfico 8. Comparación de precios de los combustibles en Sudamérica	67
Gráfico 9. Evolución de los precios de los combustibles vehiculares en Chile últimos 5 años	68
Gráfico 10. Ingresos generales de la nación v/s ingresos por impuestos	70
Gráfico 11. Porcentaje del impuesto a los combustibles con respecto a los ingresos generales de la nación	71

Gráfico 12. Participación de mercado del gas en la región Metropolitana	72
Gráfico 13. Propiedad accionaria de Metrogas S.A.	73
Gráfico 14. Composición de las ventas de gas licuado	73
Gráfico 15. Participación de mercado de las empresas de Gas Licuado en Chile	74
Gráfico 16. Participación de Mercado del gas vehicular en Chile	75
Gráfico 17. Crecimiento de la población en Chile y la RM	80
Gráfico 18. Distribución de la población en la región Metropolitana	81
Gráfico 19. Proyección del Parque Automotriz nacional al 2030	82
Gráfico 20. Porcentaje de vehículos livianos y medianos de menos de 5 años de antigüedad en la RM	83
Gráfico 21. Parque vehicular livianos y medianos v/s tasa de motorización	84
Gráfico 22. Tasa de motorización respecto del PIB per cápita	84
Gráfico 23. Estaciones surtidoras de GLP y GNC Vehicular en la región Metropolitana	86
Gráfico 24. Episodios ambientales críticos en la región Metropolitana	88
Gráfico 25. Principales fuentes contaminantes en la región Metropolitana	89
Gráfico 26. Costos de la contaminación ambiental como porcentaje del PIB de las naciones	91
Gráfico 27. Recaudación fiscal por impuesto a los combustibles	104
Gráfico 28. Recaudación fiscal por impuesto a los combustibles – Estimación al 2020 por regresión lineal	105
Gráfico 29. Comparación de los ingresos generales de la nación v/s los ingresos asociados a impuestos	106
Gráfico 30. Comparación de la pérdida de ingresos por impuesto específico para distintos combustibles	107
Gráfico 31. Composición de los ingresos generales de la nación	109
Gráfico 32. Composición de los ingresos de la nación asociados a impuestos	109
Gráfico 33. Distribución de los impuestos a productos específicos	110
Gráfico 34. Factor de emisiones promedio por tipo de vía	114
Gráfico 35. Factor de emisiones promedio por horario	114
Gráfico 36. Comportamiento del factor de emisiones de acuerdo a la velocidad media	115
Gráfico 37. Comparación del cálculo de emisiones por método IVE v/s método EPA	121
Gráfico 38. Emisiones de CO2 en Chile	123

Gráfico 39. Porcentaje de importación adicional requerido en combustible vehicular respecto a las actuales importaciones	129
Gráfico 40. Participación de mercado para el escenario 1	132
Gráfico 41. Participación de mercado para el escenario 2	134
Gráfico 42. Participación de mercado para el escenario 3	135

ÍNDICE DE CUADROS Y ESQUEMAS

Cuadro 1. Metodología de trabajo a aplicar en el estudio	60
Cuadro 2. Carta Gantt para el desarrollo del estudio	63

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. En Europa es común el uso del GLP en automóviles	18
Fotografía 2. Estanque de GLP toroidal instalado en un vehículo a gasolina	33
Fotografía 3. Estanque de GNC instalado en un vehículo a gasolina	34
Fotografía 4. Buque de transporte marítimo de GLP	35
Fotografía 5. Planta satélite de regasificación de GNL	38
Fotografía 6. Kit de conversión a GLP básico instalado en un motor a gasolina	39
Fotografía 7. Citroën C3 PureTech con GLP vehicular de fabrica	57

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Estaciones de monitoreo de la calidad del aire en la región Metropolitana	23
Imagen 2. Eventos ambientales según nivel de concentración de material particulado	24
Imagen 3. Estándar de emisiones utilizadas en el mundo	27
Imagen 4. Sistema de encendido de motor a gasolina v/s motor diésel	42
Imagen 5. El GLP tiene diversas aplicaciones portátiles debido a su fácil almacenamiento y transporte	78
Imagen 6. Tasa de motorización por hogares según comuna	85
Imagen 7. Diagrama de fuerzas sobre un vehículo	96
Imagen 8. Estanque de GNC vehicular	97
Imagen 9. Tipos de estanques de GLP vehicular	98

INTRODUCCIÓN

Durante la presente década, la contaminación atmosférica en la región Metropolitana de Chile es una de las principales problemáticas ambientales que afectan directamente a la salud de los ciudadanos. Durante el año 2015 la Región Metropolitana ha sido declarada como zona saturada 1 por Material particulado respirable (MP10), Ozono Troposférico (O3) y Monóxido de Carbono (CO), es decir, corresponde a una zona en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas. *(SEREMI, Informe Final para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (MP10), 2015)*

Dentro de las fuentes contaminantes, una de las que ha sido apuntada como significativa la representa el parque vehicular. El mercado vehicular en Chile actualmente es dominado ampliamente por los vehículos de petróleo y gasolina, siendo estos causantes del 20% de la contaminación en Santiago de acuerdo a estudios. El interés de adquirir un vehículo nuevo en las familias chilenas ha ido en aumento, siendo el segundo bien de consumo más demandado después de una vivienda. Además, el parque automotriz se ha incrementado por la adquisición de vehículos nuevos con un promedio de 18% anual *(ANAC, 2015)*, fomentado por el crecimiento PIB per cápita en los últimos 25 años y las facilidades crediticias de las entidades bancarias, que contribuyen a un aumento permanente en el tiempo.

Las medidas de mitigación adoptadas por las autoridades para esta problemática medioambiental no han sido suficientes para disminuir esta condición, razón por la cual se han adoptado una serie de nuevas medidas que tendrán vigencia en el corto plazo. Se ha propuesto una nueva ley que aplicará una restricción vehicular que contempla la prohibición permanente de circulación de dos dígitos de patente a los vehículos con convertidor catalítico inscritos antes del 1 de septiembre de 2011, durante el periodo de gestión de períodos críticos. Esta medida se podrá modificar durante emergencias medioambientales que aumentarán a cuatro dígitos de restricción vehicular, incluyendo fines de semana. Las autoridades estiman que esta medida afectará 1.096.000 autos (del parque total de 1.780.000 vehículos en la región Metropolitana), considerando que cada vehículo anterior al año 2012 tendrá en teoría una restricción de 16 días al año, una vez a la semana, durante el 1 de mayo y el 31 de agosto *(Fernández, 2016)*

Esta medida ha provocado polémica debido a que una vez comunicada la intención de aplicar esta medida por parte de las autoridades a comienzos del año 2017, disminuyó considerablemente la venta de vehículos anteriores al año 2012 en las automotoras de la región Metropolitana. Paralelamente, los dueños de vehículos anteriores a 2012 han comenzado a vender rápidamente sus vehículos, provocando una especulación de precios y sospechas respecto al sentido real de esta medida asociada a políticas medioambientales o activar el mercado automotriz fomentando la adquisición de vehículos nuevos.

La nueva restricción, sin embargo, no aplica a aquellos vehículos convertidos a gas vehicular de acuerdo a la resolución exenta N° 876/2011, de la Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones de la Región Metropolitana, por lo que la conversión de los vehículos afectados a restricción sería una alternativa para evitar esta medida, además de mejorar la condición de emisiones de estos vehículos durante el resto del año en aquellos días que no tengan restricción. No obstante, esta conversión vehicular no está permitida para vehículos particulares en nuestro país.

Con los avances tecnológicos a nivel mundial, asociados a la integración de combustibles menos contaminantes en los vehículos tal como lo es el gas vehicular, e inclusive políticas que fomentan el recambio del parque automotriz a estas tecnologías, surgen algunas interrogantes respecto a las políticas en nuestro país:

- a) ¿Por qué no se autoriza en Chile el libre uso de combustibles alternativos con menores emisiones como el gas vehicular?
- b) ¿Qué limitaciones de seguridad y legales existen para convertir vehículos particulares a este tipo de combustibles?
- c) ¿Existen otras razones políticas o económicas que impiden el uso masivo de vehículos con tecnologías menos contaminantes?

En diversos países de Europa, el gas vehicular es el combustible alternativo a la gasolina o diésel más utilizado, siendo el GLP (gas licuado de petróleo) el de mayor utilización con aprox. 7.800.000 de conversiones y 31.000 estaciones, que representan un 4% del total de Flota de automóviles de pasajeros, mientras que en Sudamérica es el GNC (gas natural comprimido) el sustituto por excelencia principalmente en Argentina y Bolivia debido a la disponibilidad de este combustible en sus territorios. (AEGPL, 2015)

Fotografía 1: En Europa es común el uso del GLP en automóviles



Fuente: imagen Google.

La conversión de vehículos a gas vehicular (GLP o GNC) genera beneficios sustanciales en la reducción de emisiones de CO₂ y estas reducciones se verían traspasados a ahorros en los costos asociados a la salud humana y el medio ambiente.

Otro factor a considerar como motivación para la conversión a gas vehicular es el aumento del precio de los combustibles diésel y gasolina en nuestro país pues, además, como resultado de sus ventajas medioambientales, es beneficiado por un marco tributario favorable, por lo que la opción de combustible de transporte más asequible para los ciudadanos, no obstante, esta tributación favorece en particular al combustible más contaminante como lo es el diésel.

En nuestro país, solo es posible la conversión a gas vehicular de vehículos de transporte público y de empresas. En cuanto a otras tecnologías de bajas emisiones, solo es posible la importación de vehículos híbridos y eléctricos de fabricantes automotores, que no superan el 0,1% del mercado y su valor es altísimo; el costo de adquisición de un vehículo eléctrico fabricado por empresas tradicionales automotrices se maneja en el rango de 17 a 50 millones de pesos chilenos, muy improbable de adquirir para una familia de clase media.

Entonces, ¿cuál es el camino a seguir para resolver los problemas medioambientales asociados a vehículos en nuestro país?

Con frecuencia, los debates que rodean esta problemática se encuentran polarizados entre dos alternativas insostenibles: La dependencia de los combustibles convencionales y la introducción progresiva de nuevas tecnologías menos contaminantes, cuya eficacia, disponibilidad y costo aún no se han establecido claramente.

Sin embargo, el gas vehicular poco a poco se ha ido posicionando como una real alternativa para la gasolina, en primera instancia en los vehículos de transporte público menor, principalmente motivado por un beneficio económico dado que el precio del gas vehicular es bastante inferior al precio de la gasolina en nuestro país.

Considerando las ventajas significativas en términos de reducción de CO₂, y disponibilidad inmediata de este combustible, el gas vehicular puede servir como una tercera alternativa de combustible, fomentando la transición hacia un modelo de energía de baja emisión de carbono.

Por todo lo descrito anteriormente, es que se desarrolla esta tesina, cuyo objetivo es describir como en otros países se ha impulsado la conversión a vehículos de gasolina a gas vehicular, explicar las barreras que existen en nuestro país para convertir libremente los vehículos particulares, y determinar cuál sería el impacto económico, social y ambiental si se autorizara la conversión de la totalidad del parque automotriz cuya normativa de emisiones no cumple con la legislación vigente y establecen restricciones a su uso, siendo esto último la solución particular que se presenta en este trabajo.

Capítulo I
ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

1. Origen y propósito del estudio

El origen de esta propuesta de tesina nace de la necesidad de búsqueda constante de nuevas alternativas y tecnologías que generen un impacto ambiental y económico positivo para el país. Por lo cual se buscarán respuestas a las razones por las que no se masifica el uso de gas vehicular en Chile.

Existen motivaciones propias relacionadas con el trabajo durante 10 años en la industria de combustibles, particularmente con el GLP, conociendo sus ventajas significativas en cuanto a economía y medio ambiente y las limitaciones que tiene el gas vehicular para ingresar de manera masiva como una real alternativa de combustible vehicular para el transporte público y vehículos particulares. Mediante el desarrollo de esta tesina se desea contribuir a la industria para mejorar el modelo de negocio del gas vehicular. Además de lo anterior, existe un interés personal en estudiar el modelo de negocio del gas vehicular y la actual competencia que existe, con un número acotado de empresas que distribuyen este producto en comparación con otros mercados mundiales, estudiando la factibilidad de ingresar nuevos competidores al mercado como un futuro modelo de negocio de conversión vehicular.

Como propósito de esta tesina, se analizará y estudiará con mayor detalle la alternativa del GLP y GNC en Chile, como una opción válida de combustible para vehículos. Dado que es un producto menos contaminante y de menor costo económico para los usuarios, se analizará la viabilidad de conversión para aquellos vehículos que la autoridad pretende restringir su uso durante algunos días mediante una restricción de circulación debido a su antigüedad, así como también se estudiarán los motivos por los cuales no es posible convertir cualquier vehículo particular a combustible GLP y/o GNC.

Las autoridades nacionales han estudiado la posibilidad de establecer una restricción vehicular a aquellos vehículos diésel o gasolina con antigüedad mayor a 5 años, con la finalidad de descongestionar el flujo vehicular y con mayor interés enfocado a reducir las emisiones que generan estos vehículos dado que las actuales medidas respecto a la restricción de los vehículos no catalíticos son poco efectivas debido a que el porcentaje de estos vehículos es ínfimo en la actualidad.

Esta nueva medida, que entrará en vigencia a contar del año 2018, rige exclusivamente para los vehículos con fecha de fabricación anterior a 2012, que anteceden a la entrada en vigencia de la norma Euro 5.

Hasta el año 2011, en Chile regía la norma Euro 4, cuyas emisiones de gases contaminantes son de 0,25 g/Km frente a los 0,18 g/Km que emite un vehículo que respeta la norma Euro 5. Respecto al material particulado, los automóviles Euro 4 emiten 0,025 g/Km mientras que uno Euro 5 emite 0,0005 g/Km.

A contar de septiembre de 2011 se comienza a aplicar en nuestro país la norma Euro 5, para todos los nuevos vehículos con inscripción de año 2012, razón por la cual la nueva medida que se pretende aplicar tiene como objetivo renovar el parque automotriz y reducir las emisiones.

Esta medida ha generado una importante controversia debido a que un número considerable de la clase media del país tiene vehículos anteriores a 2012, pues el alto costo que significa renovar a un vehículo con norma Euro 5 obliga a los particulares a buscar alternativas en el parque automotriz de vehículos usados, y por tanto estos propietarios se verán afectados con la nueva medida, ya que además de no poder circular al menos un día a la semana, será muy difícil vender y renovar el vehículo al menos en la región Metropolitana, pues las automotoras ya han manifestado que no recibirán vehículos con fecha anterior a 2012, debiendo llevar su actual stock de vehículos a regiones, lo que también conlleva a pensar que se está trasladando el problema a otras regiones del país.

Con respecto a los vehículos anteriores a 2012, uno de los propósitos de esta tesis es buscar una alternativa a la venta o recambio de estos vehículos. Para ello se propone una conversión a combustibles menos contaminantes. Se estudiará, por tanto, el impacto económico y ambiental de realizar una conversión masiva de vehículos de gasolina a gas vehicular, específicamente en la región Metropolitana.

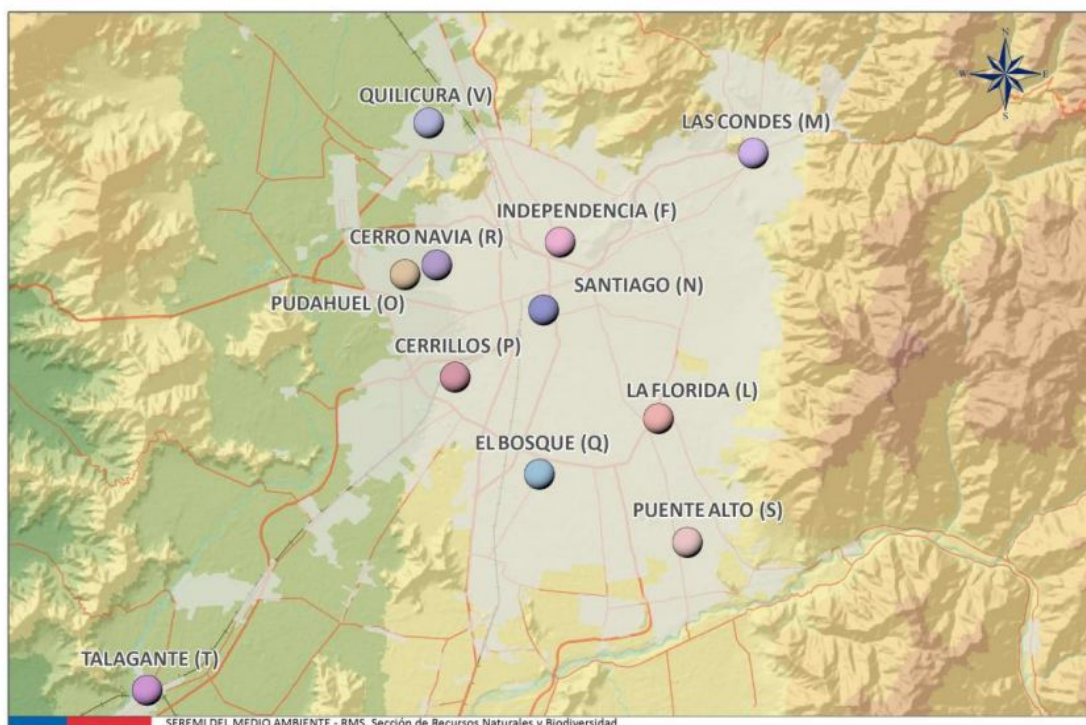
Además, se considerará el supuesto de aprobar la conversión de vehículos a gas vehicular y por tanto se debe estudiar el aumento de la demanda de este último producto en función de la capacidad instalada actual para el abastecimiento y distribución, junto con los mercados actuales de abastecimiento.

1.1. La contaminación ambiental en Santiago

La contaminación ambiental en la región Metropolitana ha sido durante los últimos 25 años una problemática con escasos avances de solución, pues a pesar de las diversas medidas y normativas establecidas, continúa siendo una de las principales causas de las enfermedades respiratorias durante los meses de invierno.

Para la medición de esta contaminación, el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) del Ministerio de Medio Ambiente cuenta con 11 estaciones de monitoreo distribuidas en la región Metropolitana para monitoreo.

Imagen 1: Estaciones de monitoreo de la calidad del aire en la región Metropolitana



Fuente: (SEREMI, Informe Final para la Gestión de episodios críticos de contaminación atmosférica por material particulado respirable (MP10), 2015)

1.1.1. Contaminantes ambientales

Los contaminantes atmosféricos se pueden dividir en dos grandes grupos: El material particulado respirable y los gases.

a) Material particulado respirable

Los contaminantes en forma de partícula son los más complejos, ya que abarcan un amplio espectro de sustancias sólidas o líquidas, orgánicas o inorgánicas, dispersas en el aire, procedentes de fuentes naturales y artificiales.

Los elementos presentes en las partículas varían según las fuentes locales, pero, en general, los principales componentes son carbono, hidrocarburos, material soluble en agua, material insoluble que contiene pequeñas cantidades de hierro, plomo, manganeso y otros elementos, así como material biológico (polen, esporas vegetales, virus y bacterias).

Los materiales particulados monitoreados por el SINCA son:

- MP 2,5 micrómetros (Material Particulado fino)
- MP 10 micrómetros (Material Particulado grueso)

El monitoreo en línea de las concentraciones ambientales de MP10 y MP2,5 se presenta como promedios móviles de 24 horas, basado en el monitoreo continuo de este contaminante. Este monitoreo determina los eventos ambientales de la ciudad de acuerdo a la tabla a continuación:

Imagen 2: Eventos ambientales según nivel de concentración de material particulado

MP10 µg/m ³	MP2,5 µg/m ³	CONDICIÓN	RECOMENDACIONES	
0-149	0-50	Buena	Se puede realizar cualquier actividad al aire libre.	
150-194	51-79	Regular	Las personas vulnerables deben considerar limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.	
195-239	80-109	Alerta	La población de riesgo y los que realizan actividad física intensa, deben limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.	
240-329	110-329	Pre-emergencia	La población en general debe limitar el esfuerzo prolongado al aire libre y los vulnerables evitarlo.	
> 329	> 169	Emergencia	La población en general debe suspender los esfuerzos al aire libre.	

Fuente: Ministerio del medio ambiente

b) Gases

Los contaminantes gaseosos se emiten de forma natural o por actividad humana. Algunos de ellos son emitidos directamente a la atmósfera, como el óxido de azufre o de carbono, y otros pueden surgir de reacciones químicas en la atmósfera, como algunos óxidos de nitrógeno o la compleja reacción del ozono. Dentro de los contaminantes gaseosos se encuentran los contaminantes globales o gases de efecto invernadero.

La medición de gases contaminantes se presenta como promedios aritméticos de 1 hora, basado en el monitoreo continuo de este contaminante y la información es actualizada cada 1 hora y de 8 horas para el caso del monóxido de carbono.

Los gases monitoreados por el SINCA son los siguientes:

- Monóxido de carbono CO

Es el principal producto de la combustión incompleta. Es peligroso para las personas, pues se fija a la hemoglobina presente en la sangre, impidiendo la oxigenación de la misma, lo que ocasiona diversas fallas en el cuerpo por falta de oxígeno. Este gas se diluye fácilmente en el aire, pero en espacios cerrados la concentración excesiva lo hace tóxico. Los motores de combustión interna emiten este gas a la atmósfera por efecto de deficiencias en la combustión, por lo que en áreas muy urbanizadas tiende a haber concentraciones excesivas de este gas, llegando a entre 50-100 ppm (partículas por millón), concentraciones que podrían ser peligrosas para la salud de las personas. La principal fuente de este contaminante son los motores de los vehículos livianos con convertidor catalítico, cerca de un 67% del total.

- Dióxido de Carbono CO₂

Es uno de los principales causantes del efecto invernadero. Este gas se produce naturalmente por efecto de la combustión perfecta de los combustibles. Si bien este gas no es tóxico, en dosis bajas puede llegar a matar por asfixia a partir de cierta concentración. A partir del 0,1% (1000ppm) se transforma en uno de los factores del asma

- Metano

Al igual que el dióxido de carbono, el metano es un gas de efecto invernadero, pues aumenta la capacidad de retención de calor de la atmósfera terrestre. Este es un gas combustible que cuando no es quemado en su totalidad se elimina por el tubo de escape como un gas contaminante.

- Óxido de nitrógeno

Es un gas incoloro y poco soluble, se produce por la quema de combustibles fósiles en condiciones de mezcla pobre, se oxida muy rápidamente en presencia de calor y oxígeno, convirtiéndose en dióxido de nitrógeno, el que posteriormente se transforma en ácido nítrico produciendo así la lluvia ácida.

- HC

Este gas se produce por efecto de la quema deficiente del combustible utilizado por el motor, el cual puede ser combustible no quemado o quemado parcialmente. El termino hidrocarburos como contaminante significa

compuesto orgánico en estado gaseoso, cuando estos están en estado sólido se consideran parte del material particulado.

- **Dióxido de Nitrógeno**

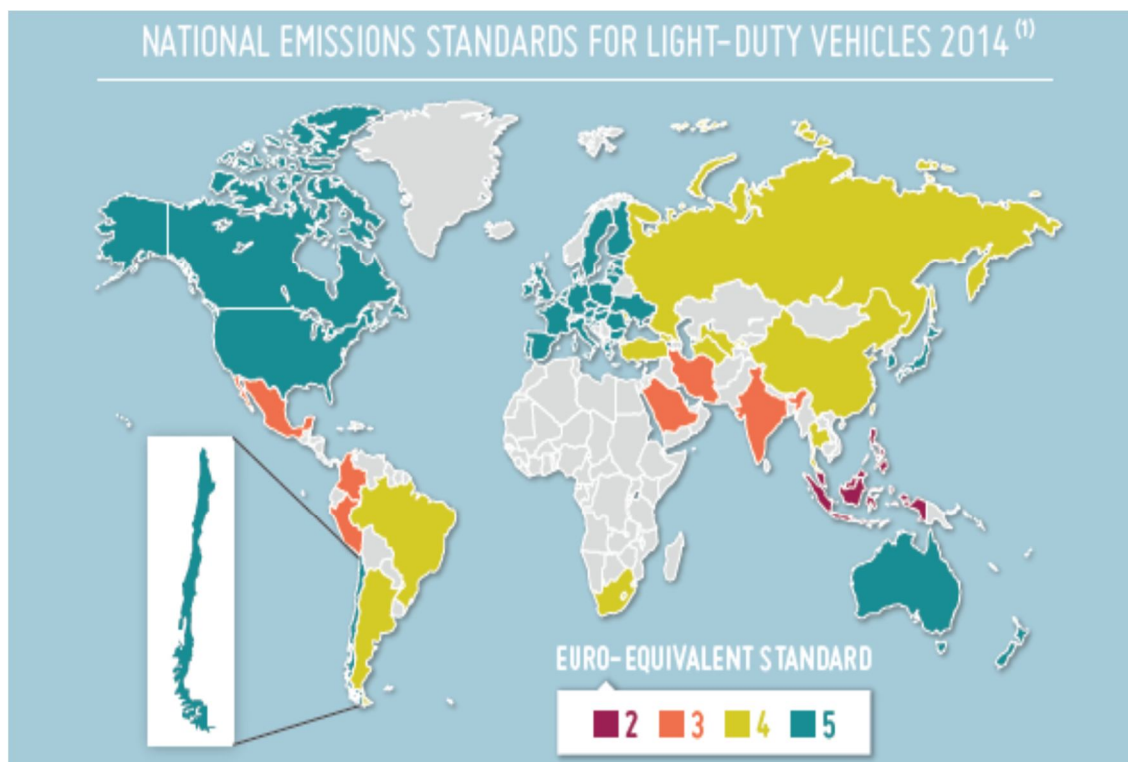
El dióxido de nitrógeno, que tiene por fórmula N_2O es uno de los gases de efecto invernadero, este gas se encuentra naturalmente en la atmósfera. Sin embargo, la actividad humana como la agricultura, la combustión de combustibles fósiles y los procesos industriales, están aumentando la cantidad de N_2O presente en la atmósfera, incrementando el calentamiento global.

1.1.2. Norma Euro V

La norma Euro V establece los requisitos técnicos que permiten la homologación de todos los vehículos que circulen en la Unión Europea con motores a combustión interna, a fin de que sus emisiones contaminantes no superen cierto límite. La norma es elaborada por la Comisión Europea y aprobada por el Parlamento Europeo, con el fin de controlar, limitar y disminuir las emisiones de óxido nítrico y de material particulado, generadas durante el proceso químico propio de la combustión en motores a gasolina y diésel de todo tipo de vehículos destinados al transporte de carga, valorización, de pasajeros y emergencia, que no superen una masa de 2.610 kg.

Esta norma es adoptada mundialmente por muchos países, entre ellos, Chile, y por tanto rige en nuestro país para todos los vehículos que ingresan para comercialización.

Imagen 3: Estándar de emisiones utilizadas en el mundo



Fuente: Global comparison emissions. (ANAC, 2015)

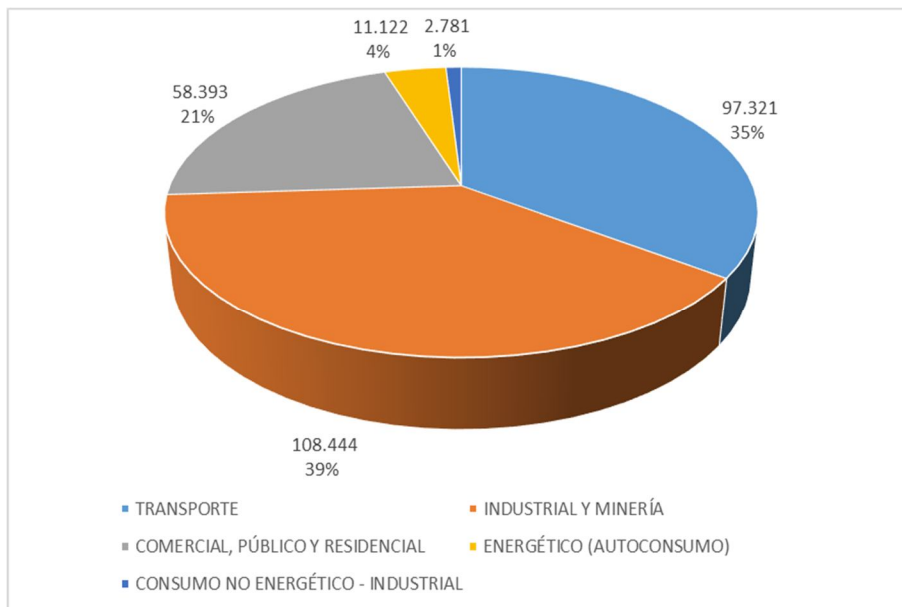
La meta a lograr con la entrada en vigencia de esta normativa es en emisiones generadas por motores de combustión diésel, la disminución o reducción de material particulado es de un 80% menos (de 25 a 5 mg/km), mientras tanto el óxido nitroso se reduce en orden del 20% (180 mg/km). En tanto, en los motores de combustión a gasolina se espera la reducción y disminución en las emisiones de NOx en un 25%.

La normativa Euro V es bastante más exigente que la anterior Euro IV por tanto un número significativo de vehículos no cumplen esta nueva normativa, siendo uno de los motivos por los cuales se quiere disminuir su circulación.

1.2. Matriz energética de Chile

Actualmente la matriz energética de nuestro país depende principalmente de combustibles fósiles, de los cuales Chile no es un productor a excepción de la región de Magallanes la cual produce prácticamente para su propio sustento. Es por este motivo que la mayoría de los combustibles fósiles debe importarse, siendo un país extremadamente dependiente de la economía de los países importadores.

Gráfico 1: Matriz energética de Chile por sector (TCal)



Fuente: Balance nacional de energía – Ministerio de energía.

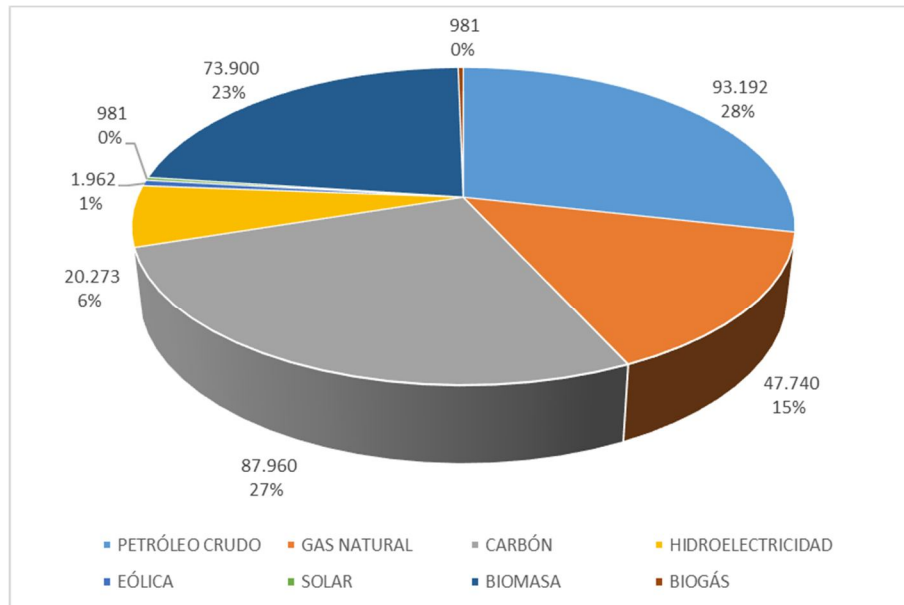
1.2.1. Generación eléctrica

En Chile, la composición actual de la matriz energética para la generación eléctrica es aproximadamente un 65% dependiente de fuentes térmicas tales como gas natural, gas licuado, petróleo y carbón, un 30% hidráulico y un 5% de fuentes renovables como eólico y solar.

Durante el año 2016 se realizó la nueva licitación de 12.430 GWh/año de energía eléctrica en marcha, en donde las ERNC ganaron el 45% de esta licitación. De esta manera se espera por parte de las autoridades un crecimiento de este tipo de energías a fin de que para el año 2050 un 70% de la energía eléctrica del país sea producida por ERNC.

Con respecto al Gas (natural y licuado), durante la última licitación del año 2016, ninguno de los proyectos de generación térmica en base a gas fue adjudicado, principalmente debido a que el actual precio no resulta competitivo con las fuentes renovables en el mediano y largo plazo, sobre todo porque hay expectativas de que este precio vaya subiendo.

Gráfico 2: Oferta de energía primaria en Chile (TCal)



Fuente: Balance nacional de energía – Ministerio de energía.

1.2.2. Transporte

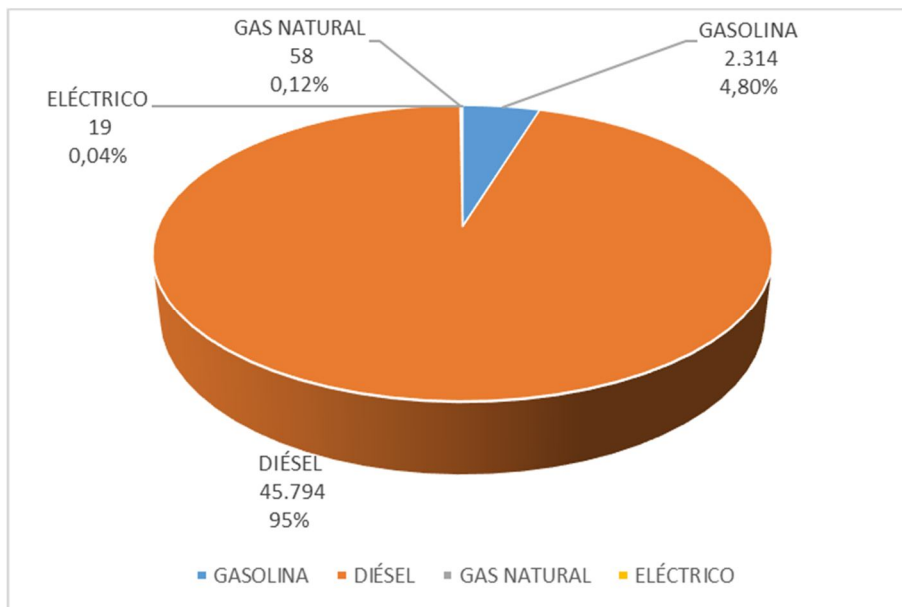
En cuanto al sector transporte, el Metro de Santiago es por excelencia el principal consumidor de energía eléctrica generada principalmente por combustibles fósiles. No obstante, para el año 2018 se estima que el 42% de la energía consumida por este medio de transporte provendrá de la energía fotovoltaica de la granja construida por la empresa SunPower en la comuna de La Higuera.

Respecto al Transantiago, la totalidad de los buses (6.500 máquinas al año 2016) funciona con combustible diésel, cuya combustión es una de las principales fuentes emisoras de material particulado fino (MP2,5).

Durante el año 2017, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones ingresó a contraloría las bases de licitación que renovará el 50% de la flota del Transantiago, implementándose una serie de cambios a partir de 2018. Los nuevos contratos obligarán a las empresas a contar con 30 buses de características especiales, contabilizándose 180 en todo el sistema: 15 de ellos deberán ser eléctricos y 15 poseer atributos especiales, como, por ejemplo, ser a gas natural, gas licuado o híbridos, de baja emisión contaminante.

Solamente en la región de Magallanes existe el transporte público de buses impulsados por gas natural, y en la región de Valparaíso una parte del transporte público corresponde a trolebuses eléctricos.

Gráfico 3: Parque vehicular de buses de transporte público, privado e interurbano, por tipo de combustible



Fuente: Balance nacional de energía – Ministerio de energía.

Con respecto a los taxis y colectivos, estos suman aproximadamente 38.000 vehículos en la región Metropolitana de los cuales el 70% utiliza sistema dual de gasolina y gas vehicular (GLP o GNC) y el 30% restante solamente gasolina.

1.3. Parque automotriz a nivel nacional

El parque vehicular en nuestro país ha ido en constante aumento debido en parte al crecimiento del PIB per cápita que ha incentivado la adquisición de un vehículo en las familias chilenas más que un bien de lujo, como un bien de primera necesidad. Las políticas del estado en cuanto a sistemas de transporte público en nuestro país se han diseñado de una manera inadecuada, siendo poco eficientes y poco atractivos para los usuarios debido a su incomodidad, por tanto, los usuarios han preferido adquirir cada vez más vehículos en desmedro de la utilización del transporte público.

A nivel nacional, el parque automotriz incluido vehículos livianos y pesados alcanza los 4,6 millones de unidades, siendo la región Metropolitana la que concentra la mayor cantidad con un 39,7% de todo el parque automotriz, seguida por la región del Biobío con 10,9%, y la región de Valparaíso con 10,5%. En tanto,

la región con menos vehículos en circulación es la región de Aysén con 0,8%. (ANAC, 2015)

1.3.1. Parque automotriz en la región Metropolitana

Para la región Metropolitana que es el área objetivo del estudio de esta tesina, el parque automotriz total es de 1.968.954, de los cuales 1.664.174 unidades corresponden a vehículos livianos y medianos en circulación. (ANAC, 2015)

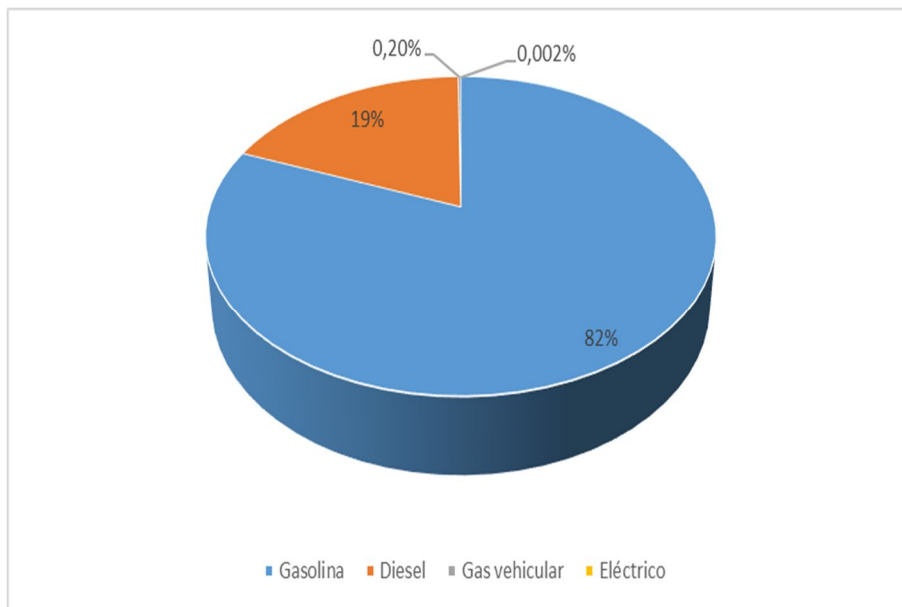
1.3.2. Antigüedad del parque Vehicular en Chile

La antigüedad del parque automotriz en Chile en promedio es menor a 10 años según datos de ANAC 2015-2016. Es decir, aproximadamente el 60% del parque automotriz del segmento de vehículos livianos y medianos tiene una antigüedad menor a 10 años. (ANAC, 2015)

1.4. Tipos de combustibles vehiculares utilizados en Chile

Respecto al tipo de combustible utilizado en nuestro país, el 82% del parque automotriz utiliza gasolina para sus motores, un 19% utiliza petróleo diésel y solo el 0,2% utiliza gas (GLP - GNC) desde su origen de fábrica. En cuanto a los vehículos eléctricos el porcentaje es apenas un 0,002% debido a que esta tecnología aún se encuentra en etapa de desarrollo principalmente en cuanto a su autonomía, y además su costo es muy elevado.

Gráfico 4: Tipo de combustible utilizado en vehículos livianos y medianos



Fuente: ANAC 2015/2016- elaboración propia.

En cuanto a la región Metropolitana la distribución es de un 84% de vehículos impulsados por gasolina, un 15% lo hacen con diésel, mientras que un 0,1% utiliza gas en cualquiera de sus tipos, desde fabrica, es decir, no considera los vehículos convertidos a gas.

Con respecto a estos últimos, el mayor porcentaje de vehículos utiliza gas licuado debido principalmente a la disponibilidad de este producto v/s el gas natural el cual se encuentra presente principalmente en la región Metropolitana y la región XII de Magallanes.

1.5. GLP y GNC Vehicular en Chile

El mercado del gas vehicular en Chile se integra por dos productos principales: Gas Licuado de Petróleo (GLP) o Gas Natural Comprimido (GNC).

Los proyectos de integración de gas vehicular en Chile comienzan a principios de la década del 2000, pero no fue sino hasta el año 2006 cuando la empresa Gasco comenzó con la oferta de conversión de vehículos para taxis y colectivos a GLP con sus propias instalaciones, apoyado por el TNO (Netherlands Organization for Applied Scientific Research), organismo holandés cuyo prestigio es reconocido en el mundo entero, en relación a medición de emisiones asociadas a distintos tipos de combustibles. Luego, las otras dos empresas del rubro de GLP en Chile, Abastible y Lipigas siguieron el mismo camino, siendo en la actualidad Abastible el líder en

cuanto a distribución de GLP vehicular mientras que Gasco derivó sus esfuerzos en el GNC.

1.5.1. Gas licuado de petróleo GLP

El gas licuado de petróleo GLP está constituido principalmente por gases propano y butano derivados del gas natural y de la refinación del petróleo, y se consume en estado líquido. Su relación de costo/efectividad puede representar hasta cinco veces más eficiencia que los combustibles tradicionales. El uso del GLP vehicular reduce notoriamente la presencia de una serie de gases contaminantes.

Fotografía 2: Estanque de GLP toroidal instalado en un vehículo a gasolina



Fuente: imagen Google.

1.5.2. Gas Natural Comprimido GNC

El Gas Natural Comprimido (GNC) es un combustible alternativo al petróleo compuesto principalmente de Metano CH_4 . Dado esta composición, presenta ventajas económicas y una mejor eficiencia energética respecto al resto de los combustibles líquidos tradicionales.

El Gas Natural es comprimido a presiones cercanas a los 200 bar que permiten almacenar gran cantidad de combustible en poco espacio.

La combustión del GNC emite un 30% menos de dióxido de carbono (CO_2), un 65% menos de monóxido de carbono (CO) y un 90% menos de óxidos nitrosos (NO_x) en comparación con la gasolina tradicional.

Fotografía 3: Estanque de GNC instalado en un vehículo a gasolina



Fuente: imagen Google.

1.5.3. Mercado de GLP y GNC en Chile

El mercado del gas natural y gas licuado en Chile es dominado principalmente por las importaciones de producto debido a la baja disponibilidad de estos combustibles como recurso natural en nuestro país.

1.5.3.1. Procedencia del GLP

El gas licuado de petróleo es producido en refinería en nuestro país solamente por la empresa ENAP, siendo su producción insuficiente para la demanda del país que utiliza este combustible en gran cantidad principalmente en su uso domiciliario.

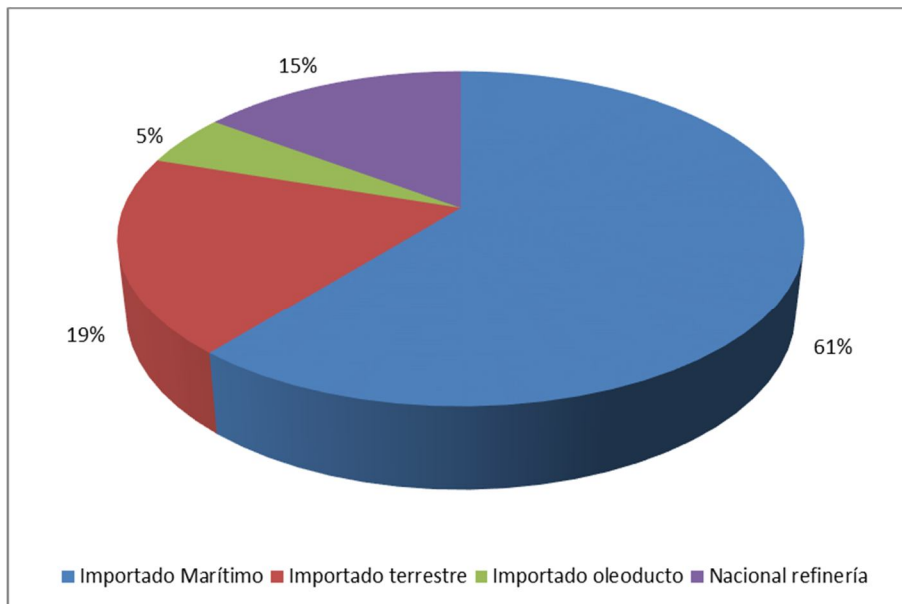
Por esta razón, la mayor parte de este producto es importado vía terrestre desde Argentina, o marítima principalmente desde África, medio oriente y Estados Unidos.

Fotografía 4: Buque de transporte marítimo de GLP



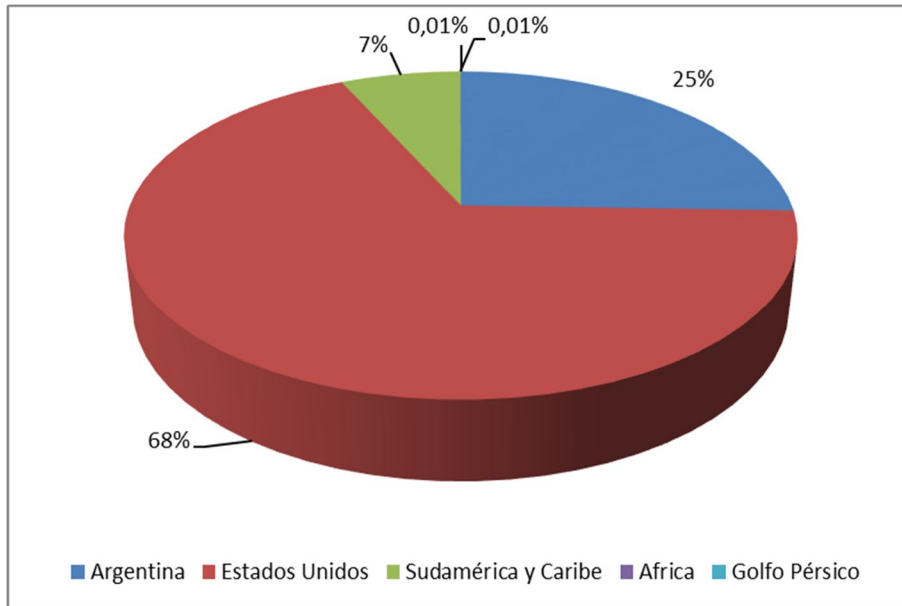
Fuente: imagen Google.

Gráfico 5: Importaciones de gas licuado de petróleo en Chile



Fuente: Anuario empresas Copec 2016- elaboración propia.

Gráfico 6: Procedencia del gas licuado de petróleo en Chile

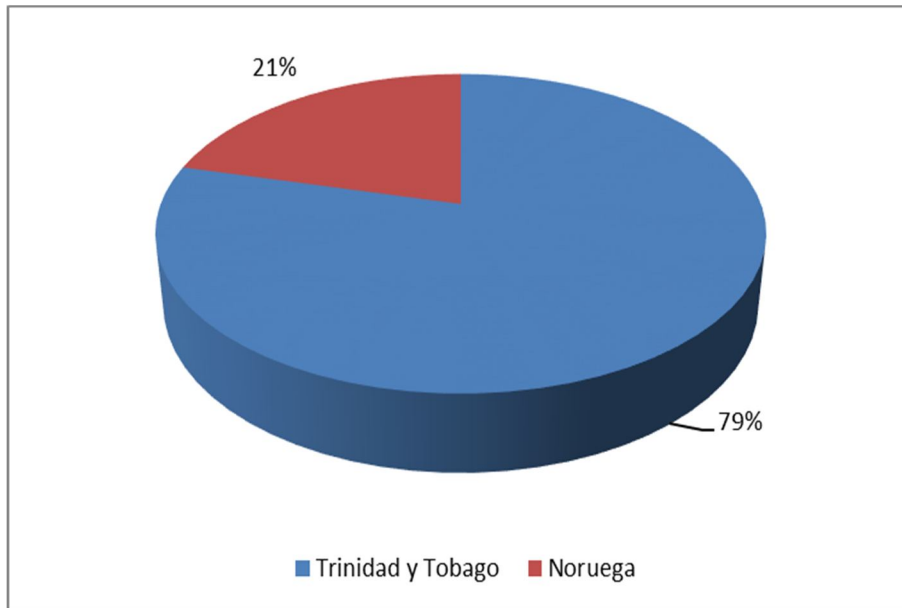


Fuente: Anuario empresas Copec 2016- elaboración propia

1.5.3.2. Procedencia del GNC

Desde la década de los 90 el gas natural fue importado desde Argentina por medio de gasoductos que cruzan ambos países desde donde se importaba el 100% del gas natural en fase gaseosa a nuestro país. Sin embargo, debido a la situación política y económica de Argentina a partir del año 2004 en donde se establecieron restricciones en la exportación de gas natural desde ese país, en Chile se buscaron nuevas fuentes de importación de gas natural. La opción fue la construcción de un terminal marítimo en la ciudad de Quintero para la recepción de este producto por barco en estado líquido (GNL). Posteriormente entre los años 2008 y 2010 se construye el terminal GNL Mejillones, ubicado en la bahía de Mejillones, en la Región de Antofagasta. En ambos terminales se procesa el producto proveniente desde países como Trinidad y Tobago, Noruega y Nueva Zelanda, entre otros.

Gráfico 7: Importación de gas natural licuado por origen, año 2016



Fuente: Comisión nacional de energía 2016- elaboración propia

El producto importado marítimamente viene en estado líquido, es decir, Gas Natural Licuado o GNL, a temperatura inferior a -160° , además de reducir su volumen en más de 600 veces, por lo tanto, el terminal además de recepcionar el producto, realiza un proceso de regasificación. Esto permite trasladar (en camiones o barcos con condiciones criogénicas), de manera económicamente viable, el GNL por distancias considerables de forma segura, sin perder sus características fundamentales.

Para realizar la distribución de gas natural al cliente final, se han implementado plantas satélites de regasificación para abastecer a zonas distantes de gasoductos mediante camiones con estanques acondicionados para GNL.

Fotografía 5: Planta satélite de regasificación de GNL



Fuente: imagen Google.

1.6. Requisitos básicos de un vehículo para la conversión a gas vehicular en Chile

La conversión consiste en adaptar el motor de un vehículo para uso de gas licuado Propano o Gas natural comprimido, los cuales, debido a su pureza, realizan una combustión más limpia y completa.

La conversión contempla la instalación de un kit compuesto por un estanque de 30, 60 o 90 litros de capacidad para el caso del gas licuado, y de 16m³ (de volumen de GNC comprimido a 200 bar) para el caso del gas natural comprimido, dependiendo de las especificaciones del vehículo; Unidad de control de inyección de gas; Vaporizador, inyector y adaptación de inyección de gas al múltiple de admisión; switch para pasar de bencina a gas y viceversa, con su correspondiente indicador de nivel de gas.

Fotografía 6: Kit de conversión a GLP básico instalado en un motor a gasolina



Fuente: imagen Google.

Con respecto a los actuales requisitos para convertir un vehículo de gasolina a gas vehicular, de acuerdo a las normativas chilenas vigentes, son los siguientes:

- a) **Tipo de vehículo:** Solo es posible la conversión de taxis, colectivos, furgones y camionetas comerciales que funcionen a gasolina y cumplan con la homologación correspondiente.
- b) **Antigüedad:** El vehículo debe tener una antigüedad máxima de 5 años para la Región Metropolitana y un máximo de 7 años para el resto del país para taxis y colectivos.
- c) **Certificación y/o Homologación:** Se podrán convertir todos aquellos modelos que hayan sido homologados y/o certificados ante el centro de Control y Certificación Vehicular, 3CV, organismo dependiente del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

1.7. Alternativas de financiamiento para la conversión

En cuanto a financiamientos e incentivos, actualmente en Chile no existen formas de subsidiar esta conversión, siendo para los taxistas una alternativa conveniente desde el punto de vista de ahorro en gasto de combustible, dado que

la conversión es gratuita. Para el caso de empresas, queda a criterio de estas últimas la evaluación económica sobre la conveniencia de realizar la conversión.

Para el caso de vehículos particulares, en nuestro país no está autorizada la conversión de vehículos a gas vehicular. No se explica con claridad los motivos por los cuales no existe autorización; se habla de la inexistencia de regulaciones para controlar las conversiones, falta de talleres de conversión, problemas de seguridad.

En otros países que analizaremos a continuación, existen incentivos y aportes de financiamiento para realizar conversión de vehículos de transporte público, comerciales y particulares a combustibles alternativos menos contaminantes:

a) Florida, Estados Unidos

El gobierno estadounidense en el estado de Florida, ofrecen incentivos como es la reducción de \$0.50 US/galón si el vehículo es propulsado por una mezcla híbrida con GLP-gasolina y así mismo otorga un crédito de USD 1.000 para la conversión de los vehículos convencionales a GLP. Además, también incentivan una exención de impuestos si los vehículos se utilizan con propósitos de fomentar la agricultura, transporte escolar u oficial federal. (Florida Propane Gas Association, 2016)

b) Inglaterra

El costo de convertir un vehículo a GLP en Inglaterra es en promedio de 1.576 USD dependiendo del modelo del kit. El GLP es el combustible más utilizado debido a su mayor disponibilidad y además se prefiere debido al peso que significa instalar un estanque de GNC versus un estanque de GLP. Actualmente existen alrededor de 1.400 estaciones de GLP mientras que solamente existen 14 estaciones de GNC vehicular.

El gobierno inglés y en general en diversos países europeos, poseen sistemas de incentivos generales para los vehículos propulsados con combustibles alternativos, en particular el GLP. Tales incentivos van desde un bajo precio del combustible subsidiado por el estado, disminución de la tasa de impuesto anual y otros reconocimientos que van a depender de la labor que cumpla el vehículo.

Además, existe el beneficio del Impuesto de circulación con tarifa reducida del vehículo de combustible alternativo (Permiso de circulación en Chile) y descuentos en estacionamientos públicos y privados.

c) Hong Kong

En Hong Kong se promueve un programa de incentivo gubernamental que ofrece el cambio o conversión de vehículos de transporte liviano para el uso del GLP. No obstante, el combustible no es subsidiado por el gobierno, pero su valor comercial es competitivo con combustibles convencionales.

d) Australia y Nueva Zelanda

Estos países ofrecen un programa de incentivo gubernamental de \$2.000 dólares para la conversión de un vehículo convencional a GLP, incluso el combustible es subsidiado teniendo un precio aproximado de \$0.59 – 0.75 USD/litro.

e) Argentina

En Argentina se utiliza principalmente GNC debido a la disponibilidad de este combustible en las reservas de Gas Natural del país, siendo este combustible más económico. No obstante, desde el año 2016 el metro cúbico de GNC ha aumentado de precio en un 100% subiendo de los \$ 3,3 (USD 0,19) a casi \$ 7 (USD 0,39), disminuyendo la brecha entre el GNC y la gasolina. A pesar de esto, el GNC sigue siendo 61% más barato que la gasolina. Otro de los problemas que se ha presentado en Argentina responde al alza del kit de conversión; los equipos de GNC de quinta generación son bastante más costosos del orden de \$ 20.000 (USD 1.130) y antiguamente existía financiación en 12 cuotas gratuita y hoy en día tiene recargos del 40%. *(El Clarín de Buenos Aires, 2016)*

f) Colombia

En Colombia, la conversión a gas natural para un vehículo cuesta en promedio \$3.600.000 pesos colombianos (USD 1.200), de los cuales cerca del 61% son subsidiados por la alianza de los actores de la cadena, entre ellos Ecopetrol y Gas Natural Fenosa, por medio de un fondo de conversiones.

La financiación es una política establecida desde junio de 2009, en la cual se establece que la compañía financiará la conversión de los clientes que tengan gas natural domiciliario y que quieran ahorrar utilizando gas vehicular. Como resultado, se financia el saldo de la conversión después de aplicar el incentivo existente, difiriendo el valor a 24 meses con una tasa de interés del 0,53% mensual. El pago de estas cuotas se puede realizar a través de la factura domiciliaria.

g) México

El costo de conversión a gas natural es de USD 1.800 y existe un modelo de financiamiento en el que la fuente de pago es el mismo ahorro que genera. Según el tipo del financiamiento y las condiciones, se asigna un sobrepeso al costo del combustible y cada vez que el usuario lo consume abona al crédito de conversión de su auto.

h) Perú

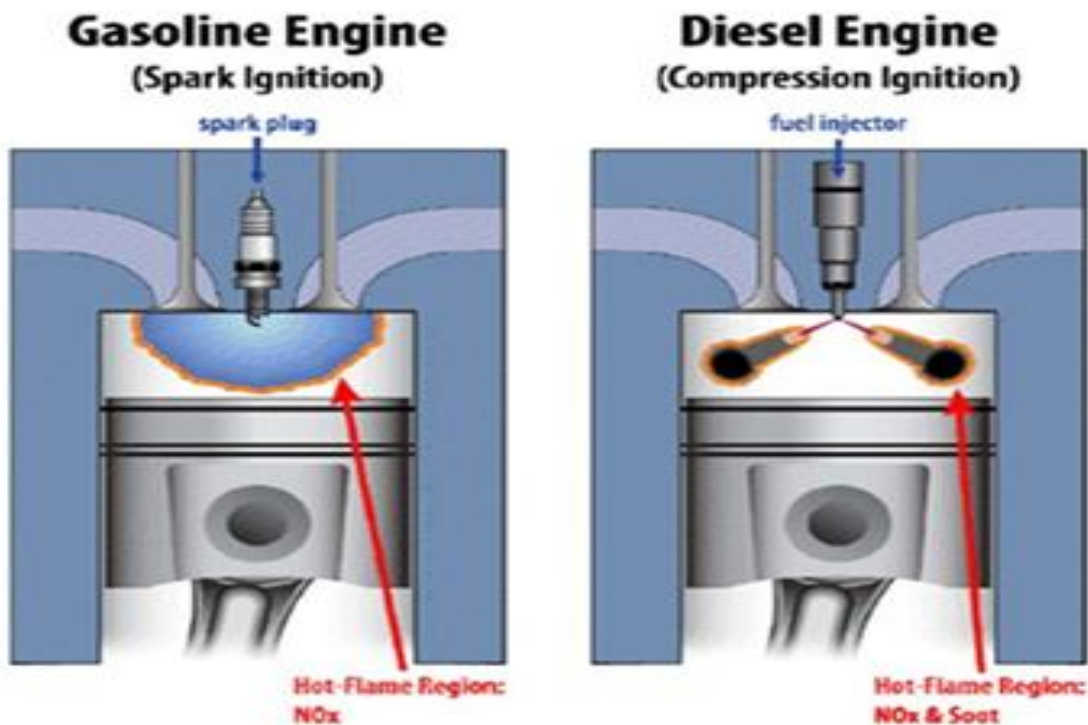
En Perú existe un modelo de financiamiento similar al de México, llamado “Sistema de carga paga” en donde la empresa que realiza la conversión del vehículo instala un chip. De este modo, cuando el cliente va a realizar una carga de gas, un porcentaje de la carga va directamente a financiar el crédito de conversión.

1.8. El caso de los vehículos Diésel

A diferencia de los motores a gasolina cuya ignición del combustible es generado por chispa, los motores diésel funcionan por compresión, y no requieren bujías.

Frente a lo anterior, cabe mencionar entonces que el GLP se puede utilizar solo como un complemento para el diésel y no es posible convertir un vehículo diésel a GLP en un 100%, dado que no cuenta con el mecanismo de encendido adecuado para este último. No obstante, si es posible utilizar GLP como complemento del diésel, en proporciones menores.

Imagen 4: Sistema de encendido de motor a gasolina v/s motor diésel



Una de las ventajas de este método de complemento diésel/GLP es que se puede lograr una combustión casi perfecta del diésel, reduciendo la emisión de partículas contaminantes en una gran medida. Al ser la combustión más limpia, teóricamente aumenta la vida útil del motor. Esto es interesante de aplicar para aquellos vehículos que recorren muchos kilómetros, tales como vehículos comerciales o pesados.

En cuanto al ahorro en combustible, de acuerdo a las empresas distribuidoras de gas licuado, este no es significativo como la conversión gasolina/GLP, dado que se sigue utilizando diésel, pero en una menor proporción, en el mejor de los casos en torno a 75% diésel y 25% GLP en la mezcla, para evitar pérdida de potencia o falla en el encendido.

Esto último explica que la conversión o adaptación de GLP como complemento del diésel no sea un negocio tan atractivo, pues la amortización de la inversión requiere de una utilización del vehículo de al menos 30.000 km al año de acuerdo a lo indicado por las empresas de conversión.

Tabla 1: Comparación de ahorro al convertir un vehículo a Gas Vehicular (Teórica promedio)

Recorrido diario día hábil (km-día)		80				
Días laborales 2017 Chile		250				
Vehículo			Nissan NP300 2.3			
Rendimiento Promedio ciudad	Combustible	Precio promedio 2016 (\$/lt)	Gasto diario (\$)	Gasto año (\$)	Ahorro (\$)	% Ahorro
13,4	Diesel	\$ 487	\$ 2.907	\$ 726.866	\$ -	
9	Gasolina 95	\$ 760	\$ 6.756	\$ 1.688.889	\$ -	
8,1	GLP	\$ 406	\$ 4.010	\$ 1.002.469	\$ 686.420	41% *
10,53	GNC (m3)	\$ 507	\$ 3.852	\$ 962.963	\$ 725.926	43% *
13,4	Diesel+GLP	\$ 467	\$ 2.787	\$ 696.642	\$ 30.224	4% **

* En comparación a usar Gasolina

** En comparación a usar Diesel

Fuente: Abastible S.A. - Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla N°1, las evaluaciones económicas no son favorables para el caso de adaptación de vehículos diésel a GLP debido al extenso periodo de recuperación de la inversión. Es por esta razón que para efectos prácticos de esta tesina se considerará solamente la conversión vehicular de

gasolina a GLP y GNC, ahorros que serán evaluados durante el desarrollo del estudio a fin de determinar si estos son efectivamente significativos como declaran las empresas que distribuyen estos combustibles alternativos.

Por otra parte, desde el punto de vista de las emisiones, en diciembre del año 2016 durante la cumbre de alcaldes realizada en México, cuatro importantes ciudades del mundo: Atenas, Ciudad de México, Madrid y París, ya se han comprometido a eliminar completamente el diésel de su parque automotriz de vehículos livianos para el año 2025 al considerarlo altamente contaminante y responsable principal de la contaminación por NOx. (*Fresneda, 2016*)

Por este motivo, resulta ineficiente intentar realizar conversiones de vehículos diésel, considerando y esperando que estos debiesen ir en disminución según la tendencia mundial.

1.9. Indicadores utilizados

Para el desarrollo y explicación de esta tesina se utilizarán los siguientes Indicadores:

- Impacto en los ingresos fiscales por impuesto específico a los combustibles, considerando la conversión de la totalidad del parque automotriz a gasolina anterior al año 2012, a GLP en la región Metropolitana.
- Costo real de conversión de un vehículo de gasolina a GLP v/s la opción de adquirir un vehículo cuya fecha de inscripción sea posterior al 1 de Septiembre de 2011 y el ahorro real que un usuario podría obtener mediante la conversión.
- Impacto en el índice de Calidad del Aire referido a Partículas (ICAP) si se realiza la conversión de gasolina a GLP para el segmento de vehículos a analizar.
- Reducción huella de carbono en un vehículo tradicional de gasolina anterior al año 2012 en comparación con un vehículo convertido a GLP y un vehículo posterior a 2012.

Capítulo II

OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo han sido definidos en función de los propósitos principales que reflejan los principales temas asociados a la implementación del GLP Vehicular, pretendiendo entregar un diagnóstico y posibles soluciones viables de implementar.

Los objetivos específicos han sido diseñados para lograr el objetivo general, y en si van a reflejar el grado de avance de la investigación, las posibles causales de la problemática y las soluciones propuestas en un caso hipotético de implementación de GLP vehicular de forma libre para cualquier particular.

2.1. Objetivo General

Determinar para el parque automotriz de la región Metropolitana de Chile de modo potencial los niveles de impacto económico, social y ambiental que generaría la conversión a combustible GLP de la totalidad de todos los vehículos de gasolina anteriores al año 2012; y así mismo determinar el impacto total que causaría la conversión de todo el parque automotriz incluyendo diésel.

2.2. Objetivos Específicos

- 2.2.1.** Estudiar el mercado actual de vehículos impulsados por fuentes limpias de energía en el mundo y los casos de éxito, en comparación con nuestro país.
- 2.2.2.** Analizar el impacto en la economía nacional al incorporar masivamente el combustible GLP en reemplazo de las gasolinas en el segmento de vehículos que se analizará en esta tesina.
- 2.2.3.** Identificar las limitantes técnicas y normativas que impiden realizar la conversión de gasolina a GLP en vehículos particulares en Chile.
- 2.2.4.** Identificar y caracterizar el segmento de vehículos factibles de convertir a GLP en la región Metropolitana, dadas las restricciones aplicadas como medidas de mitigación ambiental.
- 2.2.5.** Determinar los volúmenes de reducción de huella de carbono por cada vehículo convertido a GLP y la disminución porcentual en la contaminación de la región Metropolitana si se convierte el 100% del parque automotriz segmentado en esta tesina.

- 2.2.6.** Proponer una fórmula de subvención gubernamental para incentivar la conversión de los vehículos segmentados a GLP en la población.
- 2.2.7.** Concluir respecto al impacto y viabilidad del modelo de conversión vehicular propuesto como solución a los problemas de contaminación ambiental de la región Metropolitana.
- 2.2.8.** Determinar a nivel de balance global las mejoras sociales y económicas que causaría la implementación masiva del GLP en el parque automotriz.

Capítulo III
ALCANCE DEL ESTUDIO

3.1. Alcance del estudio

El alcance de este trabajo de tesina será acotado a tres categorías principales: medioambiental, económico y social. Se limitará a estudiar la viabilidad y conveniencia del reemplazo del combustible vehicular de gasolina a GLP y/o GNC, explicando el impacto que esta acción generaría en los índices de contaminación ambiental, el impacto económico de incorporar masivamente el combustible GLP y/o GNC como una alternativa a la gasolina y el impacto social y económico a los consumidores al presentarse una alternativa más económica y limpia de combustible para sus vehículos.

Como se ha mencionado en el capítulo III, el estudio se acotará solo a la conversión de vehículos de gasolina a gas vehicular, debido a lo poco atractivo que resulta la conversión dual de los vehículos diésel.

3.1.1. Rango de acción

El estudio se acotará geográficamente solo al área metropolitana de Santiago de Chile, por ser la región con el mayor parque automotriz del país, además de poseer la mayor cantidad de instalaciones surtidoras de combustible GLP y GNC, y es la región donde se concentra mayoritariamente la problemática de contaminación ambiental con situaciones de alerta ambiental, pre emergencia y emergencia ambiental, siendo más frecuente en temporada invernal.

Con respecto a la antigüedad del parque automotriz, el estudio se acotará a los vehículos cuya inscripción en el registro de vehículos motorizados tenga vigencia desde septiembre de 2002, es decir, con la exigencia Euro 3 (o Tier 1 Fed) hasta los vehículos inscritos anterior a septiembre de 2011 (Euro IV).

El tipo de vehículos sobre el cual se desarrollará el estudio serán los denominados livianos y medianos, compuestos por todos los vehículos de pasajeros, SUV, camionetas y otros comerciales con un peso bruto menor a 2.700kg para los livianos y de 2.701 hasta 3.860kg para los medianos. (ANAC, 2015)

Para la región Metropolitana, el parque automotriz de vehículos livianos y medianos es de 1.664.174 unidades en circulación. (ANAC, 2015)

3.1.2. Tipo de estudio

Con respecto a las características de los estudios que se desarrollarán en este trabajo de tesina, se ha definido abordar los siguientes:

- 3.1.2.1. **Descriptivo:** Investigación que definirá el segmento de vehículos potenciales de ser convertidos de gasolina a GLP y/o GNC, como variable para el desarrollo de esta tesina.
- 3.1.2.2. **Explicativo:** Se explicará el modelo ya existente en otros países y como ha resultado ser un caso de éxito, bajo qué condiciones normativas y técnicas, y estudiar si es aplicable en el mercado Chileno, analizando como inversiones o tecnologías similares en otros países han mejorado la calidad del aire y disminuido los niveles de emisiones contaminantes en otros países y como la legislación vigente e incentivos gubernamentales permiten la incorporación de estas tecnologías.
- 3.1.2.3. **Exploratorio:** Si bien la conversión de vehículos a GLP y/o GNC existe en nuestro país, no se ha estudiado a fondo su impacto económico, social y medioambiental si se realizara de forma masiva mediante la liberación de las restricciones legales que actualmente existen en Chile, tema que será estudiado en este trabajo de tesina.

Capítulo IV
ESTADO DEL ARTE

4.1. Antecedentes del estado del arte

En nuestro país, el tema de la conversión vehicular de vehículos a gasolina a otras fuentes combustibles más limpias ha sido analizado en diversos documentos, notas de prensa y tesis de pre y post grado, desde el punto de vista ambiental y de reducción de costos para los usuarios, pero no ha sido abordada en profundidad con respecto al impacto económico asociado al aumento del consumo de gas vehicular, la reducción del consumo de gasolina y la pérdida de impuestos a percibir por este combustible, no obstante, con respecto a esto último, existen algunos trabajos de tesis de postgrado asociados a los impuestos específicos a la gasolina y su contribución al presupuesto del país.

Tampoco se ha estudiado en profundidad la validez de las normativas que restringen la conversión de vehículos particulares a gas vehicular, así como vehículos de transporte público y de empresas a una antigüedad no superior a 5 años en la región Metropolitana y de 7 años en otras regiones. En otros países del continente como Perú, Bolivia y Argentina existe libertad para convertir los vehículos a combustibles limpios.

En Chile, existen algunos estudios asociados principalmente al uso del GNC y en menor grado sobre GLP respecto a la conveniencia del uso de este combustible en reemplazo de la gasolina desde el punto de vista ambiental, los cuales se describen a continuación:

4.1.1. ***Tesis Ingeniería Civil Mecánica Universidad de Chile “Diagnostico ambiental preliminar sobre el impacto del uso de gas vehicular en transporte; Oscar Ramírez De La Hoz”***: El autor analiza los aspectos de mejoras ambientales respecto al uso del combustible GNC en la región Metropolitana. Se realiza una comparación particular respecto a las emisiones de un vehículo taxi Nissan Tidda utilizando gasolina convencional sin plomo versus el uso de GNC vehicular, utilizando como predictor la Potencia Especifica Vehicular (VSP) , en donde las conclusiones más importantes aplicables al presente trabajo indican que un vehículo convertido a gas natural vehicular puede emitir mayores o menores emisiones que un vehículo con gasolina convencional, dependiendo del modo de operación de este, pues incide la pérdida de potencia del motor lo cual lo hace menos eficiente. El autor realizó mediciones de laboratorio y en ruta con distintos hábitos de conducción. Como conclusión general el autor indica que, para considerar una conversión masiva de vehículos a GNC, se debe realizar un estudio más profundo respecto a cada modelo de vehículo homologado para conversión y su rendimiento utilizando el combustible de fábrica y alternativo.

- 4.1.2. **Tesis Ingeniería Civil Industrial Universidad Técnica Federico Santa María “análisis de la industria automotriz y penetración de vehículos con combustibles no convencionales en Chile”;** Giancarlo Jorge Ziomisoto; analiza las alternativas de conversión vehicular eléctrica u otros combustibles limpios desde el punto de vista del impacto ambiental. Como conclusión el autor indica que actualmente la tecnología de los vehículos eléctricos se encuentra en un bajo desarrollo para ser implementada a nivel masivo. Su análisis indica que al año 2035 es posible igualar los costos de la tecnología de vehículos eléctricos a convencionales a gasolina, por lo cual no es una solución viable en lo inmediato para el problema de contaminación ambiental. El autor propone incentivar políticas gubernamentales que apoyen la adquisición de vehículos menos contaminantes, pero sin especificar mayores detalles.
- 4.1.3. **Tesis Ingeniería Comercial Universidad de Chile “tributación vehicular: impuesto a los combustibles, peaje, permiso de circulación y restricción vehicular”;** Andrea Azurduy Salinas; aborda principalmente los impuestos asociados a los combustibles, peajes y permisos de circulación. La autora sostiene que no existe justificación real respecto a las diferencias entre los impuestos que pagan los vehículos a gasolina con respecto al diésel, pues estos últimos son mucho más contaminantes y de hecho esta diferencia generó la penetración de estos vehículos al país. Además, indica que el impuesto a los combustibles se originó como una medida de contingencia posterior al terremoto de 1985. A su vez comenta que las políticas de restricción vehicular no han sido efectivas para mejorar los índices de contaminación ambiental en lo absoluto y que solo han servido en parte para mitigar la congestión vehicular.

4.2. Penetración del gas vehicular en Chile

La integración del gas vehicular en nuestro país ha sido lenta y poco masificada, principalmente debido a las restricciones asociadas que acotan el mercado e imposibilitan la expansión del negocio. Con respecto a la integración de automóviles con gas vehicular desde su origen de fábrica en el mercado automotriz chileno, esto aún no es una realidad consolidada y solo se han realizado esfuerzos por parte de las empresas distribuidoras de GLP y GNC; en el año 2012 se ha incorporado el primer vehículo con gas vehicular: el Hyundai Accent Eco Drive, que es importado a Chile la empresa Gasco instala de forma local kit de conversión, siendo un vehículo dual al igual que los taxis y vehículos comerciales, pero con la autorización para uso particular. El costo del vehículo es aproximadamente un 10% mayor que el Hyundai Accent estándar a gasolina, debido al valor del kit de conversión instalado. A pesar de este avance, no existe fomento a la incorporación de vehículos con gas vehicular de origen.

Con respecto a la conversión de vehículos, existe desde el año 1998 el D.S. 55/98 que establece los requisitos de los vehículos para su conversión a gas además de existir una nómina de vehículos aprobados y certificados para el uso. La certificación de vehículos permite la instalación del kit de conversión solamente para aquellos destinados a transporte de pasajeros (taxis y colectivos), vehículos livianos comerciales y medianos cuyos motores hayan sido adaptados para el uso de gas natural (GNC) o gas licuado de petróleo (GLP) por autorización del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTT), a través del Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV).

No existe claridad con respecto a las razones por las cuales no se autoriza la conversión de vehículos particulares a gas vehicular. El decreto supremo 55/98 no especifica los motivos por los cuales no es permitida la conversión de los vehículos particulares. Los documentos y reportes de periódicos y revistas que existen al respecto se refieren en general a razones de seguridad para los usuarios, lo cual no es justificado dado que los talleres que existen para conversión de vehículos comerciales y de transportes son aprobados y fiscalizados por el ministerio de transporte y por la superintendencia de electricidad y combustibles (SEC).

Otros estudios se refieren a razones económicas debido al impacto que pudiese generar el uso masivo del gas vehicular en desmedro de la gasolina en cuanto a la recaudación fiscal por el impuesto específico a los combustibles, que durante el 2016 fue de US\$ 2.576 millones, lo que representa un 5% del total de los ingresos tributarios del Gobierno, solamente superado por el Impuesto al Valor Agregado (IVA) y el impuesto a la renta, que representan el 46% y 42% respectivamente según informaciones de la Dirección de Presupuestos (Dipres). Como se puede apreciar en la tabla N°2 el impuesto al gas vehicular es prácticamente un cuarto del impuesto a las gasolinas. El diésel sin embargo también tiene una menor tributación de impuesto, por lo cual no se explica la discriminación con respecto al gas vehicular. Este tema será abordado durante el desarrollo de este trabajo de tesina.

Tabla 2: Impuesto específico a los combustibles en Chile

Impuesto específico a los combustibles en Chile		
Gasolina 93 Octanos	6,04170	UTM/m3
Gasolina 93 Octanos	6,04000	UTM/m3
Petróleo diésel	1,22220	UTM/m3
Gas Licuado de petróleo vehicular	1,40000	UTM/m3
Gas natural comprimido vehicular	1,93000	UTM/1000m3

Fuente: Servicio de impuestos internos SII – Elaboración propia.

4.3. Conversión a gas vehicular a nivel mundial

A nivel mundial, se ha estudiado el beneficio del gas vehicular principalmente con respecto a su impacto ambiental. La limitante de su implementación masiva en la mayoría de los casos de estudio es la disponibilidad de instalaciones para su recarga.

En Perú, por ejemplo, existe una tesis de la Pontificia Universidad Católica del Perú que aborda el tema de la conversión vehicular: "Propuesta de conversión del parque automotor de Lima y Callao para el uso de gas natural"; Patricia Carol Pérez Palomino; que trata la conversión solo con respecto al gas natural por ser combustible de mayor disponibilidad que el GLP en dicho país, además de ser enfocada al sector transporte debido a que en dicho país existen limitantes legales para la conversión de vehículos particulares al igual que en Chile. La autora propone la intervención del gobierno para incentivar la conversión vehicular principalmente del transporte público generando una disminución importante de la contaminación en las principales ciudades de Perú. La autora no analiza en detalle la posible conversión de vehículos particulares, pues solo menciona que algunos estudios consideran que en una evaluación de proyecto de conversión el VAN es negativo para el usuario dueño del vehículo, debido al alto costo que se debe cancelar por la conversión de un vehículo particular a GLP o GNC.

En Europa existe un importante uso de combustible GLP vehicular y variados estudios validados por la AEGPL (European LPG association), quienes agrupan a todas las empresas de GLP, regulando e incentivando el uso del GLP vehicular y otras aplicaciones. En algunos países existe libertad para convertir los vehículos de gasolina a combustibles GLP o GNC sujeto a regulaciones técnicas, e inclusive existen incentivos para realizar estas conversiones, siendo Italia el país que lidera las conversiones vehiculares a GLP con alrededor de 2.500.000 de vehículos convertidos, seguido de Holanda, Portugal y Francia donde la legislación permite la conversión sin mayores trabas. España en tanto, cuenta con alrededor de 200.000 vehículos convertidos a GLP. Esta cifra menor se debe a políticas más restrictivas, no obstante, se ha avanzado en los últimos años mejorando los incentivos a la conversión, como por ejemplo implementando restricciones de ingreso al centro de las ciudades más congestionadas para vehículos a gasolina, siendo los vehículos de combustible GLP y GNC autorizados a ingresar. Además, se autorizó solo hace unos años atrás la conversión a vehículos particulares, principalmente mini van y vehículos menores, lo que ha llevado a formar una asociación de vehículos de Autogas (Cluster del Autogas) que agrupa a los principales distribuidores de GLP vehicular de España, además de algunos fabricantes como PSA y FCA (*Enríquez, 2017*).

Asia también concentra un gran mercado de GLP vehicular principalmente en Corea del Sur, Tailandia y China.

En tanto, en países del norte de Europa como Noruega, Dinamarca y Suecia, se ha optado por vehículos eléctricos como alternativas limpias de combustibles como política de cero emisiones de CO₂, complementando con políticas gubernamentales, implementando la infraestructura necesaria para estaciones de recarga alimentadas mediante ERNC, e incentivando el uso mediante subsidios para la adquisición de estos vehículos.

Con respecto al GNC para uso vehicular, existe a nivel mundial la CEDIGAZ (International Association for natural gas) que agrupa a los distintos integradores de este combustible.

Los principales países con mayor integración de gas natural vehicular son: Irán con 3.500.000 vehículos, China, con 3.327.500 vehículos y Pakistán, con un total de 2.790.000 vehículos con GNC.

En Sudamérica en tanto Argentina (4° lugar 2.487.349 vehículos), Brasil (6° lugar, 1.781.102 vehículos) y Colombia (8° lugar, 492.649 vehículos) integran el ranking de las 10 naciones en el mundo con más vehículos convertidos al gas natural vehicular. Estadísticas de CEDIGAZ estiman el número aproximado de vehículos con Gas Natural Comprimido vehicular en 20.090.723 vehículos a nivel mundial. (CEDIGAZ, 2016)

Se pueden inferir respecto a las implementaciones del gas vehicular a nivel mundial, que el uso de gas vehicular está directamente asociado a la disponibilidad de producto para su conversión. Así, por ejemplo, en Argentina, debido a la disponibilidad de gas natural en su territorio se privilegia este combustible, mientras que, en Europa debido a la existencia de oleoductos desde Rusia y países del norte de África y Asia, se privilegia el uso del GLP.

4.3.1. Integración del gas vehicular desde fábrica de origen

Mundialmente existen diversos modelos que traen el gas incorporado desde su origen de fabricación, principalmente comercializados en Europa, pero que no han sido incorporados en el catálogo vehicular de nuestro país debido principalmente a su alto costo y la inexistencia de incentivos para su importación y adquisición. No existe mayor interés de parte de las automotoras y representantes de marcas en traer sus modelos con gas debido a las restricciones legales, capacidad de estaciones surtidoras instaladas, alto costo debido a los impuestos en nuestro país.

Fotografía 7: Citroën C3 PureTech con GLP vehicular de fabrica



Fuente: Imagen Google

La tabla N°3 muestra algunos de los modelos que hoy son comercializados en Europa con integración de gas vehicular desde su fabricación, y que pueden ser comercializados en gran parte del continente europeo sin mayores restricciones:

Tabla 3: Algunos Vehículos con gas vehicular de fábrica comercializados en Europa

Gas licuado de Petróleo	Gas natural comprimido
Alfa Romeo Giulietta 1.4 TB GLP 120 CV.	VW Caddy 2.0 Eco Fuel de 109 CV.
Citroën C3 pure tech de 82 CV.	VW Caddy Maxi 2.0 Eco Fuel de 109 CV.
Dacia Logan 1.2 GLP de 75 CV.	VW Touran 1.4 TSI Eco Fuel de 150 CV.
Dacia Sandero 1.2 GLP de 72 CV.	VW Passat 1.4 TSI Eco Fuel de 150 CV.
Dacia Sandero 1.2 GLP de 74 CV.	VW Passat Variant 1.4 TSI Eco Fuel de 150 CV.
Dacia Logan MCV 1.2 GLP de 75 CV.	VW Eco Up! de 68 CV.
Dacia Dokker 1.6 GLP de 84 CV.	Skoda Octavia Combi G-Tech
Dacia Lodgy 1.6 GLP de 84 CV	Audi A3 Sportback G-Tron
Dacia Dokker Van 1.6 GLP de 84 CV	Chevrolet Impala Bi-Fuel
Dacia Duster 1.6 GLP de 84 CV.	Volkswagen Golf GTI S
Fiat 500 1.2 GLP de 69 CV.	Ford Super Duty F-250/350
Fiat Panda 1.2 GLP 69 CV.	Mercedes Benz B-Class B 200 NGD
Fiat Punto 1.4 GLP 77 CV.	Fiat Punto Natural Power
Fiat 500 L 1.4 turbo GLP de 120 CV	Honda Civic Natural Gas 2015
Ford Fiesta 1.4 GLP de 92 CV	Dodge RAM 2500 HD Bi-Fuel
Ford Focus 1.6 GLP de 118 CV	Fiat Panda 0.9 Twin Air GNC de 80 CV.
Ford B-Max 1.4 GLP de 86 CV	Fiat Punto Natural Power 1.4 de 70 CV.
Ford C-Max 1.6 GLP de 117 CV	Fiat 500L 0.9 Twin Air GNC de 80 CV.
Opel Adam 1.4 GLP de 87 CV.	Fiat Fiorino Combi 1.4 GNC de 77 CV.
Opel Corsa 1.4 GLP de 90 CV	Fiat Dobló Panorama 1.4 Turbo GNC de 120 CV.
Opel Astra 1.4 Turbo GLP de 140 CV	Fiat Fiorino Van 1.4 GNC de 77 CV.
Opel Insignia 1.4 Turbo GLP de 140 CV	Seat Mii 1.0 GNC de 68 CV
Opel Meriva 1.4 GLP de 120 CV.	Seat León 1.4 GNC de 110 CV.
Opel Zafira Tourer 1.4 Turbo GLP de 140 CV.	Skoda Octavia 1.4 GNC de 110 CV
Opel Mokka 1.4 turbo GLP de 140 CV.	VW Golf 1.4 GNC 110 CV
Renault Clio 1.2 GLP de 75 CV.	VW Caddy 1.6 GNC de 102 CV
Subaru XV 1.6 GLP de 114 CV	VW Caddy 2.0 GNC de 109 CV
Subaru XV 2.0 GLP de 150 CV	VW Caddy furgón 1.6 GNC de 102 CV

Fuente: Elaboración propia

4.4. Marco teórico del estado del arte a aplicar en la investigación

Como resultado de la revisión del estado del arte, se concluye que a nivel nacional no se han realizado estudios que analicen las implicancias económicas de una conversión masiva a gas vehicular desde el punto de vista del mercado de combustibles y la recaudación fiscal, razón por la cual se analizará el impacto de la conversión del parque automotriz indicado en los alcances del estudio y cómo impactaría desde el punto de vista ambiental, económico a la recaudación fiscal, el mercado de combustibles y los ahorros a nivel de usuario utilizando solamente gas vehicular.

En cuanto a los motivos por los cuales no es posible la conversión vehicular de particulares en nuestro país, se analizarán y considerarán las experiencias de Europa y se investigará cuáles son los criterios de los estados para autorizar la conversión vehicular en sus países.

Con respecto a los estudios existentes respecto a la tributación de los combustibles, se analizará en mayor profundidad el impacto en la recaudación fiscal de aumentar el consumo de gas vehicular en desmedro de la gasolina.

En cuanto al impacto medio ambiental, existen diversos análisis respecto a la conveniencia del uso de gas vehicular para reducción de emisiones, en especial el GNC, no obstante, se analizará cómo afectaría la conversión masiva del parque vehicular indicado en los alcances a gas vehicular GLP, GNC y mixto; la reducción de emisiones y de los periodos de alerta ambiental, pre emergencias y emergencias ambientales en la región Metropolitana, casos que serán analizados por el autor de esta tesina.

Se concluye además que no existe un estudio respecto a la infraestructura requerida para atender el parque vehicular propuesto para conversión a gas vehicular, por tanto, el autor analizará la cantidad de estaciones de gas vehicular disponibles y las requeridas para la propuesta, y el costo estimado de la implementación de estas.

Con respecto a las medidas que se pretenden implementar a partir de 2017, el autor realizará una comparación respecto a la reducción de emisiones contaminantes que implica la restricción a vehículos con inscripción anterior a 2012 versus la opción propuesta de autorizar la conversión a gas vehicular para todos aquellos vehículos cuestionados por las autoridades, determinando cuál de las alternativas propuestas es más efectiva.

Capítulo V
METODOLOGÍA DE TRABAJO

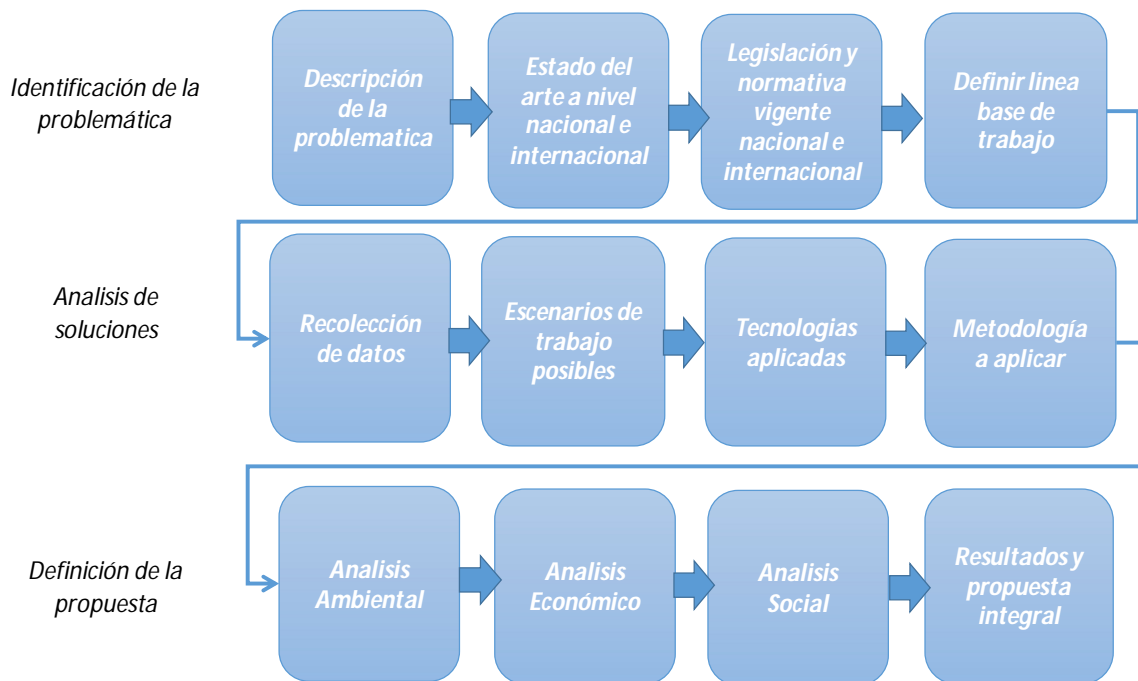
5.1. Metodología de trabajo

En este capítulo se describe la metodología a utilizar para el desarrollo de este estudio, a fin de cumplir con los objetivos establecidos en el capítulo II.

La metodología consiste en desarrollar una serie de etapas de búsqueda de antecedentes informativos respecto a la conversión vehicular, la problemática que existe para implementar este tipo de combustible vehicular, analizar la problemática en otras partes del mundo, establecer posibles soluciones y aplicar la simulación de las soluciones propuestas mediante procesamiento y análisis de los datos.

Para el desarrollo de esta tesis se ha definido abordar las siguientes etapas de profundización utilizando como base el método científico y marco lógico para las alternativas sociales:

Cuadro 1: Metodología de trabajo a aplicar en el estudio



Fuente: Elaboración propia

5.1.1. Identificación de la problemática

En esta etapa de la investigación se plantea la problemática existente con respecto a la contaminación ambiental debido a material particulado en la región Metropolitana orientado principalmente a los vehículos y las restricciones que las autoridades pretenden implementar a contar del año 2018. Se estudian los casos de otros países con respecto a la contaminación por vehículos y como se ha

reducido el impacto mediante la utilización de vehículos con combustibles menos contaminantes. Se revisa la literatura y estudios en Chile al respecto y las causales normativas respecto a la implementación de soluciones extranjeras en nuestro país. Sobre estos análisis finalmente se establece una línea de trabajo para encontrar mejores alternativas a la propuesta del gobierno.

En esta etapa se analizarán básicamente los siguientes puntos:

- Antecedentes históricos de combustibles alternativos: GLP, GNC.
- Antecedentes a nivel mundial (Benchmarking): Mercado de vehículos en el mundo, conversión de vehículos, estrategias adoptadas en países.
- Parque automotriz chileno y su distribución por grupos sociales, comunas.
- Conversión de vehículos a GLP en Chile: Requerimientos técnicos de conversión de un vehículo de combustión interna.
- Legislación vigente y restricciones al modelo de convertibilidad.

5.1.2. Análisis de soluciones

En esta etapa se presentan los escenarios de trabajo posibles para elaborar la propuesta, legislación vigente, seguridad, infraestructura necesaria, fuentes de financiamiento para la propuesta. También se analizan las tecnologías existentes en el mercado y sus diferencias fundamentales que establecerán el predominio de una en particular para aplicar en el estudio.

En esta etapa se analizarán los siguientes puntos:

- Recopilación y selección de los datos disponibles
- Ventajas y desventajas de los vehículos convertidos en distintas tecnologías, Problemas puntuales en vehículos: Autonomía, recarga, mantenimiento, valor residual, instalaciones, seguridad.
- Sustentabilidad: reducción de huella de carbono, reducción de niveles de ruido, reducción de gases y material particulado contaminantes, Índice de calidad del aire.
- Impacto económico en la conversión vehicular a combustibles alternativos (precio de las gasolinas, recaudación fiscal, disponibilidad del producto en Chile).

- Financiamiento e incentivos a los usuarios particulares: Subvención gubernamental, subsidio de empresas distribuidoras, créditos.

5.1.3. Definición de la propuesta

Como tercera etapa de la aplicación metodológica, una vez determinadas las soluciones posibles y la tecnología y soluciones técnicas posibles, se definirá la propuesta de solución como alternativa a la propuesta gubernamental de aplicar restricción a los vehículos anteriores a 2012. Esta propuesta establecerá ventajas desde el punto de vista ambiental, económico y social de la propuesta del autor, entregando los resultados que avalen la alternativa.

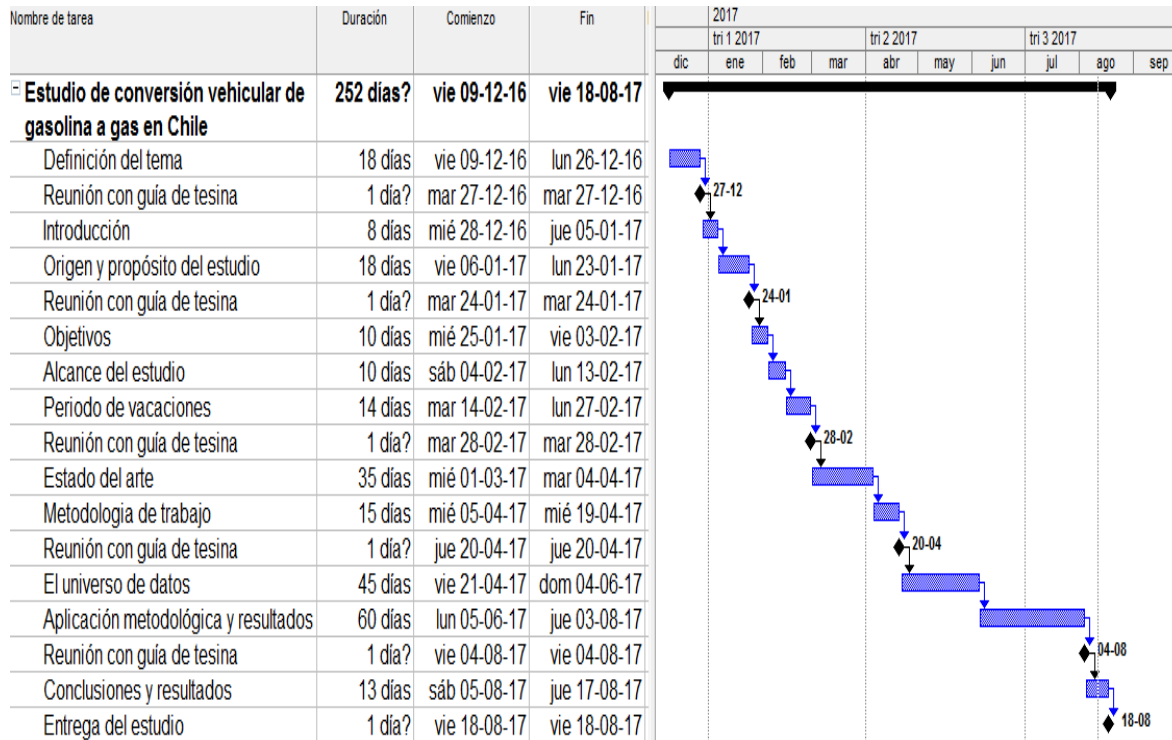
En esta etapa se analizarán los siguientes puntos:

- a) Impacto económico en la recaudación fiscal al reemplazar la gasolina por el gas vehicular como principal combustible de los automóviles.
- b) Alternativas de financiamiento específicas para los usuarios.
- c) Impacto de mitigación de la contaminación ambiental al utilizar gas vehicular como principal combustible de automóviles en la región Metropolitana.
- d) Conclusiones respecto al real impacto de la conversión de vehículos a gas vehicular en Chile.

5.2. Carta Gantt del desarrollo del estudio

Para el desarrollo de este estudio se ha elaborado una carta Gantt en donde se detallan los tiempos utilizados:

Cuadro 2: Carta Gantt para el desarrollo del estudio



Fuente: Elaboración propia

- Definición del tema: los alcances del tema se analizaron durante 18 días, originalmente se propuso un estudio de conversión de vehículos a sistema eléctrico, pero dada la baja disponibilidad de información se migró alternativamente a una solución más viable y posible de implementarse realmente en Chile, determinando un estudio de conversión a gas vehicular.
- Introducción – Origen y propósito del estudio: la introducción y la explicación del origen del estudio fue analizada en aproximadamente 26 días en donde se explica principalmente las motivaciones para realizar este estudio.
- Objetivos – Alcance del estudio: Se definen durante 20 días los principales objetivos de este estudio, acotando el rango de acción en la región Metropolitana para vehículos livianos.
- Estado del arte – Metodología de trabajo: la redacción del estado del arte fue uno de los capítulos de más larga duración, debido a que comprende muchas

horas de lectura, análisis de trabajos anteriores tanto en digital como en lectura impresa en bibliotecas. Ambos capítulos sumaron en total 50 días de trabajo. El estado del arte en sí fue difícil de acotar pues si bien existe bastante información respecto al gas vehicular, se debió analizar cada uno de los artículos de revista, investigaciones y tesis de terceros para determinar que ninguno de ellos analiza en cuestión el impacto en la recaudación fiscal, ni se ha considerado la conversión de vehículos como una alternativa a la restricción vehicular en cuanto a contaminación ambiental se refiere.

- e) El universo de datos: Es otro de los capítulos de larga duración debido a la cantidad de datos recopilados, su comparación y depuración para incluir aquellos de real importancia para el estudio, pues existen muy pocos datos a nivel nacional. En literatura impresa y tesis de otros autores no se encontró mayor información importante para este estudio, por tanto, se debió investigar en distintas páginas web de entidades gubernamentales, asociaciones de vehículos, empresas de gas licuado y gas natural entre otras, principalmente de Europa. Este capítulo tuvo una duración aproximada de 45 días y explican en parte la extensión en el desarrollo de este trabajo de tesina.
- f) Aplicación metodológica y resultados: Este apartado ha tomado un tiempo importante en el desarrollo del estudio, pues comprende la depuración fina de los datos y el desarrollo en sí de la propuesta, realizando cálculos de costos, gráficos y la obtención de resultados para la propuesta. Uno de los temas más difíciles de este capítulo fue simular la incidencia en la recaudación fiscal al disminuir el consumo de gasolina en favor del gas vehicular. Este capítulo ha tomado alrededor de 60 días en su desarrollo.
- g) Conclusiones y recomendaciones: Este etapa se ha desarrollado en aproximadamente 13 días, pues el capítulo anterior de aplicación metodológica ha entregado resultados concluyentes que ayudan a obtener conclusiones claras respecto al uso del gas vehicular y entregar recomendaciones apropiadas a juicio del autor de esta tesina para buscar métodos alternativos de disminución de la contaminación en la región Metropolitana.

Cabe aclarar que los tiempos establecidos en la carta Gantt, comprenden días corridos de la semana, no obstante, se considera que durante los días hábiles solo es posible trabajar después del horario laboral y familiar, correspondiente a 3 horas/día y durante los fines de semana 9 horas/día, lo que explica en parte el tiempo de desarrollo de este estudio, además de ser un tema muy amplio de analizar.

Capítulo VI
EL UNIVERSO DE DATOS

En este apartado se presenta un resumen con todos los datos necesarios para el correcto desarrollo del análisis de este trabajo. El tratamiento de estos datos se presentará en el capítulo VII.

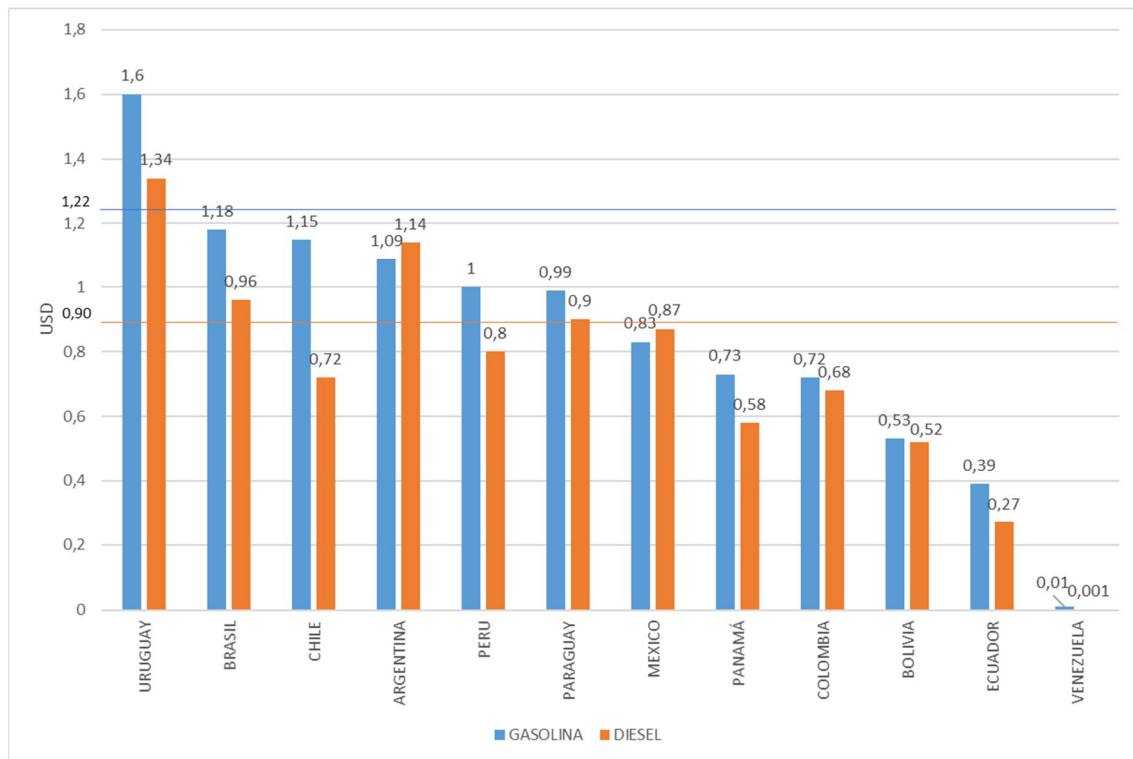
6.1. Datos económicos

6.1.1. Precios de los combustibles vehiculares y mecanismos de estabilización

En Chile el precio de la gasolina es el tercero más alto de Sudamérica. A pesar de esto, es menor al precio promedio por litro de la gasolina (USD 1,22) y diésel (USD 0,9) a nivel mundial. Existe una diferencia sustancial en los precios de los combustibles entre los diferentes países. Estas se deben a los impuestos y subsidios que cada gobierno establece. Todos los países tienen acceso a los mismos precios del petróleo en los mercados internacionales, pero se imponen diferentes impuestos. Como resultado, los precios de los combustibles vehiculares son diferentes.

Para ejemplificar, el gráfico N°8 muestra los precios de las gasolinas y petróleo diésel en Sudamérica. En el se aprecia que a diferencia de Chile en donde estamos “acostumbrados” a que la gasolina sea más costosa que el petróleo diésel, en Argentina y México, por ej., el diésel es más costoso que la gasolina, razón por la cual existe el GNC como principal sustituto competidor. En Chile en cambio, el diésel tiene precios similares al GLP y GNC como podemos apreciar en el gráfico N°9, por tanto, no existe un gran incentivo para reemplazar el diésel por estos combustibles, pero si es un buen incentivo para reemplazar por la gasolina.

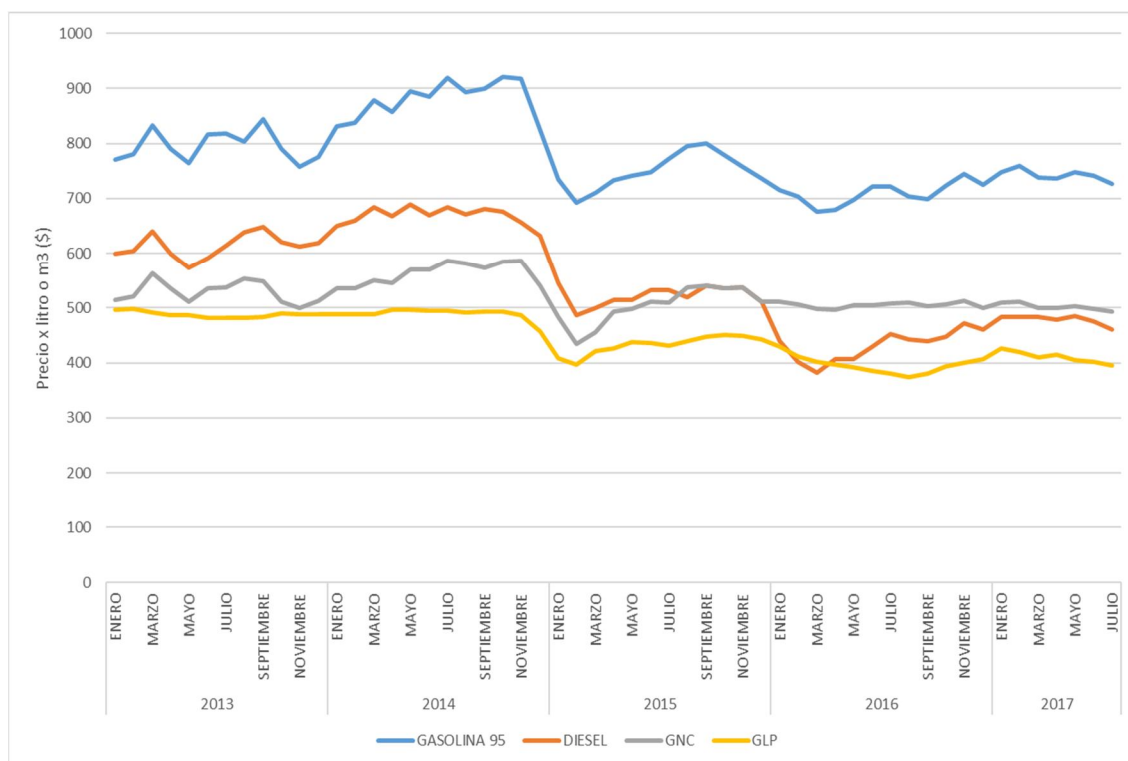
Gráfico 8: Comparación de precios de los combustibles en Sudamérica



Fuente: <http://es.globalpetrolprices.com>

El gráfico N°9 a continuación presenta la evolución de los precios de los combustibles en nuestro país, en donde podemos inferir que, en Chile, el precio de los combustibles se ha mantenido estable durante los últimos 3 años, esto gracias a los mecanismos de estabilización de precios, que explicaremos a continuación.

Gráfico 9: Evolución de los precios de los combustibles vehiculares en Chile últimos 5 años



Fuente: Ministerio de economía – Datos de Abastible S.A.

6.1.2. Mecanismo de estabilización de precios de los combustibles (MEPCO)

El MEPCO fue creado por la Ley N° 20.765 publicada el 9 de julio de 2014, con la finalidad de establecer una forma de estabilización de los precios de venta internos de los combustibles. Este mecanismo opera a través de incrementos y rebajas a los impuestos específicos a los combustibles establecidos en la ley N° 18.502, los que se modifican sumando al componente base establecido en esa ley un componente variable que puede ser positivo o negativo con una banda de precio de paridad o referencia $\pm 5\%$ sobre el precio de referencia Intermedio. Este mecanismo se aplica solamente a cuatro combustibles: gasolina automotriz, petróleo diésel, gas licuado de petróleo de uso vehicular y gas natural comprimido de uso vehicular.

El precio de paridad es determinado observando semanalmente los precios del petróleo crudo representativo de uno o dos mercados relevantes más un Diferencial de Refinación para cada producto. En nuestro país, la comisión de energía considera el petróleo crudo Brent del mercado de la costa del Golfo de EE.UU, o el promedio de dos mercados relevantes.

6.1.3. La problemática del precio de los combustibles

En nuestro país, el problema de los combustibles y sus precios a público, y particularmente con la gasolina, radica principalmente en que más del 40% del precio final corresponde a impuestos establecidos por el gobierno (Impuesto específico e Impuesto al valor agregado), lo que finalmente ha transformado al MEPCO en un sistema poco creíble para los usuarios finales quienes esperan finalmente una baja sustancial en los precios de los combustibles.

Tabla 4: Composición del precio de venta de la gasolina en Chile

Precio Refinería	48,6%	\$	362,5
Margen bruto de Comercialización	8,2%	\$	61,0
Transporte	1,0%	\$	7,6
Impuesto específico	31,5%	\$	235,1
IVA	10,8%	\$	80,4
		\$	746,6

Fuente: ANAC – Copec- Elaboración propia.

Una de las razones que explican el mantener el actual sistema de estabilización de precios en nuestro país, es que cumple una importante función recaudadora. El MEPCO es un mecanismo de estabilización de las variaciones bruscas de precios, sin dejar de recaudar impuestos. Así, en periodos de alzas, opera con créditos a favor del consumidor y momentos de baja, traspassa sólo una parte de ésta al consumidor, aplicando un impuesto (recaudador) para compensar los créditos,

El MEPCO es actualmente el cuarto mecanismo de política de combustibles en el país. Los anteriores fueron el FEPP (Fondo de Estabilización de Precios del Petróleo), el FEPCO (Fondo de Estabilización de Precios de Combustibles) y SIPCO (Sistema de Protección de Precios de Combustibles). FEPP sigue vigente, pero sólo para el kerosene doméstico.

6.1.4. Evolución de los impuestos a los combustibles y su contribución a la recaudación fiscal

Los impuestos específicos a los combustibles son una importante fuente de recaudación para el fisco. Estos se han incrementado exponencialmente durante los últimos 10 años, principalmente al aumento del parque automotriz del país.

Gráfico 10: Ingresos generales de la nación v/s ingresos por impuestos

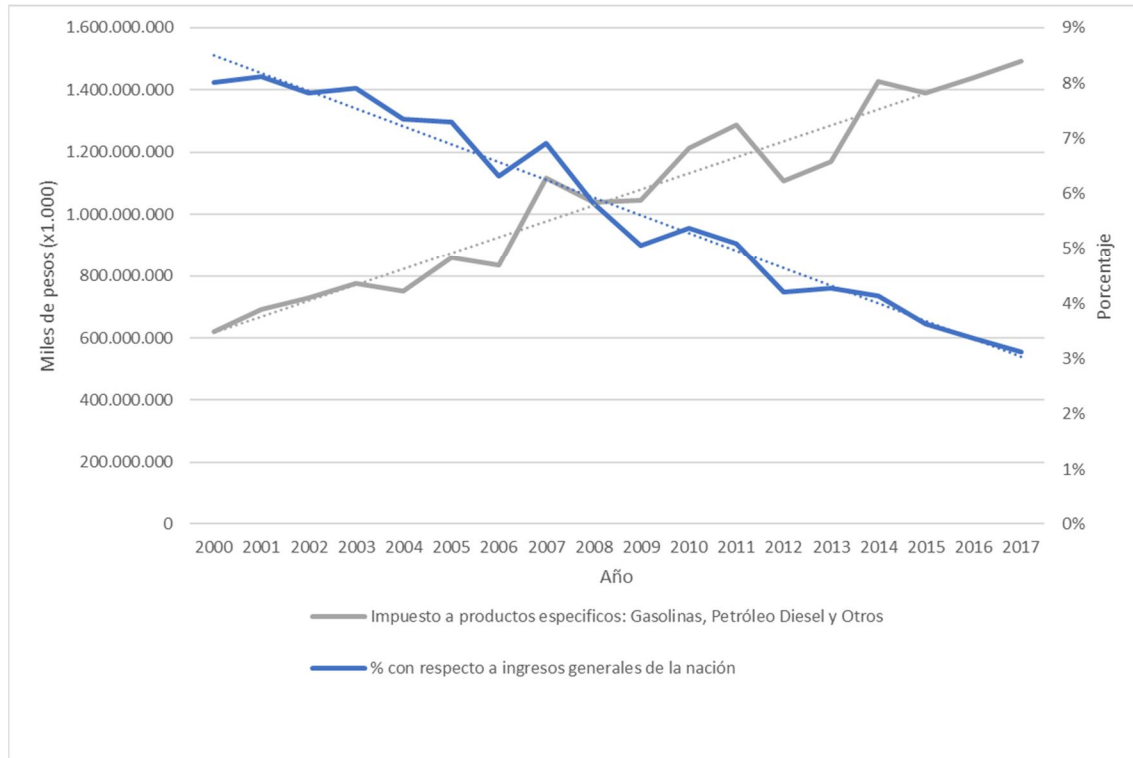


Fuente: SII – Ministerio de Hacienda de Chile.

Para los combustibles, este impuesto es diferenciado y depende del tipo de combustible. La Ley N° 18.502 de Chile, establece un impuesto en UTM por metro cúbico a la primera venta o importación de gasolinas y petróleo diésel. El impuesto al petróleo diésel es de 1,5 UTM por metro cúbico y para las gasolinas automotrices es de 6 UTM por metro cúbico. La ley también incluye un impuesto al consumo vehicular de gas natural comprimido y gas licuado de petróleo, de 1,93 UTM/KM3 y 1,40 UTM/M3 respectivamente.

El aporte de estos impuestos ha ido en aumento linealmente desde el año 2000 a la fecha, no obstante, el porcentaje de contribución de esta recaudación con respecto a los ingresos totales de la nación por concepto de impuestos ha disminuido, principalmente por la incorporación de nuevos impuestos a otros bienes y servicios. Esto se muestra en el gráfico a continuación.

Gráfico 11: Porcentaje del impuesto a los combustibles con respecto a los ingresos generales de la nación



Fuente: SII – Ministerio de Hacienda de Chile- Elaboración propia.

6.1.5. Costo de conversión por compañía de gas y alternativas de financiamiento

En la actualidad el costo de conversión de los vehículos de transporte público y de empresas es variado dependiendo de la empresa y del tipo de conversión.

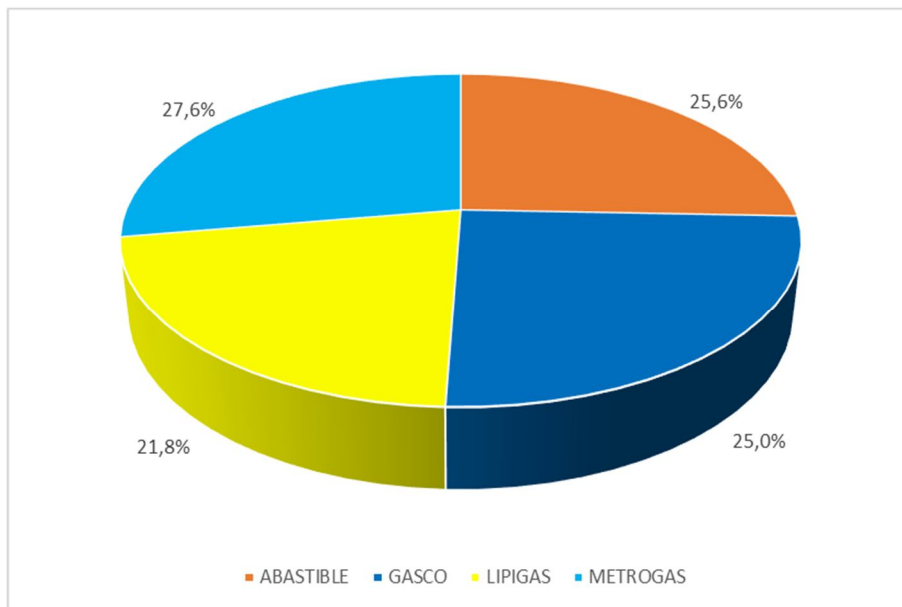
- Conversión a GLP
 - Taxis: Gratis, pero debe cumplir con una cuota mensual mínima de carga de 380 lts mensuales por un periodo de 48 meses
 - Vehículos de empresas: aproximadamente USD 900
 - Vehículos particulares: No autorizado.

- Conversión a GNC
 - Taxis: Gratis, sin cuota mensual
 - Vehículos de empresas: aproximadamente USD 1.800
 - Vehículos particulares: No autorizado.

6.1.6. Participación de mercado del gas natural y gas licuado en Chile

El mercado del gas en nuestro país es dominado principalmente por cuatro empresas. Particularmente en la región Metropolitana, este mercado está dividido en partes equivalentes entre las empresas de gas licuado Abastible, Gasco y Lipigas, y la empresa de gas natural Metrogas. En la XV y I región existe también la empresa Uligas, de capitales bolivianos, pero cuya participación de mercado es solamente en estas regiones y representa el 0,5% del mercado del gas licuado, por tanto, no se considera relevante para los cálculos del estudio dado que no está presente en la región Metropolitana que es nuestra región de estudio.

Gráfico 12: Participación de mercado del gas en la región Metropolitana

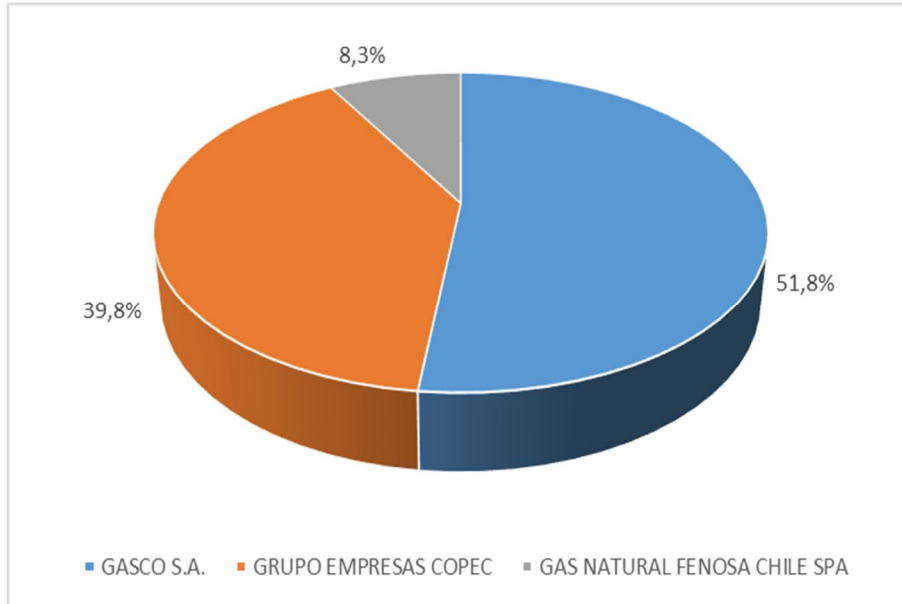


Fuente: Superintendencia de electricidad y combustibles 2016

Sin embargo, las tres empresas de gas licuado de petróleo tienen participación en la propiedad de Metrogas, por tanto, la participación de mercado del gas se centra fundamentalmente en tres grandes Holding accionarios, no obstante, el mercado del gas natural en la región Metropolitana es un monopolio natural debido a que no existen competidores para el gas residencial, y para el gas vehicular natural, los competidores pertenecen a los mismos dueños accionarios.

En el gráfico N°13 se presenta la propiedad de Metrogas S.A. integrada mayoritariamente por Gasco S.A.(Gasco), Grupo empresas Copec (Abastible) y Gas Natural Fenosa (Lipigas).

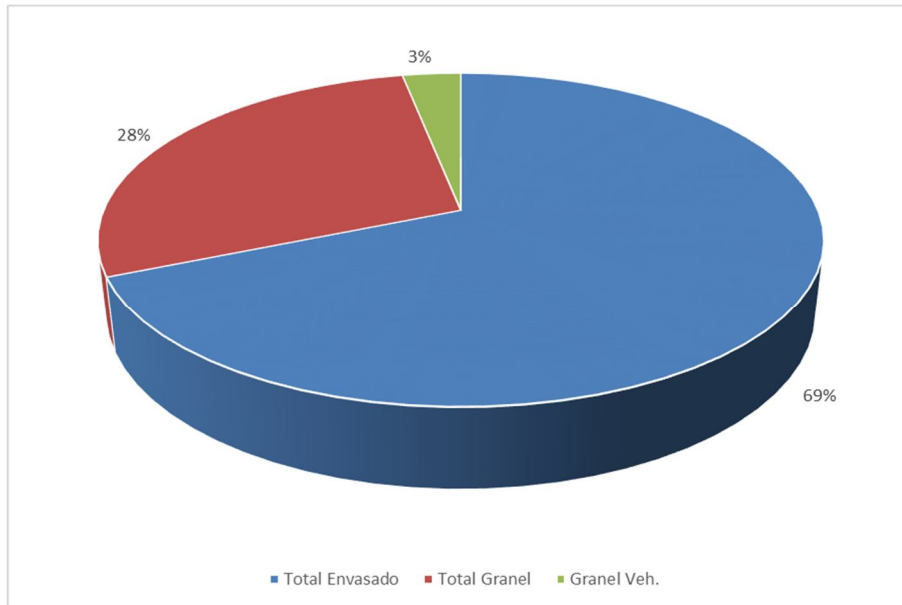
Gráfico 13: Propiedad accionaria de Metrogas S.A.



Fuente: Memoria anual Metrogas S.A. 2016

Con respecto al gas licuado de petróleo, el principal mercado de las ventas de este combustible radica en el mercado domiciliario de gas envasado, seguido por el gas granel habitacional e industrial. El mercado del gas vehicular en tanto, solo representa en promedio el 3% de las ventas del GLP para las empresas participantes de este mercado.

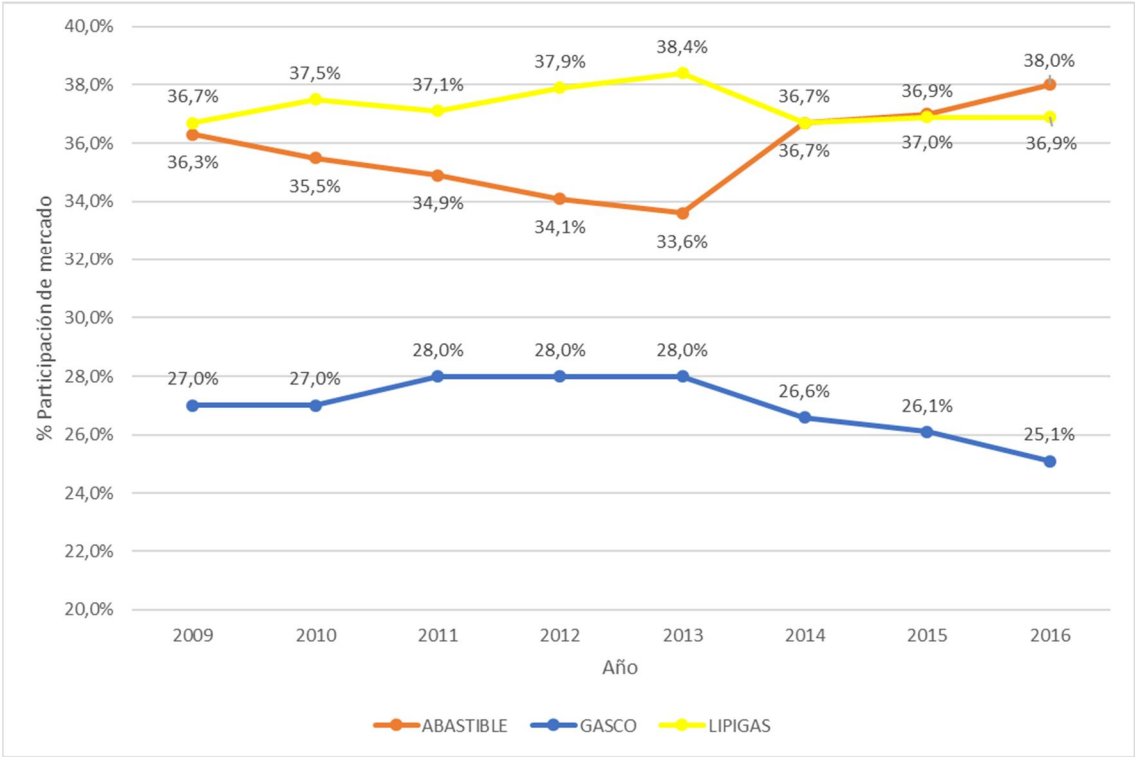
Gráfico 14: Composición de las ventas de gas licuado



Fuente: Superintendencia de electricidad y combustibles 2016

Los tres actores del mercado de gas licuado de petróleo han mantenido una participación de mercado estable durante los últimos años, siendo Lipigas quien ha dominado el mercado principalmente por su fortaleza en la venta de GLP granel industrial, no obstante, a partir del año 2016 Abastible se ha posicionado como el líder en volumen de ventas a nivel nacional, siendo además el líder en cuanto a ventas de gas envasado. Gasco por su parte tiene una menor participación de mercado, pero es el líder de gas envasado en la región Metropolitana.



Gráfico 15: Participación de mercado de las empresas de Gas Licuado en Chile



Fuente: Elaboración propia basada en memoria anual de Empresas Copec, Gasco S.A. y Lipigas S.A.

La tabla N°5 y el gráfico N°16 muestran la participación a nivel nacional del mercado del gas y del mercado particular de gas vehicular. Para efectos de comparación, se realiza la equivalencia de poder calorífico entre el GLP y GNC a fin de convertir los m3 de GNC a toneladas equivalentes de crudo.

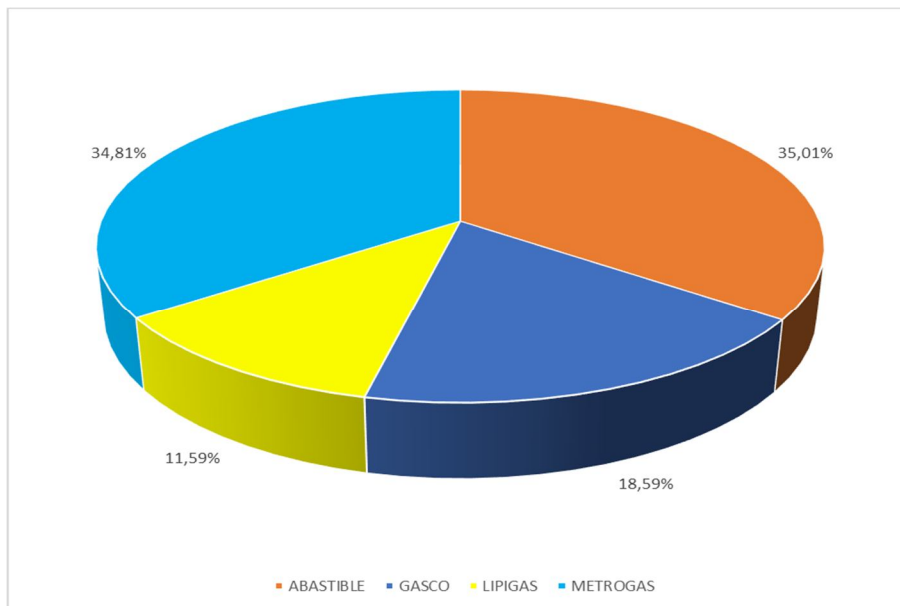
Tabla 5: Participación de Mercado del gas en Chile

	GLP			GLP	GNC
	 abastible energía limpia	 gasco	 Lipigas ESTAMOS MAS CERCA	 GLP CHILE	 METROGAS
VENTAS TOTALES 2016 (Ton)	459.000	303.359	445.000	1.207.359	1.057.814
PARTICIPACION DE MERCADO DEL GAS (%)	20,3%	13,4%	19,6%	53,3%	46,7%
VENTAS GAS VEHICULAR (Ton)	13.770	7.313	4.561	25.644	13.692
GAS VEHICULAR V/S VENTAS TOTALES (%)	3,0%	2,4%	1,0%	2,1%	1,3%
PARTICIPACION MERCADO GAS VEHICULAR (%)	35,01%	18,59%	11,59%	65,19%	34,81%

Fuente: Elaboración propia basada en memoria anual de Empresas Copec, Gasco S.A., Lipigas S.A. y Metrogas S.A.

En cuanto al mercado del gas vehicular, este es dominado por el gas licuado de petróleo con un 65,19% del mercado, siendo Abastible el líder con un 35,01% del mercado del gas vehicular. En tanto el gas natural comprende un 34,81% del mercado con Metrogas como principal actor, considerando que este es propiedad además de Copec S.A. y Gasco S.A. quienes también suministran este combustible.

Gráfico 16: Participación de Mercado del gas vehicular en Chile



Fuente: Elaboración propia basada en memoria anual de Empresas Copec, Gasco S.A., Lipigas S.A. y Metrogas S.A.

6.1.7. Factores de riesgo y perspectivas de crecimiento del mercado del gas en Chile

6.1.7.1. Gas Licuado

a) Riesgos

Uno de los factores de riesgo en el mercado del gas licuado lo constituye el abastecimiento. ENAP y Gasmar S.A. son los principales proveedores de gas licuado para las compañías de distribución final, teniendo la capacidad de importar este combustible desde distintos países. No obstante, debido a la importación de estos, el mercado se encuentra expuesto a riesgos comerciales por desfase en el tiempo entre la compra y la venta de gas propano lo que genera riesgos por las fluctuaciones que puedan existir durante ese ejercicio en el precio internacional de referencia, el flete marítimo y el tipo de cambio.

Otro de los riesgos radica en la posibilidad de que los valores de los activos y pasivos financieros de las compañías distribuidoras de GLP fluctúen debido a cambios en los precios de mercado y a los riesgos relacionados con la demanda y el abastecimiento de los productos que se comercializan. Por tratarse de un bien de consumo básico, la demanda por gas licuado residencial no se ve afectada significativamente por los ciclos económicos. Sin embargo, factores tales como la temperatura, el nivel de precipitaciones y el precio del gas licuado en relación a otras alternativas de combustibles, pueden afectarla. En algunas regiones del país, como consecuencia de la variación de las temperaturas, la demanda tiene una alta estacionalidad.

Otro de los riesgos principales que enfrenta el mercado del Gas Licuado es la alta competitividad que está generando el Gas Natural, principalmente en el sector industrial, en donde este último ha sustituido los contratos de abastecimiento de gas licuado quedando este último solo como respaldo backup ante un corte de gas Natural. En el ámbito residencial el gas natural también ha tenido un importante crecimiento debido a que se ha eliminado el mayor riesgo de desabastecimiento que existía cuando la dependencia era exclusiva desde Argentina. La construcción de nuevos terminales de Gas Natural para importación marítima y estaciones satélites de regasificación ha permitido asegurar el abastecimiento domiciliario, generando el mayor interés de las inmobiliarias en desmedro del gas licuado.

b) Crecimiento

Las perspectivas de crecimiento del gas licuado se sitúan principalmente en el ámbito habitacional y vehicular.

El GLP es la tercera fuente energética a nivel residencial, después de la leña y la electricidad, con 3,5 millones de clientes. Las oportunidades del gas licuado se

abren ante las restricciones a la leña como combustible debido a su alto impacto como emisor de material particulado MP2,5. La dificultad del GLP como sustituto radica en que la leña es utilizada fuertemente por los segmentos de ingresos bajos y medios debido a su bajo y/o en algunos casos nulo costo, y como alternativa a esta este segmento de la población prefiere la parafina, de costo levemente mayor.

El gas natural en tanto, se enfoca al mercado del 15% de hogares de mayores ingresos, por lo cual el foco de las empresas distribuidoras de GLP no es apuntar a este segmento, sino al 85% restante, sobre todo en las regiones del sur del país, aunque en estas el uso de la leña es parte de la cultura de la zona.

Otra de las oportunidades de crecimiento es el segmento del gas vehicular, en donde en la actualidad el GLP es el líder, principalmente por las ventajas que tiene sobre el gas natural en cuanto al impacto del peso adicional del estanque de este último, y a la mayor disponibilidad de puntos de recarga de GLP especialmente en la región Metropolitana.

El mercado del gas vehicular crece a una tasa de 3% anual a nivel mundial, similar a la participación en ventas de las empresas de GLP en esta área de negocio, por lo cual las empresas de GLP apuestan a un mayor crecimiento a futuro.

Otra de las oportunidades de crecimiento es la innovación puesto que el GLP tiene múltiples aplicaciones debido a su fácil portabilidad, una gran ventaja con respecto al GNC, y que permite aplicaciones móviles como parrillas, cortadoras de pasto, grúas horquilla, y otras aplicaciones de tipo industrial como es la implementación de equipos de cogeneración que producen a la vez electricidad y calor útil, en un solo proceso usando como combustible gas licuado, o sistemas de paneles solares con dualidad de GLP como respaldo para calefacción y uso de agua caliente gas licuado.

Imagen 5: El GLP tiene diversas aplicaciones portátiles debido a su fácil almacenamiento y transporte



Fuente: www.greengear.com.

En la agricultura el gas licuado también tiene múltiples aplicaciones y oportunidades de crecimiento, como en la industria frutícola y en molinos de vientos, ya que el GLP no tiene problemas de congelamiento, además de ser un producto que no está afecto al robo hormiga como el petróleo diésel y el kerosene.

6.1.7.2. Gas Natural

a) Riesgos

Para el gas natural, existe la dificultad de proyectar escenarios energéticos en generación eléctrica debido a la existencia de los actuales contratos de largo plazo, una hidrología incierta que siempre será más económica, y entrando además fuertemente los proyectos de ERNC adjudicados en las licitaciones recientes a precios muy por debajo de los precios de generación mediante gas natural, lo que no le permite competir con los precios resultantes de las últimas licitaciones.

Con respecto al suministro, con la construcción de los nuevos terminales de gas natural, pareciera no existir un problema de abastecimiento, no obstante, al igual que el gas licuado, al ser productos importados, el mercado se encuentra expuesto a riesgos comerciales por desfase en el tiempo entre la compra y la venta y las fluctuaciones que puedan existir en el precio internacional de referencia, el

flete marítimo y el tipo de cambio, en especial debido a que no existe certeza de las futuras necesidades además de la residencial.

b) Crecimiento

Las perspectivas del Gas Natural apuntan principalmente a la matriz energética de nuevos proyectos de generación eléctrica en los sistemas eléctricos del norte grande (SING) y del centro sur (SIC).

La aparición de nuevos recursos como el shale gas (gas natural contenido dentro de una roca de color negro azulado en el subsuelo) y el tight gas (arenas o arcillas que alojan hidrocarburos) han reducido el costo y el precio del gas natural, con lo que se ha ganado mayor competitividad en varias partes del mundo, incluyendo a Chile

Una perspectiva de desarrollo positiva para la utilización del gas natural en el mercado eléctrico es el proceso de aumento de capacidad de regasificación del terminal de GNL Quintero y GNL Mejillones.

La complementariedad con las ERNC es otra opción de futuros desarrollos del GNL, además de las próximas licitaciones de suministro.

6.2. Datos demográficos

6.2.1. Población en la región Metropolitana

Para obtener los datos de la población en la región Metropolitana, se ha utilizado los datos estadísticos del instituto nacional de estadísticas INE, correspondientes al censo 2002 y censo 2012. Los datos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6: Población país v/s región Metropolitana

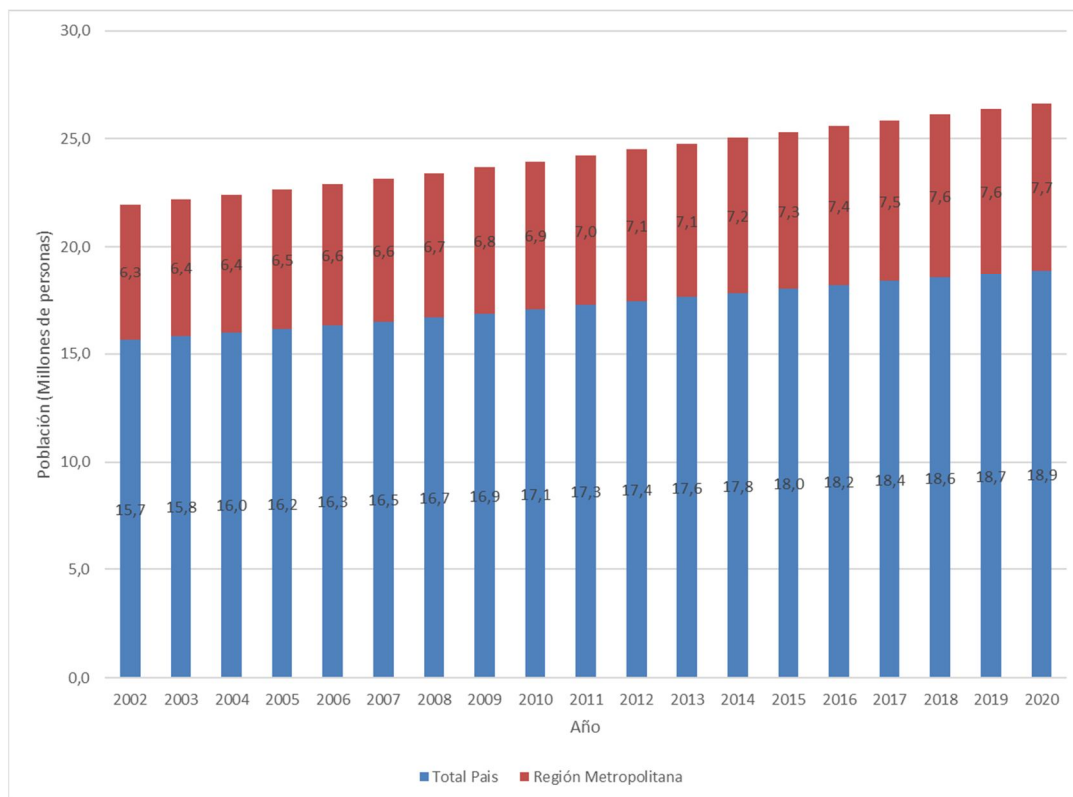
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total País (millones de personas)	15,7	15,8	16,0	16,2	16,3	16,5	16,7	16,9	17,1	17,3	17,4	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4	18,6	18,7	18,9
XIII RM (millones de personas)	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,6	7,7
% RM v/s País	40,1%	40,1%	40,2%	40,2%	40,2%	40,2%	40,3%	40,3%	40,4%	40,4%	40,5%	40,5%	40,6%	40,6%	40,7%	40,7%	40,8%	40,8%	40,9%

Fuente: INE – elaboración propia

La región Metropolitana es la que concentra la mayor población del país con un 40% con respecto al total de la nación. Los datos indicados en azul corresponden a proyección de la población que entrega el INE.

La importancia de este dato radica en la población objetivo que se concentra principalmente en la región sobre la cual se realiza el análisis. La región Metropolitana con 7,5 millones de habitantes es por cierto la que contempla el mayor parque automotriz del país debido a la gran cantidad de personas que deben desplazarse diariamente por la capital.

Gráfico 17: Crecimiento de la población en Chile y la RM

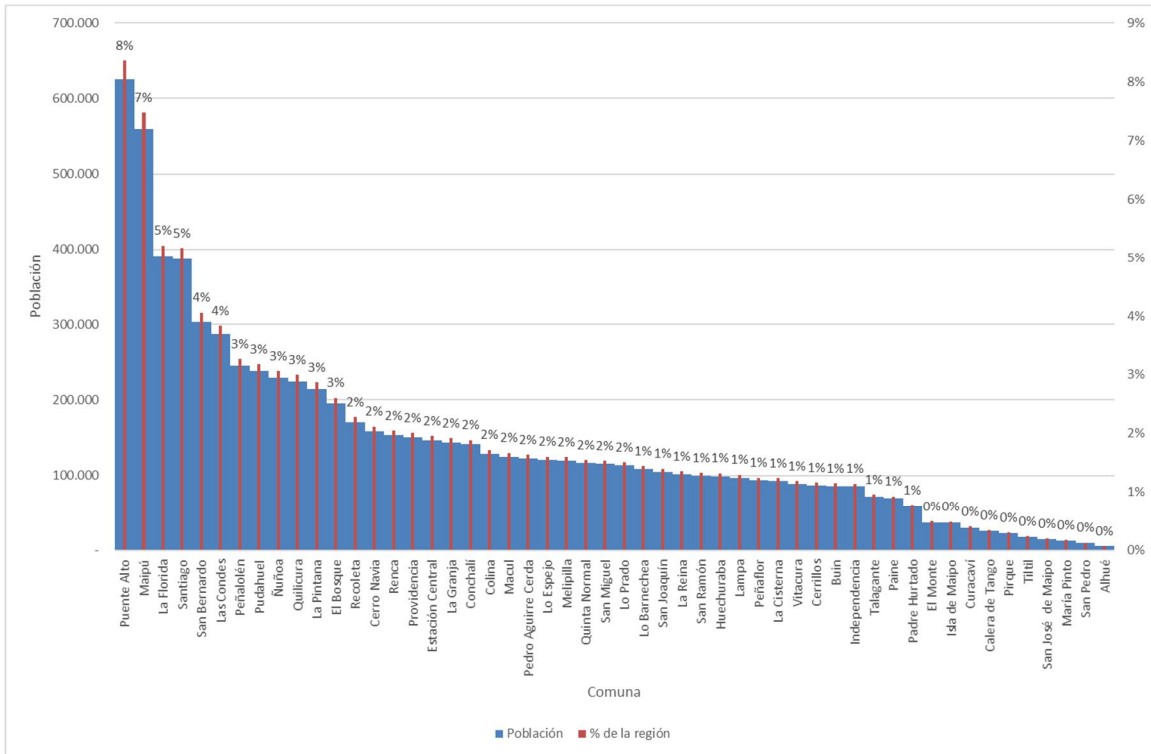


Fuente: INE – *Elaboración propia*

Esta población va en aumento a una tasa promedio de 1,05% proyectando para el año 2020 aproximadamente 7,7 millones de habitantes en la capital.

La población de la región Metropolitana se encuentra distribuida en 52 comunas, siendo las más pobladas del país la comuna de Puente Alto, Maipú, La Florida, Santiago y San Bernardo. Parte importante de las comunas más pobladas del país se encuentran en los extremos periféricos de la ciudad, concentrando el 30% de la población, por tanto, las distancias de desplazamiento a los centros urbanos de la capital son bastante extensas. De acuerdo a The Economist Pocket World in Figures, edición 2015 Chile encabeza el ranking mundial de kilómetros recorridos con vehículos con 28.908 kilómetros anuales en promedio en la región Metropolitana (Gutiérrez, 2015).

Gráfico 18: Distribución de la población en la región Metropolitana



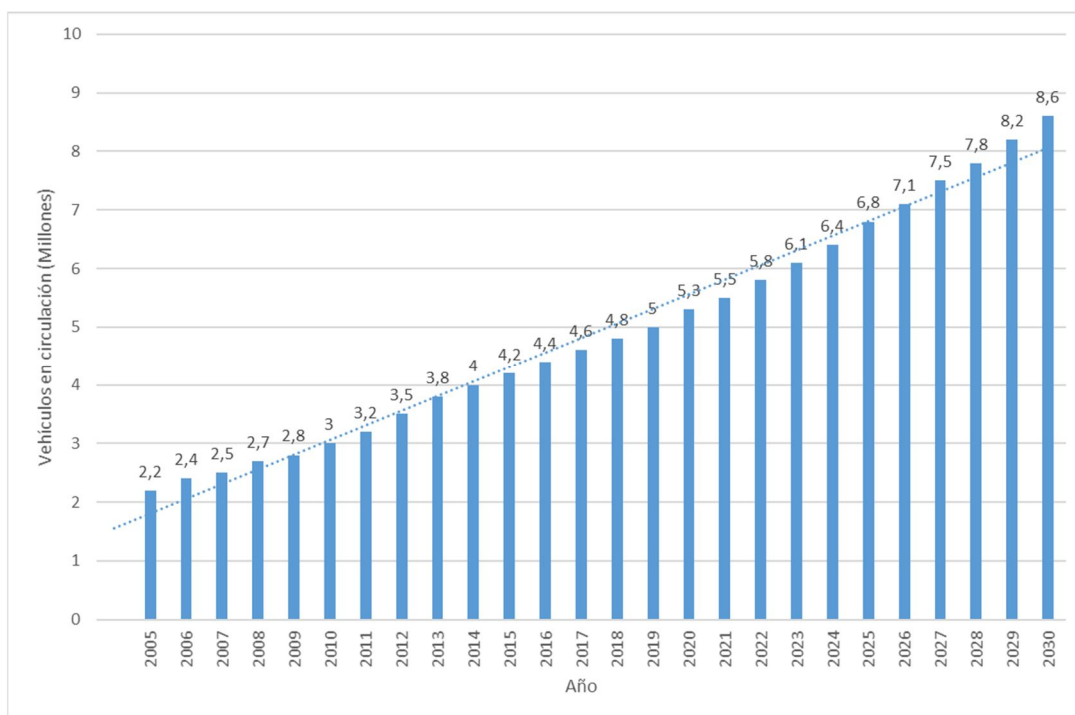
Fuente: INE – Elaboración propia

6.2.2. Parque vehicular en Chile

El parque vehicular actual en Chile corresponde a 4,6 millones de vehículos, de los cuales 1.968.954 corresponden solo a la región Metropolitana a la fecha. De esta cifra, el parque automotriz vehículos livianos y medianos con cualquier tipo de combustible asciende a 1.664.174 y de estos, el parque automotriz anterior a 2012 asciende a 1.031.787.

El gráfico N°17 muestra cómo ha evolucionado el parque automotriz durante los últimos 10 años, y la proyección que se realiza al año 2030, a una tasa creciente promedio de 5,2% del parque automotriz.

Gráfico 19: Proyección del Parque Automotriz nacional al 2030

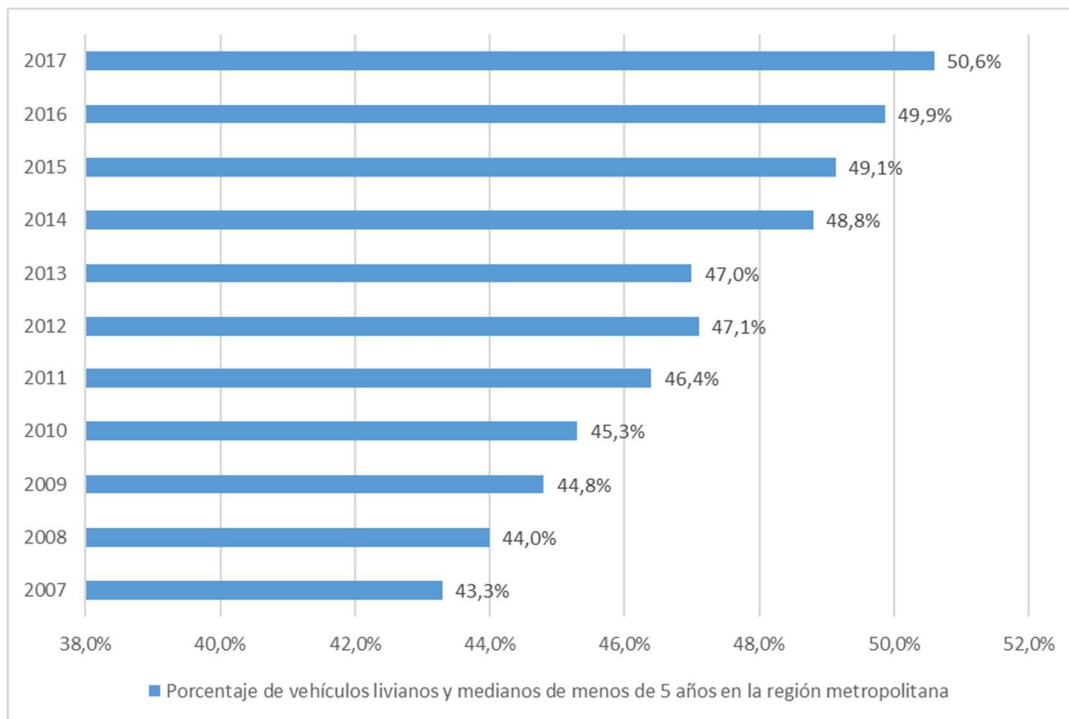


Fuente: ANAC 2015/2016 – Elaboración propia.

Se prevé que el parque vehicular para finales del año 2030 bordeará los 8,6 millones de vehículos livianos y medianos combinado con una proyección de habitantes en el país de 19,6 millones de personas. Esta cifra se ha obtenido con base en una metodología que considera la incorporación de vehículos nuevos a través de la estimación de ventas y la salida histórica de vehículos de este mismo parque. La estimación al 2030 considera un PIB promedio 2,0% anual. (ANAC, 2015)

El crecimiento del parque a su vez, ha influido efectivamente en la renovación de este, con una tasa de crecimiento de los vehículos de 5 años de antigüedad o menos es de un 8,6% anual. Por tanto, para fines del 2017 se esperaba que más del 50% de los vehículos en circulación en la región Metropolitana tengan una antigüedad menor a 5 años.

Gráfico 20: Porcentaje de vehículos livianos y medianos de menos de 5 años de antigüedad en la RM

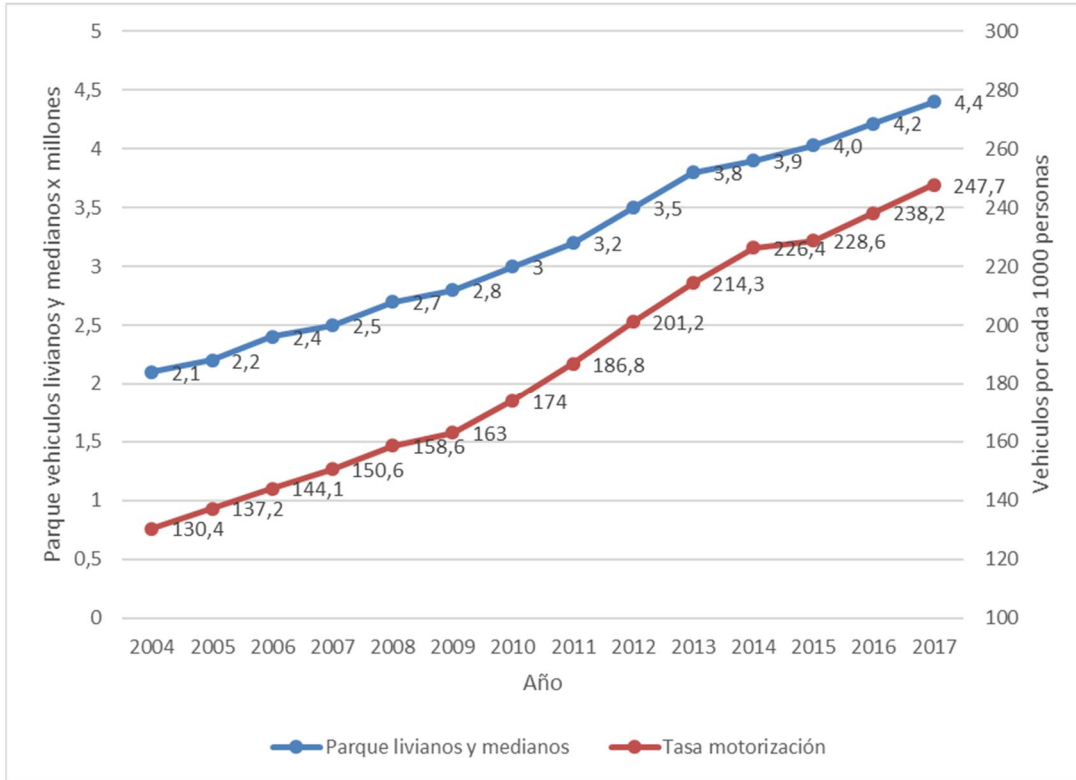


Fuente: ANAC 2015/2016 – Elaboración propia

6.2.3. Tasa de motorización en la región Metropolitana

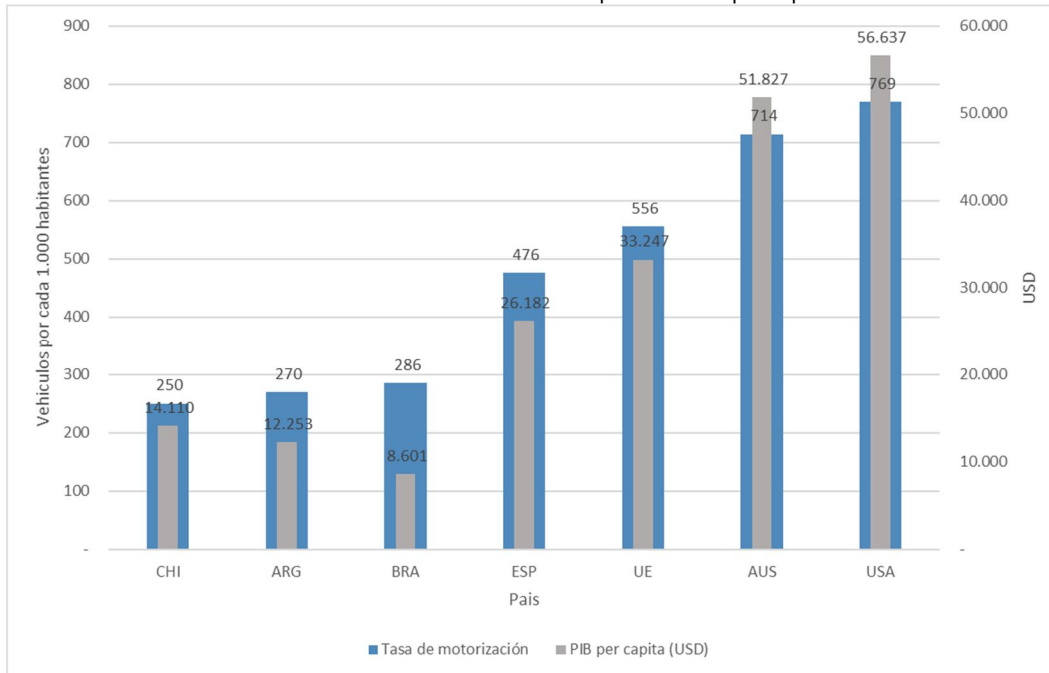
La tasa de motorización corresponde a un índice que relaciona la cantidad de vehículos por cada 1.000 habitantes. En Chile esta tasa gira en torno a 4 personas por cada vehículo o su equivalente a 250 vehículos por cada 1.000 personas, muy lejos de la de países desarrollados en torno a 1,4 personas por cada vehículo.

Gráfico 21: Parque vehicular livianos y medianos v/s tasa de motorización



Fuente: ANAC 2015/2016 – Elaboración propia

Gráfico 22: Tasa de motorización respecto del PIB per cápita

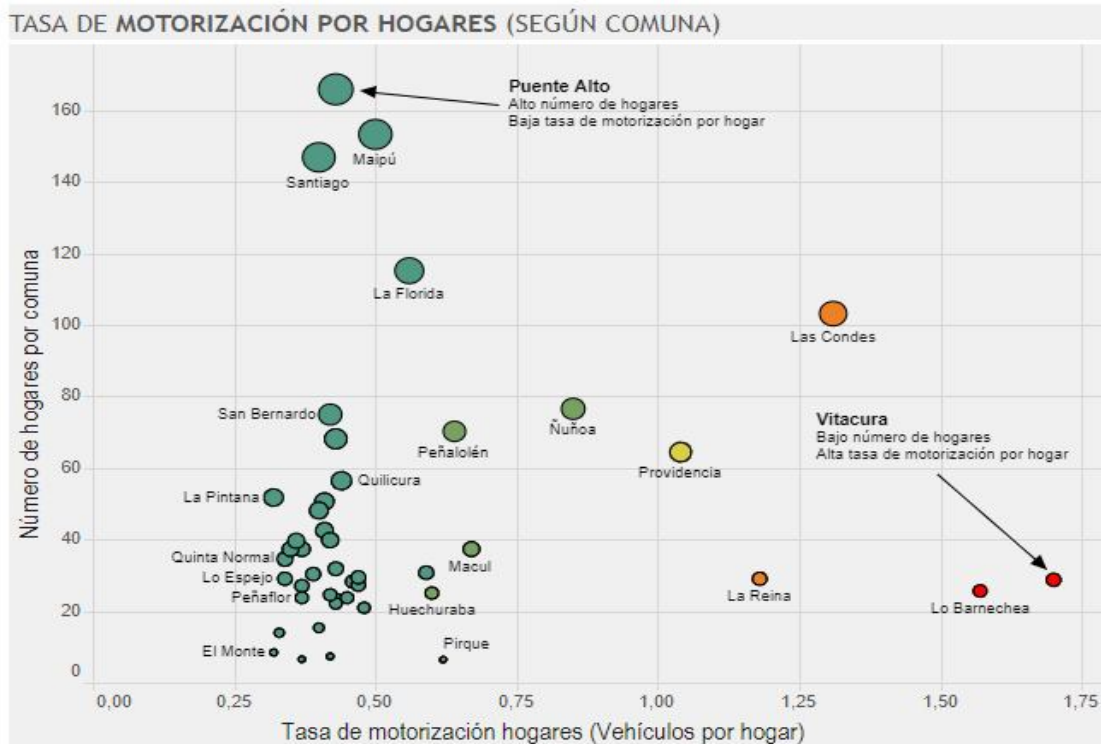


Fuente: ANAC 2015/2016 – Elaboración propia

Como se puede apreciar en el gráfico N°22, la tasa de motorización está directamente relacionado con el desarrollo económico de un país, puesto que la tasa de motorización aumenta principalmente por la variable del incremento en el ingreso per cápita de la población.

Esto se puede reflejar a su vez en la siguiente imagen, que representa la tasa de motorización por comunas de Santiago, en donde claramente las comunas con mayores recursos presentan una tasa de motorización mayor.

Imagen 6: Tasa de motorización por hogares según comuna

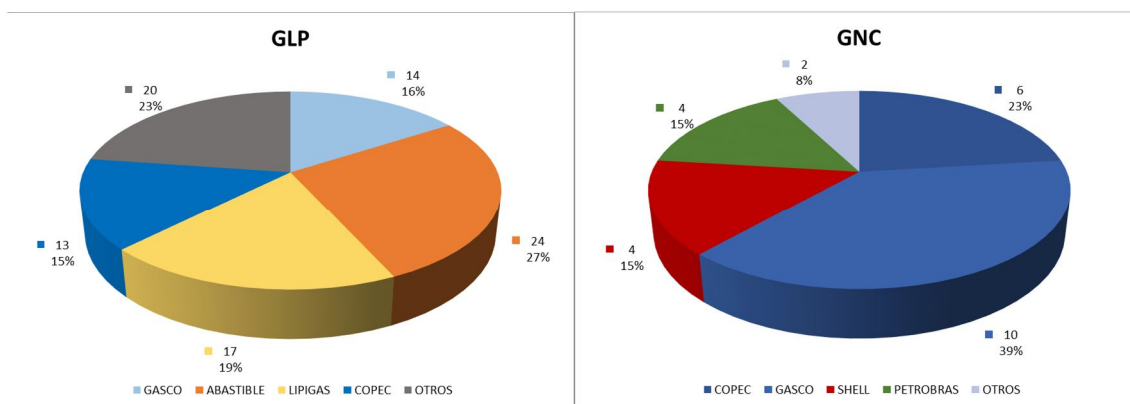


Fuente: MTT Encuesta de origen y destino de viajes 2012

6.2.4. Estaciones surtidoras de gas vehicular en la región Metropolitana

En Chile, dado que el gas vehicular no es un combustible masivo y que es solo utilizado por vehículos comerciales y de transporte público, no existe una gran infraestructura de estaciones de recarga, siendo el GLP el que lleva la ventaja en este sentido con 88 estaciones de servicio en la región Metropolitana, debido a la mayor cantidad de vehículos convertidos, mayor disponibilidad del producto y el costo de instalación de las estaciones versus GNC con 26 estaciones en la capital, estableciendo una tasa de 1 estación de gas vehicular por cada 15.000 vehículos.

Gráfico 23: Estaciones surtidoras de GLP y GNC Vehicular en la región Metropolitana



Fuente: Comisión nacional de energía - Elaboración propia.

6.3. Datos ambientales

6.3.1. Eventos ambientales como consecuencia de la contaminación vehicular

Los eventos ambientales son determinados por el Índice de Calidad del Aire referido a Partículas (ICAP) según D.S. N° 59/1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (MINSEGPRES) que establece la Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10 y en especial los niveles que definen situaciones de Emergencia Ambiental. Situación contaminación e índice de calidad de aire en Santiago.

Para el caso de los vehículos, algunos de estos gases son controlados en la revisión técnica anual y/o semestral para el gas vehicular, de acuerdo a los límites establecidos en el decreto 211 normas sobre emisiones de vehículos motorizados livianos del ministerio de transportes y telecomunicaciones.

Tabla 7: Norma de emisiones para vehículos livianos y medianos

CATEGORÍA	Peso bruto vehicular (kg) GVWR	Peso neto de marcha* (kg)	Emisiones de escape g/km			
			CO	NO _x	NMOG	HCHO (mg/km)
Vehículos livianos de pasajeros	Hasta 12 pasajeros		2,11	0,087	0,062	9,32
Vehículos comerciales livianos tipo 1	< 2700	<=1700	2,11	0,087	0,062	9,32
Vehículos comerciales livianos tipo 2	< 2700	>1700	2,11	0,087	0,062	9,32

* Peso en vacío +136 kg (LVW)

CATEGORIA	Peso bruto vehicular (kg) GVWR	Peso neto de marcha* (Kg)	Emisiones de escape g/km		
			CO	HCT	NO _x
Vehículos livianos de pasajeros	< 2700	Todas	1,00	0,10	0,08
Vehículos comerciales livianos clase 1	< 2700	<=1305	1,00	0,10	0,08
Vehículos comerciales livianos clase 2	<2700	>1305 y <=1760	1,81	0,13	0,10
Vehículo comerciales livianos clase 3	<2700	>1760	2,27	0,16	0,11

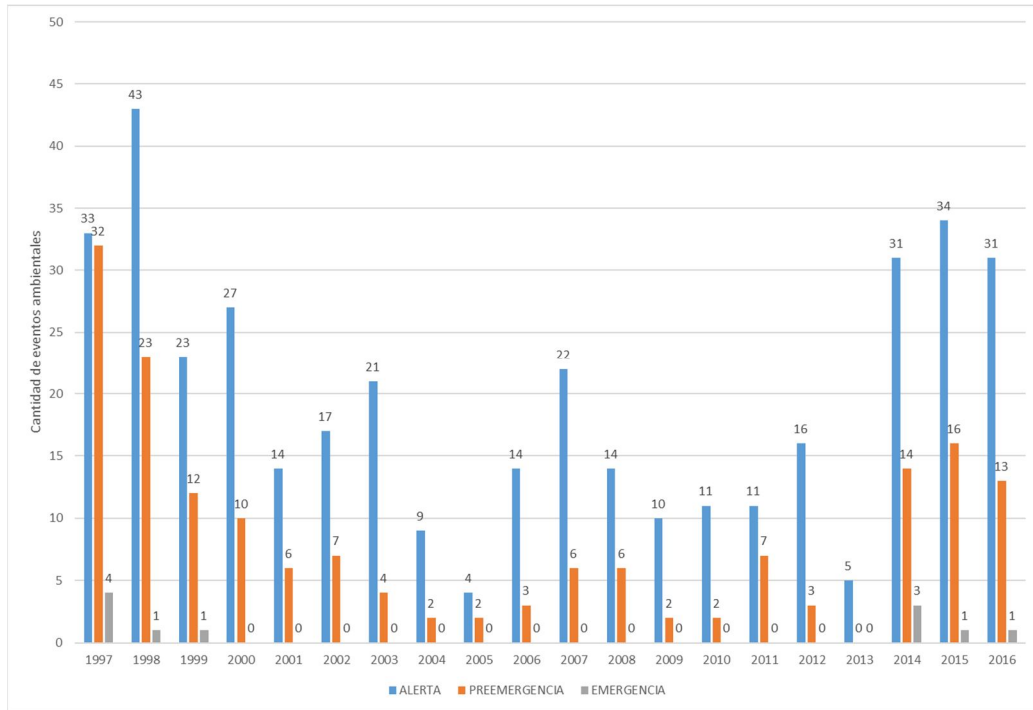
* Peso en vacío +100 kg (masa de referencia).

Fuente: Ministerio de transportes – Decreto 211

6.3.1.1. Episodios ambientales y la incidencia de los vehículos del segmento de estudio

Durante la “Gestión de Episodios Críticos” (GEC) del año 2016 se constataron 31 episodios de alerta ambiental, 13 preemergencias y 1 emergencia, representados en el gráfico N° 24:

Gráfico 24: Episodios ambientales críticos en la región Metropolitana



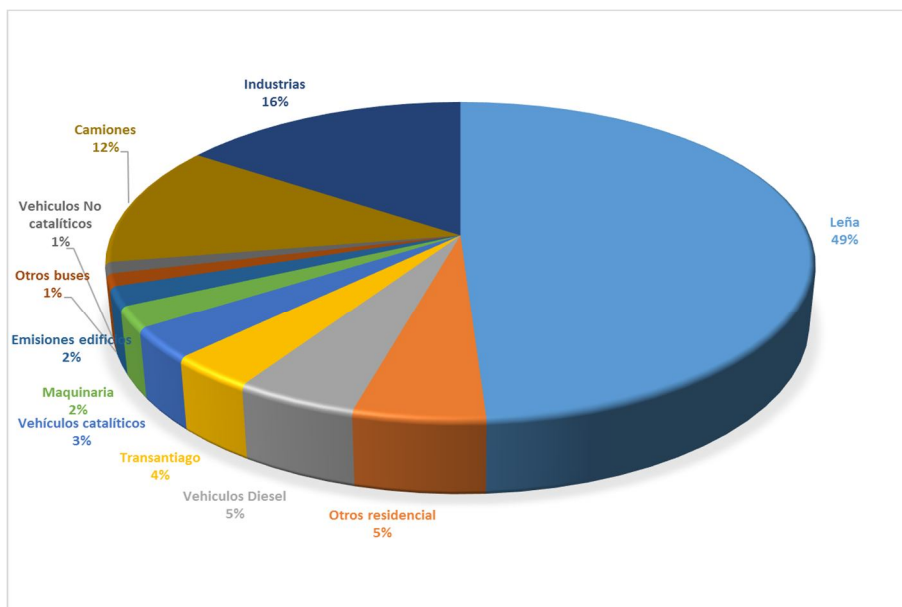
Fuente: Ministerio del medio ambiente - Elaboración propia.

Los datos muestran que durante los últimos 3 años han aumentado los casos de alerta ambiental y preemergencia. De acuerdo al ministerio del medio ambiente, el aumento significativo de la mala calidad del aire y los eventos de alerta ambiental se han debido a causales como el déficit de precipitaciones, la mala ventilación en la cuenca de la región y a la quema de combustibles fósiles para calefacción, asados, entre otros.

6.3.1.2. Fuentes de contaminación.

De acuerdo a un estudio realizado por la UNAB con respecto a las principales fuentes de contaminación en la región Metropolitana, este ha determinado que el 49% de la contaminación en episodios críticos ambientales es producto de la quema de combustibles fósiles, seguidos por las fuentes móviles. Estas últimas, incluyen a todas las formas de transporte existentes, tales como automóviles, camiones, aviones, etc. (Mena, 2014)

Gráfico 25: Principales fuentes contaminantes en la región Metropolitana



Fuente: Ministerio del medio ambiente - Elaboración propia

En cuanto al material particulado, la re-suspensión es la principal fuente de MP10. El tráfico vehicular tiene un rol importante en la generación de este contaminante, pero es muy difícil de controlar. La limpieza de calles con máquinas de tecnología avanzada (aspiradoras, húmedas o secas) no reducirá la re-suspensión de MP10, porque aquéllas no son capaces de eliminar las partículas finas del MP10 de las superficies viales. Para el caso del MP2,5 en tanto, una de las principales fuentes que generan este contaminante son los vehículos diésel, en particular los vehículos pesados.

6.3.1.3. Efectos en la salud de la población

Según el sistema de medición de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación atmosférica es responsable de al menos 4 mil muertes prematuras a nivel nacional, lo cual implica un impacto económico asociado a gastos médicos y pérdida de productividad laboral. El material particulado, especialmente el MP10 y MP2,5 de tamaño menor es el contaminante más perjudicial, seguido por el ozono.

a) Efectos de corto plazo

Los efectos de corto plazo en salud de la contaminación incluyen tanto un aumento de la mortalidad, como de enfermedades o morbilidad. En Santiago se han realizado estudios sobre el efecto de la contaminación del aire en la mortalidad diaria a corto plazo. En todos estos estudios se ha encontrado una mortalidad creciente con la exposición a material particulado. Tanto el MP10 como el MP2,5

tienen efectos significativos sobre la salud, tanto por mortalidad respiratoria y cardiovascular.

b) Efectos de largo plazo

Se han estudiado algunos efectos de mutación asociados a la exposición a otros compuestos además de los tradicionales como el O₃, MP₁₀, MP_{2,5}, NO₂ y SO₂, produciéndose modificaciones en el hígado que favorecen el aumento en los niveles de enzimas que se convierten de pre-cancerígenas en cancerígenas.

c) Otros efectos

La Revista de la Sociedad Americana de Nefrología indica que la contaminación atmosférica causa daños a los riñones. La investigación realizada por expertos de la Universidad Médica del Sur, en Guangzhou, China, encontró que la frecuencia de la nefropatía membranosa (un trastorno inmunitario de los riñones) se ha duplicado en la última década en China y este aumento corresponde estrechamente con la distribución regional del aire de partículas contaminadas. (*American Society of Nephrology, 2017*)

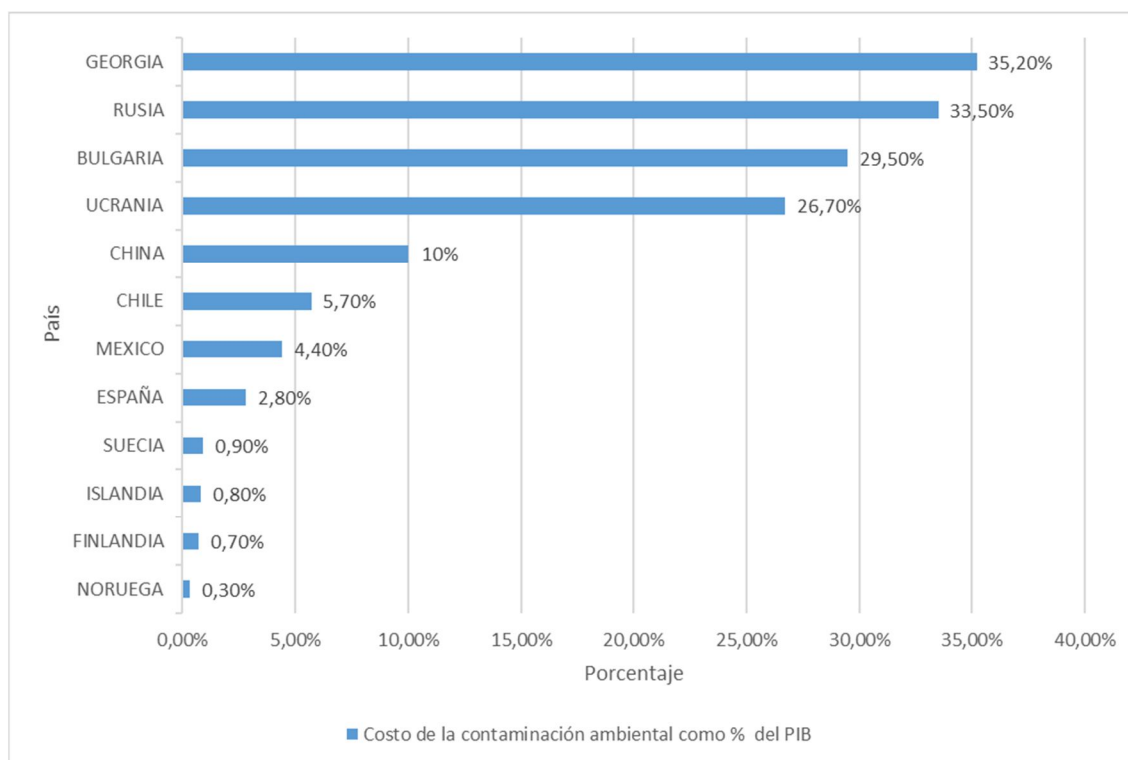
Otros estudios asocian la contaminación ambiental a un mayor riesgo de muerte fetal, aumento de las enfermedades mentales en los niños, enfermedades cardiovasculares y a la mortalidad. (*Casillas, 2016*)

6.3.1.4. Efectos económicos asociados a la salud de la población

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) estima que el costo anual en salud relacionados con la contaminación del aire alcanzó los 21 mil millones de dólares en 2015 y se espera que esta cifra crezca a 176 mil millones de dólares para el año 2060, y el número de días de trabajo perdidos debido a enfermedades relacionadas con la contaminación del aire se espera que aumente de un poco más de 1,2 mil millones a 3,7 mil millones de dólares hacia el mismo año.

Estos costos traducidos en porcentaje del PIB de algunas naciones se resumen en el gráfico siguiente:

Gráfico 26: Costos de la contaminación ambiental como porcentaje del PIB de las naciones



Fuente: <https://ecogobiernoplanetario.wordpress.com> - <https://www.weforum.org>

Como se aprecia en el gráfico N°26, algunos de los principales productores de hidrocarburos como lo son Rusia y ex URSS son aquellos con mayores costos en su economía asociados a la contaminación ambiental. En los países nórdicos en cambio, su impacto económico es mucho menor, ya que durante los últimos 20 años están realizando mejoras en sus modelos de emisiones para reducir la polución.

En tanto en Chile, el costo asociado a la contaminación ambiental en cuanto a salud y pérdidas de días laborales asciende a 5,7% del PIB, lo cual no concuerda para nada con el Gasto Público en Protección Ambiental (GPPA) por persona en Chile e de CLP \$ 8.900 en protección ambiental, cifra que equivale a 0,1% del Producto Interno Bruto (PIB). (Ministerio del medio ambiente, 2015)

6.4. El Plan de Descontaminación: Medidas Propuestas por el gobierno

El Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA RM) apunta principalmente a reducir las emisiones y

concentración de material particulado fino (MP2,5) considerado el contaminante más perjudicial para la salud de las personas, para lo cual busca reducir la concentración anual de 31 a 20 microgramos por metro cúbico (ug/m³) y rebajar la concentración diaria de alrededor de 115 a 50 ug/m³. Para ello contiene una serie de medidas que limitan la contaminación en los sectores de transporte, industria y residencial, entre otros.

Estas medidas no han estado exentas de crítica, por lo que está por verse la acogida que tendrán las observaciones realizadas durante la Consulta del anteproyecto en el plan definitivo.

Las principales medidas que propone el anteproyecto, de relevancia para el estudio de este trabajo de tesis, son las siguientes:

- a) Restricción permanente a vehículos con sello verde (inscritos antes de sept. 2011) entre mayo y agosto
- b) Exigencia de norma Euro VI a flota del Transantiago a partir de 2017
- c) Creación de una norma de entrada para la maquinaria fuera de ruta nueva (desde 2018) y exigencia tecnológica para maquinaria fuera de ruta existente para proyectos licitados por el Estado (a partir del 2020)
- d) Mayor exigencia en control de emisiones en plantas de revisión técnica
- e) Zona de baja emisión al transporte de carga a partir de 2018 (dentro del anillo de Américo Vespucio)
- f) Incentivo a compra de vehículos híbridos y eléctricos.

Una de las medidas que ha generado grandes críticas es la restricción permanente a los vehículos con sello verde durante el período de Gestión de Episodios Críticos. En efecto, la restricción permanente introduce una discriminación arbitraria a vehículos a gasolina al fijar el año de fabricación como criterio de restricción vehicular. Por ejemplo, hay vehículos del año 2005 a gasolina que emiten más o menos los mismos contaminantes que vehículos del año 2012 a diésel. El año considerado para las exenciones dice relación con cambios tecnológicos que reducen las emisiones, pero no considera el impacto asociado a las emisiones reales que es independiente a la antigüedad del vehículo.

La medida de restricción permanente podría no sólo ser discriminatoria sino además inefectiva (pues tiene alto costo social y económico no considerado en la evaluación económico-social, como el de quienes no pueden cambiar su vehículo y pierden horas trabajadas) y contraproducente (pues promueve la compra de más vehículos, lo que podría generar más contaminación).

Asimismo, con la propuesta basada en el año de antigüedad del vehículo se da una señal confusa al comprador, pues no distingue entre, por ejemplo, un vehículo nuevo a diésel y uno nuevo a gasolina, a pesar que el primero emite más que el segundo. Ello refuerza el principio de que cualquier restricción o incentivo debiera estar basado en las emisiones reales del vehículo y no en su antigüedad o tecnología, y siempre que se demuestre que el aporte de esta medida es sustancial para la reducción de la contaminación y no regresivo.

Cabe además señalar que los costos de esta medida posiblemente se encuentran subestimados. En particular, el análisis de costos es sensible al valor residual de los vehículos con restricción que serían dados de baja. Si el valor residual es más conservador (más bajo) al considerado, el costo social de esta medida es mucho mayor, al punto de no ser rentable socialmente en función de la reducción de emisiones.

6.5. Sustentabilidad en Chile para modelos de transporte

Diversas son las opiniones de expertos, académicos y políticas respecto a los motivos por los cuales no se establece una política firme de transporte sustentable, sobre todo con respecto al Transantiago.

En la región Metropolitana en particular, se han instalado algunos modelos sustentables, pero en menor proporción con respecto al principal combustible como son la gasolina y diésel. En particular, durante los últimos años se ha enfocado a proyectos que consideran a la energía eléctrica como su motor principal, tecnología que representa una seria ventaja comparativa frente a otras alternativas, la cual se destaca por sus bajos niveles de ruido, emisiones contaminantes equivalentes a cero, esto último, siempre y cuando su fuente de abastecimiento de energía eléctrica sea por medio de ERNC.

- **Vehículos eléctricos:** Principalmente implementados para entrega de correspondencia, delivery de comidas y autos compartidos. Están enfocados a pequeñas distancias y tiempos cortos de recorrido, dado que no existe la infraestructura necesaria para recargar. Un vehículo eléctrico tiene en promedio 80km de autonomía, equivalente en rutas urbanas del orden de 3 a 4 hrs.
- **Teleférico Bicentenario:** proyecto impulsado por el Ministerio de Obras Públicas que se posiciona como una excelente alternativa para descongestionar el acceso a la zona norte de Santiago, posibilitando el paso de Providencia a Huechuraba en tan sólo 12 minutos, pudiendo transportar a 3 mil pasajeros/hora por sentido.
- **Metro de Santiago:** la columna vertebral del sistema de transporte público de Santiago. Las autoridades gubernamentales deben continuar

patrocinando la extensión de las redes, principalmente mediante la construcción de redes paralelas a la Línea 1, principal eje del área urbana laboral.

- **Transantiago:** Durante la última licitación de renovación de buses del Transantiago, se ha exigido vehículos diésel con norma Euro 6 y un 15% de vehículos con tecnología sustentable como gas vehicular o eléctricos, lo cual se concretará a fines del 2017 con la incorporación de los primeros dos buses eléctricos, solo un 0,03% del total de la flota.
- **Transporte en otras regiones:** En la ciudad de Valparaíso existe el sistema de trolebuses eléctricos, cuya desventaja es que la alimentación eléctrica es cableada por las calles de la ciudad. Además, en esta misma ciudad se ha incorporado alternativas de tren como el metro de Valparaíso, Algo que se ha replicado en la región del Bio Bio con el Biotren. En la región de Magallanes en tanto, 61 de los buses que operan en el transporte público lo hacen con combustible GNC.

6.5.1. Sustentabilidad del transporte en el resto del mundo

Comparando la capital de Chile con el resto del mundo, por ejemplo, en Madrid, la capital española, se ha trabajado desde el año 1995 en la incorporación de buses con tecnologías menos contaminantes. Es así como al año 2017 el 50% de los buses operan con GNC, en tanto Repsol España está incorporando los primeros buses 100% GLP para operar en ese país.

En el resto del mundo, la incorporación de buses híbridos gasolina/eléctricos ha sido la principal innovación en sustentabilidad: Reino Unido es el mercado más importante para los autobuses híbridos con 1.425 unidades, Colombia 468, Suecia 196, España 137, Alemania 135, Suiza 129, Noruega 109 y Bélgica 90 unidades. (Volvo, 2017)

El caso de Suecia es digno de admiración y envidia para la región Metropolitana. Cuenta con trolebuses eléctricos y buses con tecnología diésel Euro VI además de 196 buses eléctricos de la empresa Volvo. Un boleto cuesta CLP \$ 1.700, pero lo más conveniente es comprar un ticket ilimitado mensual por CLP \$42.000. En el caso de que exista un retraso en el servicio, los pasajeros son compensados e, incluso, se les cancela un taxi si es necesario. Además, los paraderos y buses cuentan con wifi y las máquinas tienen puertos USB para que los pasajeros carguen sus dispositivos, puesto que existe una política de desincentivo del uso del vehículo en el centro urbano de la ciudad, cobrando tarifas de CLP \$ 1.500 por cada 20 minutos de estacionamiento, además de un peaje de CLP \$ 3.500 por ingreso al centro urbano, razones que incentivan a entregar el mejor servicio posible en el transporte público para que sea preferido por los usuarios.

Capítulo VII
APLICACIÓN METODOLÓGICA Y RESULTADOS

7.1. Cálculos necesarios para el desarrollo del estudio

En este capítulo se realizarán los cálculos necesarios para poder explicar la propuesta de este trabajo de tesina, basados en los datos recopilados en el capítulo VI. Con estos cálculos se pretende comparar la propuesta del gobierno de aplicar restricción versus la opción de autorizar la conversión a gas vehicular.

7.1.1. Calculo de equivalencia real entre combustibles

Como se explicó en el capítulo VI, para realizar una comparación real entre la gasolina y el gas vehicular como combustible, es necesario realizar una equivalencia entre estos, desde el punto de vista de rendimiento en el vehículo.

Como primer paso se debe realizar un balance energético sobre el vehículo. La energía del motor es producto de la cantidad de combustible consumido y su poder calorífico superior, en donde solamente una parte de la energía se convierte en trabajo útil para la tracción, pues el resto se consideran pérdidas térmicas.

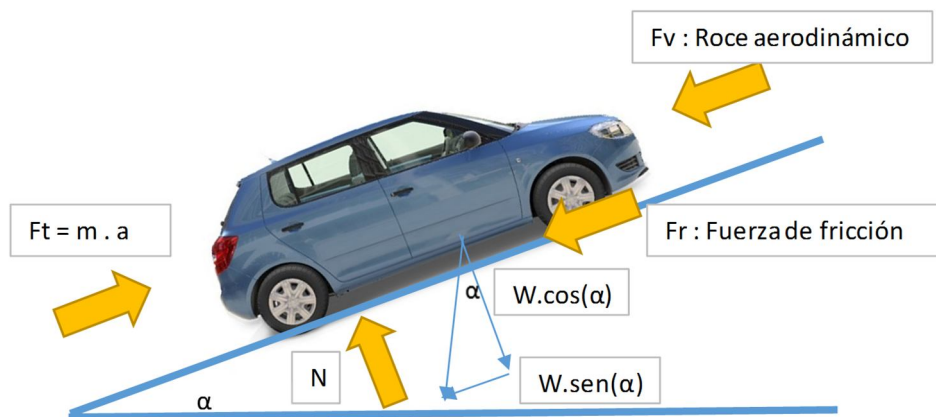
El rendimiento de conversión de combustible en energía útil del motor es:

$$\eta_m = \frac{E_{\text{util}}}{E_{\text{termica}}} = \frac{P_{\text{util}}}{P_{\text{termica}}} \quad (1)$$

$$E_{\text{termica}} = Q_{\text{combustible}} \times PCI_{\text{volumetrico}} \quad (2)$$

Para el vehículo, la energía útil disponible en el eje del motor es la que se utiliza finalmente para la tracción del vehículo, la cual depende de los siguientes factores:

Imagen 7: Diagrama de fuerzas sobre un vehículo



Fuente: Física General I (Serway & Jewett) – Elaboración propia

Donde W es el peso del vehículo, N es la normal a la superficie, α el grado de inclinación de la carretera, F_t es la fuerza de tracción, F_r es la fuerza de fricción y F_v la fuerza o resistencia del viento.

La fuerza de tracción del vehículo por tanto es:

$$F_t = F_v + F_r + W_{sen\alpha} + m \times a \quad (3)$$

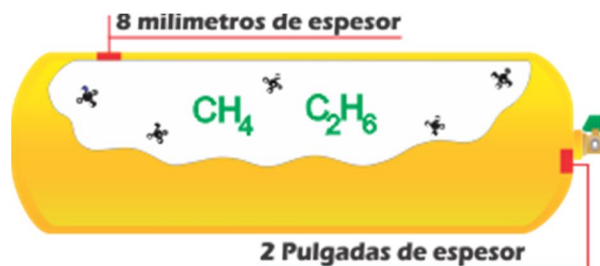
Algunas consideraciones:

- La distancia recorrida con cualquiera de los combustibles evaluados es la misma.
- Las condiciones de velocidad son ideales, constante sin aceleración.
- La resistencia al viento se considera despreciable en consideración con la fuerza de fricción y las fuerzas de inercia del vehículo, pues la resistencia del viento se observa su efecto a contar de 100km/hr aproximadamente y para efectos del estudio se considera circulación en ciudad con velocidad máxima de 60 km/hr (zona urbana).
- El peso del cilindro de gas vehicular incide positivamente en la fuerza de tracción y negativamente en el rendimiento.

Con respecto al último punto, el peso del cilindro de gas vehicular tiene un impacto en la tracción. Así, para el caso del GNC el peso del estanco de 60 litros típico más el producto aporta un peso de 80kg adicionales al vehículo. De esta forma, obtenemos la siguiente igualdad:

$$E_{tracción\ GNC} = 1,08 \times E_{tracción\ gasolina} \quad (4)$$

Imagen 8: Estanco de GNC vehicular



Fuente: Imagen Google

Para el caso del GLP el peso del estanque y combustible es de aproximadamente 41,42 kg, considerando el peso de un estanque toroidal (utilizado para vehículos livianos) y el volumen máximo de carga de 42 litros multiplicado por la densidad del propano típico utilizado en gas vehicular de 0,510 kg/lt (Abastible S.A., 2012). Para el caso del GLP la igualdad es la siguiente:

$$E_{tracción\ GLP} = 1,04142 \times E_{tracción\ gasolina} \quad (5)$$

Imagen 9: Tipos de estanques de GLP vehicular



Fuente: Imagen Google

Con estas igualdades, podemos deducir los rendimientos globales con gasolina y gas vehicular (GNC o GLP):

$$n_{global\ gas\ vehicular} = \frac{E_{vehículo\ Gas\ Vehicular}}{E_{termica\ gas\ vehicular}} \quad (6)$$

$$n_{global\ gasolina} = \frac{E_{vehículo\ gasolina}}{E_{termica\ gasolina}} \quad (7)$$

Considerando las expresiones anteriores, se puede determinar que la relación entre volumen de gas vehicular y de la gasolina para la misma equivalencia energética son:

$$\frac{V_{gas\ vehicular}}{V_{gasolina}} = Factor_{peso\ estanque\ Gas\ vehicular} \times \frac{n_{global\ gasolina}}{n_{global\ gas\ vehicular}} \times \frac{PCI_{gasolina}}{PCI_{gas\ vehicular}} \quad (8)$$

Obteniendo entonces una ecuación que relaciona los rendimientos del motor para distintos combustibles, el factor de sobrepeso que incide al instalar un estanque adicional y la relación de los poderes caloríficos de cada combustible.

La siguiente tabla muestra las relaciones de rendimientos y poder calorífico inferior para cada combustible, datos con los cuales realizaremos el cálculo de equivalencia:

Tabla 8: Datos característicos de los combustibles

COMBUSTIBLE	DENSIDAD (kg/lit)	GALON	m3	RENDIMIENTOS (lit)	PCI		
					MJ/kg	MJ/lit	MJ/m3
GASOLINA	0,680	1		1,000	42,500	28,900	
GLP	0,510	1,293		0,820	46,400	23,664	
GNC*	0,808**		3,310	1,100			34,600

* m3

**kg/m3 a 200bar

Fuente: Abastible S.A. – GNV Chile

Los rendimientos globales se han obtenido según lo informado por las páginas distribuidoras de gas vehicular. (*Abastible S.A., 2017*) (*Gas Natural Vehicular, 2017*)

Aplicando los datos de la tabla a la formula obtenida para calcular la equivalencia en base a los factores de corrección por peso del estanque y rendimientos, se obtiene la siguiente tabla comparativa:

Tabla 9: Equivalencia entre combustibles aplicando la formula (8)

EQUIVALENCIA A 1 lit DE GASOLINA		
GASOLINA	1,000	lit
GLP	1,550	lit
GNC	0,820	m3

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican que, para poder realizar un cálculo de equivalencia entre gas vehicular y gasolina, se debe considerar la relación de poderes caloríficos, la relación entre los rendimientos del motor entre combustibles y el diferencial de peso del vehículo al instalar un estanque adicional. Además, se ha considerado el poder calorífico permanente e invariable para cada combustible, lo cual en la práctica no es real y dependerá de cada distribuidor de combustible y de su fuente de suministro.

Los rendimientos declarados por las empresas distribuidoras de gas vehicular indican que, para el caso del GNC, este aumenta el rendimiento del vehículo en un 10%, pero aplicando la corrección por peso del estanke en realidad la mejora de rendimiento es solo de un 2%.

Similar situación ocurre con el GLP, en donde las empresas distribuidoras declaran una disminución del rendimiento de un 18% pero en la práctica considerando el factor por el peso del estanke esto se traduce en un 27% de rendimiento menor que con la gasolina.

Los datos obtenidos también revelan que el gas natural es más costoso que el GLP por cada metro cubico (unidad de venta), y tanto su poder calorífico inferior como su rendimiento son mayores al de la gasolina y gas licuado de petróleo, pero también incide el peso adicional que se incorpora al vehículo. Instalando un estanke típico de GNC de 60 litros se adicionan 65kg de estanke más 10,91 kg de GNC, es decir, un total de 76,1 kg adicionales (para efectos de cálculos se consideraron 80kg en promedio). Mientras que para un estanke de GLP solo se requieren 41,42 kg adicionales. Esto incide positivamente en la fuerza de tracción del vehículo, pero negativamente en la potencia útil del vehículo, así como en su capacidad de carga neta. Algunos comentarios en foros de sitios web incluso declaran que el peso del estanke de GNC daña de forma acelerada los amortiguadores traseros del vehículo, tema que no ha sido investigado técnicamente.

Para calcular un rendimiento promedio de los vehículos, se utilizarán los datos de valores de rendimiento urbano y emisión de NOx de vehículos livianos y medianos, para cálculo de impuesto Ley 20.780 del ministerio de transportes y telecomunicaciones (*MTT, 2017*).

Así, depurando los datos para vehículos a gasolina livianos y medianos comprendidos entre el año 2002 y 2012, se obtiene un rendimiento promedio urbano de **10,8 km/lt**.

Utilizando el rendimiento promedio calculado para los vehículos livianos y medianos, se puede explicar uno de los puntos más determinantes en la elección del tipo de combustible: la autonomía. Para un vehículo cuyo rendimiento promedio es de 10,8 km/lt en gasolina, un estanke de **GNC** de 60 lts bruto (13,5 m³ de carga) solo le aportará una autonomía de **177,78 km**, mientras que un estanke de **GLP** de 60 lts bruto (48 lts de carga) aportará una autonomía de **334,36 km**, un 47% más de autonomía que el GNC, y esta es una de las razones principales por las que los usuarios prefieren el GLP por sobre el GNC.

Respecto a los kilómetros recorridos en promedio por un vehículo en la región Metropolitana, según The Economist Pocket World in Figures, edición 2015 Chile encabeza el ranking mundial de kilómetros recorridos con vehículos con **28.908 kilómetros anuales** en promedio en la región Metropolitana. (*Gutierrez, 2015*)

Las deficiencias del transporte público, las distancias entre los centros de trabajo y de residencia en la ciudad y los desplazamientos interurbanos, son algunos de los factores que explican el alto promedio de kilómetros recorridos.

Tomando los datos promedio de rendimiento de los vehículos y los kilómetros recorridos anualmente, se calculan los gastos anuales equivalentes con cada combustible.

Tabla 10: Costos entre combustibles aplicando los cálculos de equivalencia

	PRECIO PROMEDIO 2013 - 2017	EQUIVALENCIA COMBUSTIBLE	GASTO ANUAL	AHORRO CON RESPECTO A GASOLINA	AHORRO DECLARADO POR EMPRESAS DISTRIBUIDORAS
GASOLINA	\$ 779,00	\$ 779,00	\$ 2.085.123	0%	0%
GLP	\$ 446,00	\$ 691,48	\$ 1.850.869	11%	35%
GNC	\$ 522,00	\$ 428,08	\$ 1.145.823	45%	60%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se muestra que los ahorros en cuanto a costo de combustible son efectivos, pero no consideran la corrección de poder calorífico ni sobrepeso en el vehículo por incorporación del estanque, por tanto, los ahorros con respecto al uso de gasolina son inferiores a los declarados por las empresas distribuidoras de gas vehicular. En esta comparación, el GNC se presenta como una alternativa más económica, no obstante, el factor de la autonomía es clave puesto que el usuario debe acudir más seguido a recargar combustible en comparación con el GLP.

7.1.2. Parque automotriz objetivo de conversión a gas vehicular

En el capítulo II se explicó que el parque automotriz vehículos livianos y medianos región Metropolitana es de 1.664.174. De acuerdo a estimaciones de ANAC, un 60% del parque automotriz de este segmento se encuentra en el rango entre los años 2002 y 2012, es decir, aproximadamente 998.504 vehículos.

De este universo, de acuerdo a cálculos de ANAC, el 82% del parque automotriz utiliza gasolina para sus motores, un 19% utiliza petróleo diésel, un 0,2% utiliza gas (GLP-GNL-GNC) desde su origen de fábrica y solo un 0,002% son vehículos eléctricos.

Estos datos fueron comparados a su vez con los datos de permisos de circulación del SII y los datos de la encuesta Origen Destino de Santiago del MTT. Así, se determina que el parque automotriz objetivo a ser potencialmente convertido

a gas vehicular en la región Metropolitana son aproximadamente **818.773 vehículos** livianos y medianos, con fecha de incorporación al parque automotriz entre el año 2002 y 2012.

7.1.3. Disminución de la recaudación fiscal por impuesto a los combustibles

Un vehículo que recorre en promedio 28.908 kilómetros anuales, a un rendimiento de 10,8 km/lt y al valor promedio de la gasolina durante el presente año \$746,6 tendrá un gasto en combustible equivalente a \$ 1.998.415 anuales.

De este valor que el usuario cancelará en las estaciones de recarga, se distribuye de la siguiente forma:

Tabla 11: Desglose del precio de la gasolina

Precio Refinería	48,6%	\$ 362,5
Margen bruto de Comercialización	8,2%	\$ 61,0
Transporte	1,0%	\$ 7,6
Impuesto específico	31,5%	\$ 235,1
IVA	10,8%	\$ 80,4
		\$ 746,6

Fuente: ENAP - Elaboración propia

El impuesto específico corresponde aproximadamente al 30% del valor real que cancela el usuario, considerando el impuesto de 6 UTM por metro cubico de gasolina más una componente variable, explicados en el capítulo VI. Para efectos de cálculo se considerará un promedio de 30% del valor a cancelar por el usuario.

Para el gasto anual equivalente de \$1.998.426 el usuario canceló \$599.528 en impuesto específico.

Considerando el parque automotriz objetivo de 818.773 vehículos factibles de conversión, se percibe por ellos impuesto específico a la gasolina de aproximadamente \$490.877.199.953, equivalentes a un 42% de los ingresos por impuesto específico a los combustibles que percibe la nación, o, en otras palabras, un 1,8% de los ingresos generales de la nación.

Por su parte, un vehículo convertido a gas requiere mantener su estanque de gasolina para el arranque y en caso de falta de gas vehicular. De acuerdo a datos entregados por las empresas distribuidoras de gas licuado vehicular, al menos una vez cada 90 días se llena el estanque con gasolina para mantener la autonomía,

arranque del vehículo y reserva en caso de no poder cargar gas vehicular. Esto equivale a aproximadamente 60 litros de gasolina, 420 litros de gasolina anuales.

Por lo tanto, el vehículo recorrerá 4.536 km de los 28.908 kilómetros con gasolina.

Para el gas vehicular los impuestos específicos son los siguientes:

- Para el gas natural comprimido, el impuesto es de 1,93 UTM/KM3
- Para el gas licuado de petróleo, es igual a 1,40 UTM/MT3.

Procedemos entonces a realizar los cálculos de impuesto específico a pagar por el usuario y la recaudación fiscal considerando uso de gas vehicular.

Tabla 12: Cálculos de recaudación fiscal para gasolina, GLP y GNC

	PRECIO	LITROS	KILOMETROS	TOTAL A PAGAR	IMPUESTO ESPECIFICO	TOTAL RECAUDACIÓN FISCAL
GASOLINA	\$ 746,61	2.677	28.908	\$ 1.998.426	\$ 599.528	\$ 490.877.199.953
				\$ 1.998.426	\$ 599.528	\$ 490.877.199.953

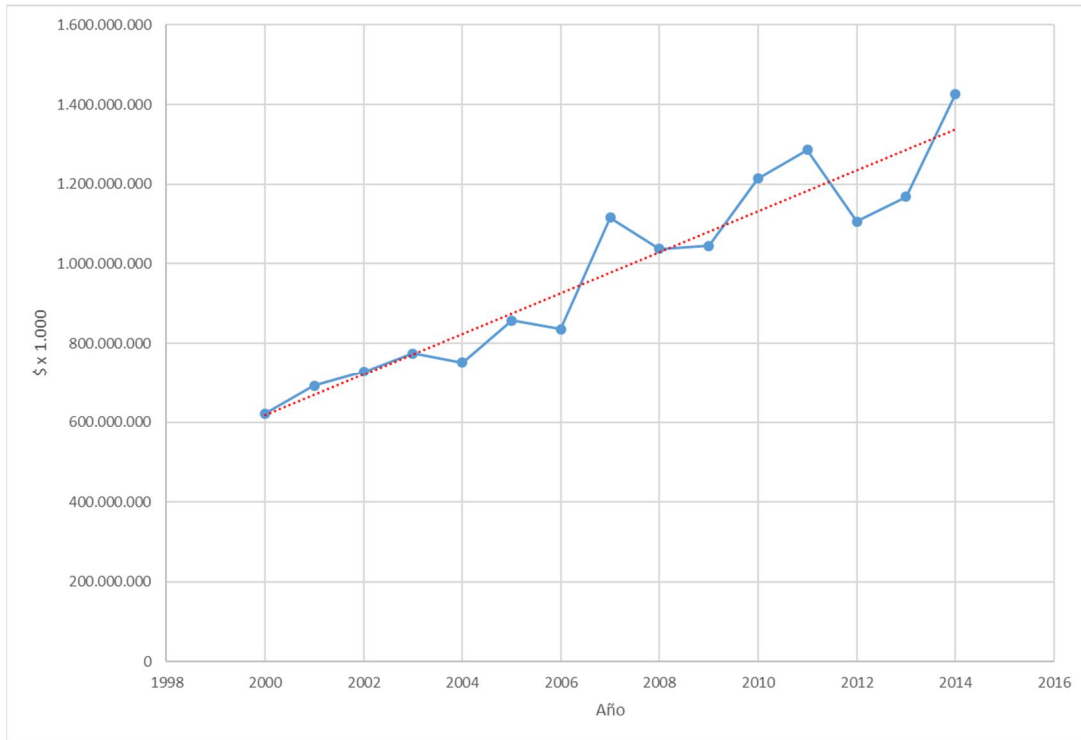
	PRECIO	LITROS	KILOMETROS	TOTAL A PAGAR	IMPUESTO ESPECIFICO	TOTAL RECAUDACIÓN FISCAL
GASOLINA	\$ 746,61	420	4.536	\$ 313.576	\$ 94.073	\$ 77.024.317.801
GLP	\$ 691,48	2.257	24.372	\$ 1.560.446	\$ 147.667	\$ 120.905.949.097
				\$ 1.874.023	\$ 241.740	\$ 197.930.266.897

	PRECIO	LITROS (M3 PARA GNC)	KILOMETROS	TOTAL A PAGAR	IMPUESTO ESPECIFICO	TOTAL RECAUDACIÓN FISCAL
GASOLINA	\$ 746,61	420	4.536	\$ 313.576	\$ 94.073	\$ 77.024.317.801
GNC	\$ 428,08	2.257	24.372	\$ 966.030	\$ 203.570	\$ 166.677.486.969
				\$ 1.279.606	\$ 297.643	\$ 243.701.804.770

Fuente: Ministerio de Hacienda - Elaboración propia

Podemos estimar mediante un modelo de regresión lineal la recaudación por impuesto específico a los combustibles esperada para los años siguientes, a fin de determinar el impacto que tendría en la recaudación fiscal el cambio a combustible gas vehicular.

Gráfico 27: Recaudación fiscal por impuesto a los combustibles



Fuente: Ministerio de Hacienda - *Elaboración propia*

En el gráfico N°27 apreciamos que la recaudación por impuesto a los combustibles tiene una tendencia con un comportamiento lineal.

Realizando un análisis de regresión, se obtienen los siguientes datos:

Tabla 13: Regresión lineal para estimar la recaudación fiscal al 2020

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,944037178
Coefficiente de determinación R ²	0,891206193
R ² ajustado	0,882837439
Error típico	83427876,26
Observaciones	15

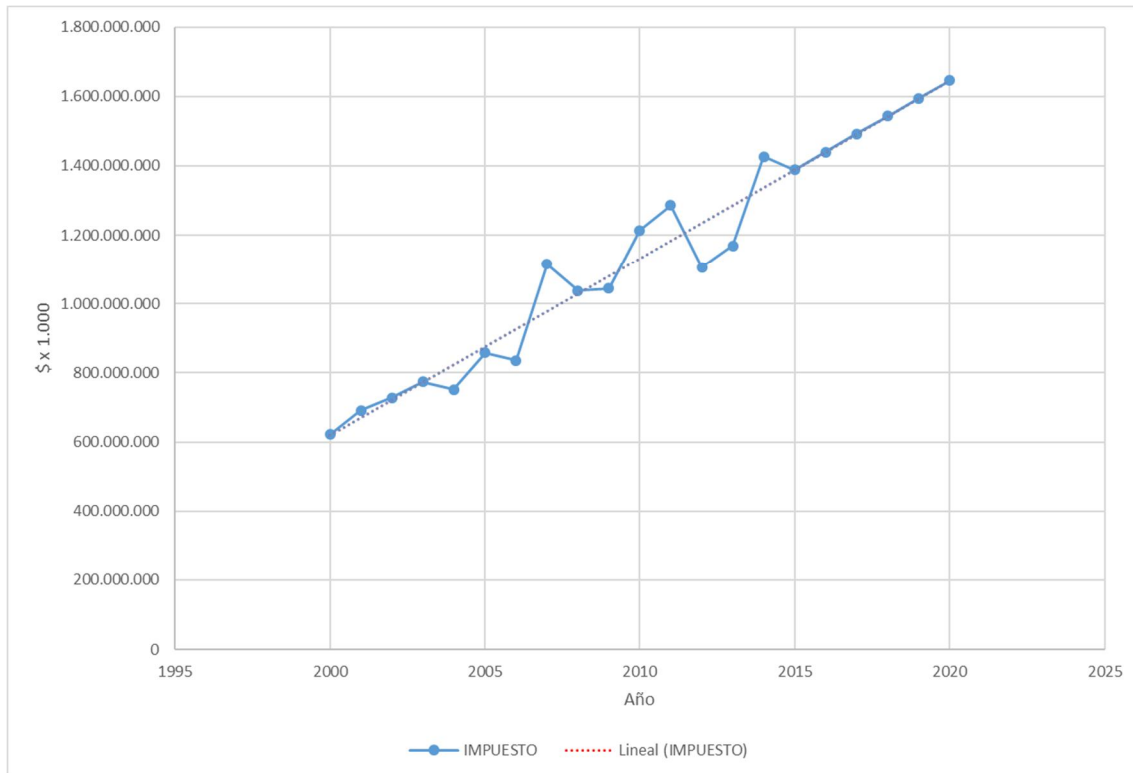
<i>Coefficientes</i>	
Intercepción	565735413,4
Variable X 1	51450649,37

Fuente: *Elaboración propia*

Obteniendo la siguiente ecuación:

$$Y = (1.000) \times (565.735.413,4 + 51.450.649,37) X \quad (9)$$

Gráfico 28: Recaudación fiscal por impuesto a los combustibles – Estimación al 2020 por regresión lineal



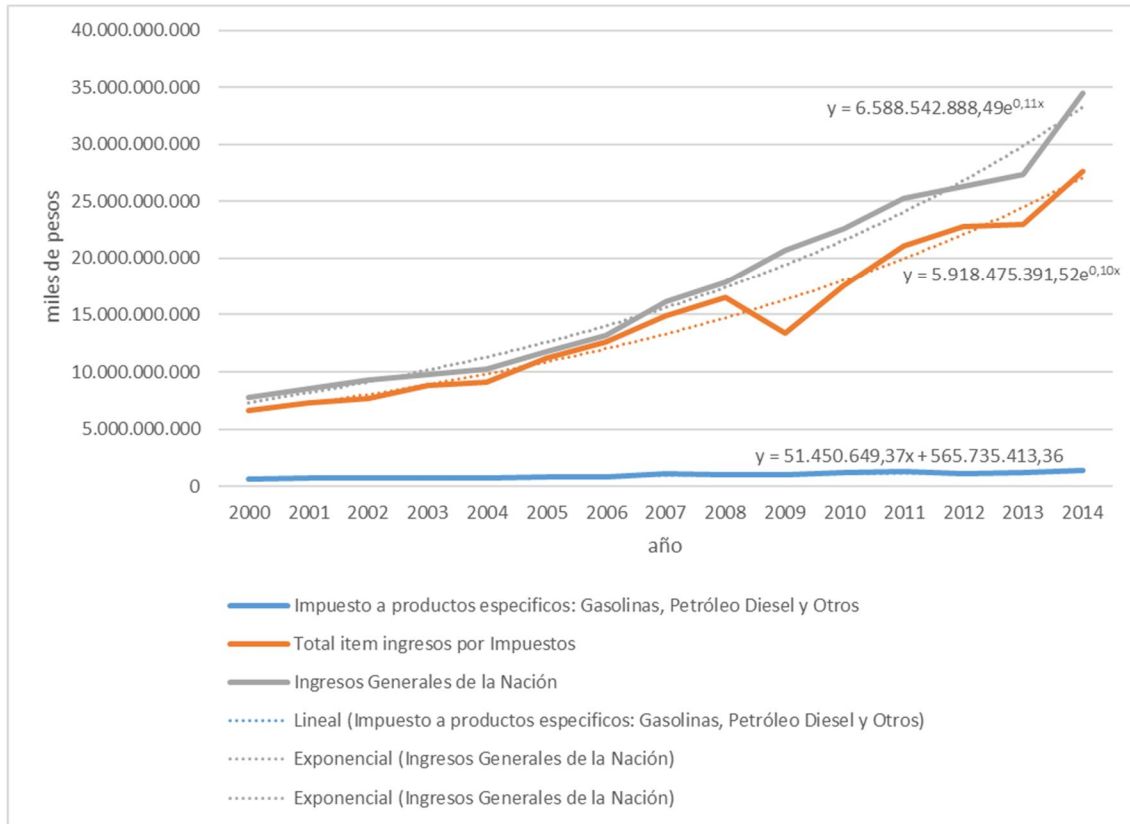
Fuente: Ministerio de Hacienda - *Elaboración propia*

Para el caso de los ingresos totales por impuestos y los ingresos generales de la nación, se considera una tendencia exponencial, utilizando el solver de Excel obtenemos la ecuación para proyectar los ingresos esperados de la nación para los siguientes años.

$$\text{Ingresos generales de la nación: } Y = (1.000) \times 6.588.542.888,49e^{0,11X} \quad (10)$$

$$\text{Ingresos por impuestos: } Y = (1000) \times 5.918.475.391,52e^{0,10X} \quad (11)$$

Gráfico 29: Comparación de los ingresos generales de la nación v/s los ingresos asociados a impuestos



Fuente: Ministerio de Hacienda - Elaboración propia

Utilizando la ecuación obtenida por la regresión exponencial, el valor esperado de recaudación fiscal por concepto de impuesto a los combustibles para el año 2017 sería de \$ 1.491.847.102.000 de los cuales \$490.877.199.953, es decir, un 32,9% sería recaudado por los vehículos segmento livianos y medianos comprendidos entre el año 2002 y 2012.

Si los vehículos mencionados anteriormente fueran convertidos a gas vehicular, la recaudación fiscal sería la siguiente:

a) Caso GLP:

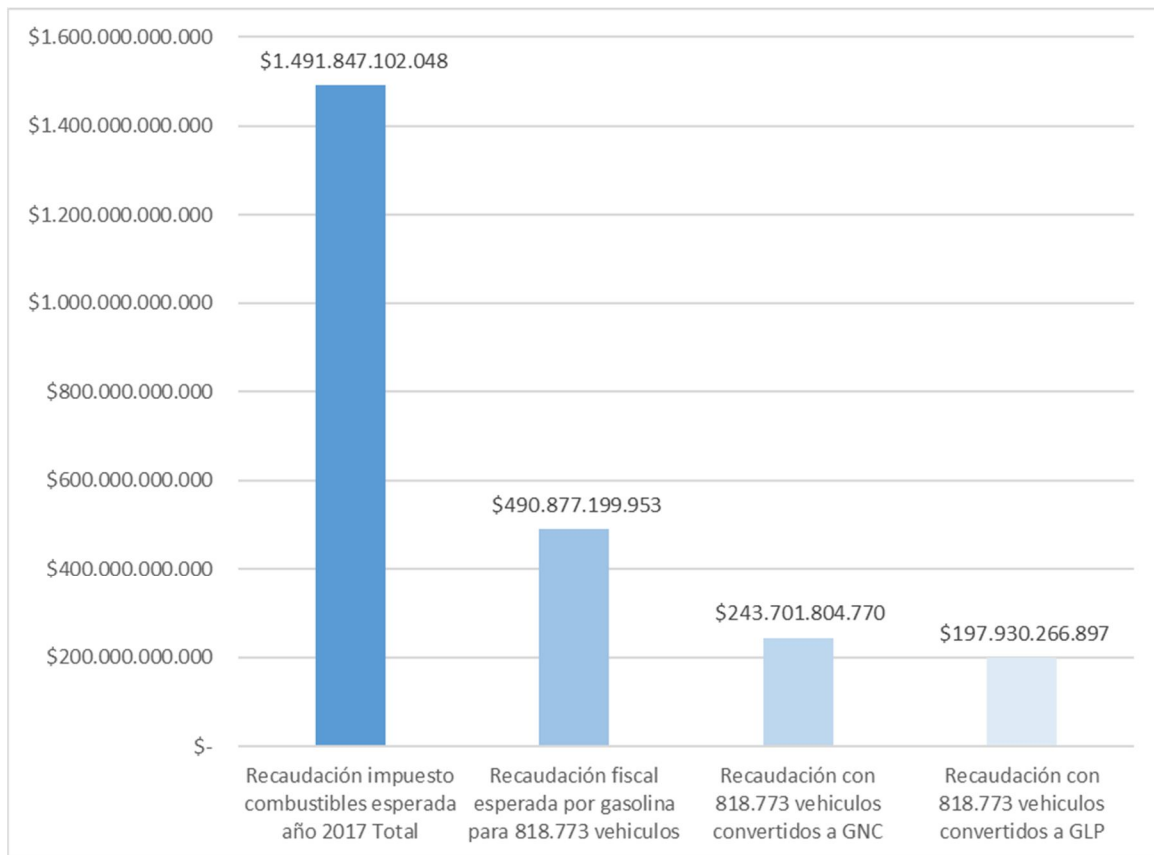
- Recaudación fiscal: \$197.930.266.897
- Pérdida de recaudación: \$292.946.933.055
- La recaudación para el segmento de vehículos disminuye un 59,68%

b) Caso GNC:

- Recaudación fiscal: \$243.701.804.770
- Pérdida de recaudación: \$247.175.395.183
- La recaudación para el segmento de vehículos disminuye un 50,35%

Lo anterior puede visualizarse en el gráfico N°30 a continuación:

Gráfico 30: Comparación de la pérdida de ingresos por impuesto específico para distintos combustibles



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de recaudación fiscal se concluye, por tanto, que la pérdida de recaudación sería un 9,32% menor si convirtiéramos los vehículos a GNC.

Utilizando la regresión cuadrática obtenida para los impuestos y los ingresos fiscales totales, se estiman los ingresos por impuestos esperados para el año 2017 así como los ingresos fiscales totales esperados para el presente año.

Tabla 14: Ingresos generales de la nación e ingresos por impuestos específicos estimados al 2017

	Cifras en Miles de Pesos (x 1.000)		
	2015	2016	2017
Impuesto a productos específicos: Gasolinas, Petróleo Diesel y Otros	\$ 1.388.945.803	\$ 1.440.396.453	\$ 1.491.847.102
Total item ingresos por Impuestos	\$ 29.314.400.517	\$ 32.397.422.932	\$ 35.804.689.645
Ingresos Generales de la Nación	\$ 38.295.493.060	\$ 42.748.419.100	\$ 47.719.122.788
% con respecto a ingresos generales de la nación	3,63%	3,37%	3,13%

Fuente: Elaboración propia

Esta disminución, con respecto a los ingresos fiscales totales de la nación representan un 0,518% para el caso GNC y de un 0,614% para el caso GLP.

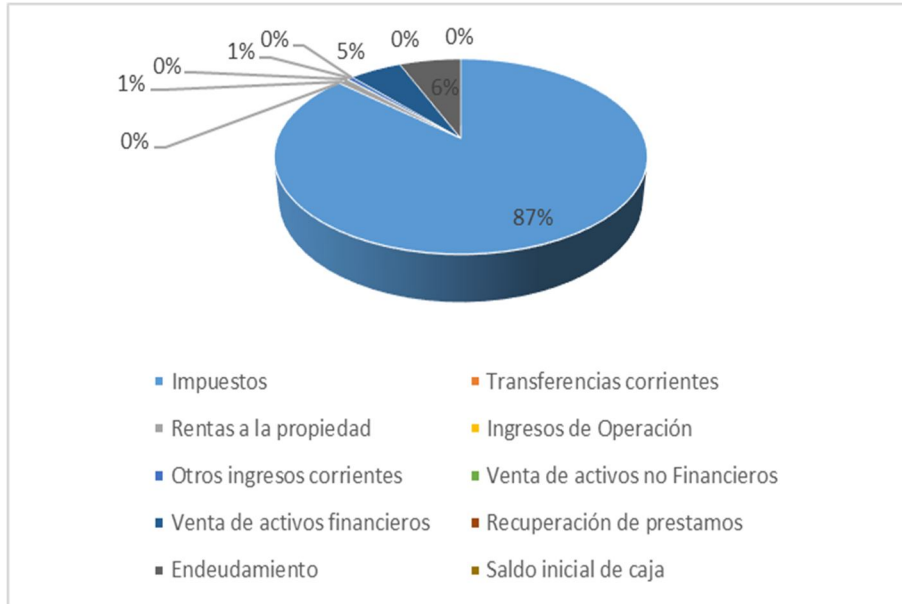
Tabla 15: Pérdida de ingresos por impuestos al convertir los vehículos objetivos a gas vehicular

	Ingresos por impuesto específico esperados 2017	Pérdida de impuestos	% de disminución con respecto a ingresos generales de la nación
GASOLINA	\$ 1.491.847.102.048		
GNC	\$ 1.244.671.706.865	\$ 247.175.395.183	0,518%
GLP	\$ 1.198.900.168.992	\$ 292.946.933.055	0,614%

Fuente: Elaboración propia

La pregunta que cabe hacerse entonces es ¿Cómo recuperamos o reemplazamos la pérdida de ingresos por cambio de combustible en los vehículos? La primera respuesta sin realizar un análisis sería “subiendo el impuesto al gas vehicular”, lo cual no tienen lógica si se pretende que este combustible reemplace a la gasolina y a su vez sea competitivo con el diésel. Analicemos entonces, la composición de los ingresos generales de la nación:

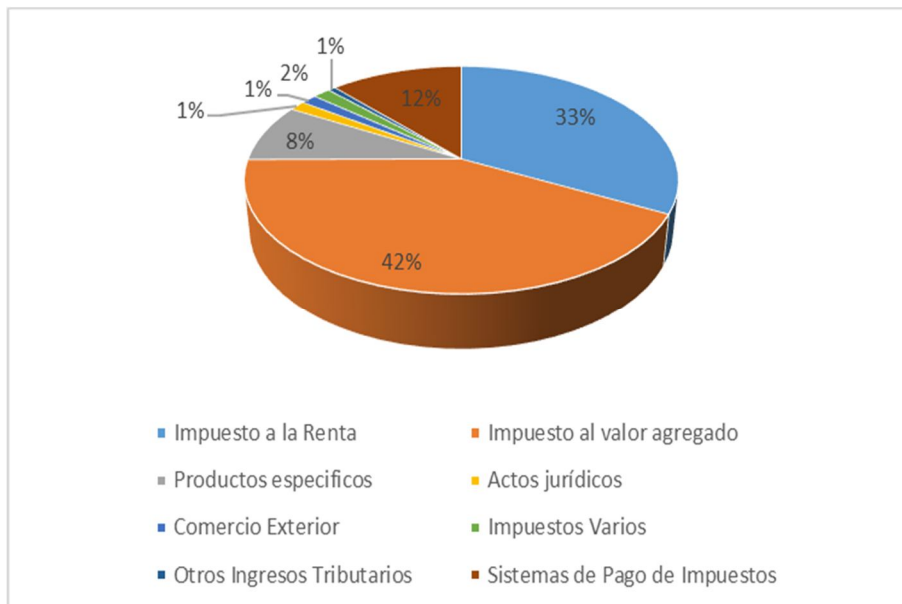
Gráfico 31: Composición de los ingresos generales de la nación



Fuente: Ministerio de Hacienda - Elaboración propia

Como se puede apreciar en el gráfico N°31, un 87% de los ingresos de la nación están compuestos por los ingresos por impuestos. Estos a su vez se subdividen como se muestra en el siguiente gráfico N°32:

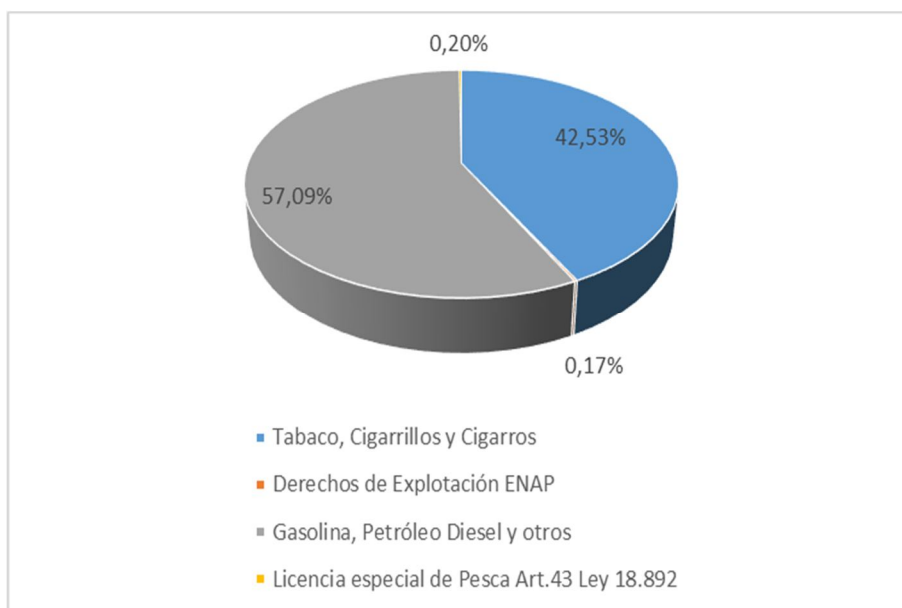
Gráfico 32: Composición de los ingresos de la nación asociados a impuestos



Fuente: Ministerio de Hacienda - Elaboración propia

Dentro del impuesto a los productos específicos se encuentra integrado el impuesto específico a los combustibles.

Gráfico 33: Distribución de los impuestos a productos específicos



Fuente: Ministerio de Hacienda - Elaboración propia

Como se observa en el gráfico N°33, los componentes principales del ítem de impuestos a productos específicos lo comprenden los impuestos al tabaco, cigarro y cigarrillos y el impuesto específico a los combustibles. Por tanto, una de las medidas que debiese implementarse para compensar la pérdida de ingreso de impuesto específico a los combustibles, en favor de una mejora de la calidad del aire, es justamente compensando esta pérdida con un aumento al impuesto al Tabaco.

Para la ley de presupuesto 2015, el ingreso por concepto de impuesto al Tabaco corresponde a \$1.063.227.431.000

Según la Organización Mundial de la Salud, subir los impuestos al tabaco es la medida aislada más efectiva para bajar las tasas de tabaquismo y se recomienda a los países asociados al Convenio Marco para el Control del Tabaco (entre los que está Chile desde 2005) que pongan en práctica este tipo de políticas. (Chile Libre de Tabaco, 2015)

Actualmente el impuesto total al tabaco es de un 81% del valor de venta al comercio, de los cuales 0,000128803 UTM corresponden al impuesto específico por cada cigarrillo.

Es decir, para lograr compensar la pérdida de ingresos por impuesto específico a los combustibles por la conversión de vehículos, se requiere **aumentar el impuesto específico un 27,5%, equivalente a 0,000164292 UTM** para el caso

GLP y un **23,2% equivalentes a 0,000158747 UTM** para el caso GNC, algo que no parece tan irrisorio si ya durante el año 2013 con la nueva Ley de control de tabaco (Ley 20.660) promulgada en Marzo de 2013 se estableció un aumento de un 90,8% en el impuesto específico por cada cigarrillo (0,0000675 UTM a 0,000128803 UTM).

7.1.4. Reducción de emisiones por uso de gas vehicular

Para estimar las emisiones promedio de un vehículo a gasolina comprendido entre los años 2002 y 2012, consideraremos dos tipos de metodología y posteriormente se elegirá de acuerdo a sus resultados, la más representativa.

7.1.4.1. Modelo Internacional de Emisiones de Vehículos (IVE)

Esta metodología ha sido aplicada en un estudio de tesis de la Universidad de Chile para Ingeniería Civil Mecánica, y se considerarán los resultados del autor puesto que no es parte del alcance de este estudio desarrollar las mediciones de laboratorio de la metodología, pero si es importante obtener los datos estadísticos promedio. (Morales, 2011)

En el estudio citado, el autor indica que los patrones de conducción influyen de sobremanera en la generación de contaminantes.

A su vez, los factores que influyen sobre el patrón de conducción son:

- a) Tipo de vía: Las emisiones disminuyen mientras más constantes sean las velocidades del flujo vehicular.
- b) Tipo de vehículo: buses, taxis, camiones livianos, medianos y pesados, automóviles, motocicletas, etc. Para el caso de este estudio solo se considerarán los vehículos livianos y medianos.
- c) Horario: La cantidad de emisiones contaminantes depende del horario de circulación en las vías, debido a la congestión generada en horarios "punta".
- d) Modo de conducción: agresivo, normal y eficiente. Un conductor agresivo genera más aceleraciones y desaceleraciones mientras que un conductor normal, usado en el estudio, acelera manteniendo velocidades medias de acuerdo al flujo de la vía.

El modelo IVE es un software en lenguaje JAVA que permite la estimación de contaminantes generados por fuentes móviles mediante el ingreso de patrones de conducción en forma diaria u horaria. El modelo utiliza el concepto de potencia específica vehicular (VSP), correspondiente a la energía requerida para que el vehículo funcione por unidad de peso en kW/ton.

Para estimar el VSP se utiliza el mismo diagrama de fuerzas presentado en la imagen N°7 el apartado 7.1.1.

Luego, de acuerdo al diagrama, la ecuación de VSP es:

$$VSP \left[\frac{kW}{ton} \right] = \frac{Potencia}{Masa} = \frac{\frac{d}{dt}(E_{cinetica} + E_{potencial}) + F_{rodadura} \cdot v + F_{aerodinamica} \cdot v + F_{roce\ mecánico} \cdot v}{m}$$

(12)

La ecuación anterior desarrollada queda como sigue:

$$VSP = v \cdot a \cdot (1 + \epsilon_i) + g \cdot \text{sen}(\alpha) \cdot v + g \cdot C_r \cdot v + \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot C_d \cdot \frac{A}{m} \cdot (v + v_w)^2 + C_{RM} \cdot v$$

(13)

Donde:

v : Velocidad [m/s]

a : Aceleración [m/s²]

ϵ_i : "Factor de Masa", equivalente a la masa de los componentes rotatorios.

g : Aceleración de gravedad [m/s²]

α : Ángulo de la pendiente

C_r : Coeficiente de rodadura

ρ_a : Densidad del aire

C_d : Coeficiente aerodinámico

A : Área frontal del vehículo [m²]

m : Masa del vehículo [kg]

v_w : Velocidad del viento [m/s]

C_{RM} : Coeficiente de roce mecánico

Para simplificar el modelo, el programa IVE considera los siguientes valores como constantes:

$$\epsilon_i = 0,1$$

$$g = 9,8 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$C_r = 0,0135$$

$$\rho_a = 1,2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$C_d \cdot A/m = 0,0005 \text{ [m}^2\text{/kg]}$$

$$v_w = 0 \text{ [m/s]}$$

$$CRM = 0$$

Por tanto, la ecuación de VSP queda simplificada a la siguiente forma:

$$VSP = v \cdot \left[1,1 \cdot a + 9,8 \cdot \text{sen} \left(\tan^{-1} \left(\frac{h_i - h_{i-1}}{\Delta d_i} \right) \right) + 0,132 \right] + 0,000302 \cdot v^3 \quad (14)$$

Donde:

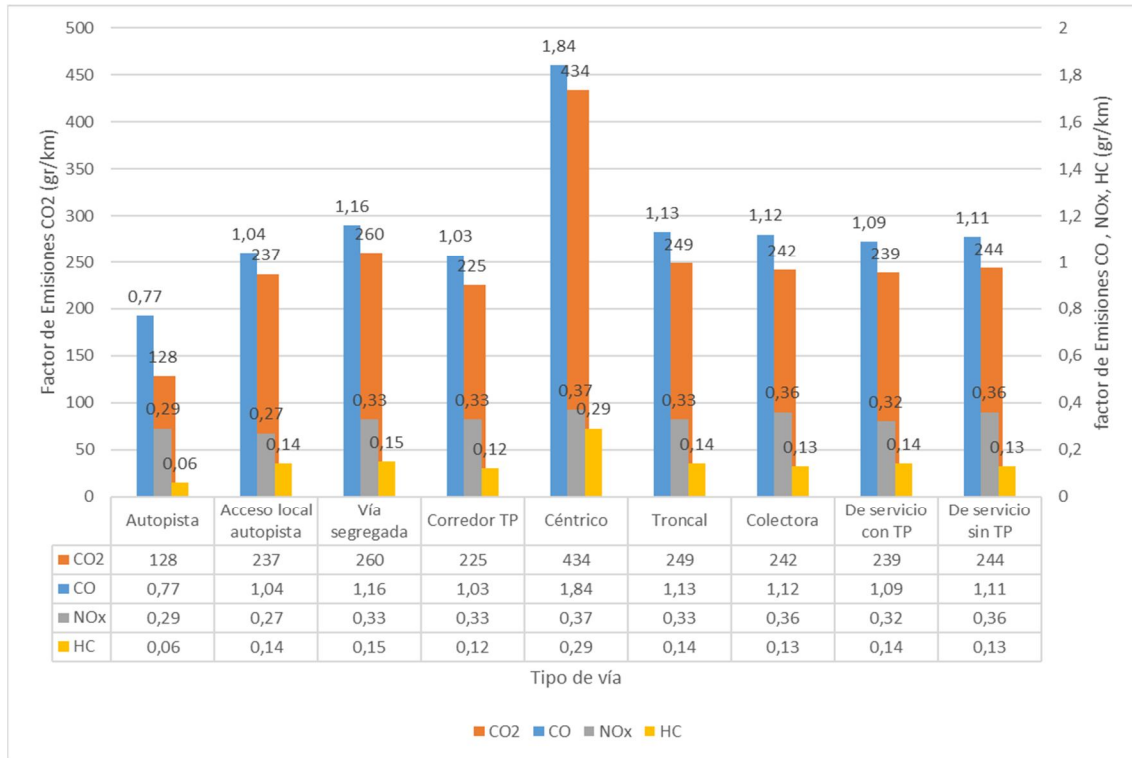
h_i : Altura en el instante i

d_i : Distancia recorrida entre el instante i y el instante $i - 1$

Mediante esta metodología, y con la incorporación de un data logger al vehículo de prueba, el autor citado obtuvo un perfil promedio de contaminantes para distintos tipos de vía y tipos de conducción, los cuales serán utilizados en este estudio como referencia para considerar una media de emisiones.

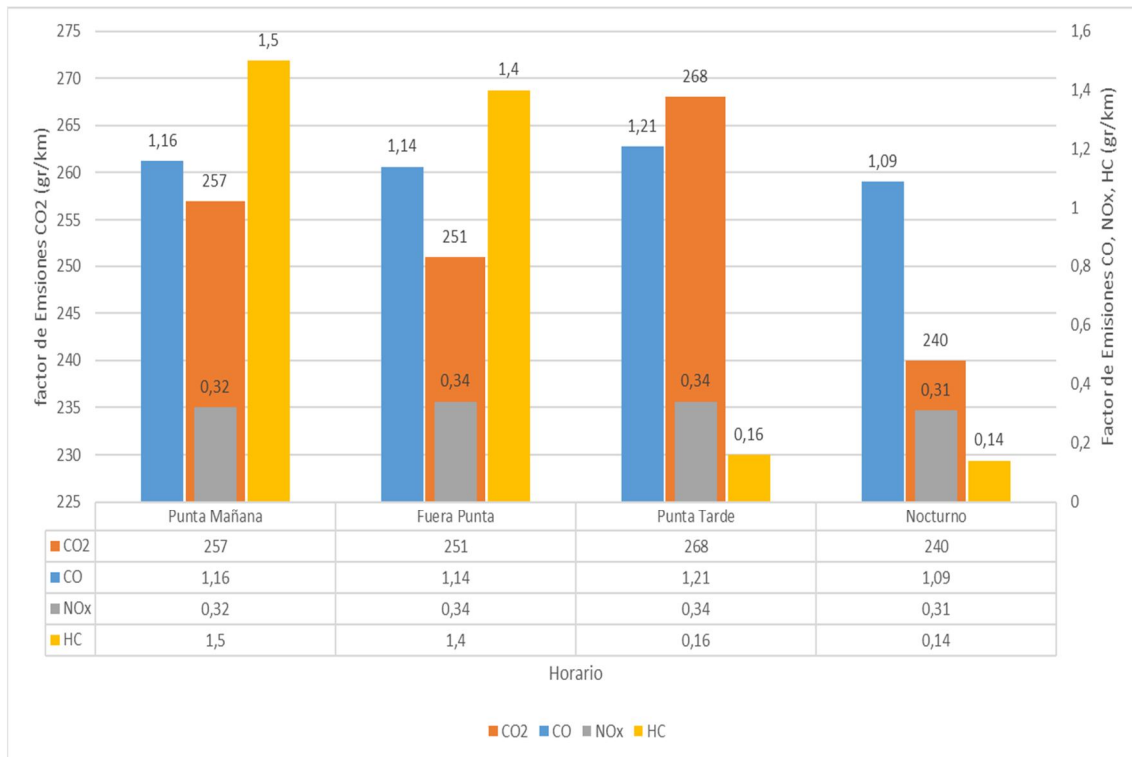
Los resultados se presentan a continuación:

Gráfico 34: Factor de emisiones promedio por tipo de vía



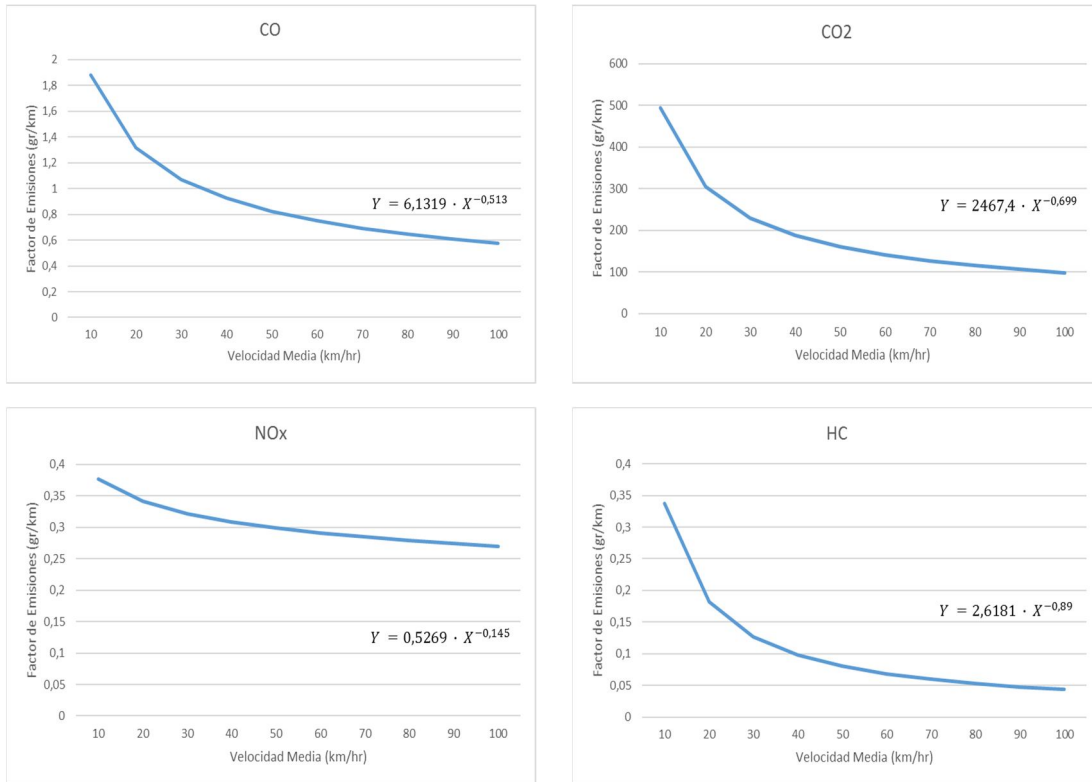
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 35: Factor de emisiones promedio por horario



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 36: Comportamiento del factor de emisiones de acuerdo a la velocidad media



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Factor de emisiones promedio de acuerdo al tipo de vía, horario y velocidad media

	CO	CO2	NOx	HC
gr/km	1,15	252,44	0,33	0,47
Ton/año	27.141	5.975.132	7.768	11.177

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°16 se presenta el factor de emisiones promedio obtenido en base a la metodología IVE. Multiplicando los factores de emisión por el número de vehículos objetivo de este estudio y los kilómetros anuales recorridos, se obtiene una estimación de las toneladas anuales de emisión de contaminantes generados por los vehículos candidatos a ser convertidos a gas vehicular.

Una vez obtenido los datos promedio de emisiones, consideraremos como base de cálculo de la reducción de emisiones, los valores que las empresas distribuidoras de gas vehicular declaran como parte de su estrategia de marketing y que son relativamente similares a las reducciones de emisiones que también expresan las asociaciones de empresas de gas vehicular en Europa:

i. Vehículos convertidos a GLP

Las empresas que distribuyen y promueven la conversión de vehículos a gas licuado de petróleo, en su estrategia de marketing promueven los siguientes factores de reducción de emisiones:

- 80% monóxido de carbono (CO)
- 60% óxidos de nitrógeno (NOx)
- 15% dióxido de carbono (CO2)
- 30% Hidrocarburos (HC)

ii. Vehículos convertidos a GNC:

Las empresas que distribuyen y promueven la conversión de vehículos a gas natural comprimido, en su estrategia de marketing promueven los siguientes factores de reducción de emisiones:

- 20% monóxido de carbono (CO)
- 75% óxidos de nitrógeno (NOx)
- 30% dióxido de carbono (CO2)
- 30% Hidrocarburos (HC)

Considerando estos datos, se puede calcular la reducción de emisiones basándonos en el promedio de kilómetros anuales recorridos por un vehículo en Chile, y la cantidad de vehículos dentro del intervalo analizado en el apartado 7.1.2. Así, tenemos los siguientes cálculos:

Tabla 17: Reducción de emisiones por conversión de los vehículos objetivo a GLP y/o GNC

	CO	CO2	NOx	HC
GLP (%)	80%	15%	60%	30%
REDUCCION (ton/año)	21.712	896.270	4.661	3.353
GNC (%)	20%	30%	75%	30%
REDUCCION (ton/año)	5.428	1.792.540	5.826	3.353

Fuente: Elaboración propia

7.1.4.2. Modelo de emisiones genérico de EPA

La EPA (United States Environmental Protection Agency) es una agencia del gobierno federal de Estados Unidos encargada de proteger la salud humana y proteger el medio ambiente. En su base de datos presenta datos históricos de Factores simples de emisión genéricos, mediante los cuales se puede obtener una aproximación de emisiones de primer orden.

Las tablas N°18 y 19, presentan un conjunto de factores de emisión que representan de forma aproximada las emisiones provenientes de tecnologías comunes operando en calles de países en vías de desarrollo. Los factores de emisión mostrados en estas tablas son promedios basados en mediciones realizadas por la ISSRC (International Sustainable Systems Research Center) en once ciudades del mundo, entre las más importantes se cuentan Almaty en Kazajistán, Beijing en China, Los Ángeles de Estados Unidos, Ciudad de México de México, Santiago de Chile y Sao Paulo en Brasil.

Tabla 18: Factores de emisión para fuentes móviles en ruta, en países en vías de desarrollo

Tecnología del Vehículo	Factor Total de Emisiones (gramos/Km)			
	CO	HC	NOx	PM
Vehículo de pasajeros carburado a gasolina, sin control	60.30	6.07	3.02	0.004
Vehículo de pasajeros carburado a gasolina, con control catalítico	41.19	2.46	2.10	0.004
Vehículo con inyección de combustible, sin control	57.57	7.39	3.80	0.004
Vehículo con inyección de combustible, con control catalítico	22.45	1.86	1.71	0.004
Motocicleta a gasolina de dos ciclos	26.57	7.89	0.05	0.282
Motocicleta a gasolina de cuatro ciclos	12.71	1.70	0.31	0.076
Bus o camión carburado a gasolina, sin control	44.23	2.62	1.82	0.037
Vehículo Diesel, carga liviana, sin control	0.85	0.38	0.92	0.090
Vehículo Diesel, carga liviana, con filtro catalítico de MP	0.170	0.077	0.92	0.009
Bus o camión Diesel, sin control	7.20	1.22	5.45	0.169
Bus o camión Diesel, control DOC	1.44	0.24	5.45	0.118
Bus o camión Diesel, con filtro catalítico de MP	0.67	0.20	1.51	0.017

Fuente: ISSRC

Tabla 19: Factores de emisión para fuentes móviles en ruta, en países en vías de desarrollo

Tecnología del Vehículo	Factor Total de Emisiones (gramos/Km)		
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Vehículo de pasajeros carburado a gasolina, sin control	201	0.2215	1.14
Vehículo de pasajeros carburado a gasolina, con control catalítico	216	0.2435	0.34
Vehículo con inyección de combustible, sin control	163	0.1118	1.41
Vehículo con inyección de combustible, con control catalítico	186	0.1331	0.23
Motocicleta a gasolina de dos ciclos	19	0.0001	1.49
Motocicleta a gasolina de cuatro ciclos	25	0.0001	0.31
Bus o camión carburado a gasolina, sin control	207	0.0053	0.50
Vehículo Diesel, carga liviana, sin control	174	0.0011	0.00
Vehículo Diesel, carga liviana, con filtro catalítico de MP	174	0.0167	0.00
Bus o camión Diesel, sin control	306	0.0067	0.08
Bus o camión Diesel, control DOC	306	0.0067	0.08
Bus o camión Diesel, con filtro catalítico de MP	306	0.0266	0.00

Fuente: ISSRC

Los factores en las tablas N°18 y 19, fueron calculados para vehículos que tienen un promedio de uso de 100,000 kilómetros y se han ajustado a tamaños de vehículos típicamente encontrados en las flotas de países en vías de desarrollo.

Una de las desventajas de este modelo de estimación es que los factores de emisión presentados no permiten considerar el impacto del envejecimiento en las emisiones ni las incidencias del tamaño del vehículo, los patrones de conducción o las partidas del vehículo.

Para realizar una estimación, se considera las tasas de emisión presentadas en las tablas anteriores y multiplicarlos por el número total de kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo. Dado que el número de kilómetros recorridos por cada tipo de vehículos es un dato difícil de conseguir, el modelo recomienda utilizar la tabla N°20 para estimar la fracción de vehículos en cada clase, seleccionando una ciudad que sea más parecida a la ciudad de estudio. (ISSRC, 2007)

Tabla 20: Fracción total de kilómetros recorridos en las principales ciudades del mundo

Tecnología del Vehículo	Fracción Total de Kilometros Recorridos					
	Almaty, Kazakhstan	Beijing, China	Ciudad de Mexico, Mexico	Nairobi, Kenya	Pune, India	Sao Paulo, Brazil
Vehículo de pasajeros carburado a gasolina, sin control	35.9%	6.84%	16.4%	55.0%	4.16%	7.60%
Vehículo de pasajeros carburado a gasolina, con control catalítico	0.28%	3.54%	0.31%	0.00%	2.00%	1.35%
Vehículo con inyección de combustible, sin control	35.2%	0.26%	1.94%	29.0%	0.00%	3.12%
Vehículo con inyección de combustible, con control catalítico	5.53%	84.0%	72.0%	0.00%	4.65%	68.0%
Motocicleta a gasolina de dos ciclos	0.00%	0.00%	1.02%	0.77%	43.5%	0.20%
Motocicleta a gasolina de cuatro ciclos	0.05%	0.00%	1.02%	0.77%	38.3%	9.90%
Bus o camión carburado a gasolina, sin control	13.2%	2.42%	3.82%	0.00%	0.00%	0.00%
Vehículo Diesel, carga liviana, sin control	4.61%	0.09%	0.57%	7.62%	3.75%	0.00%
Vehículo Diesel, carga liviana, con filtro catalítico de MP	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Bus o camión Diesel, sin control	5.17%	2.84%	2.94%	6.80%	3.61%	9.80%
Bus o camión Diesel, control DOC	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Bus o camión Diesel, con filtro catalítico de MP	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente: ISSRC

Dado que el modelo no entrega los datos de fracción de kilómetros recorridos para la ciudad de Santiago de Chile, se considera la recomendación del modelo, utilizando como base la Ciudad de México como la más parecida en cuanto a flota de vehículos. Luego, realizando los cálculos se obtiene el factor de emisiones corregido, en este caso, considerando los vehículos con inyección de combustible con convertidor catalítico:

Tabla 21: Factor de emisiones corregidos para la ciudad de Santiago de Chile

Tecnología del vehículo	Fracción total de kilómetros recorridos	Factor total de emisiones corregido (gr/km)			
		CO	CO2	NOx	HC
Vehículos Gasolina Carburados	16,40%	9,89	32,96	0,50	1,00
Vehículos de pasajeros a gasolina Carburados con control catalítico	0,31%	0,13	0,67	0,01	0,01
Vehículos con inyección de combustible sin control catalítico	1,94%	1,12	3,16	0,07	0,14
Vehículos con inyección de combustible con control catalítico	72%	16,16	133,92	1,23	1,34
Motocicleta a gasolina de dos ciclos	1,02%	0,27	0,19	0,00	0,08
Motocicleta a gasolina de cuatro ciclos	1,02%	0,13	0,26	0,00	0,02
Bus o Camión carburado a gasolina sin control catalítico	3,82%	1,69	7,91	0,07	0,10
Vehículo diesel carga liviana sin control catalítico	0,57%	0,00	0,99	0,01	0,00
Vehículo diesel carga liviana con filtro catalítico de MP	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00
Bus o camión diesel sin control catalítico	2,94%	0,21	9,00	0,16	0,04
Bus o camión diesel con control DOC	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00
Bus o camión diesel con filtro catalítico de MP	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a metodología ISSRC

En la tabla N°21 se presenta el factor de emisiones promedio obtenido en base a la metodología de EPA. Multiplicando los factores de emisión por el número de vehículos objetivo de este estudio y los kilómetros anuales recorridos, se obtiene una estimación de las toneladas anuales de emisión de contaminantes generados por los vehículos candidatos a ser convertidos a gas vehicular.

Tabla 22: Estimación de toneladas anuales de emisión generadas por el parque vehicular objetivo

	CO	CO2	NOx	HC
gr/km	16,16	133,92	1,23	1,34
Ton/año	382.587	3.169.766	29.141	31.698

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a metodología ISSRC

Considerando estos datos, se puede calcular la reducción de emisiones de igual forma que en apartado 7.1.4.1. utilizando los porcentajes de reducción de emisiones declarados por las empresas distribuidoras de gas vehicular. Así, tenemos los siguientes cálculos:

Tabla 23: Cálculo de reducción de emisiones por conversión del parque vehicular objetivo a gas vehicular

	CO	CO2	NOx	HC
GLP (%)	80%	15%	60%	30%
REDUCCION (ton/año)	425.097	660.368	24.284	13.207

GNC (%)	20%	30%	75%	30%
REDUCCION (ton/año)	106.274	1.320.736	30.356	13.207

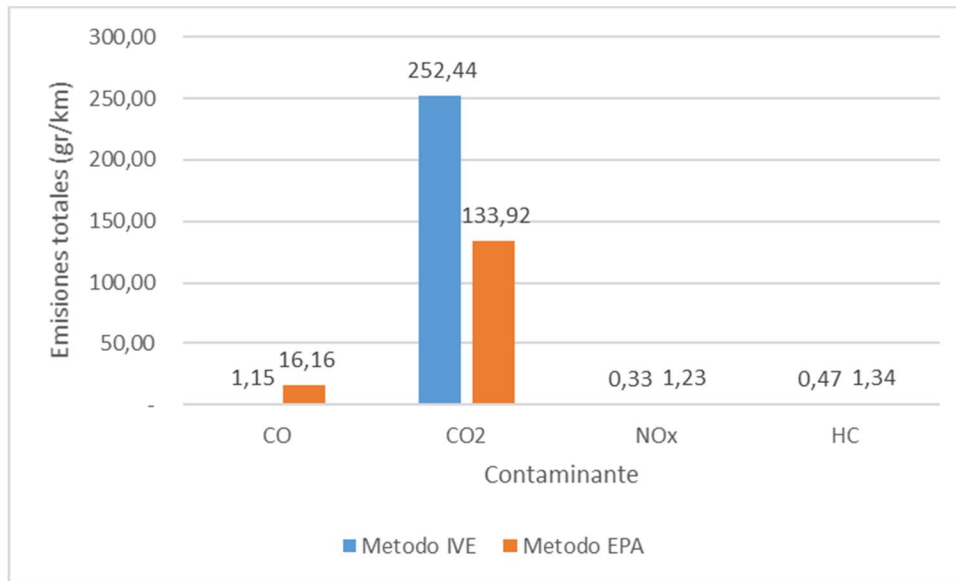
Fuente: Elaboración propia de acuerdo a metodología ISSRC

7.1.4.3. Comparación de la metodología IVE y EPA

Los resultados obtenidos tanto por la metodología de IVE como por el modelo de emisiones genérico de EPA son estimativos, pues dependen de diversos factores como se ha explicado anteriormente, tales como la marca y modelo del vehículo, su kilometraje los estilos de conducción, tipo de vía, horario y también de la calidad del combustible utilizado. Se han utilizado estos valores promedio para efectos prácticos de mostrar los beneficios que se obtendrían al utilizar combustibles alternativos como el gas vehicular.

Uno de los errores a considerar en la metodología de EPA es que los factores utilizados respecto a los vehículos a gasolina con inyección de combustible y convertidor catalítico, es que este factor comprende también aquellos vehículos anteriores a 2002, es decir, desde que se integró la tecnología de convertidor catalítico en Chile, y además no considera los vehículos desde 2007 a 2012, razón por la cual se presentan valores de emisiones más elevados respecto a la metodología IVE como muestra el gráfico N°37:

Gráfico 37: Comparación del cálculo de emisiones por método IVE v/s método EPA



Fuente: Elaboración propia

Como conclusión de este apartado, dada la influencia negativa que aportan los vehículos anteriores a 2002 en los factores de emisiones de la metodología EPA, se consideraran los resultados obtenidos mediante la metodología IVE para análisis y conclusiones de este estudio.

7.1.4.4. Emisión de material particulado

Tanto la metodología IVE como las tablas de factores de emisión proporcionadas por la metodología EPA, no incluyen emisiones asociadas a frenos o neumáticos, principales contribuyentes de la emisión de material particulado hacia el aire.

La EPA, mediante diversos estudios concluyó que, para países en vías de desarrollo, las emisiones de MP2.5 asociadas a frenos y neumáticos es aproximadamente 3 mg/km y que las emisiones de MP10 son aproximadamente de 23 mg/km. También se estima que 0,004 gr/km de MP son producto de los gases de los vehículos a gasolina (no se especifica el tamaño de la partícula) (ISSRC, 2007)

Tabla 24: Estimación de emisiones de material particulado para los vehículos

	mg/km	Ton/año
PM 2.5	3	71,01
PM 10	23	544,39
PM por gases	0,000004	0,000095

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a metodología ISSRC

Lamentablemente, para el caso de esta propuesta, a excepción de MP por gases en donde utilizando gas vehicular se reduce a cero, estos valores no pueden ser reducidos significativamente, pues se considera que los vehículos seguirán en circulación. Para el caso del material particulado la solución radica en desincentivar el uso de los vehículos, particularmente diésel como generador de material particulado, ofreciendo alternativas de transporte público más eficientes y sustentables como lo son las redes de tren subterráneo o tranvías eléctricos a nivel de superficie.

7.1.4.5. Reducción de huella de Carbono

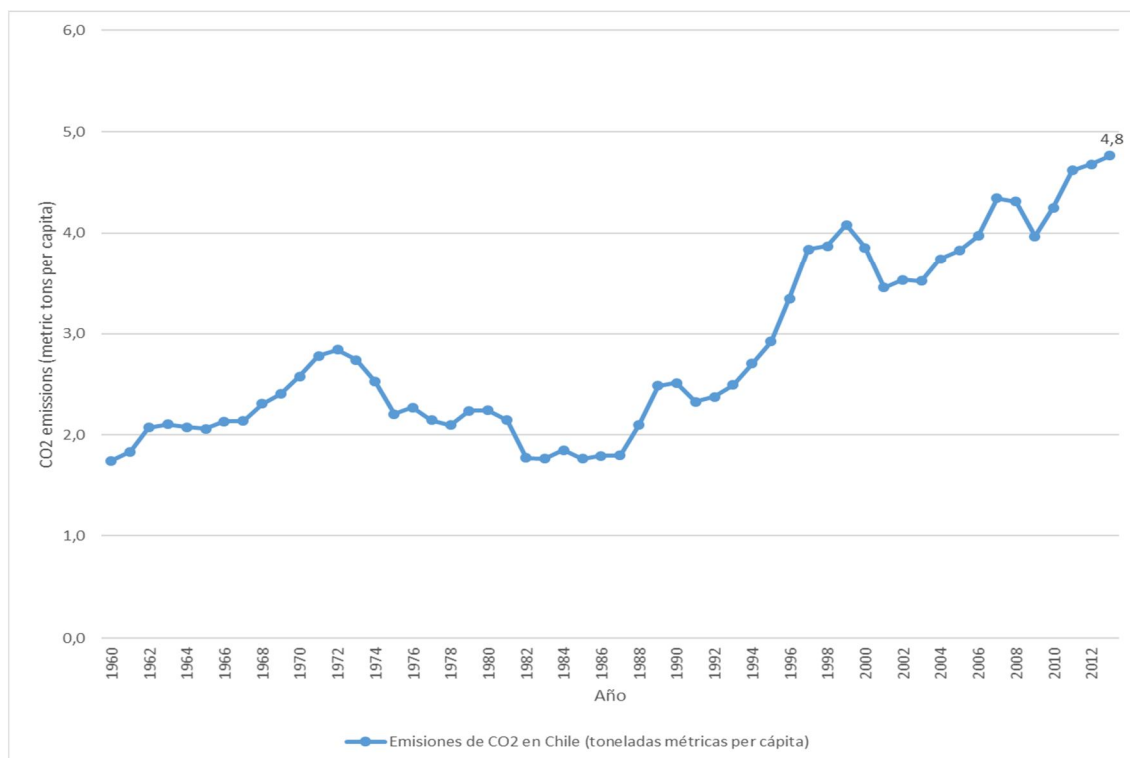
La huella de carbono nace como una medida de cuantificar y generar un indicador del impacto que una actividad o proceso tiene sobre el cambio climático, más allá de los grandes emisores.

La huella de carbono se define como el conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO₂ equivalentes, y sirve como una útil herramienta de gestión para conocer las conductas o acciones que están contribuyendo a aumentar nuestras emisiones, cómo podemos mejorarlas y realizar un uso más eficiente de los recursos.

Utilizando los resultados obtenidos mediante la metodología de estimación de emisiones de IVE, dado que se consideran más representativas, se puede calcular que para el caso **GLP** la reducción de huella de carbono equivaldría a **896.270 toneladas de CO₂**, mientras que para el **GNC** es de **1.792.540 toneladas de CO₂**.

Esta reducción podemos compararla con el total de emisiones generadas por el país, mediante los datos que recopila el Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge, Tennessee, Estados Unidos. (*Banco Mundial, 2017*)

Gráfico 38: Emisiones de CO2 en Chile



Fuente: Banco mundial - Elaboración propia

La estimación del banco mundial calcula que para el año 2017, basados en la población estimada del país de 17,9 millones de personas, el país genera 85.299.294 toneladas de CO2 (*Banco Mundial, 2017*), de las cuales, mediante la propuesta de este estudio en donde se convierten a gas vehicular los vehículos anteriores al año 2012, se reducirían 1.792.540 toneladas de CO2, equivalentes a un 2,1% del total generado por Chile para el caso del GNC, y de un 1,1% para el caso GLP . Además, los bonos de carbono generan un aporte de un 2,1% al costo de la conversión en cualquiera de las alternativas de combustible vehicular.

Tabla 25: Reducción de emisiones por conversión a gas vehicular del segmento objetivo de vehículos

	GLP	GNC
Reducción CO2 (Ton)	896.270	1.792.540
Bono de carbono equivalente	\$ 10.351.918.500	\$ 20.703.837.000
Costo conversión	\$ 491.263.968.000	\$ 982.527.936.000
% bono de CO2 a la conversión	2,1%	2,1%
% reducción CO2	1,1%	2,1%

Fuente: Elaboración propia

7.1.5. Estaciones de recarga necesarias

Bajo el supuesto que se ha establecido en este estudio, en donde se considera que el 100% del universo objetivo de vehículos es convertido a gas vehicular, realizaremos una estimación de las estaciones de recarga de gas vehicular necesarias. Para esto, se consideran los datos estadísticos de la subsecretaría de transportes de Chile con respecto a la tasa de motorización por comunas de Santiago (Subsecretaría de Transporte, 2013) , datos estadísticos del INE respecto a los permisos de circulación por comuna, y datos del informe ANAC 2015 (ANAC, 2015).

De los datos estadísticos citados, se ha filtrado la data por tipo de vehículos (livianos y medianos), tipo de combustible (gasolina) y año de fabricación (entre 2002 y 2012), y se ha obtenido una caracterización que establece que en promedio un 47% de los vehículos de cada comuna se encuentra dentro de los parámetros seleccionados.

Cabe destacar que se ha realizado una comparación entre el universo de vehículos objetivo del estudio basado en cálculos estadísticos de ANAC versus los datos estadísticos de INE respecto a los permisos de circulación 2015, obteniendo una diferencia de 5.390 vehículos, equivalente a un 0,6% de error el cual se ha considerado en los cálculos.

A continuación, se presentan en la tabla N°26 y 27 los resultados obtenidos:

Tabla 26: Estaciones surtidoras requeridas por conversión del parque vehicular objetivo a GLP

Comuna	UNIVERSO VEHICULOS RM	ESTIMACION UNIVERSO OBJETIVO			% ERROR	KMAÑO	GLP		ESTACIONES REQUERIDAS
		INE	ANAC	LTS GLP/AÑO			LTS GLP/DIA		
		1.736.756	813.383	818.773			-0,66%		
Santiago	69.388			32.605	794.637.686	114.045.223	312.453	28	
Cerrillos	28.962			13.609	331.671.658	47.601.025	130.414	12	
Cerro Navia	17.483			8.215	200.219.443	28.735.198	78.727	7	
Conchalí	26.530			12.466	303.828.033	43.604.949	119.466	11	
El Bosque	28.788			13.527	329.682.827	47.315.591	129.632	12	
Estación Central	33.032			15.521	378.288.157	54.291.356	148.743	13	
Huechuraba	27.009			12.691	309.310.470	44.391.780	121.621	11	
Independencia	18.573			8.727	212.699.617	30.526.334	83.634	8	
La Cisterna	18.004			8.460	206.185.934	29.591.500	81.073	7	
La Florida	75.264			35.366	861.931.707	123.703.162	338.913	31	
La Granja	13.816			6.492	158.222.502	22.707.859	62.213	6	
La Pintana	19.462			9.145	222.875.272	31.986.729	87.635	8	
La Reina	43.029			20.219	492.766.915	70.721.178	193.757	18	
Las Condes	99.427			46.719	1.138.642.196	163.416.241	447.716	41	
Lo Barnechea	57.897			27.205	663.038.151	95.158.253	260.708	24	
Lo Espejo	13.324			6.261	152.582.221	21.898.374	59.996	5	
Lo Prado	18.926			8.893	216.740.415	31.106.263	85.223	8	
Macul	38.285			17.989	438.437.121	62.923.846	172.394	16	
Maipú	102.306			48.072	1.171.621.002	168.149.310	460.683	42	
Nuñoa	51.673			24.281	591.766.469	84.929.447	232.683	21	
Pedro Aguirre Cerda	19.779			9.294	226.505.677	32.507.759	89.062	8	
Peñalolén	100.598			47.270	1.152.058.909	165.341.788	452.991	41	
Providencia	82.639			38.831	946.388.597	135.824.289	372.121	34	
Pudahuel	28.339			13.316	324.537.123	46.577.087	127.608	12	
Quilicura	45.474			21.367	520.768.383	74.739.907	204.767	19	
Quinta Normal	26.088			12.258	298.755.989	42.877.017	117.471	11	
Recoleta	25.651			12.053	293.757.606	42.159.656	115.506	10	
Renca	25.219			11.850	288.811.838	41.449.847	113.561	10	
San Joaquín	31.991			15.032	366.365.698	52.580.262	144.056	13	
San Miguel	31.905			14.992	365.376.544	52.438.300	143.667	13	
San Ramón	20.006			9.401	229.115.359	32.882.297	90.088	8	
Vitacura	90.333			42.446	1.034.496.938	148.469.468	406.766	37	
Puente Alto	109.972			51.674	1.259.403.132	180.747.672	495.199	45	
Pirque	16.258			7.640	186.192.402	26.722.058	73.211	7	
San José de Maipo	6.143			2.886	70.345.666	10.095.906	27.660	3	
Colina	31.782			14.934	363.966.474	52.235.929	143.112	13	
Lampa	19.834			9.320	227.137.052	32.598.373	89.311	8	
Tiltil	4.685			2.202	53.656.327	7.700.677	21.098	2	
San Bernardo	41.110			19.317	470.795.075	67.567.812	185.117	17	
Buín	18.640			8.759	213.467.789	30.636.581	83.936	8	
Calera de Tango	14.969			7.034	171.428.756	24.603.201	67.406	6	
Paine	17.184			8.074	196.788.974	28.242.862	77.378	7	
Melipilla	24.145			11.345	276.510.554	39.684.385	108.724	10	
Alhué	5.963			2.802	68.293.698	9.801.410	26.853	2	
Curacaví	7.061			3.318	80.868.577	11.606.138	31.798	3	
María Pinto	9.202			4.324	105.376.439	15.123.470	41.434	4	
San Pedro	2.666			1.253	30.526.967	4.381.185	12.003	1	
Talagante	15.371			7.223	176.027.269	25.263.173	69.214	6	
El Monte	8.654			4.066	99.104.784	14.223.372	38.968	4	
Isla de Maipo	7.832			3.680	89.697.300	12.873.224	35.269	3	
Padre Hurtado	15.303			7.191	175.248.573	25.151.416	68.908	6	
Peñaflor	19.350			9.092	221.602.000	31.803.991	87.134	8	
								703	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Estaciones surtidoras requeridas por conversión del parque vehicular objetivo a GNC

Comuna	UNIVERSO VEHICULOS RM	ESTIMACION UNIVERSO OBJETIVO		% ERROR	KMAÑO	GNC		
		INE	ANAC			M3 GNC/AÑO	M3 GNC/DIA	ESTACIONES REQUERIDAS
		1.736.756	813.383					
Santiago	69.388			32.605	794.637.686	60.333.602	165.298	8
Cerrillos	28.962			13.609	331.671.658	25.182.478	68.993	4
Cerro Navia	17.483			8.215	200.219.443	15.201.847	41.649	2
Conchalí	26.530			12.466	303.828.033	23.068.425	63.201	3
El Bosque	28.788			13.527	329.682.827	25.031.474	68.579	4
Estación Central	33.032			15.521	378.288.157	28.721.879	78.690	4
Huechuraba	27.009			12.691	309.310.470	23.484.684	64.342	3
Independencia	18.573			8.727	212.699.617	16.149.415	44.245	2
La Cisterna	18.004			8.460	206.185.934	15.654.858	42.890	2
La Florida	75.264			35.366	861.931.707	65.442.963	179.296	9
La Granja	13.816			6.492	158.222.502	12.013.190	32.913	2
La Pintana	19.462			9.145	222.875.272	16.922.011	46.362	2
La Reina	43.029			20.219	492.766.915	37.413.784	102.504	5
Las Condes	99.427			46.719	1.138.642.196	86.452.463	236.856	12
Lo Barnechea	57.897			27.205	663.038.151	50.341.786	137.923	7
Lo Espejo	13.324			6.261	152.582.221	11.584.946	31.740	2
Lo Prado	18.926			8.893	216.740.415	16.456.217	45.086	2
Macul	38.285			17.989	438.437.121	33.288.744	91.202	5
Maijapú	102.306			48.072	1.171.621.002	88.956.409	243.716	12
Nuñoa	51.673			24.281	591.766.469	44.930.417	123.097	6
Pedro Aguirre Cerda	19.779			9.294	226.505.677	17.197.653	47.117	2
Peñalolén	100.598			47.270	1.152.058.909	87.471.139	239.647	12
Providencia	82.639			38.831	946.388.597	71.855.431	196.864	10
Pudahuel	28.339			13.316	324.537.123	24.640.782	67.509	3
Quilicura	45.474			21.367	520.768.383	39.539.822	108.328	6
Quinta Normal	26.088			12.258	298.755.989	22.683.325	62.146	3
Recoleta	25.651			12.053	293.757.606	22.303.818	61.106	3
Renca	25.219			11.850	288.811.838	21.928.306	60.078	3
San Joaquín	31.991			15.032	366.365.698	27.816.655	76.210	4
San Miguel	31.905			14.992	365.376.544	27.741.552	76.004	4
San Ramón	20.006			9.401	229.115.359	17.395.796	47.660	2
Vitacura	90.333			42.446	1.034.496.938	78.545.138	215.192	11
Puente Alto	109.972			51.674	1.259.403.132	95.621.349	261.976	13
Pirque	16.258			7.640	186.192.402	14.136.831	38.731	2
San José de Maipo	6.143			2.886	70.345.666	5.341.060	14.633	1
Colina	31.782			14.934	363.966.474	27.634.492	75.711	4
Lampa	19.834			9.320	227.137.052	17.245.591	47.248	2
Tiltil	4.685			2.202	53.656.327	4.073.906	11.161	1
San Bernardo	41.110			19.317	470.795.075	35.745.552	97.933	5
Buín	18.640			8.759	213.467.789	16.207.740	44.405	2
Calera de Tango	14.969			7.034	171.428.756	13.015.887	35.660	2
Paine	17.184			8.074	196.788.974	14.941.385	40.935	2
Melipilla	24.145			11.345	276.510.554	20.994.320	57.519	3
Alhué	5.963			2.802	68.293.698	5.185.262	14.206	1
Curacaví	7.061			3.318	80.868.577	6.140.022	16.822	1
María Pinto	9.202			4.324	105.376.439	8.000.804	21.920	1
San Pedro	2.666			1.253	30.526.967	2.317.788	6.350	0
Talagante	15.371			7.223	176.027.269	13.365.033	36.617	2
El Monte	8.654			4.066	99.104.784	7.524.622	20.615	1
Isla de Maipo	7.832			3.680	89.697.300	6.810.351	18.658	1
Padre Hurtado	15.303			7.191	175.248.573	13.305.910	36.455	2
Peñaflor	19.350			9.092	221.602.000	16.825.337	46.097	2
								211

Fuente: Elaboración propia

Para estimar las estaciones de recarga requeridas en caso de realizar una conversión del 100% del parque automotriz objetivo, se ha considerado una instalación de estación de servicio estándar típica en la región Metropolitana. Para el caso GLP, estas cuentan con un estanque de almacenamiento de 13 m³ de los cuales un 85% es útil para almacenamiento de GLP. Para el caso GNC se considera un estanque de 80 m³ geométricos, en donde es posible almacenar 16 toneladas de GNC a 200 bar, equivalentes a 19.500 m³ de carga vehicular.

Los datos obtenidos concluyen que, si se realizara la conversión 100% a GLP, se requerirían 703 estaciones de servicio adicionales a las existentes, es decir, un 87,4% más de las ya instaladas.

En cuanto al GNC los resultados concluyen que se necesitarían 211 estaciones adicionales, equivalentes a un 87,66% más de estaciones a las existentes. La menor cantidad de estaciones de servicio para el GNC se explican por la capacidad de almacenamiento de este combustible en las estaciones y además estas se abastecen directamente de la red de cañerías de gas natural o estaciones satelitales de regasificación.

Sin embargo, un aspecto muy importante a considerar es el costo de inversión que significa instalar una estación de GLP vehicular versus una estación de GNC vehicular. De acuerdo a valores informados de las compañías distribuidoras de estos combustibles, instalar una estación surtidora de GLP vehicular tiene un costo de inversión de aproximadamente USD 90.000, mientras que la instalación de una estación surtidora de GNC cuesta aproximadamente USD 800.000, es decir, casi diez veces el valor de una estación de GLP vehicular.

Lo explicado anteriormente se resume en la tabla N°28:

Tabla 28: Costo de instalación de una estación surtidora de gas vehicular y volumen de producto combustible adicional de importación

	GLP	GNC
Importación adicional de producto (Ton)	1.446.214	1.230.151
Estaciones adicionales requeridas	703	211
Costo de inversión (Millones de dolares)	192	311

Fuente: Ministerio de Energía - Elaboración propia

Estos montos no consideran el costo del terreno, en cual para el caso del GNC tiene la restricción de que esté emplazado cercano a la red de gas natural de la ciudad o instalar una batería de estanques de almacenamiento, mientras que para el caso del GLP la estación es autónoma y es recargada mediante camiones graneleros de abastecimiento.

Se debe aclarar que la cantidad de estaciones vehiculares fue calculada en base a estaciones de gas vehicular estándar que existen en nuestro país con dos boquillas surtidoras. Es posible instalar estaciones de mayor capacidad y almacenamiento, pero dependen del terreno disponible, permisos municipales y otros factores legales, además de desconocer los montos de inversión.

7.1.6. Impacto en las importaciones de gas y la participación de mercado

Con respecto a la importación adicional de producto requerido, para el caso del GLP, este representa un aumento del 0,12% del total del combustible que se utiliza actualmente en el país. (CNE, 2017)

Tabla 29: Origen del GLP utilizado en Chile

GLP			
Origen	Tipo	Millones de toneladas	%
Nacional	Refinería	188,76	15%
Importado	Oleoducto	62,92	5%
	Terrestre	239,10	19%
	Maritimo	767,63	61%
Total GLP		1258,41	100%

Fuente: Ministerio de Energía - Elaboración propia

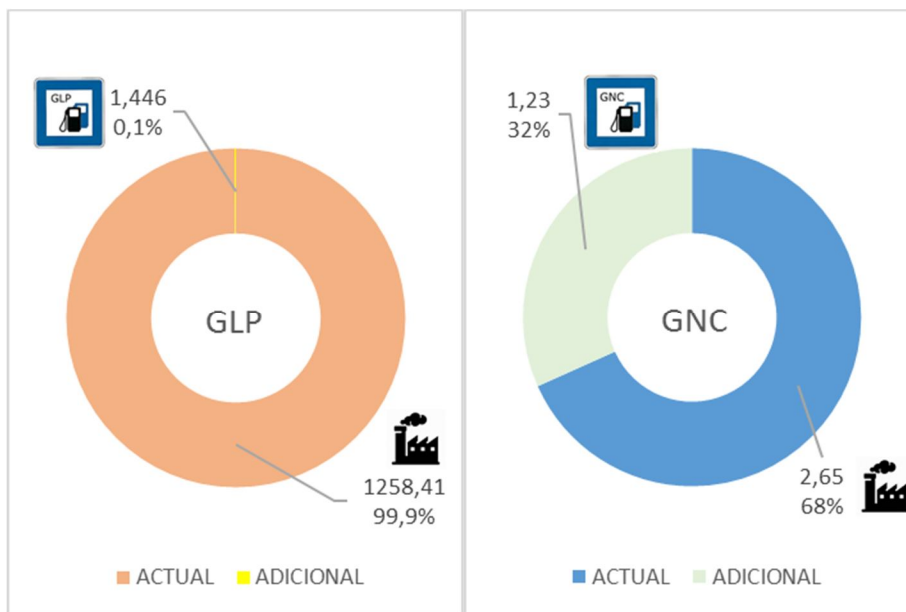
En tanto para el Gas Natural (GNC y GNL) su utilización en la matriz energética del país es bastante menor, y, por tanto, al realizar una conversión de vehículos objetivo a dicho combustible, se requeriría un 46,35% adicional de combustible en relación a las importaciones y producción nacional. (CNE, 2017)

Tabla 30: Origen del GNC/GNL utilizado en Chile

GNC			
Origen	Tipo	Millones de toneladas	%
Nacional	Magallanes	0,02	81%
Importado	Argentina	0,01	19%
Total		0,03	1,0%
GNL			
Origen	Tipo	Millones de toneladas	%
Importado	Trinidad y Tobago	2,08	79%
	Noruega	0,55	21%
Total		2,63	99%
Total GN (GNC + GNL)		2,65	100%

Fuente: Ministerio de Energía - Elaboración propia

Gráfico 39: Porcentaje de importación adicional requerido en combustible vehicular respecto a las actuales importaciones



Fuente: Elaboración propia

7.1.7. Volumen de negocio

El volumen de combustible adicional que se comercializaría de realizarse la conversión vehicular propuesta sería de un 119% y un 116% adicional de para GLP y GNC respectivamente, un gigantesco negocio para el cual procederemos a analizar si las instalaciones de las empresas de combustibles están preparadas, puesto que abarcarían un 16% del mercado de combustibles vehiculares.




En el punto 7.1.5 hemos analizado que claramente la infraestructura de distribución final de combustible vehicular es insuficiente y ninguna de las empresas de GLP y/o GNC tiene la capacidad de abastecer de combustible la demanda de producto.

Con respecto al Gas Natural, al ser Metrogas, el único participante de mercado (considerando la propiedad analizada en el punto 6.1.6 y el gráfico N°13) es que esta aumenta su volumen de negocio en un 116%.

Para el caso del GLP, al ser este un mercado competitivo, se analizarán tres escenarios posibles de acuerdo al autor.

A continuación, se presentan las ventas anuales por área de negocio envasado y granel que poseen actualmente las principales empresas de gas licuado del país:

Tabla 31: Volumen de ventas empresas distribuidoras de GLP año 2016 (Toneladas)

	 abastible energía limpia	 gasco	 Lipigas ESTAMOS MAS CERCA
ENVASADO	41,0%	27,0%	32,0%
	340.096	223.966	265.441
GRANEL	29,5%	25,0%	45,5%
	109.578	94.464	170.036
TOTAL	449.674	318.430	435.476

Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustibles- *Elaboración propia*

Como se puede apreciar en la tabla N°31, Abastible, quien tiene la mayor participación en el mercado del gas vehicular, no es el principal actor en el mercado del gas granel, puesto que su foco de clientes es principalmente el gas envasado. En tanto Lipigas, quien tiene la menor participación en el mercado del gas vehicular, es el principal actor en la venta del gas granel, enfocado principalmente al sector minería e industrial. Gasco por su parte presenta un modelo de negocio neutro con equivalencia entre sus ventas de envasado y granel, siendo su estrategia de ventas

mantener el liderazgo de la venta de gas envasado en la región Metropolitana y a su vez la venta de gas granel en el mercado residencial de segmento medio y alto estrato socioeconómico.

De acuerdo al autor de este estudio, se podrían presentar tres escenarios posibles que pudiesen resultar como consecuencia del ingreso de estas tres empresas al mercado del gas vehicular mediante la conversión del segmento de vehículos objetivo, los cuales analizaremos a continuación.




a) Escenario 1: las empresas mantienen su participación de mercado en gas vehicular

Este escenario considera que, Abastible mantiene su liderazgo en la venta de gas vehicular, y consecuencia de ello, adquiere la mayor parte del nuevo negocio para los vehículos que se convierten como consecuencia de las restricciones estipuladas por la autoridad, y se establecen a su vez, estrategias de marketing y opciones de financiamiento para que se produzca esta conversión. Así, Abastible dominaría el mercado del gas licuado con un 46,3% principalmente por el gran volumen de ventas adquirido en el segmento vehicular equivalentes a aumentar un 272% el actual volumen de ventas de la compañía.

Para el caso de los competidores, Gasco escalaría a la segunda posición en el mercado GLP, aumentando su volumen de ventas en un 229,5% mientras que Lipigas sería el más perjudicado, cayendo al tercer lugar de participación de mercado pues sería superado por ambos competidores en el gas granel, su principal canal de distribución en la actualidad, no obstante, su volumen de ventas aumenta en un 159%.

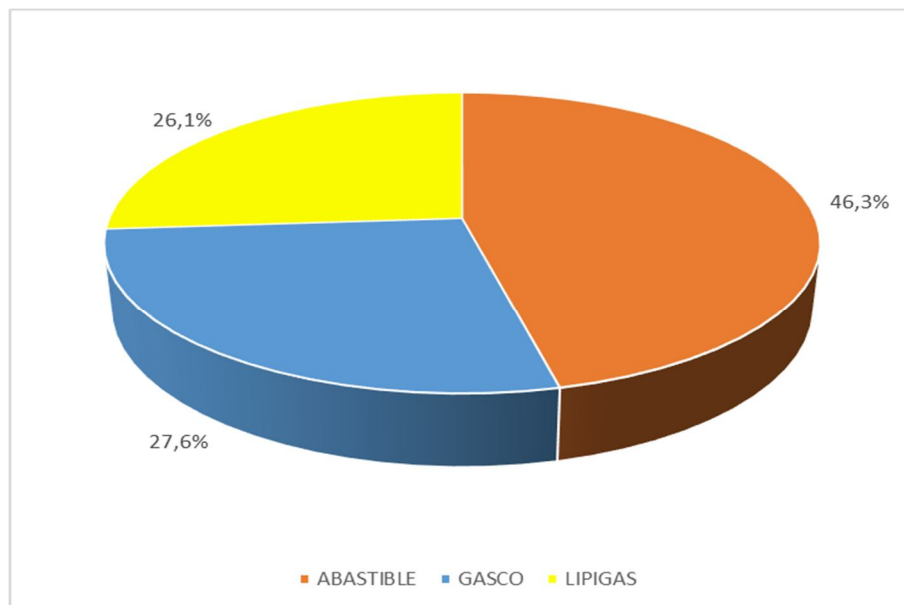
En este escenario, por tanto, el principal beneficiado es Abastible puesto que su participación de mercado aumenta de un 38% a un 43% siendo el líder en el segmento granel y envasado.

Tabla 32: Volumen de ventas y participación de mercado para el escenario 1 (Toneladas)

	 abastible energía limpia	 gasco	 Lipigas ESTAMOS MAS CERCA
ENVASADO	12,8%	8,5%	10,0%
	340.096	223.966	265.441
GRANEL	33,4%	19,1%	16,1%
	886.034	506.826	427.219
TOTAL	1.226.130	730.791	692.659
% PARTICIPACION MERCADO	46,3%	27,6%	26,1%
% AUMENTO VOLUMEN DE VENTAS	272,7%	229,5%	159,1%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 40: Participación de mercado para el escenario 1



Fuente: Elaboración propia




b) Escenario 2: las empresas mantienen su participación de mercado en gas granel

Este escenario considera que, Lipigas mantiene su liderazgo en la venta de gas granel, y consecuencia de ello, adquiere la mayor parte del nuevo negocio para los vehículos que se convierten como consecuencia de las restricciones estipuladas por la autoridad, y se establecen a su vez, estrategias de marketing y opciones de financiamiento para que se produzca esta conversión. Así, Lipigas dominaría el mercado del gas licuado con un 41,3% principalmente por el gran volumen de ventas adquirido en el segmento vehicular equivalentes a aumentar un 251% el actual volumen de ventas de la compañía.

Para el caso de los competidores, Gasco mantendría su actual tercera posición de mercado, pero aumentando su volumen de ventas en un 213% mientras que Abastible cae al segundo lugar de participación de mercado, no obstante, su volumen de ventas aumenta en un 194%.

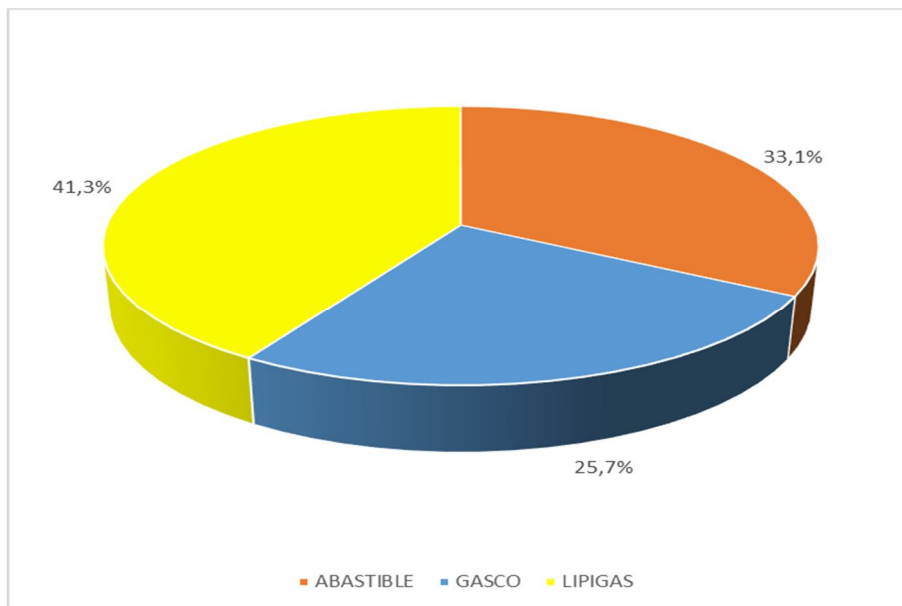
En este escenario, por tanto, el principal beneficiado es Lipigas puesto que adquiere una participación de mercado muy superior a sus competidores, aumentando de un 37% a un 41,3%.

Tabla 33: Volumen de ventas y participación de mercado para el escenario 2 (Toneladas)

			
ENVASADO	12,8%	8,5%	10,0%
	340.096	223.966	265.441
GRANEL	20,2%	17,2%	31,2%
	536.148	455.964	827.966
TOTAL	876.244	679.930	1.093.406
% PARTICIPACION MERCADO	33,1%	25,7%	41,3%
% AUMENTO VOLUMEN DE VENTAS	194,9%	213,5%	251,1%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 41: Participación de mercado para el escenario 2



Fuente: Elaboración propia




c) Escenario 3: las empresas reparten equitativamente el nuevo negocio

Este escenario considera que Abastible, Gasco y Lipigas reparten de forma igualitaria el nuevo nicho de negocio correspondiente a los vehículos anteriores a 2012 que quieren convertirse a gas licuado. De esta forma, Abastible mantiene su liderazgo de mercado, pero pierde participación de mercado de un 38% a un 35,2%, pero aumenta su volumen de ventas en un 207%. Gasco por su parte mantiene el tercer lugar de participación de mercado, pero esta aumenta de un 26% a un 30% siendo mucho más competitivo, además de aumentar en un 251% su volumen de ventas.

Lipigas en tanto, pierde participación de mercado de un 37% a un 34% y deja de ser el líder en el mercado de gas granel, puesto que adquiere Abastible. Su volumen de ventas, sin embargo, aumenta en un 210%.

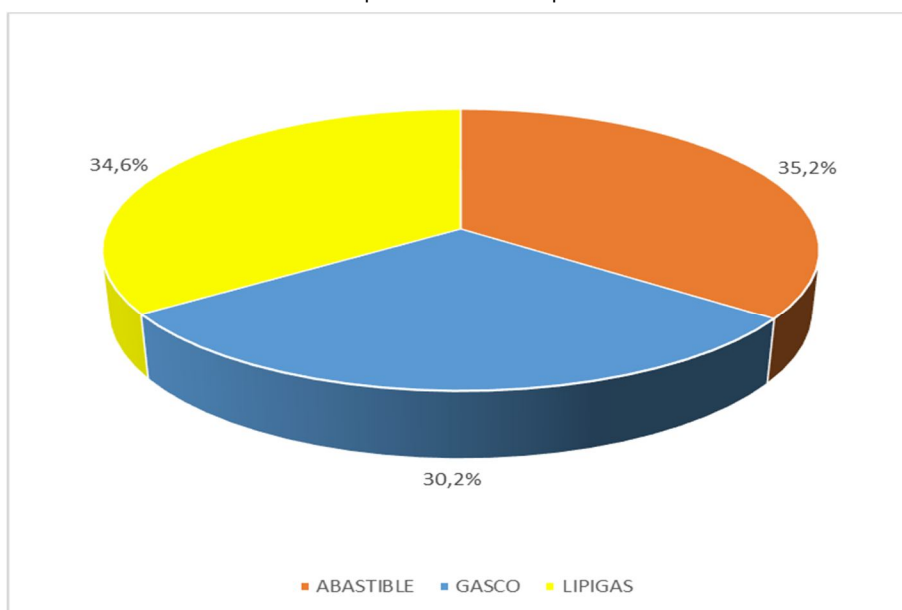
En este escenario, por tanto, el principal beneficiado es Gasco puesto que al aumentar su participación de mercado de un 26% a un 30% disminuye la brecha frente a sus competidores estableciendo un mercado más equitativo.

Tabla 34: Volumen de ventas y participación de mercado para el escenario 3 (Toneladas)

	 abastible energía limpia	 gasco	 Lipigas ESTAMOS MAS CERCA
ENVASADO	12,8%	8,5%	10,0%
	340.096	223.966	265.441
GRANEL	22,3%	21,8%	24,6%
	591.578	576.464	652.036
TOTAL	931.674	800.430	917.476
% PARTICIPACION MERCADO	35,2%	30,2%	34,6%
% AUMENTO VOLUMEN DE VENTAS	207,2%	251,4%	210,7%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 42: Participación de mercado para el escenario 3



Fuente: Elaboración propia

7.1.8. Capacidad de almacenamiento disponible y proyectada.

En nuestro país, existe una capacidad de 191.000 Toneladas para almacenamiento de GLP a nivel nacional, mientras que para el caso del Gas Natural la capacidad sumada el GNL y el GNC desde gasoductos es de 317 millones de m³.

Tabla 35: Capacidades de almacenamiento de Gas Licuado y Gas Natural a nivel nacional

GAS LICUADO DE PETRÓLEO			
	PLANTA DE ALMACENAMIENTO	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (M3)	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO (Ton)
TERMINALES	GASMAR QUINTERO	145.000	73.950
	CALDERA	50.000	25.500
	HUALPEN GAS	40.000	20.400
	OXIQUIM QUINTERO	50.000	25.500
REFINERIAS	ENAP MAGALLANES	723	368
	ENAP BIO BIO	10.187	5.195
	ENAP ACONCAGUA	51.142	26.082
PLANTAS PROPIAS	ABASTIBLE	8.837	4.507
	LIPIGAS	13.247	6.756
	GASCO	6.336	3.231
TOTAL (M3)		375.472	
TOTAL (TON)		191.491	
GAS NATURAL			
	GNL (M3)	EQUIVALENCIA GNC (M3)	CAPACIDAD DE REGASIFICACION (M3/DIA)
GNL QUINTERO	334.000	200.000.000	15.000.000
GNL MEJILLONES	187.000	112.000.000	5.500.000
METROGAS	-	5.400.000	5.400.000
TOTAL (M3)		317.400.000	

Fuente: Elaboración propia

La tabla N°26 y 27 del punto 7.1.5 indican los requerimientos diarios de GLP y GNC para abastecer las estaciones de servicio requeridas. Así, se calcula que la demanda diaria de GLP vehicular promedio sería de 3.962 Toneladas, equivalentes a un 2,07% de la capacidad de almacenamiento de GLP del país, mientras que para el GNC vehicular sería de 4.110.094 m³, equivalentes a un 1,29% de la capacidad de almacenamiento de GNC del país.

Cabe destacar en este análisis que, si bien la capacidad de almacenamiento de GLP es menor a la de Gas natural, esto se debe a que el gas licuado, al ser portátil, es almacenado directamente en el cliente por medio de cilindros o estanques domiciliarios. La SEC en su reporte 2015 informa que la estimación de clientes de estanques domiciliarios e industriales es de aproximadamente 120.000 con una capacidad que varía desde los 0,15 m³ a los 57 m³, mientras que los cilindros de gas a nivel nacional se estiman en 18.000.000 en formatos de 5, 11, 15 y 45 kilos. (SEC, 2015)




A simple vista pareciera ser que el problema no se presenta en la capacidad de almacenamiento, sino que en el abastecimiento puesto que, como se vio en el punto 1.5.3.1 y 1.5.3.2 del capítulo I, solo un 15% del gas licuado es producido en las refinerías nacionales, mientras que el 100% del gas natural es importado, por tanto, las empresas que quisieran adquirir este nicho de negocio debiesen apuntar sus estrategias a la logística de las importaciones y nuevos mercados de origen.

Con respecto a la distribución, para el caso del gas licuado, en la región Metropolitana las empresas distribuidoras cuentan con camiones graneleros para abastecer las estaciones surtidoras de GLP vehicular, además de los clientes residenciales, industriales y comerciales. Abastible cuenta en la región Metropolitana con 54 camiones con una capacidad total de 220 toneladas, Lipigas cuenta con 38 camiones con capacidad de 253 toneladas mientras que Gasco 215 toneladas. (Abastible, 2017)

Para distribuir el nuevo volumen de gas licuado a las estaciones surtidoras, cada una de las empresas bajo los 3 escenarios descritos anteriormente, debiese aumentar considerablemente su flota de camiones graneleros de capacidad 13m³ cada uno.

La rentabilidad media del negocio del gas licuado es de aproximadamente un 33% de acuerdo a la superintendencia de valores y seguros. En la tabla N°36 se presenta a grandes rasgos un análisis simple de las inversiones necesarias en vehículos de distribución y estaciones surtidoras, con respecto al volumen de negocio que significa ingresar al mercado de los combustibles vehiculares. Al respecto se estima, considerando solamente los costos de inversión versus ventas, que, para el mercado del gas licuado, ingresar al segmento vehicular tendría un periodo de recuperación de la inversión de dos años, puesto que es un gran volumen de ventas. Este periodo se debe ajustar a los costos de contratación de personal, logísticos de transportes, importaciones etc. Para efectos de este estudio solo se presenta a modo general.

Tabla 36: Inversiones necesarias v/s volumen de ventas adicional al realizar la conversión de vehículos objetivo a GLP

				
Escenario 1	PARTICIPACION VENTAS GRANEL	33%	19%	16%
	CAMIONES ADICIONALES REQUERIDOS	235	134	113
	INVERSIÓN MM\$USD	27	15	13
Escenario 2	PARTICIPACION VENTAS GRANEL	20%	17%	31%
	CAMIONES ADICIONALES REQUERIDOS	142	121	220
	INVERSIÓN MM\$USD	16	14	25
Escenario 3	PARTICIPACION VENTAS GRANEL	22%	22%	25%
	CAMIONES ADICIONALES REQUERIDOS	157	153	173
	INVERSIÓN MM\$USD	18	17	20

UTILIDAD NETA (MM\$USD)	286
INVERSION CAMIONES (MM\$USD)	483
INVERSION ESTACIONES (MM\$USD)	63
PERIODO RECUPERACION (AÑOS)	1,9

Fuente: Elaboración propia

7.1.8. Estrategia de Marketing de las empresas distribuidoras de gas vehicular

Las estrategias de marketing propuestas para consolidarse en el negocio del gas vehicular deben generarse de acuerdo a encuestas a usuarios. Para ejemplificar, se ha desarrollado una encuesta mediante el servicio de SurveyMonkey la cual fue contestada por un universo de 80 personas durante un periodo de 48 horas disponible en el enlace, con las siguientes características:

Tabla 37: Segmento objetivo de la encuesta de marketing

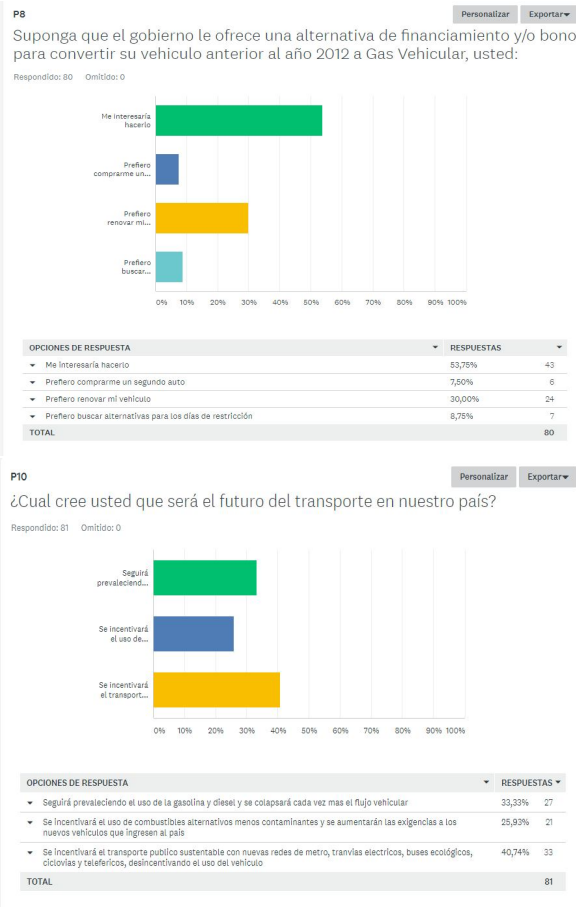
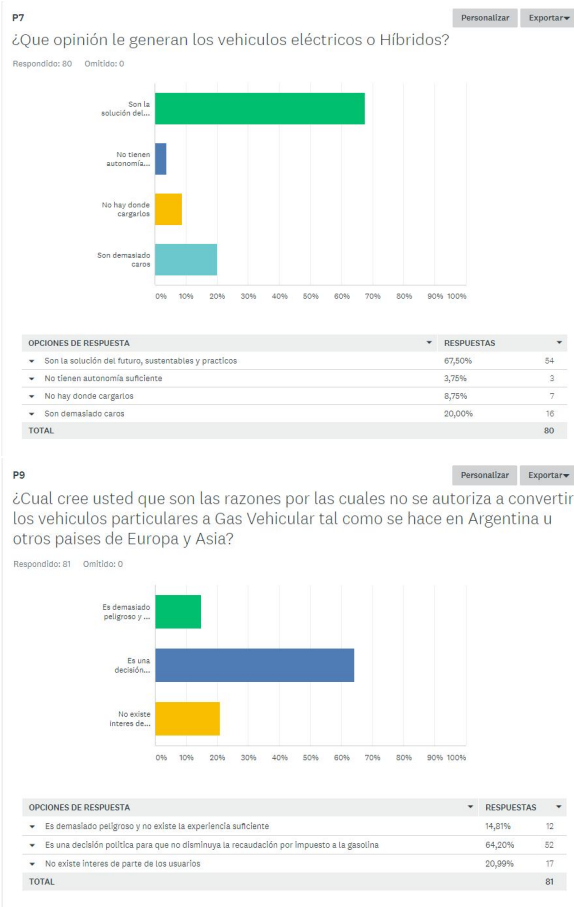
Método de encuesta	Online vía https://es.surveymonkey.com/r/KK96RZS
Edad	18 – 65
Clases social	Media – Alta
Ocupación	Universitario - Trabajador
Ubicación	Región Metropolitana.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 38: Resultados de la encuesta "Transporte sustentable para la región Metropolitana"





Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos en la encuesta se pueden establecer rápidamente algunas conclusiones:

- Un 75% de los encuestados tiene conocimiento de las medidas que pretende implementar las autoridades, sin embargo, no tienen claridad si estas son para disminuir la contaminación, disminuir la congestión o ambas.
- La mayoría de las personas conoce el vehículo eléctrico como principal medio alternativo a las gasolinas y diésel, y se establece preferencia de estos por sobre los vehículos a gas, esto principalmente debido al desconocimiento y la poca información respecto a estos últimos. Además, quienes conocen los vehículos a gas, creen que son un problema debido a la falta de estaciones surtidoras disponibles.
- Un 44% de los encuestados preferiría vender su actual vehículo y comprar un nuevo modelo posterior al año 2012, lo que afirma una de las teorías de este estudio respecto a que el nuevo plan de las autoridades solo aumentará aún más el parque vehicular en la región.
- Un 54% de los encuestados estaría interesado en convertir su vehículo a gas si existiesen incentivos de parte del gobierno para hacerlo.

- El 64% de los encuestados cree que las razones por las cuales no se autoriza la conversión de vehículos particulares a gas tiene razones políticas asociadas a la recaudación de impuestos.
- Un 41% cree que el futuro del transporte en la región Metropolitana estará asociado al transporte público sustentable mientras que solo un 26% cree que la opción será incorporar vehículos menos contaminantes.

7.1.8.1 Análisis FODA

Una vez estudiado los resultados de la encuesta, se puede generar un análisis FODA para comprender de mejor manera el escenario a enfrentar por las empresas distribuidoras de gas vehicular.

Tabla 39: Análisis FODA para las empresas distribuidoras de gas vehicular

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Amplio mercado por conquistar • La percepción de los usuarios establece un sentido de responsabilidad social con la comunidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de infraestructura en estaciones de servicio • Desconocimiento de los vehículos a gas vehicular
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • Consolidación en el segmento de clase media • Consolidarse como el tercer combustible vehicular después de la gasolina y el diésel • Interés de la población por mantener el uso de su vehículo debido a la baja calificación del transporte público 	<ul style="list-style-type: none"> • Preferencia de usuarios por los Vehículos eléctricos • Cuestionamientos de Seguridad • Políticas gubernamentales apuntan a fomentar el uso del transporte público

Fuente: Elaboración propia

7.1.8.2 Estrategia de marketing recomendada

Dadas las características del público objetivo a quien conquistar, y a la amenaza que presentan los vehículos eléctricos, las estrategias de marketing que se recomiendan para las empresas distribuidoras de gas vehicular son las siguientes:

1. Dar a conocer masivamente el producto gas vehicular, mediante campañas publicitarias en medios visuales, radiales y escritos.
2. Promocionar el producto como sustentable y amigable con el medio ambiente, de manera que el usuario se sienta parte del plan de descontaminación de la capital.

3. Destacar las cualidades del gas vehicular en cuanto a sus bajas emisiones y su precio menor al de la gasolina. Con respecto a este punto, no se debe intentar comparar versus los eléctricos, puesto que estos últimos producen cero emisiones.
4. Destacar las características de las instalaciones certificadas por organismos internacionales, seguros y confiables.
5. Usar el lema “¿para qué cambiar tu viejo si aún puede vivir con otra sangre?”
6. Informar respecto a los bajos costos de la conversión de un vehículo hacia el gas vehicular versus comprar un auto nuevo y más aún, con respecto al altísimo costo de un vehículo eléctrico o híbrido. En este punto, la estrategia de marketing debe ser agresiva hacia los vehículos eléctricos, particularmente con respecto al precio de estos últimos.
7. Promocionar a nivel local y/o comunal la construcción de las nuevas estaciones de abastecimiento de gas vehicular, destacando la cercanía con los usuarios.
8. Destacar las ventajas de autonomía del gas vehicular y su sistema dual con la gasolina versus la desventaja que tienen los vehículos eléctricos de baja autonomía y muy pocos lugares donde recargar.
9. Publicidad en redes sociales, portales sociales, canales de YouTube.
10. Publicidad gráfica mediante volantes en sectores de habitual acudir del segmento objetivo, sectores como 10 de Julio y otros donde habitualmente acuden los usuarios de vehículos, supermercados, etc.
11. Participación mediante stands en eventos deportivos vehiculares.
12. Organizar eventos deportivos o sociales auspiciados por la marca fomentando el deporte gracias a un aire más limpio.

7.1.9. Costo de conversión de vehículos, periodo de recuperación de la inversión y opciones de subvención y financiamiento.

7.1.9.1. Evaluación de la inversión

Actualmente, convertir un vehículo a GLP tiene un costo promedio de \$ 600.000 mientras que convertir un vehículo a GNC tiene un costo promedio de \$1.200.000, un 100% mayor que el caso de GLP.

Para estimar una alternativa de financiamiento estándar de tipo bancario, consideraremos la tasa de interés promedio últimos 12 meses para créditos de consumo personales, la cual es de 22,3% anual (*Banco Central de Chile, 2017*).

Para la evaluación se ha considerado un horizonte de inversión de 10 años, es decir, que se asume que en 10 años el usuario debiese renovar su vehículo. Se

han considerado costos de mantenimiento promedios de un vehículo liviano y mediano según datos de ANAC y se adicionan los costos de mantención adicional para el kit de gas vehicular y el costo de acudir a la revisión técnica en forma semestral.

Se considera una depreciación lineal de 10 años para el kit de conversión vehicular.

También se han considerado los ahorros en combustible de acuerdo a la equivalencia calculada de rendimiento. Estos son considerados como ingresos en el flujo de caja.

Tabla 40: Evaluación económica de conversión de vehículos a GLP

ALTERNATIVA A : Conversión a GLP												
PERIODO		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AÑOS		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
INVERSION												
	Equipos	909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Inversiones		\$ 909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS												
	Payment		568	568	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mantenimiento		968	1.009	1.050	1.094	1.139	1.186	1.235	1.286	1.340	1.395
	Combustible		2.978	3.102	3.230	3.364	3.503	3.648	3.799	3.957	4.120	4.291
	Depreciación Equipos e Instalaciones		82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
	Imprevistos-Otros(%Gastos Exc.Dep)	5,00%	0	226	234	214	223	232	242	252	262	273
Total Egresos		\$ 0	4.822	4.994	4.576	4.762	4.956	5.158	5.368	5.587	5.815	6.052
INGRESOS												
	Ahorro combustible	0	312	325	338	352	367	382	398	414	431	449
Total Ingresos		\$ 0	312	325	338	352	367	382	398	414	431	449
FLUJO ANTES DE IMPUESTO		\$ -909	-4.510	-4.669	-4.238	-4.410	-4.590	-4.776	-4.971	-5.173	-5.384	-5.603
	Impuestos	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DESPUES DE IMPUESTO		\$ -909	-4.510	-4.669	-4.238	-4.410	-4.590	-4.776	-4.971	-5.173	-5.384	-5.603
	+ Depreciación	0	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
FLUJO NETO ANUAL		\$ -909	-4.429	-4.587	-4.157	-4.329	-4.508	-4.694	-4.889	-5.091	-5.302	-5.521
FLUJO NETO ACTUALIZADO		\$ -909	-3.954	-3.657	-2.959	-2.751	-2.558	-2.378	-2.211	-2.056	-1.912	-1.778
FLUJO CAJA ACT.ACUMUL.		\$ -909	-3.954	-3.657	-2.959	-2.751	-2.558	-2.378	-2.211	-2.056	-1.912	-1.778
										TMAR 12,00% 10 AÑOS		
										VAN -27.123 USD		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41: Evaluación económica de conversión de vehículos a GNC

ALTERNATIVA B: Conversión a GNC											
PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ANOS	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
INVERSION											
Equipos	1.817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Inversiones	\$ 1.817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS											
Payment		1.134	1.134	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento		968	1.009	1.050	1.094	1.139	1.186	1.235	1.286	1.340	1.395
Combustible		1.959	2.041	2.125	2.213	2.305	2.400	2.499	2.603	2.711	2.823
Depreciación Equipos e Instalaciones		164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
Imprevistos-Otros(%Gastos Exc.Dep)	5,00%	0	203	209	159	165	172	179	187	194	203
Total Egresos	\$ 0	4.429	4.556	3.498	3.636	3.779	3.929	4.085	4.247	4.416	4.592
INGRESOS											
Ahorro combustible	0	1.250	1.301	1.355	1.411	1.470	1.531	1.594	1.660	1.729	1.800
Total Ingresos	\$ 0	1.250	1.301	1.355	1.411	1.470	1.531	1.594	1.660	1.729	1.800
FLUJO ANTES DE IMPUESTO	\$ -1.817	-3.179	-3.255	-2.142	-2.224	-2.310	-2.399	-2.491	-2.587	-2.688	-2.792
Impuestos	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DESPUES DE IMPUESTO	\$ -1.817	-3.179	-3.255	-2.142	-2.224	-2.310	-2.399	-2.491	-2.587	-2.688	-2.792
+ Depreciación	0	164	164	164	164	164	164	164	164	164	164
FLUJO NETO ANUAL	\$ -1.817	-3.016	-3.091	-1.979	-2.061	-2.146	-2.235	-2.328	-2.424	-2.524	-2.629
FLUJO NETO ACTUALIZADO	\$ -1.817	-2.693	-2.464	-1.409	-1.310	-1.218	-1.132	-1.053	-979	-910	-846
FLUJO CAJA ACT.ACUMUL.	\$ -1.817	-2.693	-2.464	-1.409	-1.310	-1.218	-1.132	-1.053	-979	-910	-846
TMMAR 12,00% 10 AÑOS VAN -15.831 USD											

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Evaluación económica de mantener los vehículos a gasolina

ALTERNATIVA C: Mantener a Gasolina											
PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ANOS	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
INVERSION											
Equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Inversiones	\$ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GASTOS											
Payment		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento		819	853	888	925	963	1.003	1.045	1.088	1.133	1.180
Combustible		3.290	3.426	3.568	3.716	3.870	4.030	4.197	4.370	4.551	4.740
Depreciación Equipos e Instalaciones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imprevistos-Otros(%Gastos Exc.Dep)	5,00%	0	205	214	223	232	242	252	262	273	284
Total Egresos	\$ 0	4.314	4.493	4.679	4.873	5.075	5.285	5.503	5.731	5.968	6.216
INGRESOS											
Ahorro combustible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Ingresos	\$ 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO ANTES DE IMPUESTO	\$ 0	-4.314	-4.493	-4.679	-4.873	-5.075	-5.285	-5.503	-5.731	-5.968	-6.216
Impuestos	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DESPUES DE IMPUESTO	\$ 0	-4.314	-4.493	-4.679	-4.873	-5.075	-5.285	-5.503	-5.731	-5.968	-6.216
+ Depreciación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO NETO ANUAL	\$ 0	-4.314	-4.493	-4.679	-4.873	-5.075	-5.285	-5.503	-5.731	-5.968	-6.216
FLUJO NETO ACTUALIZADO	\$ 0	-3.852	-3.582	-3.330	-3.097	-2.879	-2.677	-2.489	-2.315	-2.152	-2.001
FLUJO CAJA ACT.ACUMUL.	\$ 0	-3.852	-3.582	-3.330	-3.097	-2.879	-2.677	-2.489	-2.315	-2.152	-2.001
TMMAR 12,00% 10 AÑOS VAN -28.376 USD											

Fuente: Elaboración propia

Se puede deducir que los proyectos por si solos, tienen un VAN negativo pues se continuará gastando en combustible dado que el vehículo circulará el promedio de kilómetros calculados anteriormente. Por tanto, para determinar el periodo de recuperación de la inversión y la conveniencia de realizar una conversión, se debe realizar una comparación entre proyectos excluyentes, es decir, entre GLP y Gasolina, y entre GNC y Gasolina:

Tabla 43: Comparación entre proyectos GLP versus Gasolina

GLP vs GASOLINA											
ANOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTERNATIVA A GLP	-909	-4.429	-4.587	-4.157	-4.329	-4.508	-4.694	-4.889	-5.091	-5.302	-5.521
ALTERNATIVA C GASOLINA	0	-4.314	-4.493	-4.679	-4.873	-5.075	-5.285	-5.503	-5.731	-5.968	-6.216
ALTERNATIVA A - ALTERNATIVA C	-909	-114	-94	523	544	567	590	615	640	667	694
FLUJO ACTUALIZADO	-909	-102	-75	372	346	322	299	278	259	240	224
FLUJO ACUMULADO	-909	-1.011	-1.086	-714	-368	-47	252	530	789	1.029	1.253

AL	12,00%	10 AÑOS
VAN		1.253
TIR		28,6%
PR (años)		5,2

COMPARACION DE INVERSIONES (M \$) :

ALTERNATIVA GLP	
ALTERNATIVA GASOLINA	-27.123
DIFERENCIA	28.376
	1.253

Tasa Descuento = 12,00%

PERIODO DE RECUPERACION años: --- -- -- -- -- 5,2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Comparación entre proyectos GNC versus Gasolina

GNC VS GASOLINA											
ANOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ALTERNATIVA B GNC	-1.817	-3.016	-3.091	-1.979	-2.061	-2.146	-2.235	-2.328	-2.424	-2.524	-2.629
ALTERNATIVA C GASOLINA	0	-4.314	-4.493	-4.679	-4.873	-5.075	-5.285	-5.503	-5.731	-5.968	-6.216
ALTERNATIVA B - ALTERNATIVA C	-1.817	1.299	1.402	2.700	2.812	2.928	3.050	3.176	3.307	3.444	3.587
FLUJO ACTUALIZADO	-1.817	1.159	1.117	1.922	1.787	1.662	1.545	1.437	1.336	1.242	1.155
FLUJO ACUMULADO	-1.817	-657	460	2.382	4.169	5.831	7.376	8.812	10.148	11.390	12.545

AL	12,00%	10 AÑOS
VAN		12.545
TIR		94,8%
PR (años)		1,6

COMPARACION DE INVERSIONES (M \$) :

ALTERNATIVA GNC	
ALTERNATIVA GASOLINA	-15.831
DIFERENCIA	28.376
	12.545

Tasa Descuento = 12,00%

PERIODO DE RECUPERACION años: --- 1,6

Fuente: Elaboración propia

Se observa en ambas comparaciones la conveniencia de realizar una conversión tanto para el caso de GLP como GNC dado que en ambos casos se obtiene un VAN positivo en la comparación, siendo desde el punto de vista de la inversión un mejor proyecto la conversión a GNC debido a su mayor rendimiento, esto a pesar de que su costo de conversión es el doble del GLP. Además, en el caso del GNC se obtiene un periodo de recuperación de la inversión de aproximadamente 2 años, similar al tiempo de pago del crédito de consumo simulado. En cambio, para el caso GLP, a pesar de su menor costo de conversión y menor costo de combustible, la inversión se recupera aproximadamente en 5 años debido a la disminución del rendimiento del vehículo.

7.1.9.2. Opciones de financiamiento y subvención

En el punto anterior, se evaluó la inversión que significa realizar una conversión desde gasolina a gas vehicular, solicitando un crédito de consumo estándar a una entidad bancaria. Sin embargo, no toda la población tiene acceso al sistema de crédito, esto debido a la Tasa Máxima Convencional (TMC); monto máximo de interés que pueden cobrar las instituciones financieras por los créditos que entrega.

El TMC afecta negativamente a las personas de menores ingresos debido al riesgo mayor que significa entregar un préstamo por parte de una institución bancaria.

Ante esta situación, se debe buscar otras alternativas de financiamiento e incentivos para realizar la conversión de vehículos a gas vehicular. En el capítulo VI se comentaron las distintas formas en que los gobiernos de otros países han propuesto incentivos a los usuarios para convertir sus vehículos particulares a gas vehicular.

De las distintas formas de financiamiento e incentivos existentes en otros países, se considera que los mejores modelos a aplicar en Chile son las siguientes:

- a) Conversión mediante crédito directo de la empresa distribuidora mediante descuento por carga de combustible

Este escenario considera el financiamiento directo de la empresa distribuidora de gas vehicular. En este caso el usuario cancelará una cuota al momento de cargar combustible, es decir, del valor del importe de carga de combustible, se descontará un porcentaje para subsidiar la instalación del kit de conversión por un periodo determinado. El vehículo utilizará un chip de carga para autorizar, si no tiene deuda de crédito el costo del combustible es el habitual, y si tiene crédito vigente, el costo del combustible considera un delta adicional utilizado para recaudar y amortizar el crédito.

En la siguiente simulación, se considera que la empresa distribuidora de gas vehicular otorga un crédito a 24 meses (considerando el periodo de recuperación estimado anteriormente) a una tasa promedio de tipo bancaria.

Tabla 45: Simulación de financiamiento por parte de la empresa distribuidora

Tasa 22,32% anual (SBIF)	\$ ANUAL	\$ MENSUAL	CUOTA CONVERSION	\$ MENSUAL + CUOTA	\$ x It A PAGAR	RECARGO
GLP	\$ 1.850.380	\$ 154.198	\$ 31.222	\$ 185.420	\$ 536,31	20%
GNC	\$ 1.061.034	\$ 88.419	\$ 62.392	\$ 150.811	\$ 824,53	58%

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que, debido al elevado costo del kit de conversión de GNC, el recargo del precio del combustible eleva el costo a un precio incluso mayor que la gasolina, razón por la cual para el caso de GNC el crédito otorgado debe considerarse a un plazo superior a 24 meses.

b) Conversión con crédito otorgado por el gobierno

Este escenario considera el financiamiento de la conversión a gas vehicular por parte del gobierno, a la tasa social de descuento. Al igual que en el caso anterior, el usuario cancelará una cuota al momento de cargar combustible, pero esta vez al ser un crédito otorgado por el estado en beneficio de utilizar combustibles menos contaminantes, el crédito considera una tasa de interés muy inferior a un crédito bancario.

Tabla 46: Simulación de financiamiento por parte del estado

Tasa 6% anual (TSD)	\$ ANUAL	\$ MENSUAL	CUOTA CONVERSION	\$ MENSUAL + CUOTA	\$ x lit A PAGAR	RECARGO
GLP	\$ 1.850.380	\$ 154.198	\$ 26.592	\$ 180.790	\$ 522,91	17%
GNC	\$ 1.145.720	\$ 95.477	\$ 53.141	\$ 148.618	\$ 812,54	56%

Fuente: Elaboración propia

En este caso el costo del GNC aún es elevado si se considera un crédito a 24 meses, equiparando el precio de la gasolina. En tanto para la conversión a GLP el costo de la cuota incrementa solo en un 21% el valor por litro de combustible, siendo relativamente imperceptible para el usuario.

c) Conversión con incentivo y bono gubernamental

Comprende el eventual subsidio por parte del gobierno para convertir los vehículos a combustibles menos contaminantes.

Tabla 47: Simulación de financiamiento con subsidio del gobierno

Subsidio 50%	\$ ANUAL	\$ MENSUAL	CUOTA CONVERSION	\$ MENSUAL + CUOTA	\$ x lit A PAGAR	RECARGO
GLP	\$ 1.850.380	\$ 154.198	\$ 13.296	\$ 167.494	\$ 484,46	9%
GNC	\$ 1.061.034	\$ 88.419	\$ 26.570	\$ 114.989	\$ 628,68	20%

Fuente: Elaboración propia

En este escenario, el gobierno debe establecer una política pública de mejora del parque automotriz antiguo, ofreciendo la alternativa de subsidio de un 50% del costo de la conversión de los vehículos, en comparación a no convertir el vehículo y aceptar las condiciones de restricción vehicular permanente durante los meses de invierno, esto es, 16 días al año más los días de preemergencia.

En términos económicos no pareciera afectar demasiado, pues en Chile se gasta en promedio \$ 34.000 mensuales en transporte público, lo que significaría alrededor de \$ 25.000 en los 16 días que no podría utilizar su vehículo. El problema

radica en el costo de oportunidad que significa para las personas acostumbradas a utilizar sus vehículos para ir al trabajo, pasar a dejar a sus hijos, esposos(as), realizar las compras, etc., y si están dispuestos a sacrificar un día sin usar el vehículo.

d) Incentivo para adquisición de vehículos convertidos de fabrica

Al igual que el punto anterior, se requiere una política pública que incentive la adquisición de vehículos con gas vehicular incorporado de fábrica mediante bonos de subsidio y alternativas de crédito a menores tasas otorgados de forma directa por el estado. Además, se deben establecer otros incentivos como tarifa reducida en estacionamientos y descuento en el permiso de circulación para vehículos con combustibles menos contaminantes.

El impuesto verde aplicado en Chile es otro incentivo que se puede considerar para la adquisición de vehículos nuevos a gas vehicular. Este impuesto se calcula según la emisión de óxido de nitrógeno en los autos nuevos, livianos y medianos.

Tomaremos como ejemplo el modelo Hyundai Accent, cuyo costo en su versión estándar es de \$ 8.890.000 mientras que el modelo Eco Drive GLP cuesta un 10,11% más, es decir, \$9.890.000, porcentaje que debiese ser subsidiado por el gobierno para adquirir el modelo menos contaminante.

En cuanto a su impuesto, se calcula mediante la siguiente formula:

$$Impuesto (UTM) = \left[\left(\frac{35}{Rendimiento \left(\frac{km}{lt} \right)} \right) + (120 \times NOx \left(\frac{gr}{km} \right)) \right] \times Precio \ de \ venta \times 0,0000006 \quad (15)$$

Para los modelos mencionados, el cálculo es el siguiente:

Tabla 48: Reducción de impuesto por la adquisición de un vehículo menos contaminante

<i>UTM = \$ 46.787</i>	Rendimiento promedio (km/lt)	Precio (CLP)	Emisiones NOx (gr/km)	Impuesto (CLP)
Hyundai Accent 1.6	13,2	\$ 8.890.000	0,011	\$ 99.114
Hyundai Accent 1.6 Eco Drive	16	\$ 9.890.000	0,0044	\$ 75.392

Diferencia	\$ 23.722
	31,46%

Fuente: Elaboración propia

7.1.10. Reducción de los costos en salud

El costo asociado a la salud en nuestro país equivale a un 5,7% del PIB (14,1 miles de millones USD).

Si consideramos solamente el CO₂, esto es equivalente a decir que cada tonelada de CO₂ emitida le cuesta al país aproximadamente USD 220 de acuerdo a las estimaciones realizadas por la Universidad de Standford. (THAN, 2015)

En el punto 7.1.4.5. se indicó que la reducción de CO₂ sería de 1.792.540 toneladas al implementar el gas vehicular en el parque automotriz objetivo, por tanto, el beneficio económico de esta reducción con respecto a los costos en salud sería de USD 394.358.800, equivalentes a un 0,16% del PIB nacional.

Realizando una relación lineal entre los costos y las atenciones y/o muertes por contaminación ambiental, se podría estimar que estas últimas se reducirían en 114 muertes y/o 3.622 atenciones hospitalarias o 128.828 días de restricción de actividad (Mostrador, 2017) (Ministerio del medio ambiente, 2015)

Tabla 49: Estimación de la disminución de eventos de salud

Reporte Ministerio del Medio Ambiente 2015		
Tipo de Efecto	Causa	N° de eventos
Mortalidad Prematura	Cardiopulmomnar	4.070
Admisiones Hospitalarias	Asma	130
Admisiones Hospitalarias	Cardiovasculares	1.350
Admisiones Hospitalarias	Pulmonar Crónica	179
Admisiones Hospitalarias	Neumonía	700
Visitas Salas de Urgencia	Bronquitis Aguda	127.000
Restricción de Actividad	Días Laborales Perdidos	871.000
Restricción de Actividad	Días con Actividad Restringida	3.730.000

	N° de eventos	Reducción
Muertes	4.070	114
Atenciones Hospitalarias	129.359	3.623
Restricción de Actividad	4.601.000	128.876

Fuente: Ministerio del medio ambiente - *Elaboración propia*

Capítulo VIII
CONCLUSIONES

8.1. Conclusiones ambientales

Las alternativas propuestas por el gobierno de establecer una restricción vehicular no serían efectivas debido a que el impacto a largo plazo sería tal que, en vez de renovarse el parque vehicular, probablemente existan más vehículos debido a que las familias de mejores recursos adquirirán un segundo vehículo para sortear la restricción, aumentando la circulación de vehículos por la capital y por tanto levantando más polvo, aumentando los índices de MP2.5 y manteniendo los actuales niveles para el resto de los contaminantes pues continuarían utilizando gasolina.

Dicho lo anterior, la medida propuesta en este trabajo de tesis, respecto a autorizar la conversión del parque vehicular objetivo a gas vehicular sería una de las mejores alternativas para que el porcentaje de contaminación asociado a vehículos reduzca sus emisiones.

La conversión a gas vehicular de los vehículos del segmento objetivo reduciría las emisiones de CO₂ en un 15% con GLP y en un 30% con GNC, CO en un 80% con GLP y en un 20% con GNC, NO_x en un 60% con GLP y en un 75% con GNC, mientras que los HC se reducirían en un 30% con GLP o GNC.

Además, se estima el impacto en la reducción de CO equivalentes a un 2,1% y un 1,1% del total de CO₂ producido por el país si los vehículos se convirtieran a GNC o GLP respectivamente.

Las emisiones de material particulado MP2.5, si bien pueden ser reducidas mediante una restricción vehicular, esta debiese ser aplicada en forma particular a los vehículos diésel y no a un parque acotado por un año específico y arbitrario, pues este tipo de vehículos son los principales emisores de este tipo de contaminante.

Una de las razones en las que se sostiene la propuesta del gobierno es fomentar la renovación del parque vehicular, pero esto trasladará el problema de los vehículos, con el mismo grado de contaminación, hacia otras regiones, tal como sucedió durante los años 90 con la integración de los vehículos catalíticos, fomentando la renovación a estos únicamente con la finalidad de evitar la restricción vehicular, redistribuyendo la contaminación entre las distintas regiones del país. La solución, por tanto, sigue siendo a nivel local y no una solución integral a nivel país.

Además de los puntos expuestos anteriormente, existen otras complicaciones en las propuestas de las autoridades. Elegir el año de fabricación de un automóvil para imponer una restricción sin considerar sus emisiones efectivas es arbitrario, más aún si se tienen presentes las evidencias de que las emisiones de vehículos diésel son muy dañinas independiente de su antigüedad, siendo incluso motivo de estudio para prohibirlos en Europa. Los vehículos diésel ingresados al

país posterior al año 2011 son entre dos y tres veces más contaminantes que los vehículos bencineros más antiguos en circulación y, sin embargo, debido a su año de fabricación se les permitirá circular sin limitaciones.

La evolución del parque vehicular hacia una fracción creciente de vehículos diésel es, también, una evolución hacia un parque más contaminante y, excepto por la inclusión de un impuesto a la primera compra de vehículos más contaminantes, las autoridades no parecen estar actuando para revertir esta tendencia o, al menos, para desincentivar su uso. Debe considerarse que el principal atractivo para circular en vehículos diésel dice relación con el menor costo de su combustible, ya que paga un impuesto específico considerablemente más bajo que el de las gasolinas, por tanto, el diésel podría ser perfectamente reemplazable por el gas vehicular que pagan un impuesto similar.

Técnicamente, además, las iniciativas propuestas por el gobierno, fomentarán la compra de vehículos nuevos, lo cual va totalmente en contra de la tendencia mundial de movilidad urbana sustentable, fomentando el transporte público sustentable mediante incentivos adecuados para desincentivar el uso de los automóviles particulares, expansión de las redes de metro, trenes urbanos, teleféricos, tranvías, redes de ciclovías, vías exclusivas para buses, estos últimos operando con combustibles limpios.

Otro de los puntos ambientales concluyentes, es que la cantidad de vehículos si bien incide en la contaminación, no es directamente proporcional a los niveles de contaminación. Así, por ejemplo, en las Condes cuya tasa de motorización es de 437 vehículos por cada mil habitantes, la contaminación es 100 veces menor que en la comuna de Cerro Navia con una tasa de motorización de 102 vehículos por cada mil habitantes, y esto se puede explicar por la cantidad de industrias cercanas y a la cantidad de calles, veredas y parques que existen sin pavimentación, aumentando el polvo en suspensión.

En resumen, la serie de medidas ambientales individualmente pueden ser positivas, pero en conjunto resultan en una medida muy mal diseñada, generando además confusión a los ciudadanos.

8.2. Conclusiones económicas

La proyección de las autoridades respecto a las ventas de vehículos nuevos es que debiesen crecer y con ello renovar el parque vehicular, no obstante, el efecto real sería acotado puesto que la variabilidad en el precio del dólar y la economía estancada, recesiva y bajo crecimiento no fomentarán una gran inversión de parte de los usuarios automovilísticos, es decir, las proyecciones de crecimiento en las ventas de vehículos nuevos de un 28% al 2020 según la subsecretaría de transportes son cálculos demasiado optimistas. La población no está dispuesta a

realizar grandes inversiones, es más, de acuerdo a la encuesta realizada por el autor de esta tesina, vender el vehículo antiguo y comprarse uno nuevo tiene un 41% de aceptación, sin embargo, esta encuesta no considera el castigo que ya se le realiza al precio de los vehículos anteriores a 2012 como consecuencia del anuncio del gobierno. Será muy difícil vender un vehículo en la región Metropolitana y por tanto solo queda la opción de venderlo a un precio inferior o a regiones. La opción de comprar un segundo vehículo suma un 10% de las preferencias mientras que convertirlo a gas un 12%. Se comentó que la baja intención de conversión se debe principalmente a la poca información respecto a la opción del gas vehicular, lo cual se presenta como una gran oportunidad para las empresas distribuidoras de este combustible. La opción de utilizar el transporte público suma un 16% de las preferencias, debido a la desconfianza e incomodidad que este presenta.

El impacto entonces, de la intención del gobierno de renovar el parque automotriz al 2025 reduciendo la antigüedad del parque vehicular de 8 a 4 años promedio, se puede dar, pero lentamente, y es más probable que en el largo plazo aumente el parque vehicular debido a la compra de un segundo vehículo usado.

Durante los años 90 la implementación de la restricción vehicular coincidió con un periodo de mayor crecimiento económico, pero la situación actual es de estancamiento en el crecimiento, por tanto, es poco probable que la renovación del parque vehicular se produzca en el corto o mediano plazo. La medida de restricción vehicular por tanto afectará más fuertemente a la clase media.

Con respecto a los factores que inciden para no permitir la conversión libre de vehículos a gas vehicular, se descarta que la pérdida de ingresos fiscales por impuestos sea una de las razones, pues se ha estudiado que perfectamente esta pérdida de impuestos al desincentivar el uso de la gasolina puede compensarse con un 27,5% de aumento en el impuesto al tabaco, también causante de la contaminación, sin necesidad de aumentar el impuesto al gas vehicular y por ende sin aumentar el precio de este.

8.3. Conclusiones operacionales

Desde el punto de vista logístico, claramente es más fácil transportar gas licuado que gas natural, el costo de instalación de las estaciones surtidoras es menor, no obstante, debido al mayor volumen que utiliza, la capacidad de estas últimas es limitada al terreno disponible. A favor del Gas natural este puede almacenar un gran volumen al ser almacenado en forma líquida a altas presiones, pero el costo de instalación de cada central de gasificación es 10 veces el costo de una estación surtidora de GLP.

La instalación de GLP es más económica que la de GNC en la actualidad, no obstante, se desconoce las propuestas de las empresas distribuidoras en caso

de aceptarse la propuesta de esta tesina. En este estudio se proponen distintas alternativas de financiamiento, pero considerando los actuales valores de conversión. Las empresas distribuidoras deben establecer sus nuevas estrategias de marketing y precios para atraer a los clientes hacia el tipo de combustible.

Con respecto a la infraestructura para la distribución de gas natural GNC/GNL, esta se encuentra principalmente diseñada e implementada en zonas estratégicas para abastecer a la matriz de energía eléctrica, siendo su principal cliente, por tanto, no se observa en el corto plazo la inserción del gas natural como fuente de abastecimiento vehicular, siendo necesarias grandes inversiones para implementar este tipo de combustible para consumo vehicular. De esta forma se concluye que operacionalmente es bastante más sencillo implementar la solución vehicular con GLP.

8.4. Conclusiones sociales

La experiencia de los años 90 en nuestro país, y de otros países muestra que la restricción vehicular tiene efectos positivos en un comienzo, pero en el largo plazo desaparecen principalmente por la compra de vehículos adicionales por parte de los usuarios. Como consecuencia, se obtiene mayor contaminación y congestión.

También se ha propuesto por parte de las autoridades la opción de sortear la restricción mediante la compra de un pase diario, una especie de fianza para no tener restricción, pero esta propuesta carece de sentido pues no apunta a ninguno de los dos objetivos que son menor contaminación y menor congestión, por el contrario, incentivará la adquisición de un segundo vehículo o eventualmente que los usuarios asuman la multa y circulen igualmente, o peor aún, la falsificación de pases y generación de un mercado negro de estos.

Si la restricción por congestión que promueve el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones se implementara en paralelo a la que está impulsando el Ministerio de Medio Ambiente, los incentivos que cada uno promueve tenderían a anularse. Por ejemplo, un auto nuevo, caro y poco contaminante permitiría evitar la restricción por contaminación (de mayo a agosto), pero no la restricción por congestión, mientras que poseer un vehículo relativamente caro y nuevo encarecería el pase diario que podría permitir evitarla. De ese modo, en lugar de cambiar un auto relativamente antiguo por uno más nuevo, podría resultar más atractivo comprar un segundo auto viejo, contaminante y barato que permitirá con alta probabilidad evitar ambas restricciones. Pero más aún, si ambos automóviles llegaran a tener restricción por congestión el mismo día, sería más barato comprar un pase diario precisamente al vehículo más viejo, barato y contaminante. El resultado final puede ser incentivar la compra y/o desincentivar la renovación de los autos más contaminantes, produciendo, al final, más congestión y contaminación, y

como consecuencia, debido a su coexistencia e incompatibilidad mutua, ninguna de las dos propuestas lograría su propósito.

Las propuestas tienen asimismo una serie de dificultades prácticas. No es fácil la supervisión de la antigüedad de los automóviles para detectar los que no están autorizados a circular, aunque en principio se puede determinar sobre la base de la patente. Es aún más difícil fiscalizar que un automovilista sujeto a restricción efectivamente posea un pase diario, y peor aún, que no sea falsificado. Sin fiscalización efectiva, las consecuencias serán similares a lo que ocurrió con el Transantiago, en que la evasión supera todos los récords.

También se ha obviado las consideraciones de equidad que deben tomarse en cuenta. Los propietarios de automóviles más antiguos, en general de menores ingresos, tendrían una severa pérdida de valor, de aprobarse esta normativa

Capítulo IX

RECOMENDACIONES

Del estudio realizado en este trabajo de tesina, se entregan a continuación las recomendaciones como alternativa o complemento a las políticas públicas que se pretenden implementar a contar del año 2018:

9.1. Autorizar la conversión a gas vehicular de los particulares

Las autoridades no tienen razones concluyentes para continuar restringiendo el libre uso del gas vehicular para quienes quieran convertir su vehículo. Se debe aprobar una ley que permita libremente a los usuarios con vehículos a gasolina antiguos cuyo rango de fechas de inscripción sea entre el año 2002 y 2012, con revisión técnica y permiso de circulación al día, convertir sus vehículos a gas vehicular si así lo desean.

9.2. Gradualidad de la conversión vehicular

La oferta de conversión vehicular por parte de las empresas distribuidoras de gas vehicular, debe realizarse gradualmente de acuerdo a la siguiente secuencia:

- **Etapas 1:** Realizar un estudio de mercado, con la finalidad de establecer el real parque vehicular objetivo, esto es, del universo de vehículos que se ha definido en esta tesina, determinar el porcentaje real de usuarios dispuestos a convertir su vehículo a gas vehicular versus que porcentaje definitivamente renovará su vehículo.
- **Etapas 2:** Establecer las estrategias de marketing y financiamiento para los potenciales vehículos convertibles a gas vehicular. Definir acuerdos con el estado para subvencionar la conversión vehicular.
- **Etapas 3:** Ampliación de la capacidad de almacenamiento de plantas y/o construcción de nuevos terminales de recepción de gas por vía marítima, aumento de la flota de camiones semirremolques transportadores de gas vehicular, re definición de la frecuencia de la logística de abastecimiento, apertura de nuevos mercados de suministro.
- **Etapas 4:** Construcción de nuevas estaciones de recarga, de acuerdo a la estimación del universo de vehículos que realizarán la conversión a gas vehicular.
- **Etapas 5:** Logística de la distribución a las estaciones de recarga. Aumento de flota de camiones surtidores internos de cada compañía.

9.3. Aumento del Impuesto al tabaco

Se estudió en este trabajo, que el reemplazo de la gasolina como combustible para los vehículos del segmento objetivo reducirá la recaudación fiscal por impuesto a los combustibles en un 0,6% del total de la recaudación por concepto de impuestos, no obstante, esta puede ser perfectamente sustituida por un aumento de un 27% del impuesto al tabaco.

9.4. Restricción vehicular y tarificación vial a vehículos diésel

Se ha determinado en este estudio, que un vehículo diésel nuevo es aún más contaminante que algunos modelos a gasolina comprendidos entre el año 2002 y 2012. Por tanto, la autoridad no debe discriminar por rango de fechas de inscripción de los vehículos, sino que por su nivel contaminante. En este sentido, considerando la libertad para convertir los vehículos a gas vehicular, se debe aplicar restricción vehicular a aquellos vehículos más contaminantes, esto es, aquellos que no realicen la conversión, y a la totalidad de los vehículos diésel independiente de su año de fabricación.

Además, se deben establecer zonas de saturación vehicular con pago diferenciado para los vehículos más contaminantes mencionados anteriormente, y zonas de prohibición de ingreso.

Como forma de desincentivar la adquisición futura de vehículos diésel, se debe implementar un aumento considerable al impuesto específico y al impuesto verde como un “costo social de las emisiones” como la base impositiva para un impuesto.

9.5. Plan de renovación del Transporte público a modelos sustentables

Consecuentemente con el punto anterior, se deben establecer políticas públicas que exijan en las licitaciones próximas del Transantiago, la incorporación no del 0,03%, sino del 100% de los nuevos buses a incorporar al sistema de transportes de tipo ecológicos tales como los buses a GNC, buses Híbridos eléctricos/GLP y buses eléctricos, estos últimos, siempre que se cuente con una matriz energética sustentable de ERNC para su recarga.

9.6. Desincentivar el uso del automóvil

Un plan de que pretenda desincentivar del uso del automóvil particular no parte por prohibir la circulación de estos, como se han esmerado las autoridades, sino que, por implementar mejoras en el transporte público, nuevos sistemas de transporte eficientes, limpios, extender las líneas de metro y tren, tranvías de superficie, teleféricos que recorren grandes distancias, y un transporte público acorde con una gran metrópoli.

Se debe establecer una tarifa de peaje de ingreso al centro urbano de saturación y altas tarifas de estacionamiento, principalmente en las comunas de Santiago centro, Providencia, Las Condes y Vitacura, tal que desincentive la utilización del vehículo en dichas zonas saturadas.

Si las autoridades insisten en establecer restricciones de circulación a los automóviles, sin implementar alternativas al uso del vehículo, el parque vehicular continuará creciendo debido a la adquisición de más automóviles para evitar las restricciones.

9.7. Incentivos para conversión a gas vehicular

De autorizarse la conversión libre de los vehículos particulares del segmento objetivo a gas vehicular, se deben establecer diversos incentivos para que los usuarios comiencen a convertir sus automóviles:

- Bonos de financiamiento para la conversión
- Alternativas de financiamiento a plazo
- Reducción de impuestos en los permisos de circulación
- Mantener el beneficio de estar exentos de restricción vehicular
- Estacionamientos municipales a costo reducido
- Liberarlos de pago en zonas de tarificación vial y de restricción de acceso

9.8. Mejoras en infraestructura vial

Junto con los vehículos diésel, una de las principales causales de la contaminación por material particulado MP2.5 y MP10 corresponde a las partículas en suspensión como consecuencia de la mala pavimentación o sencillamente calles sin pavimento.

Implementar restricción vehicular no reducirá de forma significativa la contaminación por material particulado. Para ello se deben implementar planes de mejoramiento vial que incluya pavimentación y limpieza de calles de forma permanente.

Este plan se complementa con los planes de desincentivar el uso de los vehículos de manera la menor circulación de estos (no por restricción, sino que por mejor utilización de los transportes públicos) generen menos partículas en suspensión.

Estos planes también deben ir de la mano con mayores exigencias a las industrias y en la matriz energética de generación, también causantes de la contaminación por material particulado.

9.9. Diferenciación de las estrategias de contaminación y congestión

Los actuales planes de descontaminación implementados o en vías de implementación tanto por el ministerio de transportes y telecomunicaciones como por el ministerio del medio ambiente, apuntan a problemas muy diferentes, y deben ser enfrentadas con herramientas diferentes.

La contaminación es causada principalmente por fuentes fijas, como la calefacción a leña y las fábricas, y éstas son las fuentes que deben fiscalizarse. Respecto de las fuentes móviles, la contaminación causada por los camiones, buses y vehículos diésel es muchísimo mayor a la causada por los autos, pero nunca ha habido voluntad política para enfrentar a este sector.

En relación a la congestión, medidas más efectivas son las siguientes: ofrecer una alternativa real a los automovilistas como las indicadas en el punto 9.6., una política para regular el uso de estacionamientos, y posiblemente un esquema de tarificación en determinados sectores de la ciudad. Sin embargo, para ello se requiere voluntad política y asumir riesgos enfrentando a los gremios de transporte.

Con respecto a la restricción vehicular, un error que comenten actualmente las autoridades es que la restricción de circulación afecta a toda la ciudad, lo que olvida el hecho de que la congestión es un fenómeno acotado a puntos de saturación específicos. En cambio, un sistema de tarificación vial resulta ser una mejor idea para resolver el problema de la congestión, mejorar el flujo del transporte público y permitir a la restricción por contaminación alcanzar sus objetivos.

Capítulo X
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Abastible*. (2017).
- Abastible S.A. (2012). *Densidades típicas de producto para venta a público*. Santiago.
- Abastible S.A. (2017). Obtenido de <http://www.abastible.cl>
- AEGPL. (2015). *European LPG association*. Obtenido de <http://www.aegpl.eu/lpg-an-exceptional-energy/what-is-lpg-used-for/move-with-lpg.aspx>
- American Society of Nephrology*. (2017). Obtenido de <https://www.asn-online.org>
- ANAC. (2015). *Anuario automotriz ANAC*. Santiago. Obtenido de www.anac.cl
- Angel Carabias, GLP Chile. (2013). *Mercado, abastecimiento y distribución de GLP en Chile*. Santiago.
- Banco Central de Chile. (2017). *Banco Central de Chile*. Obtenido de <http://si3.bcentral.cl/boletin/secure/boletin.aspx?idcanasta=Y9ACY5153>
- Banco Mundial. (2017). *Banco Mundial*. Obtenido de https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?end=2013&locations=CL&name_desc=false&start=1960&view=chart
- Casilas, D. (16 de 7 de 2016). Contaminación aumenta los problemas de salud entre las personas. *Publímetro*.
- CEDIGAZ. (2016). <http://www.cedigaz.org/>.
- Chile Libre de Tabaco*. (2015). Obtenido de <http://www.chilelibredetabaco.cl>
- CNE . (2017). *Comisión nacional de Energía*. Obtenido de <https://www.cne.cl/estadisticas/hidrocarburo/>
- Cortes, C. (19 de Agosto de 2013). La opción por el gas vehicular. *La Tercera*.
- El Clarín de Buenos Aires. (15 de Abril de 2016). Se duplicó el precio del GNC y ya no es negocio convertir el auto. Buenos Aires, Argentina.
- emissions, G. c.-d. (2014). Transport policy net is jointly developed and maintained by the International Council on Clean Transportation.
- Enríquez, S. (1 de Febrero de 2017). "El eléctrico está de moda, pero el de GLP es la alternativa real". *El Mundo*.
- Fernández, F. (04 de 10 de 2016). Las claves del plan que pretende disminuir en un 60% la contaminación de Santiago a partir 2017. *El Mercurio*.
- Florida Propane Gas Association. (2016). *Florida Propane Gas Association*. Obtenido de http://www.floridapropane.org/uploadedimages/state/florida/FlipBook_JanFeb/files/basic-html/page20.html

- Fresneda, C. (2 de Diciembre de 2016). Grandes ciudades como París, Atenas y Ciudad de México acuerdan prohibir los coches diésel en 2025. *El Mundo (España)*.
- Gas Natural Vehicular. (2017). Obtenido de <http://www.gnv.cl>
- Gutierrez, M. (15 de Julio de 2015). Chile encabeza ranking de uso de vehículo con promedio de 29 mil km recorridos al año. *El Mercurio*.
- ISSRC. (2007). *International Vehicle Emissions Model*. Obtenido de <http://www.issrc.org/ive/>
- Mena, M. (2014). *Paper Centro de investigación para la sustentabilidad*. Santiago: UNAB.
- Ministerio del medio ambiente, G. d. (2015). *Estimación del gasto público en protección ambiental en Chile*. Obtenido de <http://www.mma.gob.cl>
- Morales, M. C. (2011). *ánalisis de emisiones de vehiculos livianos según ciclos de conducción específicos para la región Metropolitana*. Santiago: Universidad de Chile.
- Mostrador, E. (15 de 2 de 2017). *El Mostrador*. Obtenido de <http://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2017/02/15/informe-estado-global-del-aire-2017-revela-que-muertes-por-contaminacion-llegaron-a-5-900-en-2015-en-chile/>
- MTT. (2017). *Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile*. Obtenido de <http://www.mtt.gob.cl/archivos/5548>
- SEC. (2015). *Mercado GLP*. Santiago.
- SEREMI. (2015). *Informe Final para la Gestión de episodios criticos de contaminación atmosférica por material particulado respirable (MP10)*. Santiago: Ministerio del medio ambiente.
- SEREMI. (2015). Informe Final para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (MP10). *Informe Final para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (MP10)*.
- SINCA. (2016). <http://sinca.mma.gob.cl/>.
- Subsecretaría de Transporte. (2013). *Subsecretaría de Transporte, Gobierno de Chile*. Obtenido de <http://datos.gob.cl/dataset/31616>
- THAN, K. (12 de 1 de 2015). *Stanford University*. Obtenido de <http://news.stanford.edu/2015/01/12/emissions-social-costs-011215/>
- Volvo, A. (9 de 2 de 2017). *Volvo Group*. Obtenido de <http://www.volvogroup.com>

Capítulo XI

ANEXOS

Anexo 1: Tasa de motorización por comunas de la región Metropolitana

TASA DE MOTORIZACIÓN POR COMUNAS			
Comuna	Habitantes x 1.000	Vehiculos x 1.000	Tasa de motorización (Vehiculos x cada 1.000 habitantes)
Vitacura	96,2	48,7	506
Providencia	148,1	66,7	451
Las Condes	309,2	135	437
Lo Barnechea	104,1	40,1	385
La Reina	94,7	34,1	350
Nuñoa	211,3	65,4	310
Macul	118,3	24,9	210
San Miguel	93,4	18,2	194
Peñalolen	242,5	45,1	186
Pirque	22,5	3,9	175
Santiago	344,8	59,9	171
La Florida	384,6	64,6	168
Huechuraba	91	14,9	164
Maipú	516,4	77	149
La Cisterna	87,8	12,9	147
San Joaquín	90,7	12,9	142
Buín	72,1	10,1	140
Independencia	73,8	10,3	140
Cerrillos	78,6	10,8	137
Colina	100,7	13,7	136
Estación Central	126,4	16,6	131
Quilicura	191,9	25,1	131
Isla de Maipo	24,1	3,1	129
Melipilla	78,9	10	127
Pedro Aguirre	108,5	13,7	126
Puente Alto	563,5	70,9	126
Lampa	76,2	9,4	123
Pudahuel	236,4	29,1	123
Recoleta	167,6	20,5	122
San Bernardo	259,4	31,7	122
Renca	148,5	17,6	119
Lo Prado	98,9	11,7	118
Talagante	52,4	6,2	118
El Bosque	168,3	19,5	116
Peñaflor	79,7	8,7	109
San Ramón	91,4	9,9	108
Quinta Normal	110	11,8	107
La Granja	130,3	13,7	105
Conchalí	126,4	13,1	104
Calera de Tabazú	23,4	2,4	103
Cerro Navia	137,8	14,1	102
Lo Espejo	103,8	10	96

Anexo 2: Impuesto al tabaco en Chile por marca

MARCA	TIPO DE ENVASE	CANTIDAD DE CIGARRILLOS	TAMAÑO DEL CIGARRILLO	OTRAS CARACTERÍSTICAS	PRECIO	COSTO REAL	IMPUESTO	PRECIO UNIDAD
ATLAS	Box	20	King Size	Rojo	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
ATLAS	Box	20	King Size	White	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
ATLAS	Box	20	King Size	Green Label	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
BELMONT	Box	10	King Size	Azul	\$ 1.600	\$ 304	1.296	\$ 160
BELMONT	Box	10	King Size	Azul New Pack	\$ 1.600	\$ 304	1.296	\$ 160
BELMONT	Box	10	King Size	Rojo	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
BELMONT	Box	20	King Size	Switch	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
BELMONT	Box	20	King Size	Gris	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
BELMONT	Box	20	King Size	Azul	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
BELMONT	Box	20	King Size	Azul New Pack	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140
BELMONT	Box	20	King Size	Rojo	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
BELMONT	Box	20	King Size	Rojo New Pack	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
BELMONT	Soft Cup	20	King Size	Azul New Pack	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140
BELMONT	Soft Cup	20	King Size	Azul	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
BELMONT	Soft Cup	20	King Size	Rojo	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
BELMONT	Soft Cup	20	King Size	Rojo New Pack	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140
CHUNGHWA	Box	20	King Size	5000	\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150
CHUNGHWA	Box	20	King Size		\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150
CJ	Box	20	King Size	Sky Azul	\$ 2.400	\$ 456	1.944	\$ 120
DUNHILL	Box	20	King Size	Dunhill Fine Cut of London Limited	\$ 3.100	\$ 589	2.511	\$ 155
DUNHILL	Box	20	King Size	Dunhill of London Fine Cut	\$ 3.100	\$ 589	2.511	\$ 155
DUNHILL	Box	20	King Size	Switch	\$ 3.500	\$ 665	2.835	\$ 175
DUNHILL	Box	20	King Size	Dunhill Fine Cut of London Flow Filter	\$ 3.100	\$ 589	2.511	\$ 155
DUNHILL	Box	20	King Size	Master	\$ 3.500	\$ 665	2.835	\$ 175
DUNHILL	Box	20	King Size	Full Red	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
DUNHILL	Box	20	King Size	Black	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
DUNHILL	Box	20	King Size	Blonde	\$ 3.500	\$ 665	2.835	\$ 175
GOLDEN DEER	Box	20	King Size	Azul	\$ 2.100	\$ 399	1.701	\$ 105
HILTON	Box	20	King Size	Red	\$ 2.400	\$ 456	1.944	\$ 120
HILTON	Box	20	King Size	Blue	\$ 2.400	\$ 456	1.944	\$ 120
HILTON	Soft Cup	20	King Size	Red	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
HILTON	Soft Cup	20	King Size	Blue	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
INDY	Box	20	80 MM	Azul	\$ 2.100	\$ 399	1.701	\$ 105
INDY	Box	20	80 MM	Rojo	\$ 2.100	\$ 399	1.701	\$ 105
JL	Box	20	80 MM	Mentol	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 65
KENT	Box	10	King Size	B. Series	\$ 1.700	\$ 323	1.377	\$ 170
KENT	Box	10	King Size	Silver	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 150
KENT	Box	10	King Size	Silver Tube	\$ 1.800	\$ 342	1.458	\$ 180
KENT	Box	11	King Size	Silver	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 136
KENT	Box	20	King Size	iBOOST	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
KENT	Box	20	King Size	White	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
KENT	Box	20	King Size	Silver	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
KENT	Box	20	King Size	Switch	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
KENT	Box	20	King Size	Blue	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
KENT	Box	20	King Size	iSwitch	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
KENT	Box	20	King Size	B. Series	\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150
KENT	BOX	20	King Size	IMIX	\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150
KENT	Box	20	King Size	Actron	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
KENT	Box	20	King Size	Silver Tube	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165

MARCA	TIPO DE ENVASE	CANTIDAD DE CIGARRILLOS	TAMANO DEL CIGARRILLO	OTRAS CARACTERISTICAS	PRECIO	COSTO REAL	IMPUESTO	PRECIO UNIDAD
KENT	Box	20	King Size	White Tube	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
L & M	Box	10	King Size	Rojo	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
L & M	Box	10	King Size	Gris	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
L & M	Box	10	King Size	Azul	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
L & M	Box	20	King Size	Rojo	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140
L & M	Box	20	King Size	Gris	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140
L & M	Box	20	King Size	Azul	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140
LATINO	Box	20	King Size	Freeze	\$ 2.300	\$ 437	1.863	\$ 115
LATINO	Box	20	King Size	Zero	\$ 2.200	\$ 418	1.782	\$ 110
LATINO	Box	20	King Size	Rojo	\$ 2.100	\$ 399	1.701	\$ 105
LATINO	Box	20	King Size	Azul	\$ 2.100	\$ 399	1.701	\$ 105
LATINO	Soft Cup	10	King Size	Freeze	\$ 1.100	\$ 209	891	\$ 110
LATINO	Soft Cup	10	King Size	Zero	\$ 1.050	\$ 200	851	\$ 105
LATINO	Soft Cup	10	King Size	Rojo	\$ 1.050	\$ 200	851	\$ 105
LATINO	Soft Cup	10	King Size	Azul	\$ 1.050	\$ 200	851	\$ 105
LATINO	Soft Cup	20	King Size	Rojo	\$ 2.100	\$ 399	1.701	\$ 105
LATINO	Soft Cup	20	King Size	Azul	\$ 2.100	\$ 399	1.701	\$ 105
LIQUN	Box	20	King Size	Rojo	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Blue	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 150
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Click & Roll Patterson	\$ 1.900	\$ 361	1.539	\$ 190
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Twins	\$ 2.000	\$ 380	1.620	\$ 200
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Red	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 150
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Original Tobacco Blue	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Click & Roll	\$ 1.600	\$ 304	1.296	\$ 160
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Indigo	\$ 1.900	\$ 361	1.539	\$ 190
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Wild	\$ 2.000	\$ 380	1.620	\$ 200
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Patterson Blue	\$ 1.800	\$ 342	1.458	\$ 180
LUCKY STRIKE	Box	10	King Size	Patterson Red	\$ 1.800	\$ 342	1.458	\$ 180
LUCKY STRIKE	Box	11	King Size	Patterson Red	\$ 1.700	\$ 323	1.377	\$ 155
LUCKY STRIKE	Box	11	King Size	Patterson Blue	\$ 1.700	\$ 323	1.377	\$ 155
LUCKY STRIKE	Box	11	King Size	Patterson Switch	\$ 1.600	\$ 304	1.296	\$ 145
LUCKY STRIKE	Box	12	King Size	Click & Roll Patterson	\$ 1.600	\$ 304	1.296	\$ 133
LUCKY STRIKE	Box	12	King Size	Patterson Blue	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 125
LUCKY STRIKE	Box	12	King Size	Patterson Red	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 125
LUCKY STRIKE	Box	16	King Size	Blue	\$ 1.800	\$ 342	1.458	\$ 113
LUCKY STRIKE	Box	16	King Size	Red	\$ 1.800	\$ 342	1.458	\$ 113
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Patterson Red	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Blue	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Indigo	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	SILVER	\$ 2.000	\$ 380	1.620	\$ 100
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Boost Patterson	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Wild	\$ 3.500	\$ 665	2.835	\$ 175
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Click & Roll Fresh	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Twins	\$ 3.500	\$ 665	2.835	\$ 175
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Patterson Blue	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Click & Roll Patterson	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Click & Roll	\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Red	\$ 3.100	\$ 589	2.511	\$ 155
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Original Tobacco Red	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140

MARCA	TIPO DE ENVASE	CANTIDAD DE CIGARRILLOS	TAMANO DEL CIGARRILLO	OTRAS CARACTERISTICAS	PRECIO	COSTO REAL	IMPUESTO	PRECIO UNIDAD
LUCKY STRIKE	Box	20	King Size	Original Tobacco Blue	\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150
LUCKY STRIKE	Soft Cup	20	King Size	Red	\$ 2.400	\$ 456	1.944	\$ 120
LUCKY STRIKE	Soft Cup	20	King Size	Blue	\$ 2.400	\$ 456	1.944	\$ 120
LUCKY STRIKE	Soft Cup	20	King Size	Silver	\$ 1.900	\$ 361	1.539	\$ 95
MÁLAGA	Soft Cup	10	King Size	Celeste	\$ 500	\$ 95	405	\$ 50
MÁLAGA	Soft Cup	10	King Size	Azul	\$ 500	\$ 95	405	\$ 50
MARLBORO	Box	10	King Size	Red	\$ 1.400	\$ 266	1.134	\$ 140
MARLBORO	Box	10	King Size	Silver	\$ 1.400	\$ 266	1.134	\$ 140
MARLBORO	Box	10	King Size	Gold Original	\$ 1.400	\$ 266	1.134	\$ 140
MARLBORO	Box	20	King Size	Gold Limited Edition	\$ 2.200	\$ 418	1.782	\$ 110
MARLBORO	Box	20	King Size	Red	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
MARLBORO	Box	20	King Size	Gold Original	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
MARLBORO	Box	20	King Size	Double Fusion	\$ 3.400	\$ 646	2.754	\$ 170
MARLBORO	Box	20	King Size	Gold Beyond	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
MARLBORO	Box	20	King Size	Red Limited Edition	\$ 1.900	\$ 361	1.539	\$ 95
MARLBORO	Box	20	King Size	Ice Blast	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
MARLBORO	Box	20	King Size	Silver	\$ 3.300	\$ 627	2.673	\$ 165
PACIFIC	Soft Cup	20	Super Long	Azul	\$ 2.200	\$ 418	1.782	\$ 110
PACIFIC	Soft Cup	20	Super Long	Rojo	\$ 2.200	\$ 418	1.782	\$ 110
PALL MALL	Box	10	King Size	Azul Click On	\$ 1.700	\$ 323	1.377	\$ 170
PALL MALL	BOX	10	King Size	Click On Menta Intensa	\$ 1.700	\$ 323	1.377	\$ 170
PALL MALL	Box	10	King Size	Gris	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 150
PALL MALL	Box	10	King Size	Blue	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
PALL MALL	Box	10	King Size	Red	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
PALL MALL	Box	10	King Size	4	\$ 1.300	\$ 247	1.053	\$ 130
PALL MALL	Box	12	King Size	Azul Click On	\$ 1.200	\$ 228	972	\$ 100
PALL MALL	Box	12	King Size	Click On Menta Intensa	\$ 1.200	\$ 228	972	\$ 100
PALL MALL	Box	15	King Size	Red	\$ 1.200	\$ 228	972	\$ 80
PALL MALL	Box	15	King Size	Blue	\$ 1.200	\$ 228	972	\$ 80
PALL MALL	BOX	16	King Size	Azul Click On	\$ 1.500	\$ 285	1.215	\$ 94
PALL MALL	Box	16	King Size	Rojo	\$ 1.000	\$ 190	810	\$ 63
PALL MALL	Box	16	King Size	Azul	\$ 1.000	\$ 190	810	\$ 63
PALL MALL	Box	20	King Size	Rojo Click On	\$ 1.700	\$ 323	1.377	\$ 85
PALL MALL	Box	20	King Size	Azul Click On	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
PALL MALL	Box	20	King Size	Gris	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PALL MALL	Box	20	King Size	Rojo	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PALL MALL	Box	20	King Size	Azul	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PALL MALL	Box	20	King Size	Click On Menta Intensa	\$ 2.900	\$ 551	2.349	\$ 145
PALL MALL	Soft Cup	18	King Size	7	\$ 1.200	\$ 228	972	\$ 67
PALL MALL	Soft Cup	18	King Size	BLUE	\$ 2.200	\$ 418	1.782	\$ 122
PALL MALL	Soft Cup	18	King Size	Red	\$ 2.200	\$ 418	1.782	\$ 122
PALL MALL	Soft Cup	20	King Size	AZUL	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PALL MALL	Soft Cup	20	King Size	ROJO	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PHILLIP MORRIS	Box	11	King Size	Caps	\$ 1.700	\$ 323	1.377	\$ 155
PHILLIP MORRIS	Box	16	King Size	Red	\$ 2.000	\$ 380	1.620	\$ 125
PHILLIP MORRIS	Box	16	King Size	Blue	\$ 2.000	\$ 380	1.620	\$ 125
PHILLIP MORRIS	Box	20	King Size	Red	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PHILLIP MORRIS	Box	20	King Size	Caps	\$ 2.800	\$ 532	2.268	\$ 140
PHILLIP MORRIS	Box	20	King Size	Silver	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PHILLIP MORRIS	Box	20	King Size	Blue	\$ 2.600	\$ 494	2.106	\$ 130
PHILLIP MORRIS	SP	20	King Size	Red	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
PHILLIP MORRIS	SP	20	King Size	Blue	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
PHILLIP MORRIS	SP	20	King Size	Silver	\$ 2.500	\$ 475	2.025	\$ 125
SS	Box	20	Long 100 mm	Tradicional	\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150
SS	Box	20	Long 100 mm	Green	\$ 3.000	\$ 570	2.430	\$ 150

Precio promedio unidad	\$	135,6
Valor real unidad	\$	25,8
Impuesto 81% unidad	\$	109,8

Anexo 3: Ranking mundial de motorización

PAIS	NUMERO DE AUTOS POR CADA 1.000 PERSONAS	NUMERO DE PERSONAS POR CADA 1.000 VEHICULOS
PUERTO RICO	805	1,24
LUXEMBURGO	746	1,34
ISLANDIA	720	1,39
MALTA	665	1,50
BAHRAIN	662	1,51
NEW ZEALAND	648	1,54
LITHUANIA	623	1,61
CANADA	612	1,63
ITALIA	607	1,65
FINLANDIA	592	1,69
AUSTRALIA	563	1,78
AUSTRIA	552	1,81
ALEMANIA	537	1,86
SUIZA	535	1,87
POLONIA	523	1,91
REINO UNIDO	514	1,95
ESLOVENIA	513	1,95
ESTONIA	502	1,99
NORUEGA	498	2,01
BELGICA	496	2,02
FRANCIA	492	2,03
HOLANDA	488	2,05
JAPON	478	2,09
SUECIA	478	2,09
ESPAÑA	468	2,14
REPUBLICA CHECA	461	2,17
GRECIA	460	2,17
BRUNEI	450	2,22
KUWAIT	431	2,32
PORTUGAL	421	2,38
BULGARIA	419	2,39
DINAMARCA	417	2,40
IRLANDA	411	2,43
CHIPRE	399	2,51
GUAM	386	2,59
ESTADOS UNIDOS	375	2,67
MALASIA	365	2,74
ESLOVAQUIA	355	2,82
CROACIA	343	2,92
LATVIA	329	3,04
LIBIA	327	3,06
COREA DEL SUR	318	3,14
ISRAEL	317	3,15
BELARUS	316	3,16
BERMUDA	315	3,17
HUNGRIA	314	3,18
RUSIA	304	3,29
BARBADOS	288	3,47
BRASIL	286	3,50
QATAR	283	3,53
SURINAME	280	3,57
ARGENTINA	270	3,70
CHILE	250	4,00