



Ministerio de Energía

**Informe Técnico Preliminar para el
Establecimiento del Estándar
de Eficiencia Energética Vehicular
Vehículos Motorizados Medianos**

Octubre 2023

Santiago - Chile

Resumen Ejecutivo

El día 13 de febrero de 2021 fue publicada en el Diario Oficial la Ley 21.305 sobre eficiencia energética, la cual, entre otros temas, mandata en su artículo 7° el establecimiento de estándares de rendimiento energético para vehículos livianos, medianos y pesados. En este artículo se indica que la resolución que establece los primeros estándares debe dictarse en el plazo de doce meses para los vehículos livianos, de treinta y seis meses para los vehículos medianos y de sesenta meses para los vehículos pesados. La norma de estandarización de eficiencia energética para vehículos motorizados livianos fue publicada en el Diario Oficial el 8 de febrero de 2022, y entrará en vigor una vez transcurridos veinticuatro meses de esta fecha. En el caso de los vehículos medianos, para la definición de los estándares de eficiencia energética se elabora el presente informe, cuyo objetivo es entregar los antecedentes y análisis considerados en la propuesta de estándar.

En términos energéticos, en el año 2021 el sector transporte en Chile consumió 103.507 [Tcal] alcanzando una participación del 35,5% de la energía secundaria total demandada, proveniente principalmente de derivados del petróleo (98,9%), generando un gran impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel nacional. El 86,4% del consumo de este sector está asociado al transporte terrestre caminero. En este contexto, Chile se ha impuesto metas para mejorar el uso de la energía en el sector transporte y disminuir la intensidad de emisiones GEI del mismo.

Actualmente, no existe una industria nacional productora o armadora de vehículos medianos, por lo que la totalidad de los vehículos vendidos en Chile son importados de diferentes mercados donde, según la literatura revisada, hay índices que catalogan nuestro mercado automotriz como una industria desconcentrada. En el caso de los vehículos medianos, a lo largo de los años, la composición de las ventas de vehículos por tipo se ha mantenido relativamente constante, dominando los vehículos a diésel. Los vehículos híbridos (con y sin recarga exterior) y eléctricos, en conjunto, tuvieron una participación de 0,07% y 0,29% en 2020 y 2021, respectivamente. Si bien, la proporción de vehículos de estas categorías es baja, se identifica que hubo un importante aumento en sus ventas, pasando de 36 unidades vendidas en 2020, a 269 unidades en 2021. Con respecto a los rendimientos energéticos del parque nuevo nacional, no se han registrado mejoras significativas, situación análoga para las emisiones promedio.

Dado este contexto, en el artículo 7° de la Ley 21.305 sobre eficiencia energética, se propone definir metas de rendimiento energético, considerando la exitosa experiencia internacional de legislaturas como China, Corea del Sur, México, Canadá, entre otras, que han establecido estándares de rendimiento energético y/o de emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos livianos de pasajeros y también a vehículos comerciales livianos, camiones ligeros o medianos, según sus definiciones locales.

El estándar de eficiencia energética vehicular en Chile, según lo establecido en el artículo 7° de la Ley 21.305, constará de metas de rendimiento energético, cuya métrica será calculada en kilómetros por litros de gasolina equivalente. Además, se indicará su equivalencia en gramos de CO₂ por kilómetro. Ambos valores serán determinados usando la información contenida en el proceso de homologación del vehículo, donde se propone usar el rendimiento mixto.

Los vehículos que estarán afectos al estándar de eficiencia energética en esta etapa serán los vehículos medianos, que de acuerdo con la definición del DS N°54 de 1994 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, actualmente corresponde a aquellos vehículos con peso bruto vehicular igual o superior a los 2.700 kg e inferior a los 3.860 kg.

Se propone que el descriptor a utilizar en el establecimiento del estándar sea la masa de referencia del vehículo, considerada como la masa del vehículo en orden de marcha restándole la masa uniforme de un conductor de 75 kg y sumándole una masa uniforme de 100 kg, más el 15% del peso bruto vehicular¹. Se utiliza este indicador porque presenta mayor correlación estadística con el rendimiento, a diferencia de otros indicadores de tamaño o peso bruto del vehículo, y porque permite hacer comparaciones directas con mercados internacionales de relevancia.

Según lo indicado en la Ley 21.305, los responsables del cumplimiento serán los importadores o representantes para cada marca de vehículos. Se evaluará el rendimiento energético para cada importador o representante según corresponda, en base al promedio de los rendimientos de todos los vehículos para los cuales cada responsable emitió un Certificado de Homologación Individual.

El rendimiento energético exigido que se propone en Chile, para cada responsable en cada año, estaría definido según la siguiente expresión:

$$RE_{i,t}^{exigido} = a * M_{i,t} + C_t$$

Donde: $RE_{i,t}^{exigido}$ corresponde al rendimiento energético exigido al importador i en el año t (km/l_{ge}); a corresponde a la pendiente de la recta igual a -0,0016 ((km/l_{ge})/kg), derivado de la recta característica del mercado nacional de vehículos medianos en 2021; $M_{i,t}$ corresponde a la masa de referencia promedio de los vehículos medianos importados por el representante i en el año t (kg); y C_t corresponde al intercepto, que es la constante que define la exigencia del estándar en cada año t (km/l_{ge}).

Preliminarmente, se define una propuesta de estándar, cuyos valores se registran en la siguiente tabla:

Año	Estándar
2026 - 2027	11,1 km/l _{ge}
2028 - 2029	12,7 km/l _{ge}
2030 - 2032	15,3 km/l _{ge}

Esta propuesta implica que, si bien para cada responsable el valor de estándar mínimo que debe cumplir cada año será distinto, dado que es un valor que depende de la masa de referencia promedio de los vehículos homologados por dicho responsable en cada año, el estándar en sí corresponde a la fórmula antes indicada, la cual es igual para todos los responsables.

¹ La masa de referencia (en ciclo WLTP) corresponde a la masa en vacío del vehículo (la que considera el vehículo en vacío más todos los líquidos requeridos para su funcionamiento) más una masa uniforme de 100 kg, adicional a un 15% del peso bruto vehicular.

La Ley 21.305 indica además que las sanciones serán ejecutadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, quien aplicará una multa de hasta 0,2 UF por cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por debajo del estándar definido para un año determinado, multiplicado por el número total de certificados de homologación individual emitidos en el año respectivo. Para aquellos responsables que incumplan el estándar en un cierto año y deban pagar una multa, la Ley 21.305 establece que durante el año inmediatamente siguiente a aquel en que se constate el incumplimiento del respectivo estándar de eficiencia energética, y en caso que quien hubiere sido sancionado supere su meta anual de eficiencia energética, se podrá descontar de la multa del año anterior el monto resultante de multiplicar cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por sobre el estándar de eficiencia energética definido para ese año. En caso de no descontarse total o parcialmente la multa del año anterior, se procederá al cobro de la parte de ésta que corresponda.

Finalmente, la Ley 21.305 indica que, para determinar el nivel de cumplimiento del estándar de eficiencia energética, se podrá contar hasta tres veces el rendimiento de cada vehículo eléctrico o híbrido con recarga eléctrica exterior, así como también otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía. Para el establecimiento de este primer estándar, se considerará este multiplicador igual a 3.

En el presente informe, se desarrolla el análisis de la implementación de estándares de eficiencia energética para vehículos medianos, evaluando una propuesta preliminar de estandarización que, al proyectar el parque de vehículos medianos, se estima una disminución en el consumo energético del sector, producto del cumplimiento del estándar. Para el escenario propuesto, la diferencia de consumo energético entre el escenario de base y el escenario de cumplimiento del estándar aumenta gradualmente por el efecto acumulativo del ahorro de los vehículos que permanecen en circulación.

La implementación del estándar propuesto puede generar ahorros energéticos anuales de 533 [Tcal] al 2026, y de 9.061 [Tcal] al 2035. Al mismo tiempo, la contribución de las alternativas al presupuesto de carbono al 2030 (meta NDC 2020²), será de 3,0 MM ton CO₂. Esto significa que podría aportar un 4,4% a las acciones de mitigación necesarias para el período 2020 a 2030.

Con respecto al análisis de costo-beneficio para el usuario, se identifica que la mejora de rendimiento del vehículo implicará un menor gasto por consumo de combustible, lo que es un beneficio directo a los consumidores, contrarrestando la eventual alza de precios de vehículos de mayor rendimiento.

Bajo el supuesto de que los responsables de modelos de vehículos que inicialmente no cumplen el estándar toman la decisión de mejorarlos tecnológicamente para que sí lo hagan, y que el costo asociado a ello es traspasado directamente a los consumidores, se estima que la variación promedio de precios del mercado en el primer año de vigencia del estándar sería de un 4,6%. Cabe recordar que esta sería una cota superior, ya que se asume que toda la inelasticidad está de parte de los consumidores.

² Al 2030, se espera que la diferencia entre el escenario de referencia y el escenario requerido para el cumplimiento de la NDC sea de 68 MM tonCO_{2eq}.

Sin embargo, este costo adicional tendría un período promedio de retorno de inversión de 18 meses. Los ingresos (determinados a partir de los ahorros) son calculados mediante la diferencia de rendimientos entre la situación actual y el estándar exigido. Así, se estima que los ahorros anuales promedio alcanzarían los \$796.791, lo que implica que luego de los 18 meses sólo habría beneficios para los consumidores.

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	2
Tabla de contenido.....	6
1. Introducción	8
1.1 Ley 21.305 sobre eficiencia energética y la importancia de los estándares de eficiencia energética vehicular	8
2. Antecedentes internacionales	10
2.1 Consumo energético del sector transporte en el mundo	10
2.2 Medidas de eficiencia energética en el sector transporte.....	12
3. Antecedentes nacionales	17
3.1 Consumo energético del sector transporte en Chile	17
3.2 Medidas de eficiencia energética en el sector transporte.....	18
3.3 Caracterización del mercado de vehículos medianos	20
3.4 Caracterización de ventas de vehículos medianos en 2020.....	23
3.5 Rendimiento histórico del parque de vehículos medianos en Chile.....	25
3.6 Antecedentes para proyección del rendimiento de los vehículos medianos para el mercado nacional.....	29
4. Propuesta estándares de eficiencia energética para Vehículos Medianos.....	32
4.1 Tipo de estándar y su métrica	32
4.2 Gasolina equivalente.....	33
4.3 Vehículos regulados	34
4.4 Ciclo de Pruebas.....	34
4.5 Descriptor	35
4.6 Responsables del Cumplimiento	36
4.7 Alternativas de estándares posibles a definir	37
4.8 Sanciones por incumplimientos propuestas para Chile.....	40
4.9 Crédito Inter-temporal por incumplimiento	41
4.10 Multiplicador.....	42
5. Impacto estimado del estándar de eficiencia Energética para Vehículos Medianos.....	44
5.1 Impacto en el consumo de energía y reducción de emisiones de GEI.....	44
5.1.1 Metodología de cuantificación de ahorros energéticos	44
5.1.2 Ahorros energéticos y emisiones del estándar propuesto	46

5.2	Análisis de costo y beneficios para los consumidores	49
5.2.1	Impacto en el precio de los vehículos	49
5.2.1.1	Resultados Metodología 1.....	50
5.2.1.2	Resultados Metodología 2.....	51
5.2.2	Retorno de inversión de consumidores	52
6.	Conclusiones.....	54
7.	Glosario de Términos	55
	Bibliografía	58

1. Introducción

1.1 Ley 21.305 sobre eficiencia energética y la importancia de los estándares de eficiencia energética vehicular

A nivel mundial, la necesidad de avanzar en compromisos climáticos, reducir la contaminación en ciudades, disminuir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la seguridad de suministros, ha impulsado a diversas economías a aplicar y extender los estándares de rendimiento energético y/o de emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos livianos de pasajeros también a vehículos comerciales livianos y camiones ligeros o medianos, según sus definiciones locales³.

Pese a que no existe un entendimiento común respecto a cómo las diferentes legislaturas definen a los vehículos medianos y/o comerciales, hoy en día, 8 jurisdicciones (Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Corea del Sur, China, México y Arabia Saudita)⁴ han extendido sus estándares de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o rendimiento energético para vehículos este segmento vehicular.

En el contexto nacional, la Ley de Eficiencia Energética, promulgada en 2021, mandata al Ministerio de Energía a fijar estándares de eficiencia energética para vehículos livianos, medianos y pesados, que consistirán en metas de rendimiento energético (Ministerio de Energía, 2021). Estos serán implementados en forma escalonada, partiendo por los vehículos livianos, para seguir con los medianos y finalmente los pesados, igualando la regulación con las economías más avanzadas en esta materia.

Adicionalmente, en la reciente actualización de la Estrategia Nacional de Electromovilidad se ha planteado como meta que al 2035 el 100% de las ventas de vehículos livianos y medianos sean cero emisiones (Gobierno de Chile, 2021). Para cumplir esta meta se requerirán de incentivos que fomenten la compra de vehículos cero emisiones, pero también de regulaciones que impulsen a las compañías a disponer en el mercado vehículos de combustión más eficientes. En este sentido, los estándares para los segmentos de vehículos livianos y medianos jugarán un rol fundamental, ya que serán probablemente el instrumento de política pública que habilitará en el mediano plazo, mediante la fijación de rendimientos mínimos corporativos e incentivos a la compra de vehículos eléctricos, la masificación de los vehículos cero y baja emisiones.

En este documento, se presenta en la segunda sección un resumen del estado actual de implementación de estándares para vehículos medianos y/o comerciales a nivel global. En la tercera sección se presentan los resultados del análisis de bases de datos para el mercado nacional actual, en la cuarta sección se reportan recomendaciones para la definición de estándares de rendimiento energético en este segmento, así como la comparativa del mercado local con el resto del mundo.

³ Pese a que existen diferencias en su definición de acuerdo con la región que se analice, cualquiera de estos términos será utilizado durante el informe para referirse al segmento completo, salvo para el caso chileno en donde los vehículos livianos comerciales corresponderán a otro segmento.

⁴ Mientras otras economías como India se encuentran al momento de publicación de este estudio analizando la posibilidad de extender sus estándares a este segmento.

Finalmente, en la quinta sección se presentan los posibles impactos de las alternativas preliminares para la evaluación de estándares para vehículos medianos en el mercado nacional. Los siguientes pasos consideran la validación de parámetros para el estándar y la evaluación de impactos energéticos y de mercado.

2. Antecedentes internacionales

2.1 Consumo energético del sector transporte en el mundo

El sector transporte es uno de los principales consumidores de energía a nivel mundial y también uno de los mayores contribuyentes a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico. Los escenarios de proyección de la Agencia Internacional de Energía (IEA) predicen que las emisiones y el uso de la energía en el transporte mundial del sector aumentarán significativamente en su escenario de referencia (ver Figura 1 y Figura 2). Luego de una importante caída de emisiones de CO₂ registrada en 2020, producto de la pandemia, en 2021 las emisiones mundiales de CO₂ del sector del transporte repuntaron, creciendo un 8% hasta casi 7,7 Gt de CO₂ (ver Figura 1). Más aún, se prevé que, dado el aumento de la población y su capacidad adquisitiva, este porcentaje de participación de emisiones de GEI aumentará en caso de no tomar ninguna acción correctiva.

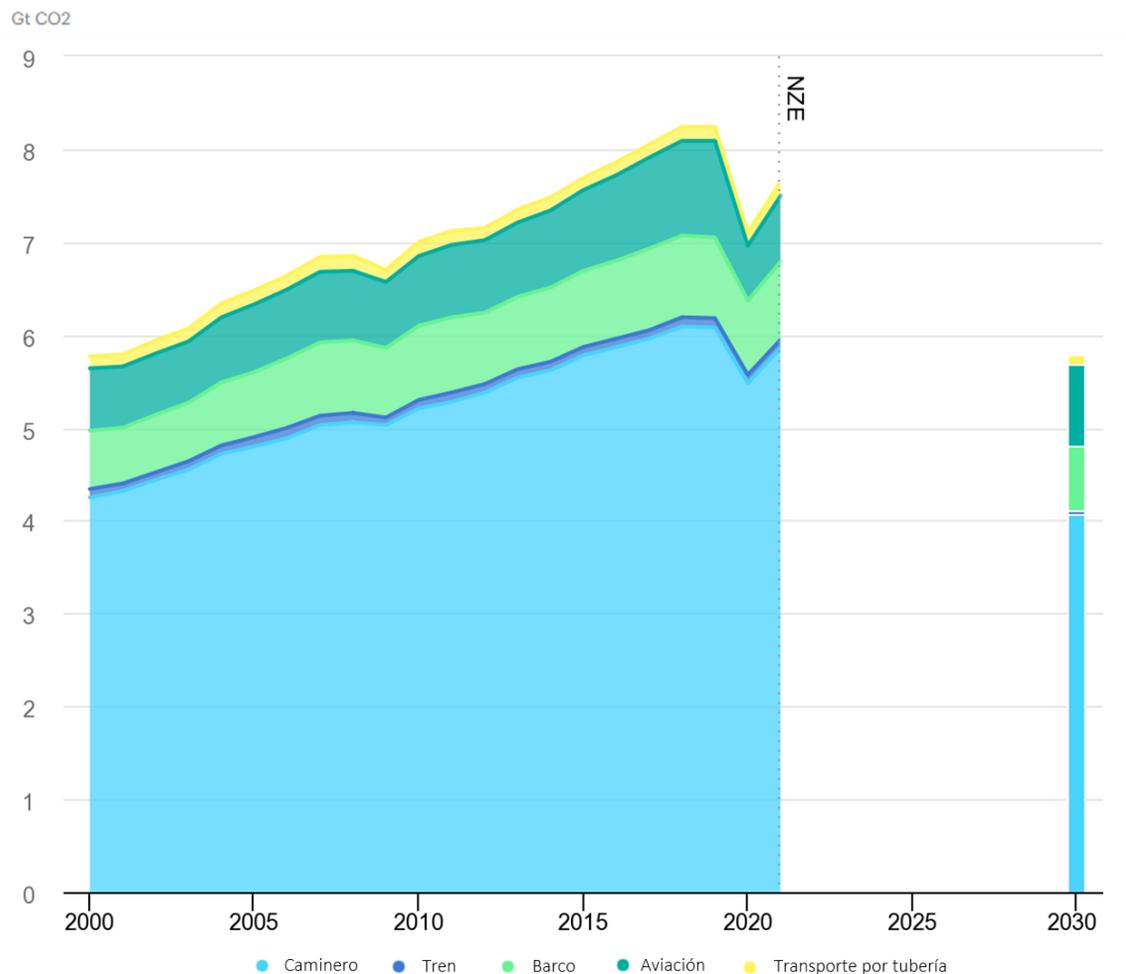


Figura 1 Proyección de emisiones mundiales del sector transporte (2000 - 2030).
Fuente: IEA (2022).

Sin embargo, se plantea que, en caso de implementar medidas de mitigación, al 2030 las emisiones del sector transporte podrían caer alrededor de un 20%. Lograr esta importante disminución dependerá de la rápida electrificación de los vehículos de carretera, medidas de eficiencia energética operativa y técnica, junto con la comercialización y aumento de la producción de los vehículos a combustión de baja emisión (IEA, 2022).

En cuanto al consumo energético, la IEA publicó la distribución del consumo de energía del sector transporte en los países OECD, evidenciando la importancia de los vehículos de pasajeros como grandes consumidores del sector. El uso de fuentes fósiles como principal energético del sector deriva en que, a nivel mundial, el 65% del petróleo consumido es utilizado por el transporte (IEA, 2020b).

Durante el periodo 2014-2019 la demanda energética mundial del sector aumentó a una tasa anual promedio del 4,2%, mientras la demanda energética nacional aumentó a una tasa del 2,2% en el mismo periodo y, posteriormente, su importancia relativa ha ido en aumento. Sin embargo, las restricciones de movilidad asociadas a la pandemia durante 2020 afectaron en forma significativa a la demanda energética del sector. Ésta se vio reducida en 14,9% respecto al año anterior, mientras la demanda de energía secundaria nacional sólo se contrajo 6,7% en el mismo periodo. Según registros internacionales (IEA, 2020a), el sector transporte es dependiente de los productos petrolíferos para el 91% de su energía final y, adicionalmente, en 2021 se registró que a nivel mundial el sector transporte consumió 113.38 EJ (ver Figura 2).

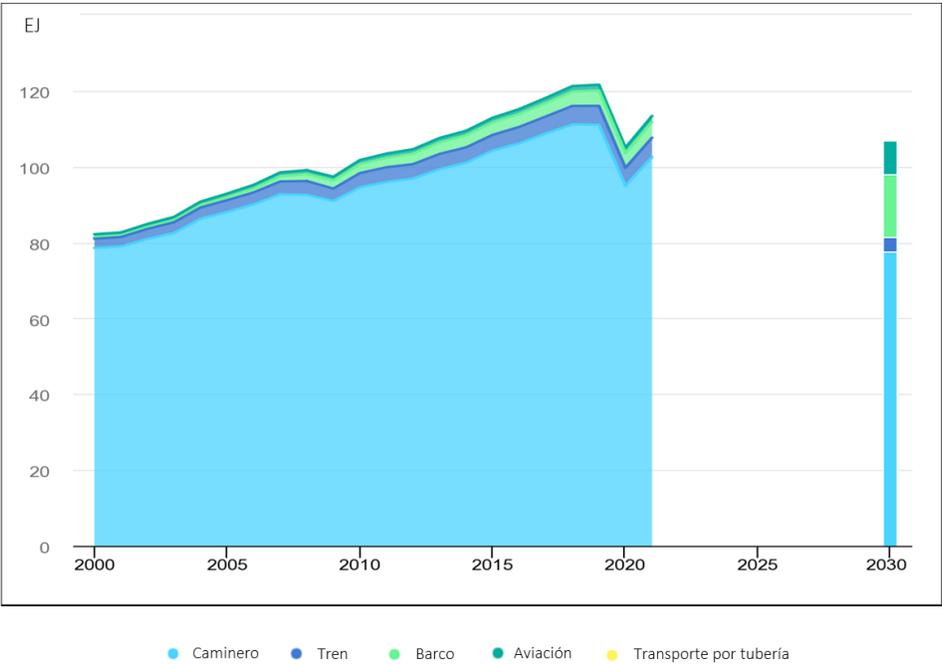


Figura 2 Proyección mundial de consumo energético del sector transporte 2000 – 2030
Fuente: (IEA, 2022)

En el plano internacional y en términos de contribución a las emisiones de GEI del sector transporte, el 74,4% de éstas se atribuyen al transporte caminero y, en particular, más de la mitad (62,3%) de las emisiones del transporte caminero son provocadas por la utilización de vehículos livianos y medianos (ver Figura 3).

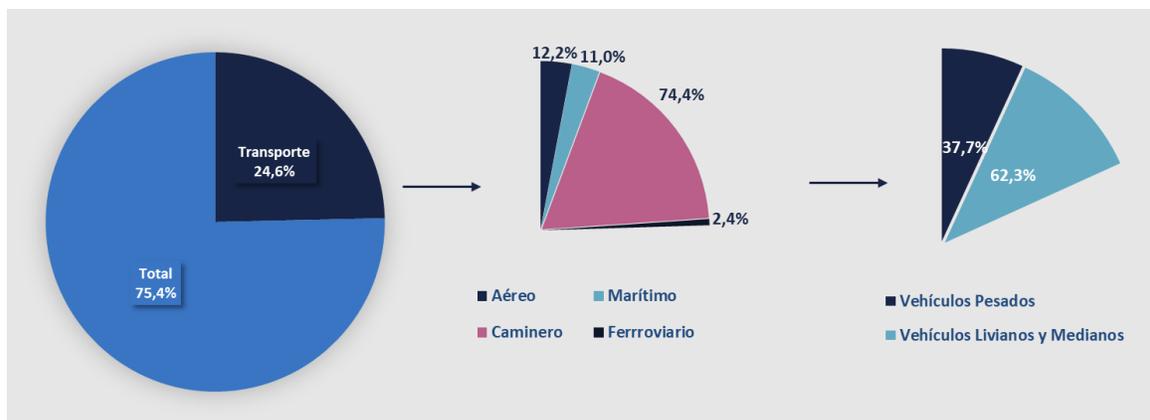


Figura 3 Participación de las emisiones del sector transporte a nivel mundial
Fuente: Instituto de sistemas complejos de ingeniería (ISCI). Datos (IEA, 2020c)

Dado que se espera que las emisiones de este sector sigan creciendo, el potencial de reducción de emisiones de GEI asociado a las políticas de mejora de la eficiencia de los vehículos adquiere un rol relevante para alcanzar las metas de emisión del sector. De hecho, en el contexto global del transporte, la eficiencia energética⁵ contribuiría con el 60% de las reducciones de emisiones acumuladas del sector transporte al 2070.

2.2 Medidas de eficiencia energética en el sector transporte

Como consecuencia de la importancia del transporte caminero, en los últimos años diversos gobiernos han puesto foco en la regulación sobre estándares de eficiencia energética y/o emisiones GEI al parque automotor (Arena, y otros, 2014). En la Figura 4 se presenta un mapa mundial del estado de regulación de estándares eficiencia energética/emisiones para vehículos medianos.

⁵ Eficiencia energética incluye la mejora del rendimiento debido a mejoras tecnológicas, así como cambios en los sectores de uso final desde vehículos que son intensivos en uso de energía, a menores (incluso a través de cambios de energéticos).

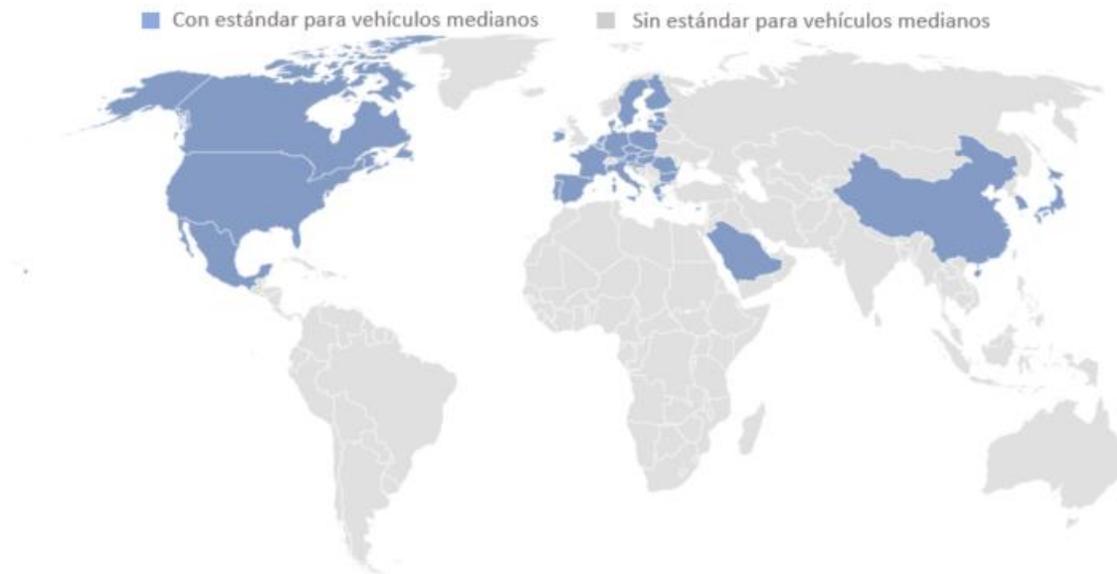


Figura 4 Mapa de aplicación de estándares para vehículos comerciales livianos / medianos

Fuente: ISCI (Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería, 2022)

En la actualidad, 8 legislaturas (Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Corea del Sur, China, México y Arabia Saudita) han establecido o propuesto estándares de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o de rendimiento energético para vehículos comerciales livianos o vehículos medianos. La envergadura de las economías que han implementado este tipo estándares comprende a una parte significativa del mercado automotriz global⁶.

Estos gobiernos han adoptado distintos enfoques para diseñar sus normativas, utilizando diferentes ciclos de conducción, descriptores y procedimientos de pruebas de certificación de vehículos. Las diferencias en el diseño también se expresan en los niveles de ambición de las metas de emisión de GEI o rendimiento energéticos promedio establecidas por cada una de las legislaturas para los vehículos medianos nuevos vendidos en cada territorio. Pese a las diferencias en los diseños y enfoques, los estándares y sus metas pueden ser comparados llevando tanto valores históricos como proyecciones a valores comunes. Los rendimientos (en km/l) y las emisiones de GEI (en gCO₂/km) para los vehículos comerciales ligeros nuevos son presentados en las Figura 5 y Figura 6.

⁶ De acuerdo con (ICCT, 2020) la cantidad de vehículos comerciales nuevos registrados a nivel global en 2020 fue de 24 millones. Las economías que cuentan con estándares para este segmento vehicular alcanzaron ventas por 20 millones, lo que representa el 87% del mercado en este segmento.

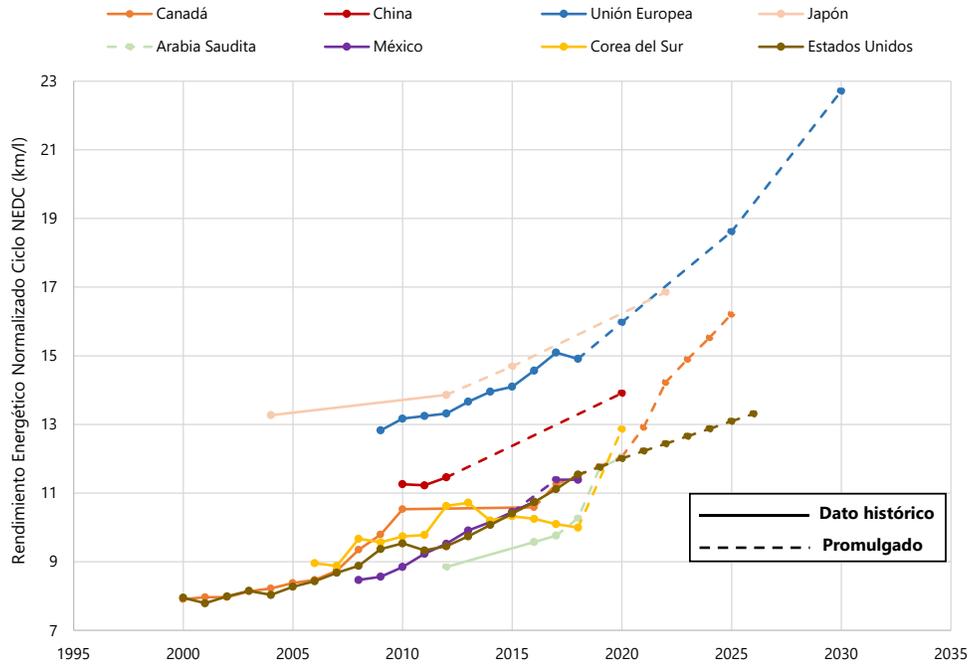


Figura 5 Rendimientos de combustible (en km/l) de vehículos comerciales ligeros nuevos normalizado en ciclo NEDC.
Fuente: Elaboración propia. Datos: (ICCT, 2020).

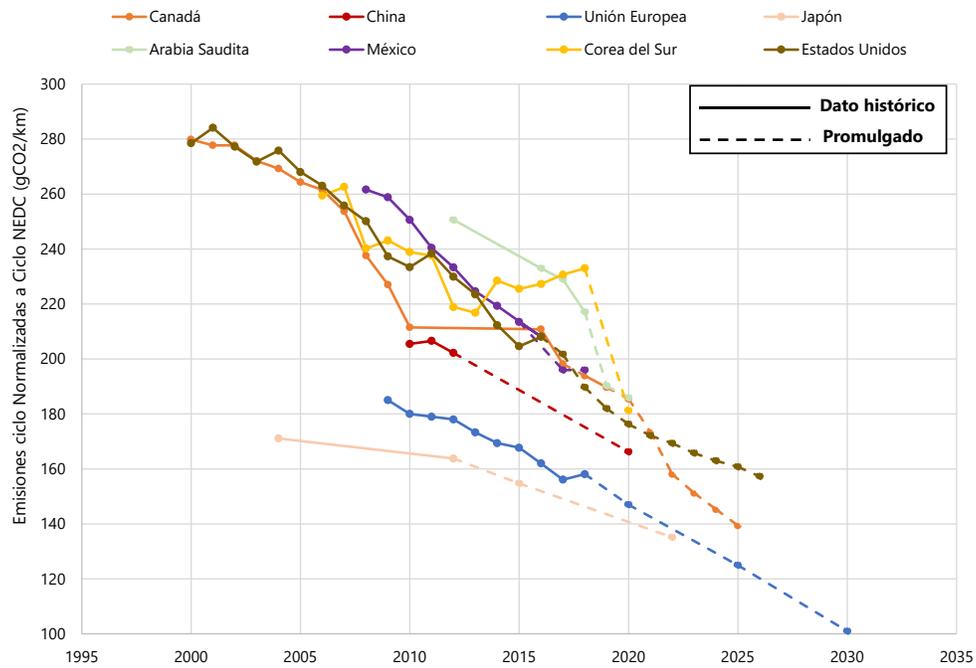


Figura 6 Emisiones (en gCO2/km) de vehículos comerciales ligeros nuevos normalizado en ciclo NEDC.
Fuente: Elaboración propia. Datos: (ICCT, 2020).

Los datos presentados en la Figura 5 y Figura 6 fueron normalizados al ciclo europeo de conducción NEDC (por sus siglas en inglés - *New European Driving Cycle*) mediante la herramienta de conversión del *International Council on Clean Transportation* (ICCT)⁷ y contienen información actualizada a mayo del 2020. Lo que se evidencia en las figuras es que, en la misma línea de lo que ocurre con los vehículos livianos de pasajeros, la Unión Europea (UE) y Japón son las jurisdicciones que, además de contar con los mejores rendimientos de combustible históricos para este segmento, también cuentan con las metas de rendimiento o emisiones más ambiciosas.

Por otra parte, existe un segundo grupo de países cuyos indicadores de rendimiento de combustible son similares, en el que Estados Unidos y Canadá marcan la pauta. Las legislaturas de este segundo grupo comparten características similares en el diseño del estándar, y sus metas son cercanas a los valores propuestos para Canadá o Estados Unidos, pero sin propuestas más allá del año 2020, salvo México que los ha extendido hasta el 2025 (Secretaría de Gobernación - México, 2018).

Las principales características de algunas de las normas de eficiencia energética o emisiones que se han desarrollado se presentan en la Tabla 1.

⁷ disponible en <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>

Tabla 1 Resumen de estándares a vehículos comerciales livianos o medianos

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI

Legislatura	Tipo de Estándar	Vehículos Regulados	Métrica	Descriptor y estructura	Ciclo de conducción
Estados Unidos	Emisiones CO ₂ / Rendimiento Energético	Vehículos Medianos de Pasajeros y Camionetas ligeras -	g CO ₂ /milla mpg (millas por galón)	<i>Footprint</i> / Promedio Corporativo	U.S. combinado
Unión Europea	Emisiones CO ₂	Vehículos categoría N1 (cuya Peso Bruto Vehicular (PBV) no supere las 3,5 ton diseñados y fabricados para el transporte de mercancías), con masa de referencia inferior a 2.610 kg	g CO ₂ /km	Peso en Vacío / Promedio Corporativo	NEDC / WLTP
Japón	Rendimiento Combustible	Vehículos comerciales livianos y medianos con PBV menor o igual 3,5 ton. Diferenciado por estructuras, pesos, combustible y transmisión.	km/l	Peso en Vacío / Promedio Armónico Corporativo	JC08 (hasta 2022) - WLTP
México	Emisiones CO ₂	Vehículos de pasajeros o camionetas ligeras que no exceden los 3.857 kilogramos de PVB.	g CO ₂ /km	<i>Footprint</i> / Promedio Corporativo	U.S. combinado
Corea del Sur	Emisiones CO ₂ Rendimiento Energético	Camionetas ligeras con hasta 15 asientos y con un peso bruto vehicular de 3.500 kg	g CO ₂ /km km/l	Peso en Vacío / Promedio Corporativo	U.S. combinado
Canadá	Emisiones CO ₂ Rendimiento Energético	Vehículos Medianos de Pasajeros y Camionetas ligeras -	g CO ₂ /milla mpg (millas por galón)	<i>Footprint</i> / Promedio Corporativo	U.S. combinado
Arabia Saudita	Rendimiento Energético	Vehículos con un PBV máximo de hasta 3,5 ton clasificados como camionetas livianas (definición igual a México)	km/l	<i>Footprint</i> / Promedio Corporativo	U.S. combinado
China	Consumo de Combustible	Vehículos categoría N1 (cuya PBV no supere las 3,5 ton diseñados y fabricados para el transporte de mercancías), diferenciados por tipo de combustible	L / 100 km	Peso en Vacío / Promedio Corporativo	NEDC / WLTP

3. Antecedentes nacionales

3.1 Consumo energético del sector transporte en Chile

En el año 2021, el consumo de energía del sector transporte fue de 103.507 [Tcal], lo que representa un 35,5% del consumo de energía a nivel nacional (Ministerio de Energía, 2021). De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2021, el mayor consumo energético del sector transporte corresponde al generado por el subsector caminero, con el 86,38% del total. El sector aéreo representa el 8,33%, mientras que el marítimo, ferroviario y ductos representan el 4,07%, el 0,82% y 0,39% respectivamente. Lo anterior es presentado en la Figura 7 y son cifras que se asemejan a lo observado a nivel internacional. Adicionalmente, en la Figura 8 se visualiza el consumo final de energía entre los años 2010 y 2021.

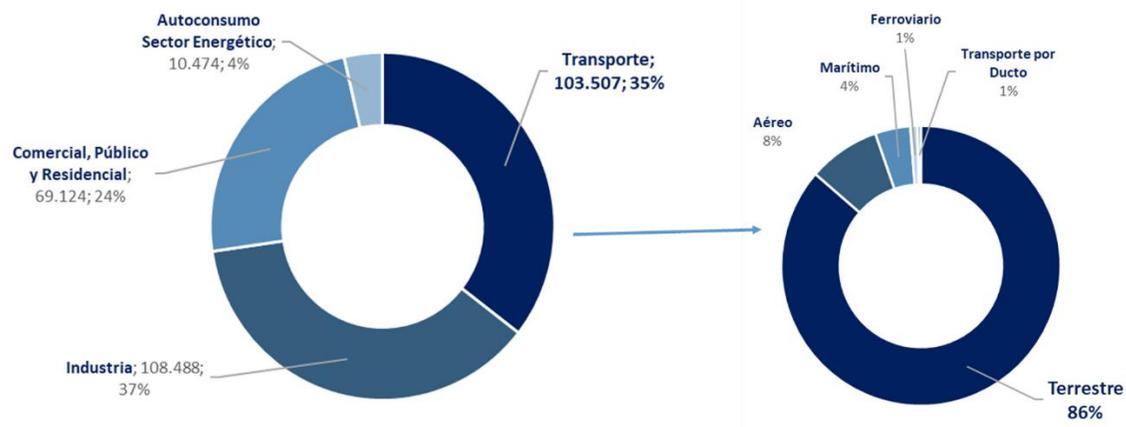


Figura 7 Consumo de Energía del sector transporte a nivel nacional [Tcal]

Fuente: Elaboración Propia. Datos (Ministerio de Energía, 2021)

Dentro del consumo de energía del transporte terrestre, del 50% se atribuye al segmento de vehículos livianos y medianos, siendo cerca del 15% del consumo energético a nivel nacional⁸. Al comparar los porcentajes de participación del consumo de energía del sector caminero (o terrestre) con años anteriores, se constata un aumento en la participación porcentual en el consumo de energía para este subsector, lo que implica que el aumento de demanda de este segmento crece a una mayor tasa que el resto de los sectores⁹.

⁸ El cálculo del consumo de energía del sector entre los vehículos pesados y livianos corresponde a una estimación del ISCI realizada a partir de los datos entregados por el BNE y las características del parque nacional.

⁹ Estimaciones derivadas de los modelos de demanda energética (ISCI).

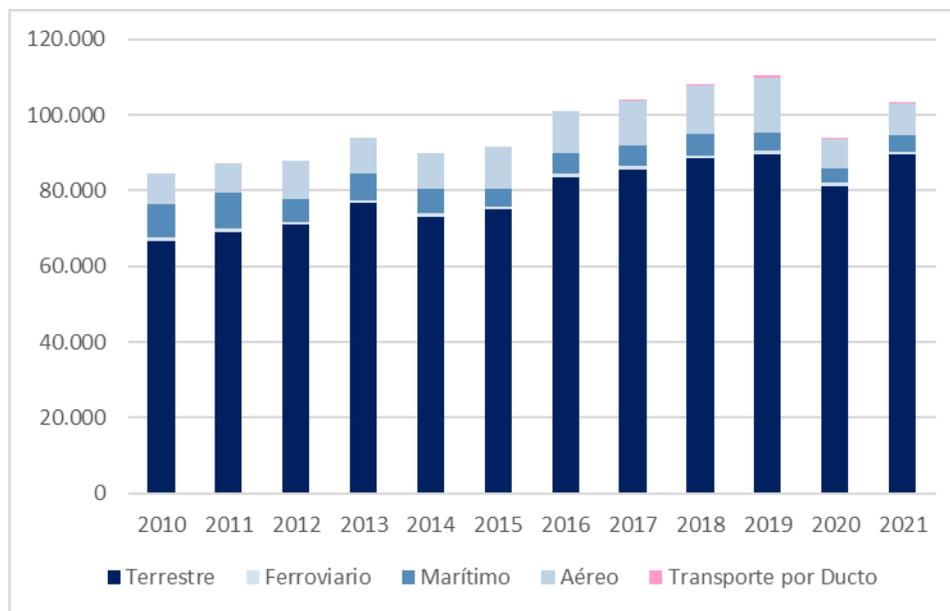


Figura 8: Consumo final de Energía entre 2010 y 2021 para los distintos segmentos de transporte (Tcal).
Fuente: Elaboración Propia. Datos (Ministerio de Energía, 2021)

3.2 Medidas de eficiencia energética en el sector transporte

Dentro de los últimos años, diversas políticas, estrategias y planes de acción han fijado como meta la reducción del consumo de energía en Chile por medio de la eficiencia energética. Ejemplo de ello es el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 que, dentro de sus medidas principales en el sector transporte, propone el establecimiento de estándares de eficiencia energética para vehículos y el impulso a la electromovilidad, aspirando a duplicar el rendimiento de los vehículos livianos nuevos que entran al país al año 2035, respecto del año 2019; y cuatuplicar el rendimiento de vehículos livianos nuevos que entran al país al 2050, respecto del año 2019 (Ministerio de Energía, 2022).

Anteriormente, en el Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020 (PAEE2020) del año 2013, se propuso la meta de alcanzar una reducción del 12% de la demanda energética proyectada al año 2020, meta que fue actualizada en la Agenda Energía 2014 al 20% al año 2025 (Ministerio de Energía, 2014). Por otra parte, la Política Energética de Largo Plazo (Energía 2050) lanzada en 2016, estableció dentro de sus lineamientos y metas la adopción de estándares de eficiencia energética vehicular (Ministerio de Energía, 2015).

Por otro lado, el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 también refuerza los compromisos orientados a la eficiencia energética del sector transporte. Dentro de sus medidas principales, se considera el establecimiento de estándares de eficiencia energética para vehículos, el impulso a la electromovilidad y el fortalecimiento de las capacitaciones y certificaciones de capital humano. A partir de estos compromisos, se plantea la meta de duplicar el rendimiento de los

vehículos livianos nuevos que entran al país al año 2035, respecto al año 2019, y cuatriplicar el rendimiento de los vehículos livianos nuevos que entran al país en 2050 con respecto al año 2019.

Adicionalmente, la Estrategia Nacional de Electromovilidad de 2021 (Ministerio de Energía, 2021), establece como metas que el 40% del parque automotriz privado y el 100% del transporte público urbano sean eléctricos al 2050. Finalmente, mediante la NDC¹⁰ presentada por Chile en 2020 con motivo del Acuerdo de París, el país reafirma el compromiso de alcanzar la carbononeutralidad al año 2050.

Una política precursora a los estándares de eficiencia energética vehicular fue el establecimiento del reglamento de etiquetado vehicular¹¹, que obliga la exhibición de etiquetas de consumo energético a todos los vehículos nuevos vendidos en el país, livianos y medianos (ver Figura 9). Dicha etiqueta debe ser confeccionada por los fabricantes, armadores, comercializadores, distribuidores o importadores de los vehículos con los valores oficiales proporcionados por el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV), del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Esta información es determinada en el proceso de homologación del vehículo a través de pruebas de laboratorio realizadas bajo determinadas condiciones de conducción, es decir, se trata de información medida directamente por el Estado de Chile, y no proporcionada por los fabricantes. De este modo, se cuenta con un sistema que proporciona información oficial, pública y transparente, con la que se evaluará el cumplimiento futuro de los estándares de vehículos livianos y medianos.



Figura 9 Etiqueta de eficiencia energética
Fuente: <http://www.consumovehicular.cl/>

Finalmente, con el fin mejorar el desempeño energético del transporte y aportar al cumplimiento de las metas de carbono neutralidad establecidas por el país, el Ministerio de Energía, mediante la

¹⁰ Nationally determined contributions (Contribuciones determinadas a nivel nacional).

¹¹ Decreto Supremo N° 61, de 2012, del Ministerio de Energía

Ley 21.305 sobre Eficiencia Energética promulgada en 2021, mandata la fijación de estándares de rendimiento energético para los vehículos nuevos que se comercialicen en el país.

Por medio de esta medida se espera contribuir a:

- i. Disminuir la demanda por combustibles importados, aportando a la autonomía y seguridad energética nacional. El sector transporte corresponde a uno de los de mayor intensidad en consumo de combustibles derivados del petróleo en el país, los que son en su mayoría importados, por lo tanto, la reducción en el consumo energético del parque automotriz permitirá aportar a la reducción de la dependencia energética de estos combustibles en nuestro país.
- ii. Reducir las emisiones de GEI del sector transporte a nivel nacional, favoreciendo así el cumplimiento de los compromisos internacionales de Chile en este ámbito. Como se ha indicado en los antecedentes, el sector transporte representa uno de los principales consumidores de energía del país, particularmente de combustibles fósiles con altos factores de emisión. La reducción del consumo energético del parque automotriz tiene efectos directos en la reducción de emisiones de GEI. En un contexto de la actualización de la Contribución Nacional Determinada en 2020, la implementación de este instrumento será un aporte relevante para alcanzar los compromisos ambientales internacionales. Esto se condice a su vez con la Política Energética de Largo Plazo, que en su última actualización indica que el sector de transporte terrestre podría disminuir entre un 35% a un 55% sus emisiones al 2050, comparado con el 2020, dependiendo del escenario evaluado. Esto respondiendo a medidas relacionadas tanto de mejora en la eficiencia energética vehicular como de su electrificación (Ministerio de Energía, 2021).
- iii. Reducción de los costos de operación en transporte a usuarios finales del transporte privado. Los combustibles fósiles, utilizados principalmente en el sector transporte, presentan características de volatilidad, generando una importante sensibilidad de los precios a variables económicas y políticas externas. La reducción del consumo energético del parque automotriz permitirá disminuir las presiones en la economía doméstica asociada al gasto periódico en energéticos para el transporte de personas y de carga, mejorando las condiciones de asequibilidad de la población y de competitividad de los sectores productivos, acorde a su vez a lo planteado en la política energética de largo plazo, “Energía 2050”, en el eje “Energía como motor de desarrollo”.

3.3 Caracterización del mercado de vehículos medianos

Al igual que sucede con los vehículos livianos, en Chile no existe una industria nacional productora o armadora de vehículos medianos, por lo que la totalidad de los vehículos vendidos en Chile son importados desde diferentes mercados. Pese a lo anterior, una gran diversidad de marcas compite

en este segmento, moviéndose el valor entorno a las 45 marcas dependiendo el año analizado¹². En 2021, estas se agruparon en 31 importadores, los cuales son, para efectos de la Ley de Eficiencia Energética, los responsables del cumplimiento del estándar. La distribución de la participación de los importadores en el mercado se puede observar en la Figura 10.

Otro aspecto relevante que caracteriza a este segmento es que las ventas se concentran en camionetas pickups (~ 87%) y en menor medida otros tipos de carrocerías como Station Wagons (~ 4%); Minibuses (~ 2%) y Furgones (~ 4%). Si bien, esta característica del mercado varía año a año, estos cambios no son significativos.

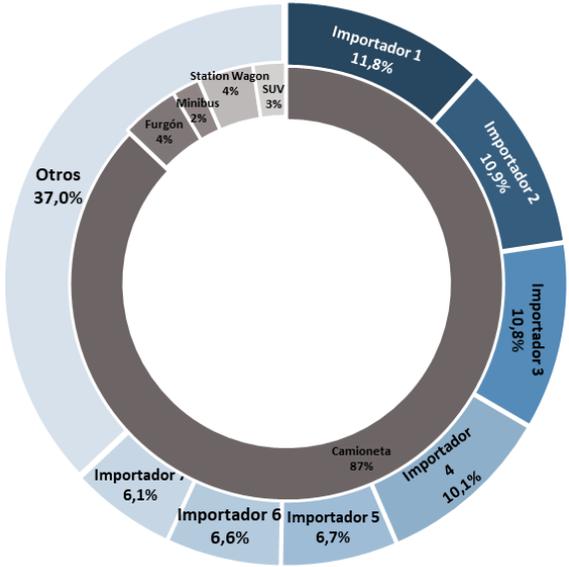


Figura 10 Niveles de concentración de mercado de vehículos medianos 2021
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos 3CV

De acuerdo con lo presentado en la Figura 11, la razón de concentración de las 4 firmas importadoras de mayor tamaño (CR_4)¹³ en 2021 fue igual al 43,6 %. Por otra parte, el Índice de Herfindahl–Hirschman (IHH)¹⁴ calculado para el mercado automotriz en Chile en el año 2021, mostró un valor de $H=723$. Para este indicador, valores cercanos a 100 indican una industria altamente competitiva, mientras valores hasta los 1.500 indican un mercado concentrado. Pese a que los

¹² El 2021 se comercializaron 47 marcas.

¹³ **Concentration Ratio (CR_x)** es un indicador utilizado en economía que mide la concentración de un mercado, cuantificando la producción o ventas con relación al total de X compañías que participan en la industria. Los ratios de concentración más comunes son el CR_4 y el CR_8 .

¹⁴ El **índice de Herfindahl–Hirschman (IHH)** es una medida del tamaño de las firmas con relación al tamaño del mercado y el nivel de competencia entre ellas.

índices de concentración de mercado son levemente mayores a los observados para el segmento de vehículos livianos, estos muestran una baja sistemática desde el 2015 (ver Figura 11).

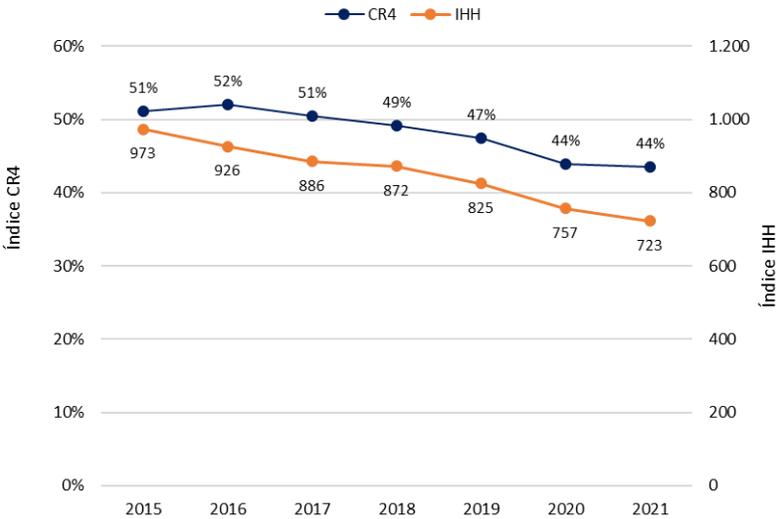


Figura 11 Índices de concentración de mercado anual en el segmento de vehículos medianos en Chile
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Los lugares de origen de las diferentes marcas comercializadas en el mercado nacional están también poco concentrados. Por ejemplo, en 2021, los principales orígenes de las marcas que ingresaron a Chile fueron Japón (32,3%), China (31,8%), Estados Unidos (14,5%), Corea del Sur (11,9%), Unión Europea (8,1%), India (1,2%) y Rusia (0,2%). El origen de las marcas de vehículos medianos vendidos en Chile en 2021 se puede observar en la Figura 12.

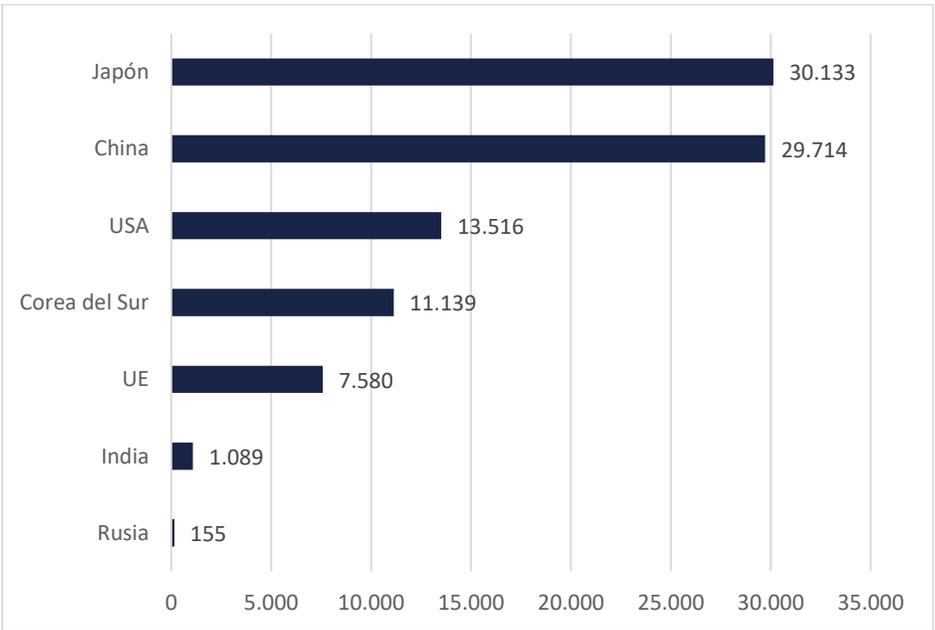


Figura 12 Origen de marcas de ventas en Chile de vehículos medianos en 2021

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI, en base a datos de Asociación Nacional Automotriz de Chile A.G. 2021

3.4 Caracterización de ventas de vehículos medianos en 2021

En 2021, se registró un repunte significativo de las ventas de vehículos livianos y medianos. En el caso de los vehículos medianos, si bien, en 2020 se observó una disminución interanual en las ventas del 35% respecto al año anterior (como consecuencia de las restricciones generadas por el COVID-19), en 2021 se observó el valor más alto de ventas en los últimos años (93.326 vehículos medianos). Lo anterior posicionó a Chile en el segundo mercado de la región después de Brasil, superando a Argentina, importando vehículos desde 28 orígenes distintos (ANAC A.G., 2022). La evolución de las ventas de vehículos medianos nuevos en Chile se presenta en la Figura 13.

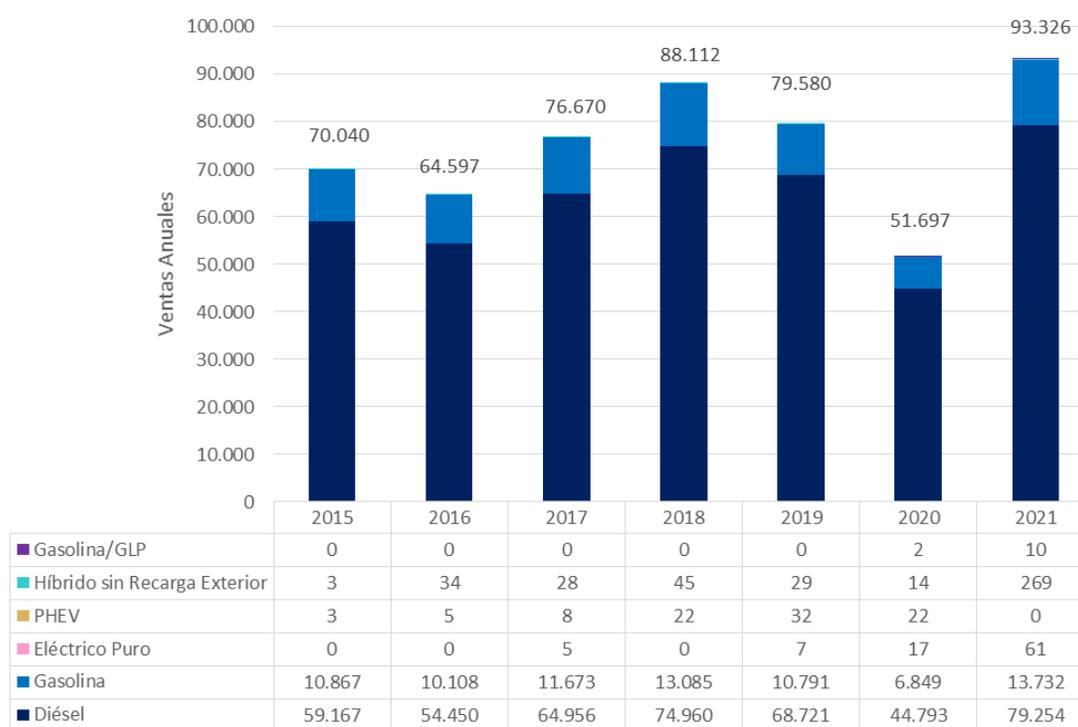


Figura 13 Contexto Nacional – Ventas anuales de vehículos medianos. Periodo 2015 -2021

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

De la Figura 14 se desprende que las variaciones porcentuales en la participación de las distintas tecnologías se han mantenido relativamente constante en el periodo de evaluación. Además, se observa que el segmento que sigue siendo dominado por la venta de vehículos diésel (en torno al 85%), seguido por los vehículos a gasolina (alrededor del 15%).

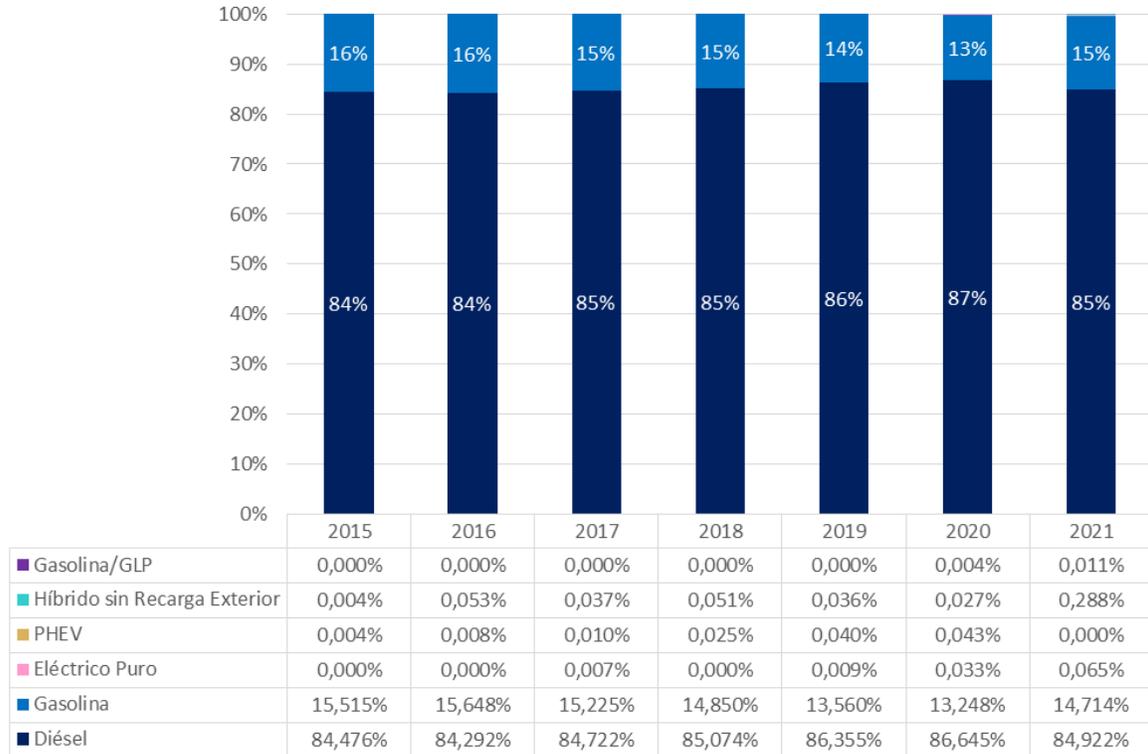


Figura 14 Participación tecnológica en las ventas anuales de vehículos medianos en Chile. Periodo 2015 -2021

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Como ya fue mencionado, los vehículos a diésel predominan en las ventas de este segmento, al contrario de lo que ocurre en el segmento de vehículos livianos, donde los vehículos con motor Otto (gasolina) son los que dominan el mercado.

Se observan avances significativos en la venta de vehículos cero y baja emisiones en el segmento. Si bien, la participación porcentual de las ventas de este segmento sigue siendo baja, durante el 2020 se vendieron 39 vehículos híbridos con recarga exterior y eléctricos puros, aumentando en un 56% sus ventas al año 2021, alcanzando un total de 61 ventas de vehículos de estas categorías. En particular, la venta de vehículos eléctricos puros aumentó de 17 en 2020 a 61 en 2021.

Por otro lado, llama particularmente la atención el caso del diésel, cuya participación no ha sido afectada significativamente, aun cuando en el periodo ha sido implementada el impuesto verde a las fuentes móviles que rige desde 2014. Un análisis *expost* a la política (Mardones, 2018) obtiene como principal conclusión la siguiente: “El impuesto verde a fuentes móviles aplicado en Chile ha mostrado – hasta el momento- un efecto acotado en la mejora sobre las variables ambientales (rendimiento urbano y emisiones NO_x). Al mismo tiempo ha tenido un efecto neto cero en la venta de vehículos diésel” (Mardones, 2018).

Respecto a los rendimientos energéticos observados en el horizonte 2015 - 2021, basándose en el ciclo de conducción WLTP, se estima que el rendimiento ciudad promedio es de 7,2 km/l_{ge}, el rendimiento mixto es de 8,8 km/l_{ge} y el rendimiento en carretera promedio es de 10,1 km/l_{ge}.

Considerando la Masa de Referencia y el rendimiento mixto de las ventas 2021, se representa el rendimiento de vehículos medianos en función de su masa de referencia en la Figura 15.

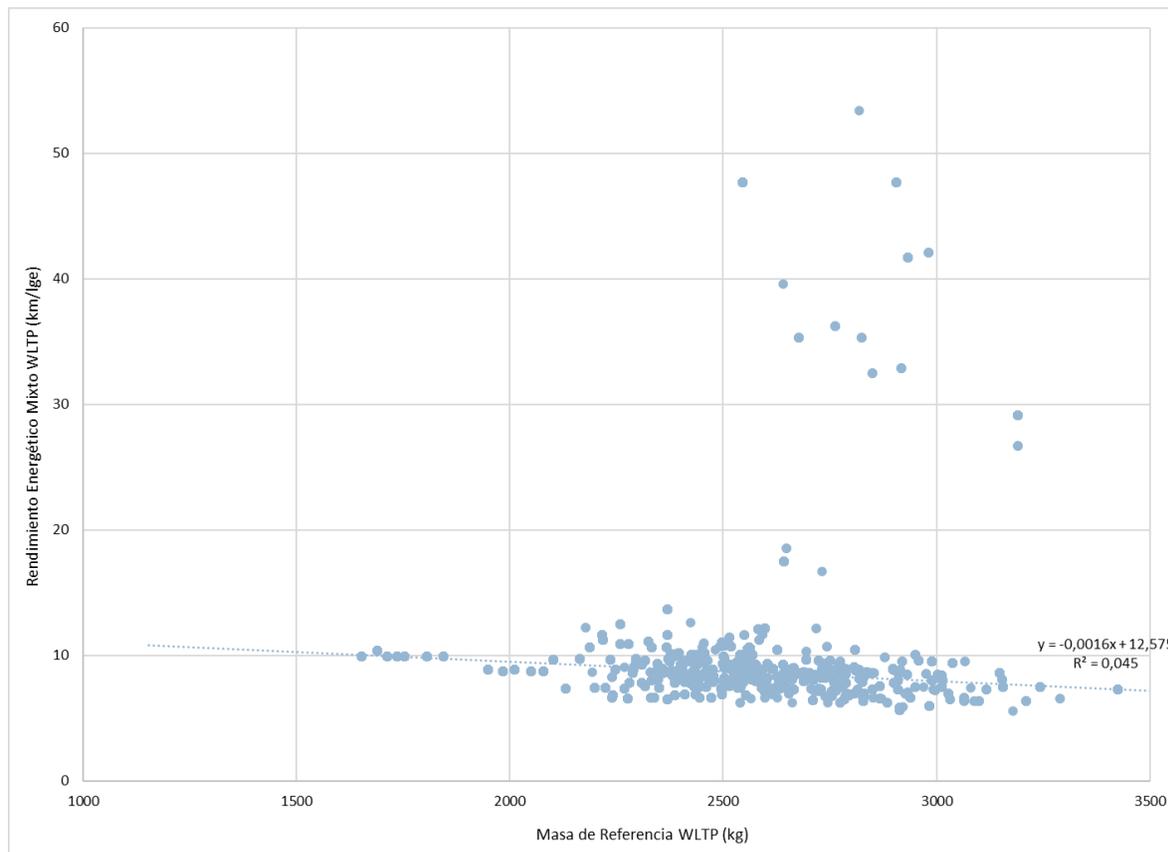


Figura 15: Rendimientos ventas de vehículos medianos 2021 en [km/l_{ge}] utilizando la Masa de Referencia como descriptor.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI, Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

La recta representativa de ventas de vehículos para el año 2021, fue obtenida mediante una regresión lineal de todas las ventas realizadas en el año, llevando los rendimientos a una unidad común de distancia recorrida por unidad energética consumida (kilómetros por litro de gasolina equivalente) explicada en detalle en la sección 4.2. A partir de la Figura 15 se observa que, en promedio, por cada aumento de 100 [kg] en la masa de referencia, el rendimiento disminuye en 0,16 [km/l_{ge}], lo que se refleja en la pendiente de la recta, equivalente a -0,0016 [km/l_{ge}/kg].

3.5 Rendimiento histórico del parque de vehículos medianos en Chile

A partir de las bases de datos de los años 2015 al 2021 es posible obtener los principales parámetros que caracterizan el parque de vehículos que ingresaron al mercado chileno y que son resumidos en la Tabla 2.

Tabla 2 Resumen ventas de vehículos medianos para los años 2015 al 2019 (en ciclo WLTP).

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Rendimiento Ciudad Promedio	[km/l _{ge}]	6,8	7,2	7,2	7,3	7,3	7,2	7,2
Rendimiento Mixto Promedio	[km/l _{ge}]	8,3	8,8	8,9	8,9	8,9	8,8	8,8
Rendimiento Carretera Promedio	[km/l _{ge}]	9,6	10,1	10,2	10,3	10,2	10,1	10,1
Emisiones Promedio	[gCO ₂ /km]	236	225	222	221	221	223	223
Masa de Referencia Promedio	[kg]	2.468	2.483	2.485	2.493	2.497	2.339	2.281

En la Tabla 2 se observa que el rendimiento energético de los vehículos medianos nuevos que han ingresado al mercado nacional se ha mantenido relativamente estable en el horizonte temporal evaluado. Esta situación es análoga para las emisiones promedio, en donde en los últimos 6 años se mantiene casi constante. La evolución del rendimiento mixto de vehículos medianos se puede observar en la Figura 16.

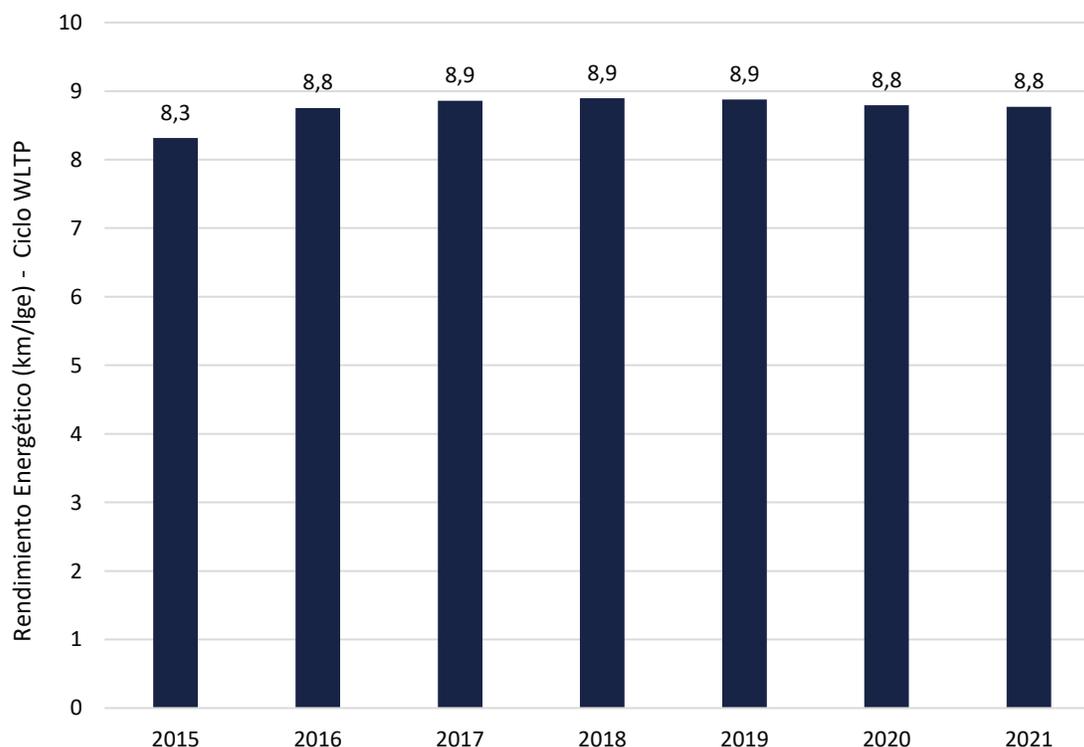


Figura 16 Rendimientos Mixtos históricos promedio del parque de vehículos medianos que ingresan al mercado. Periodo 2015-2021

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI, Datos Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

De acuerdo con lo observado en la Figura 17, el tamaño promedio de los vehículos nuevos del segmento, en términos de la masa de referencia, ha presentado crecimientos leves. Esta tendencia cambió en los vehículos 2021, donde se observó una masa de referencia promedio de 2.441 kg, un 2% menor al valor observado el año anterior.

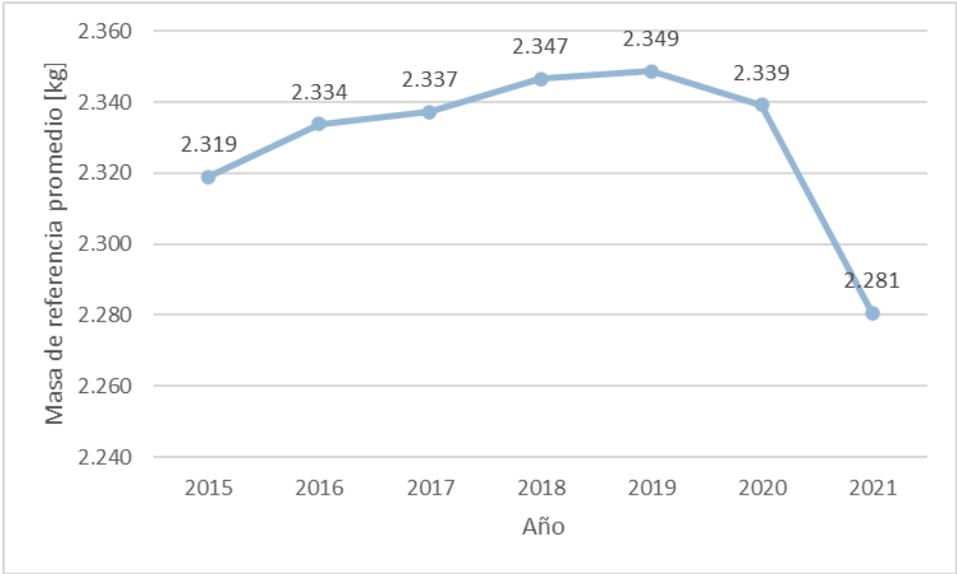


Figura 17 Evolución de indicadores de masa de vehículos medianos nuevos vendidos en territorio nacional. Periodo 2015 - 2021.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

En la Figura 18 se registra una comparación de la evolución de la masa de referencia y el rendimiento mixto de los vehículos medianos nuevos vendidos en el periodo 2015 – 2021. A partir de estos datos, se estima que existe una mejora promedio de 0,076 [km/l_{ge}] en el rendimiento mixto. Sin embargo, entre los años 2018 al 2021 se registra una consecutiva disminución en los rendimientos mixtos.

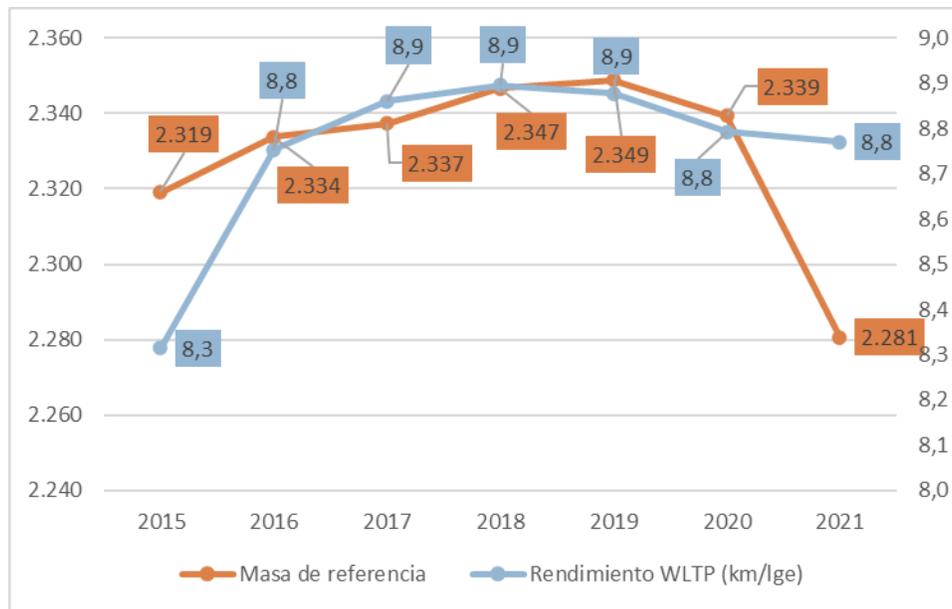


Figura 18 Evolución de indicadores de masa de vehículos y rendimiento energético de vehículos medianos nuevos vendidos en territorio nacional. Periodo 2015 -2021

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

En la Figura 18 también se identifica que el único año que presenta una mejora significativa del rendimiento es el 2016, alcanzando una tasa de mejora de 0,44 [km/l_{ge}] en el rendimiento mixto. No obstante, entre el año 2015 y 2016 no se observan cambios relevantes en el tamaño, de hecho, este por el contrario crece. Como se mencionó en la distribución de ventas de vehículos medianos según su tecnología, no existen cambios relevantes en la composición de tecnológica relativa a las normas de emisión (ver Figura 13).

Lo anterior, permite inferir que no hay una relación directa entre la variación de la masa de referencia y del rendimiento mixto. Sin embargo, tanto la composición tecnológica de las ventas y el rendimiento de los vehículos medianos se ha mantenido relativamente constante, por lo que se puede entrever que el rendimiento energético se relaciona con la tecnología del vehículo.

La mejora en el consumo de combustible de los vehículos puede ser impulsada de 3 maneras: mejoras incrementales en la eficiencia de las tecnologías en el *powertrain*¹⁵, cambios en el mercado hacia sistemas de propulsión más eficientes, y limitaciones del aumento de tamaño y las prestaciones de los vehículos (Craglia & Cullen, 2019).

¹⁵ El *powertrain* o sistema de propulsión se refiere a todos los componentes que influyen en la generación de la cantidad de energía necesaria para lograr el desplazamiento del vehículo durante su conducción.

3.6 Antecedentes para proyección del rendimiento de los vehículos medianos para el mercado nacional

Para estimar la variación de rendimiento energético del parque, se considerará el rendimiento desde el año 2015 al 2021, período en que se han presentado mejoras anuales promedio de 0,076 [km/lge], que será denominada tasa natural de mejora del rendimiento. Se estima que la tasa natural de mejora del rendimiento, tanto para vehículos livianos como medianos, se debe principalmente a la adopción de nuevos y más exigentes estándares de emisión de contaminantes locales.

Como se ha presentado en las Figura 5 y Figura 6 de la sección 2.2, las jurisdicciones que cuentan con estándares de rendimiento energético o equivalentes para este segmento vehicular muestran datos históricos y metas disímiles entre unos y otros. En este caso, las comparaciones se realizan a partir del ciclo de conducción NEDC. Sin embargo, desde el año 2018, el estándar global para determinar los procedimientos de homologación reemplazó el ciclo NEDC por el ciclo WLTP (Worldwide Harmonized Light-duty Vehicle Test Procedure). La ventaja del ciclo WLTP, es que asegura una mayor representatividad de las condiciones de uso real de los vehículos y de sus tecnologías actuales en las metodologías de su homologación.

El ciclo WLTP, además, entrega valores más precisos, ya que toma en cuenta las especificaciones de cada vehículo, incluidos todos sus equipamientos opcionales que influyen en el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. En algunos casos, los valores del consumo de combustible en el ciclo WLTP son mayores que los valores basados en el ciclo NEDC. Esto es porque esta nueva metodología es una medida que se basa en un escenario referencial más estricto, más largo y que representa mejor los usos actuales de los vehículos.

Al comparar las emisiones y rendimientos de los vehículos comerciales nuevos (normalizado en el ciclo NEDC), se puede observar que los vehículos de este segmento que ingresan al mercado nacional alcanzan, en términos generales, menores rendimientos energéticos históricos que las legislaturas observadas, incluyendo Arabia Saudita y Corea del Sur. Esto se ve reflejado en las Figura 19 y Figura 20:

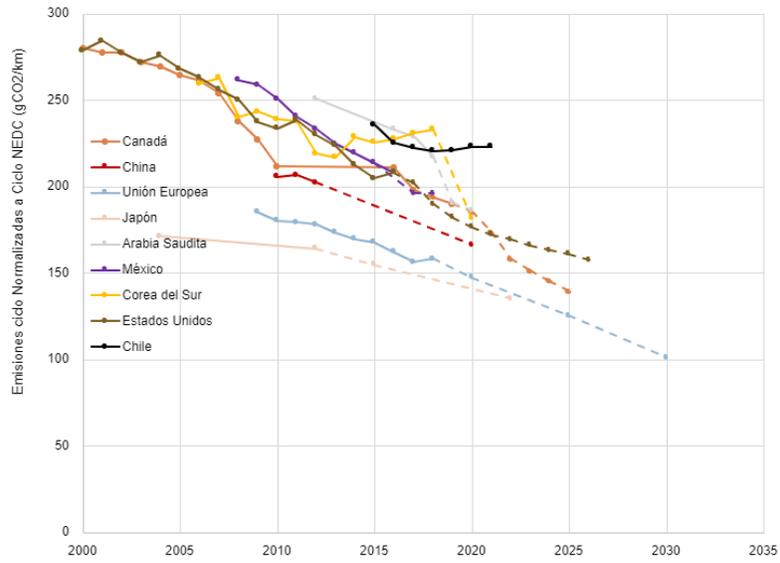


Figura 19 Emisiones (en gCO₂/km) de vehículos comerciales ligeros nuevos normalizado en ciclo NEDC.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2020).

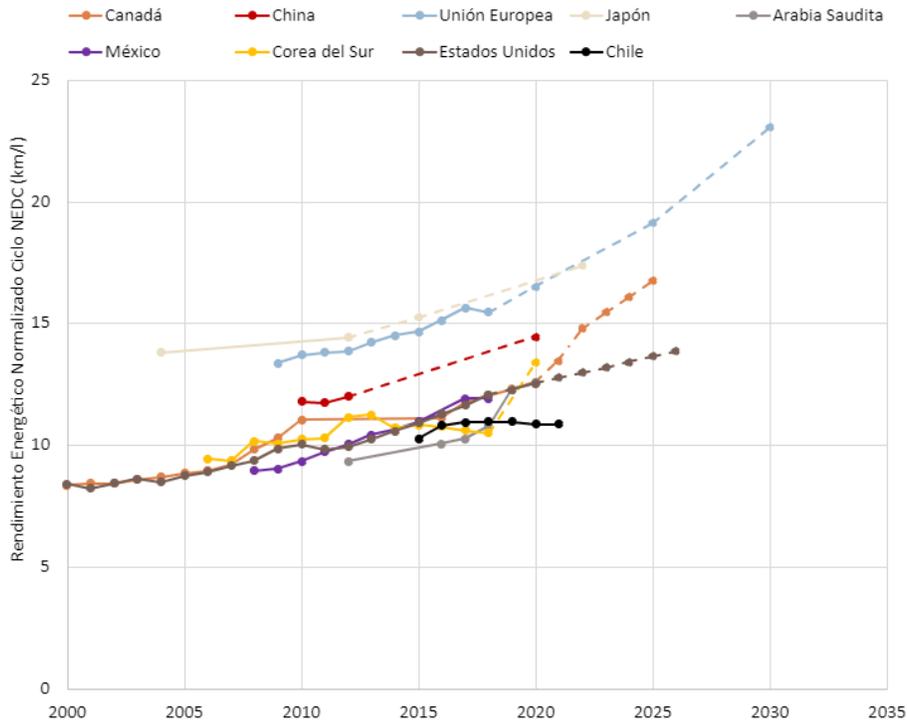


Figura 20: Rendimientos de combustible (en km/l) de vehículos comerciales ligeros nuevos normalizado en ciclo NEDC
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2020)

Con respecto al registro de las emisiones y rendimientos de Corea del Sur, la dificultad de acceder a datos respecto al tamaño promedio de los vehículos de comercializados, no permiten explicar el por qué, pese a contar con estándares con relativa antigüedad, los últimos rendimientos energéticos históricos disponibles de este segmento son comparativamente tan bajos. No obstante, las metas establecidas consideran una mejora que pondrá al país asiático al nivel norteamericano.

Los rendimientos energéticos de Chile basados en el ciclo NEDC fueron similares a los observados a los rendimientos energéticos de los países norteamericanos hasta 2016, año en el cual los valores comienzan a divergir. Lo anterior puede explicarse en parte por la actualización de los CAFE (Corporate Average Fuel Economy) en el periodo 2017-2025, que trajo consigo mejoras en el parque norteamericano.

Sin embargo, este análisis puede no resultar suficiente considerando que, si bien los rendimientos difieren entre legislaturas, también ocurre con el tamaño promedio de los vehículos que se comercializan en cada mercado. En este sentido, un segundo análisis considera 2 legislaturas de referencia, Estados Unidos y la Unión Europea. En la Figura 21 se presentan tanto las masas de referencia promedio, las emisiones promedio y la razón entre ambas.

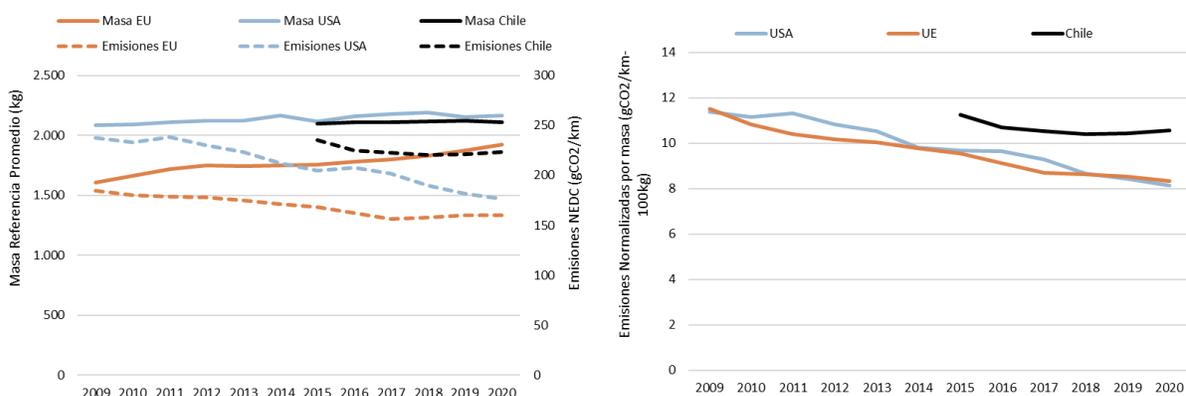


Figura 21 Comportamientos históricos de masa promedio y emisiones promedio del mercado de vehículos medianos Chile, USA & EU.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2021), (EPA, 2021b).

Las emisiones (equivalente al consumo de energía) normalizadas por la masa de referencia para Estados Unidos y la Unión Europea, muestran valores y tendencias similares. Esto refleja que las exigencias para ambos mercados son similares. Por otra parte, Chile posee una razón consumo/tamaño equivalente al que poseían estos mercados previos a la aplicación de estándares, y, sin considerar el año 2016, este valor se ha mantenido estable. Lo anterior, refuerza la idea del estancamiento en el rendimiento de los vehículos medianos que ingresan al mercado nacional, y la necesidad de establecer estándares que permitan disminuir las brechas con mercados a la vanguardia.

4. Propuesta estándares de eficiencia energética para Vehículos Medianos

Considerando los antecedentes internacionales, y la experiencia nacional que se ha generado a través del etiquetado vehicular y las definiciones establecidas en la Ley de Eficiencia Energética, a continuación, se describen las propiedades consideradas para la definición del estándar de eficiencia energética propuesto para los vehículos medianos nuevos en Chile.

Las propiedades son: tipo de estándar y su métrica, gasolina equivalente, vehículos regulados, ciclo de pruebas, descriptor, responsables del cumplimiento, el estándar propuesto, sanciones por incumplimiento, el crédito inter temporal y el multiplicador. Lo anterior se resume en la Tabla 3.

*Tabla 3 Resumen de características definidas para el estándar.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.*

Tipo de Estándar	Estándar de Rendimiento Energético
Métrica	km/l gasolina equivalente (km/l _{ge})
Vehículos Regulados	Vehículos Medianos
Ciclo de Prueba	WLTP
Descriptor	Masa de Referencia [kg] ¹⁶
Método de Cálculo	Promedio Corporativo
Responsable de Cumplimiento	Importador o Representante

4.1 Tipo de estándar y su métrica

Los estándares del parque automotriz pueden estar basados en el rendimiento vehicular (ya sea como rendimiento o consumos específicos), emisiones de CO₂ o ambos (Arena, y otros, 2014). Mientras algunos países cuentan con estándares basados en emisiones de CO₂, y establecen sus metas en [gCO₂/km], como la Unión Europea, otros países cuentan con estándares de rendimiento y establecen sus metas en [km/l_{ge}] (Japón o Corea del Sur), o [mpg] (millas por galón) como Estados Unidos o Canadá, quienes además presentan sus metas en [gCO₂/milla]. Otros países basan su estándar en el consumo específico de combustible [l/100 km] como China o en [MJ/km] como es el caso de Brasil.

En Chile, según lo establecido en el artículo 7° de la Ley 21.305, el Ministerio de Energía deberá fijar estándares de eficiencia energética que consistirán en metas de rendimiento energético, cuya métrica será el rendimiento energético en kilómetros por litros de gasolina equivalente, al igual que Japón y Corea del Sur. Además, se indicará su equivalencia en gramos de CO₂ por kilómetro [gCO₂/km]. Ambos valores serán determinados usando la información contenida en el proceso de homologación del vehículo realizado por el 3CV.

¹⁶ La masa de referencia en ciclo WLTP, equivalente al peso en vacío más 100 kilogramos, más el 15% del Peso Bruto Vehicular

4.2 Gasolina equivalente

La actual medición de rendimientos volumétricos en km/l realizada durante el proceso de homologación vehicular por el 3CV del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, no da cuenta de las diferencias en el contenido energético entre el diésel y la gasolina. En este sentido, el mayor contenido energético por litro de diésel le entrega ventajas en el rendimiento a los vehículos que utilizan este combustible. Al mismo tiempo, no es posible describir el rendimiento energético de un vehículo que no utiliza un combustible líquido o cualquier otro energético como fuente de energía, a no ser que de que éste sea convertido a una unidad común.

Para la aplicación del estándar es necesario dar cuenta de las diferencias en el contenido energético entre el diésel, la gasolina, la electricidad u otros energéticos, y poder medir los rendimientos vehiculares de los diferentes tipos de tecnologías, por lo que se requiere de una unidad común. En este caso, se ha establecido como base común, el litro de gasolina equivalente (l_{ge}) en la Ley 21.305 sobre eficiencia energética. La metodología establecida para realizar la conversión de rendimiento se presenta a continuación:

- a) Para el caso de vehículos que utilicen combustible líquido, la equivalencia estará dada por la siguiente expresión:

$$\eta_{eq_cl} \left[\frac{km}{l_{ge}} \right] = \eta_{combustible\ original} \left[\frac{km}{l_{combustible\ original}} \right] * \frac{\rho_{gasolina} * PC_{gasolina}}{\rho_{combustible\ original} * PC_{combustible\ original}} \left[\frac{l_{combustible\ original}}{l_{ge}} \right]$$

- b) Para el caso de vehículos eléctricos puros, la equivalencia estará dada por la siguiente expresión:

$$\eta_{eq_ep} \left[\frac{km}{l_{ge}} \right] = \eta_{ep} \left[\frac{km}{kWh} \right] * \frac{\rho_{gasolina} * PC_{gasolina}}{3600} \left[\frac{kWh}{l_{ge}} \right]$$

- c) Para el caso de vehículos híbridos con recarga exterior, para los cuales se haya determinado más de un rendimiento (uno por cada energético), la equivalencia quedará determinada por el promedio ponderado de la conversión a gasolina equivalente de sus energéticos originales, según la proporción de autonomías otorgadas por cada uno al vehículo. La autonomía del motor a combustión interna será determinada por el Ministerio de Energía.
- d) Para el caso de vehículos que utilicen otro tipo de energéticos no contemplados anteriormente, la equivalencia se establecerá por Resolución del Ministerio de Energía

Donde ρ (densidad del combustible en kg/l) y PC (poder calorífico del combustible en KJ/kg) son propiedades que serán registradas al momento de hacer la homologación del vehículo, η_{eq_cl} es el rendimiento del vehículo que utiliza combustible líquido en km/ l_{ge} y η_{eq_ep} es el rendimiento del vehículo eléctrico puro en km/ l_{ge} . La densidad de los combustibles y el poder calorífico de los mismos corresponderán a aquellos utilizados por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones para calcular el rendimiento energético en el proceso de homologación vehicular.

Finalmente, se utilizará el rendimiento mixto (en kilómetros por litro de gasolina equivalente) al ser este un rendimiento más representativo del tipo de conducción en Chile y entregar mejores resultados estadísticos a la hora de representar el parque.

4.3 Vehículos regulados

Como se indicó anteriormente y para dar cumplimiento al artículo 7° transitorio de la Ley 21.305, el presente Informe Técnico corresponde a la evaluación y propuesta de estándares de eficiencia energética vehicular para vehículos medianos. Para efectos de este documento, se consideran vehículos medianos de acuerdo con la definición establecida en el inciso tercero del Artículo 1° del Decreto Supremo N° 54, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que establece normas sobre emisiones de vehículos motorizados medianos, o la que lo reemplace, que actualmente corresponde a aquellos vehículos con peso bruto vehicular igual o superior a 2.700 kg. e inferior a 3.860 kg.

4.4 Ciclo de Pruebas

Actualmente, los vehículos que ingresan al mercado nacional son homologados siguiendo el ciclo de pruebas New European Driving Cycle (NEDC)..

La tendencia internacional es que aquellos países que regulan o regulaban los estándares en ciclo NEDC se cambien hacia el ciclo armonizado Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure (WLTP). Como se menciona en la sección 3.6, el procedimiento WLTP se basa en escenarios referenciales más estrictos, más largos, que traducen mejor los usos actuales de los vehículos y que, además, toma en cuenta las especificaciones de cada vehículo, incluidos todos sus equipamientos opcionales que influyen en el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. En consecuencia, los valores del consumo energético y emisiones de CO₂ son mayores que los del ciclo NEDC. Las diferencias entre la metodología del ciclo WLTP y del ciclo NEDC se resumen en la Tabla 4.

Tabla 4. Descripción de los ciclos de conducción NEDC y WLTP.
Fuente: www.peugeot.es

MEDICIÓN	NEDC	WLTP
Tiempo de ciclo	20 minutos	30 minutos
Distancia del ciclo	11 kilómetros	23-25 kilómetros
Conducción	2 fases: 66% conducción urbana / 34% conducción extraurbana	4 fases: 52% conducción urbana / 48% conducción extraurbana
Velocidad media	34 km/h	46,5 km/h
Velocidad máxima	120 km/h	131 km/h
Influencia del equipamiento opcional	No tiene en cuenta las opciones y su impacto en las emisiones reguladas (CO, HC, NOx, partículas) y el consumo expresado en CO ₂ .	Tiene en cuenta las opciones y su impacto en las emisiones reguladas (CO, HC, Nox, partículas) y el consumo expresado en CO ₂ .

Cambio (caja manual)	Cambios de marchas determinados y fijos.	Cambios de marcha determinados en función de las características del vehículo.
Temperatura durante el test	Mediciones realizadas a temperaturas entre 20 y 30° C.	Mediciones realizadas a 23°, después a 14° para emisiones de CO2.

Chile, siguiendo la tendencia internacional, también realizará este cambio, de acuerdo con lo establecido en el Decreto N°40/2019, del Ministerio de Medio Ambiente, que modifica la norma de emisión para vehículos medianos.

4.5 Descriptor

Con el fin de establecer una adecuada exigencia que considere las características de los vehículos y los consumos energéticos generados, los estándares de rendimiento (o de emisión de CO2) basan sus metas en relación ya sea al *footprint* (área que cubre el vehículo entre sus ejes) o a la masa vehicular. Según el resumen de la Tabla 1, las metas basadas en el *footprint* como descriptor se utilizan en Estados Unidos, México, Canadá y Arabia Saudita. En el caso de la UE, Japón, Corea del Sur y China, se utiliza como descriptor la masa del vehículo (Arena, y otros, 2014).

Para determinar cuál era el descriptor que se ajustaba de mejor forma al mercado local, se consideró tanto la masa vehicular (masa de referencia y peso bruto vehicular) como el *footprint*. Tomando en cuenta la posibilidad de establecer como estándar una recta continua, se evaluó el comportamiento del rendimiento energético de las ventas anuales de vehículos medianos nuevos durante en el periodo 2015-2020 con relación a estos 3 indicadores. Considerando los bajos valores de los coeficientes de determinación, en términos generales muestran una baja correlación lineal entre el rendimiento energético y cada uno de los 3 descriptores analizados. En otras palabras, los rendimientos energéticos muestran un alto nivel de dispersión respecto a los descriptores, lo que se puede observar en la Figura 18 de la sección 3.5, donde se evidencia que hay algunos periodos en que la masa de referencia y el rendimiento promedio mixto aumenta.

Otra alternativa revisada en la literatura internacional es la posibilidad de fijar estándares sin un descriptor (o parámetro de utilidad) y utilizar valores objetivo fijos o plantear reducciones o mejoras porcentuales para cada uno de los fabricantes. Esto simplificaría la normativa y aumentaría el incentivo para la reducción del tamaño de los vehículos (ICCT, 2018), ya que estos deberían cumplir con un valor meta independientemente del peso promedio de su flota, lo que sería más fácil si es que estos importan o fabrican vehículos de menor tamaño.

Analizadas las posibilidades, y en concordancia con lo observado en las distintas legislaturas a nivel internacional, se utilizará un descriptor para establecer las metas de rendimiento. Si bien el peso bruto vehicular presenta en general una mayor correlación promedio, esta no es utilizada a nivel internacional, probablemente porque considerar que los vehículos circulan a carga máxima, no es representativo de la conducción real en esta categoría vehicular. Utilizar el *footprint* como

descriptor es una práctica observada a nivel internacional, sin embargo, la representatividad de los valores observados en el mercado para este descriptor y en esta categoría es la menor de los 3 descriptores analizados.

Finalmente, la masa de referencia, equivalente al peso en vacío¹⁷, más 100 kilogramos y el 15% del peso bruto vehicular, resulta ser un descriptor cuya representatividad es cercana a lo observado para el peso bruto vehicular, y el cual es utilizado internacionalmente. Si bien, este presenta ciertas inconveniencias asociadas a la posibilidad de incentivar la importación de vehículos de mayor tamaño, estas pueden ser corregidas con la definición de la pendiente. Además, este indicador permite hacer comparaciones directas con mercados de relevancia para Chile, como Corea del Sur, Japón, Unión Europea y China (origen de las marcas que abarcan la mayor parte del mercado).

4.6 Responsables del Cumplimiento

Para comprender quien es el responsable del cumplimiento del estándar, es importante tener en cuenta la estructura del mercado automotriz en Chile. La cadena de valor de la industria automotriz comúnmente se estructura en base a 4 grandes actores (ver Figura 22):

1. Fabricante automotriz.
2. Importador o representante oficial de las marcas.
3. Concesionario de las marcas.
4. Consumidor final.



Figura 22 Cadena de valor de la industria automotriz

Luego, según lo indicado en la Ley 21.305, los responsables del cumplimiento del estándar de eficiencia vehicular son los importadores o los representantes para cada marca de vehículos. Es decir, se evaluará el rendimiento energético vehicular para cada importador o representante, según corresponda, en base al promedio de los rendimientos de todos los vehículos para los cuales cada responsable emitió un certificado de homologación individual en un año. Se evalúa anualmente, considerando que la masa vehicular promedio de cada importador puede variar en un año y que, por consecuencia, el rendimiento promedio corporativo anual también puede variar.

¹⁷ El peso en vacío equivale a la masa en orden de marcha menos la masa promedio de un conductor (75 kilogramos).

Durante el desarrollo del presente Informe Técnico y para una mejor comprensión de este, de aquí en adelante el importador y representante serán denominados indistintamente como “el/los responsable/s”.

4.7 Alternativas de estándares posibles a definir

En este informe se analiza una propuesta preliminar de estandarización para la aplicación de estándares de rendimiento en el segmento de vehículos medianos en Chile (normalizado a ciclo WLTP). La actualización del estándar se realizará cada 2 años, fijándose metas de rendimiento energético para los vehículos nuevos que ingresen al mercado. Los escenarios fueron establecidos en base a criterios de exigencia progresiva, intentando alcanzar las exigencias de mercados a la vanguardia.

Los estándares propuestos se traducen como una recta representativa del parque de vehículos medianos nuevos graficados según su descriptor, que en este caso corresponde a la masa de referencia, como se indicó en la Sección 4.5. Luego, la verificación del cumplimiento del estándar por cada responsable se debe realizar comparando el rendimiento promedio corporativo anual del responsable con el estándar de rendimiento energético que el responsable debe cumplir, dada su masa de referencia promedio. De este modo, se puede considerar que, para cada año, cada responsable deberá cumplir con un estándar de rendimiento dado, que dependerá del promedio de las masas de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación emitidos por dicho responsable, según la siguiente expresión:

$$RE_{i,t}^{exigido} = a * M_{i,t} + C_t$$

Donde:

$RE_{i,t}^{exigido}$: rendimiento energético exigido al importador i en el año t (km/l_{ge}).

a : corresponde a la pendiente de la recta igual a -0,0016 derivado de la recta característica del mercado nacional de vehículos medianos en 2021 (km/l_{ge}/kg).

$M_{i,t}$: masa de referencia promedio de los vehículos medianos importados por el representante i en el año t (kg).

C_t : corresponde al intercepto, que es la constante que define la exigencia del estándar en cada año t (km/l_{ge}).

La pendiente (a) corresponde al valor de la pendiente de la recta que caracteriza a los vehículos vendidos en Chile durante el año 2021, por lo que el estándar propuesto corresponde a una recta paralela a ella.

Por otro lado, la masa de referencia se considerará como la tara, en kg, del vehículo en vacío más todos los líquidos requeridos para su funcionamiento, sumándole una masa uniforme de 100 kg.

A partir de lo anteriormente mencionado, en la Figura 23 se observa la proyección del rendimiento meta para el estándar propuesto y su comparativa a nivel internacional, calculados con el ciclo NEDC.

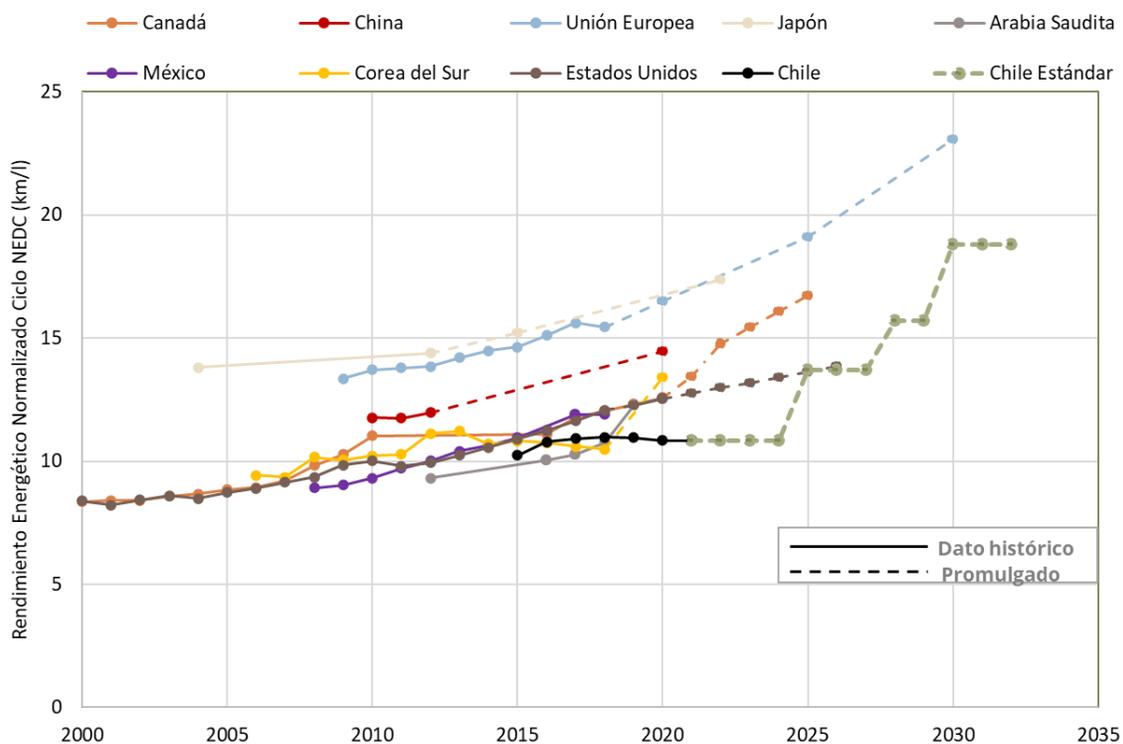


Figura 23 Propuesta estándar de rendimiento para vehículos medianos en el contexto internacional y nacional normalizados al ciclo NEDC.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2021), (EPA, 2021b).

Con el objetivo de tener una referencia comparativa, los registros de la Figura 23 están basados en el ciclo NEDC, debido a la dificultad de obtener datos internacionales estimados con el ciclo WLTP. Sin embargo, como se menciona en la sección 4.4, los resultados del presente informe se calculan a partir de la normalización al ciclo WLTP. A modo comparativo, en la Figura 24 se pueden observar la proyección de la propuesta de estandarización basados en el ciclo NEDC (izquierda) y WLTP (derecha). En términos numéricos, las metas son resumidas en la Tabla 5.

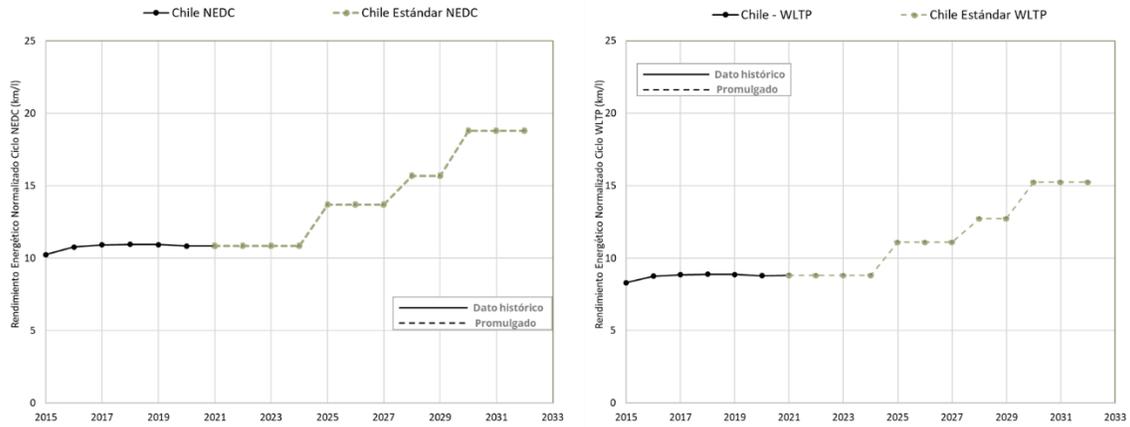


Figura 24. Propuesta de estándar de rendimiento para vehículos medianos en ciclo NEDC (izquierda) y ciclo WLTP (derecha).

Tabla 5. Resumen de metas de rendimiento energético para vehículos medianos en ciclo WLTP.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Año	Estándar WLTP ¹⁸
2026 - 2027	11,1 km/l _{ge}
2028 - 2029	12,7 km/l _{ge}
2030 - 2032	15,3 km/l _{ge}

Como se observa en la Figura 24, los rendimientos exigidos a partir del ciclo WLTP son menores que los del ciclo NEDC. Sin embargo, esto no quiere decir que las proyecciones de ahorro energético sean menos favorables, ya que los valores de los registros históricos de rendimiento también disminuyen con el ciclo WLTP, por lo que la referencia de rendimiento es nominalmente menor.

Para esta propuesta se define una recta cuya pendiente es igual a -0,0016 (correspondiente a la pendiente de la regresión del escenario actual, graficada en la Figura 15 de la sección 3.4), pero se modifica el intercepto, es decir, el valor C_t , cuya proyección al 2026 pueden observarse en la Figura 25.

¹⁸ Normalizado al ciclo WLTP

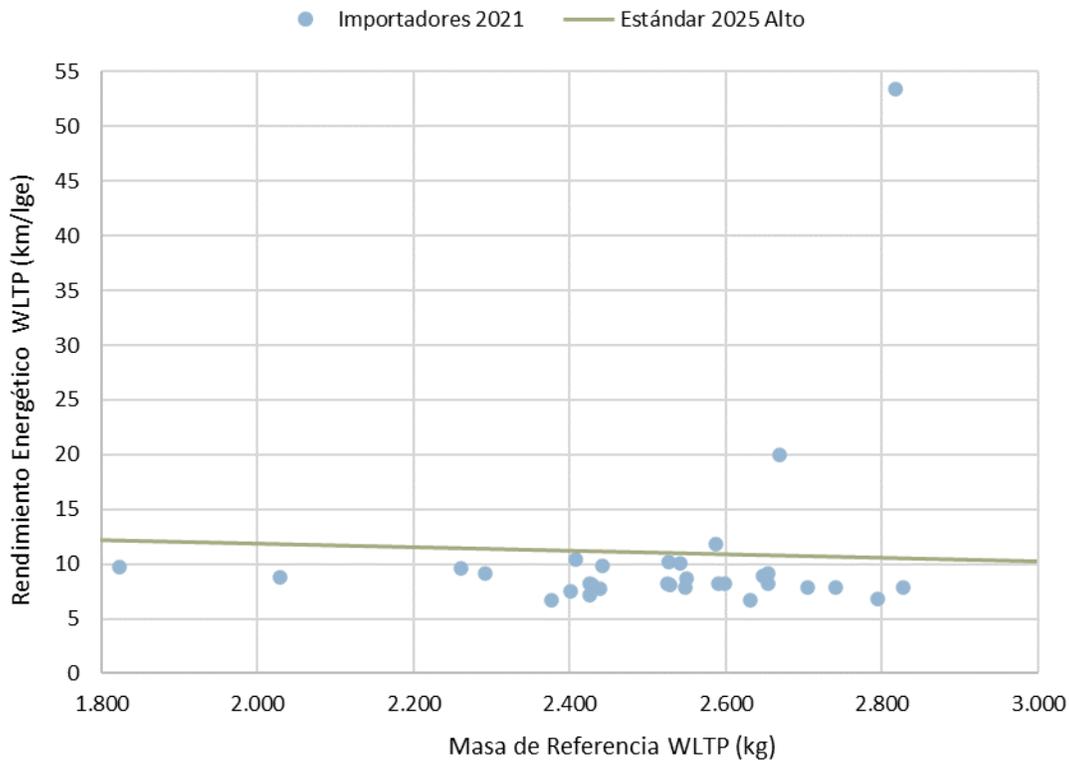


Figura 25 Estándar de rendimiento evaluados y proyectado al año 2026.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2021), (EPA, 2021b).

Esta propuesta implica que, si bien para cada responsable el valor de estándar mínimo que debe cumplir cada año será distinto, dado que es un valor que depende de la masa de referencia promedio de los vehículos homologados por dicho responsable en cada año, el estándar en sí corresponde a la fórmula antes indicada, la cual es igual para todos los responsables.

4.8 Sanciones por incumplimientos propuestas para Chile

De acuerdo con lo indicado en la Ley 21.305, las sanciones serán ejecutadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC) y aplicará una multa de hasta 0,2 UF por cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por debajo del estándar definido para un año determinado, multiplicado por el número total de certificados de homologación individual emitidos en el año respectivo.

De acuerdo con lo indicado en la sección anterior, para cada responsable se deberá calcular su rendimiento promedio corporativo anual, a partir de la totalidad de certificados de homologación que haya emitido cada año, y compararlo con el estándar de rendimiento energético de dicho responsable, calculado en función del promedio de la masa de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación emitidos por el responsable durante ese mismo año. De este modo, el

cálculo de la sanción, en caso de aplicarse, será sobre cada responsable según la fórmula presentada a continuación.

$$Multa_{ij} [UF] = (E_{ij} - R_{ij}) * 10 * N_{ij} * F$$

Donde:

$Multa_{i_j}$: multa anual a pagar por el responsable i en UF por incumplimiento del estándar en el año j ;

E_{ij} : estándar de rendimiento energético medido en km/l_{ge} que debe cumplir el responsable i en el año j ;

R_{ij} : rendimiento energético real medido en km/l_{ge} del responsable i para la totalidad de los vehículos para lo que se emitió certificados de homologación en el año j ;

N_{ij} : número total de certificados de homologación individual emitidos en el año j por el responsable i ; y

F : factor de cobro por incumplimiento medido en UF por cada décima de km/l_{ge} de acuerdo con lo determinado en el proceso sancionatorio de la SEC.

En la Figura 26 se puede observar un diagrama de cajas y bigotes que sintetiza las posibles multas unitarias que los importadores deberán afrontar en caso de no llevar a cabo acciones a favor de la venta de vehículos con mayor rendimiento. Se estima que la multa unitaria por vehículo más alta sería de \$299.531, y el promedio de la multa unitaria sería de CL\$ 155.034.

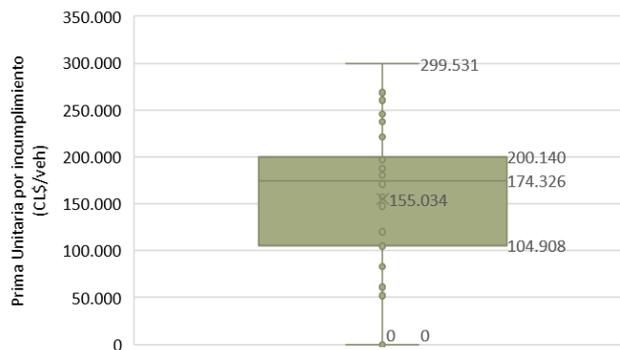


Figura 26 Resumen de multas unitarias por incumplimiento. Par Importador/Marca.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2021), (EPA, 2021b).

4.9 Crédito Inter-temporal por incumplimiento

Para aquellos responsables que incumplan el estándar en un cierto año y deban pagar una multa, la Ley 21.305 establece que durante el año inmediatamente siguiente a aquel en que se constate el incumplimiento del respectivo estándar de eficiencia energética, y en caso que quien hubiere sido

sancionado supere su meta anual de eficiencia energética, se podrá descontar de la multa del año anterior el monto resultante de multiplicar cada décima de kilómetro por litro de gasolina equivalente por sobre el estándar de eficiencia energética definido para ese año, multiplicado en la forma indicada en el inciso anterior. En caso de no descontarse total o parcialmente la multa del año anterior, se procederá al cobro de la parte de ésta que corresponda. Este sistema de crédito se calculará, en estos casos, de manera análoga al cálculo de la multa y le permitirá, al responsable que incumplió, disminuir parcial o totalmente su multa del año anterior. Si hubiese multa remanente después de aplicar el crédito, esta deberá ser pagada en ese período.

4.10 Multiplicador

La ley 21.305 indica en su artículo 7° que, para determinar el nivel de cumplimiento del estándar de eficiencia energética, se podrá contar hasta tres veces el rendimiento de cada vehículo eléctrico o híbrido con recarga eléctrica exterior, así como también otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía.

Para el establecimiento del primer estándar de eficiencia energética de vehículos medianos, se considerará este multiplicador igual a tres tanto para los vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, así como también otras cero emisiones. De esta manera el rendimiento anual de cada responsable se establecerá según lo siguiente:

$$R_{ij} = \frac{3 \cdot \sum_{h=1}^{n_{ij}} R_{\text{sin emisiones}_{ij}} + \sum_{h=1}^{m_{ij}} R_{\text{con emisiones}_{ij}}}{3 \cdot n_{ij} + m_{ij}}$$

Donde:

R_{ij} : rendimiento energético real medido en km/l_{ge} del responsable i para los vehículos para lo que se emitió certificados de homologación en el año j ;

$R_{\text{sin emisiones}_{ij}}$: rendimiento energético medido en km/l_{ge} para cada vehículo eléctrico, híbrido con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía;

$R_{\text{con emisiones}_{ij}}$: rendimiento energético medido en km/l_{ge} para cada vehículo que no corresponda a vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía;

n_{ij} : cantidad de vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía para los cuales el responsable i emitió certificados de homologación en el año j ;

m_{ij} : cantidad de vehículos para los cuales el responsable i emitió certificados de homologación en el año j que no correspondan a vehículos eléctricos, híbridos con recarga eléctrica exterior, u otros calificados como cero emisiones por resolución fundada del Ministerio de Energía.

Se utilizará este valor máximo permitido por la ley como incentivo inicial al despliegue de la electromovilidad, dada su baja penetración actual respecto a los otros tipos de vehículos, como se evidencia en la Figura 13, considerando todos los beneficios que aporta esta nueva tecnología, tanto al uso más eficiente de la energía como la disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Esto se condice además con las actuales políticas públicas que tienen como objetivo el impulso transversal de esta tecnología, como la Estrategia Nacional de Electromovilidad, siendo esta tecnología clave para alcanzar la meta de carbono neutralidad en Chile al 2050.

5. Impacto estimado del estándar de eficiencia Energética para Vehículos Medianos

A continuación, se presentará un análisis del impacto que el estándar de rendimiento energético para el parque vehicular chileno tendría para los consumos de energía y la reducción de emisiones, así como también un análisis de costo beneficio que tendría para los usuarios.

5.1 Impacto en el consumo de energía y reducción de emisiones de GEI

A partir de la definición del estándar de eficiencia energética propuesto para los vehículos medianos nuevos en Chile, en la presente sección se analizan los impactos estimados de su aplicación en términos de ahorro de consumo energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Cabe mencionar que las siguientes estimaciones se calcularon a partir del ciclo de conducción WLTP.

5.1.1 Metodología de cuantificación de ahorros energéticos

Para la cuantificación de ahorros energéticos estimados producidos por el establecimiento del estándar propuesto para vehículos medianos, se determinaron la proyección de ventas del segmento y su consumo energético.

5.1.1.1 Determinación de la proyección de ventas de vehículos medianos

La metodología de proyección del parque vehicular de largo plazo se basa en la realizada para vehículos livianos presentada en (Ministerio de Energía, 2022). El parque vehicular es proyectado utilizando la función de Gompertz, estableciendo la tasa de motorización como una función del PIB per cápita (Dargay, Gately, & Sommer, 2007) (Singh, Mishra, & Banerjee, 2020) (Wu, Zhao, & Ou, 2014). De forma general:

$$M_t^* = \gamma * e^{\alpha * e^{\beta * GDP_t}}$$

Donde M_t^* es la tasa de motorización en el año t (medido en vehículos/ 1000 habitantes); γ es el nivel de saturación propio de cada país (medido en vehículos/ 1000 habitantes); GDP_t es el ingreso per cápita del país en el año t y α y β son coeficientes negativos propios de cada país que le dan la forma a la curva. Sin embargo, la ecuación antes presentada describe la relación entre ambos parámetros en el largo plazo, por lo que para que esta sea válida en todo momento se utiliza:

$$M_t = M_{t-1} + \theta * (M_t^* - M_{t-1})$$

Donde θ es un parámetro de velocidad de ajuste ($0 < \theta < 1$). Este valor fue calibrado para Chile a partir de los datos históricos conocidos¹⁹. Combinando ambas ecuaciones:

$$M_t = \gamma * \theta * e^{\alpha * e^{\beta * GDP_t}} + (1 - \theta) * M_{t-1}$$

¹⁹ Los valores utilizados fueron: $\gamma = 500$; $\theta = 0,8$; $\alpha = -5,7$ y $\beta = -0,000148$

El crecimiento de la tasa de motorización depende del ingreso per cápita y este a su vez depende de la población y el PIB. Para proyectar este último se utilizó un escenario de crecimiento económico desarrollado por el Ministerio de Hacienda en 2021. En tanto la proyección del crecimiento poblacional fue obtenida de la última información disponible del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Esta proyección considera tanto vehículos livianos como medianos en forma conjunta. Las bases de datos permisos de circulación del INE durante el periodo 2007-2019 reflejan que, en promedio, los vehículos medianos representan el 27% de este total. Para efectos de esta proyección esta proporción se mantendrá constante en el tiempo.

Una vez determinado el stock de vehículos medianos en el tiempo, es posible determinar las ventas anuales de acuerdo con:

$$V_t = S_t - S_{t-1} + R_t$$

Donde V_t corresponde a las ventas de vehículos medianos anuales para cada periodo t , S_t corresponde al stock de vehículos privados en cada periodo t , S_{t-1} corresponde al número de vehículos registrados el año anterior $t-1$, y R_t corresponde al número de vehículos que salen del mercado en cada periodo t . La tasa de retiros promedio observada durante el periodo 2015-2019 fue del 3,0% del parque total, valor utilizado en todo el horizonte de evaluación

5.1.1.2 Cálculo de consumos de energía

El cálculo del consumo de energía de los vehículos que ingresen al parque con posterioridad a la implementación del estándar en cada año t (en términos de Tcal), se obtiene mediante:

$$\sum_{t=2024}^T V_t * e^{-\left(\frac{T-t}{\beta}\right)^\alpha} * \frac{D}{\eta_t} * \rho_{gasolina} * PC_{gasolina} * 10^{-9}$$

Donde V_t corresponde al número de vehículos medianos nuevos vendidos en cada año t [veh]; D corresponde al nivel de actividad medio para vehículos medianos [km/año] constante y aproximada a 25.985 (km/año) de acuerdo con (GEASUR, 2015); η_t representa el rendimiento anual promedio del año t [km/lge]; $\rho_{gasolina}$ representa la densidad de la gasolina [kg/l]; $PC_{gasolina}$ representa el poder calorífico inferior de la gasolina [kcal/kg], ambos valores constantes y declarados en (Ministerio de Energía, 2021). La expresión $e^{-\left(\frac{T-t}{\beta}\right)^\alpha}$ es utilizada para asignar una probabilidad de permanencia en circulación para cada stock de vehículos que ingresan en cada año t como una función de su antigüedad y cuya metodología es descrita en (Posada, Yang, & Blumberg, 2017). Al igual que para vehículos livianos, no se cuenta con información suficiente para estimar los parámetros de α y β para el mercado nacional para este segmento, por lo que fueron utilizados los valores reportados en (Posada, Yang, & Blumberg, 2017) iguales a 1,9 y 25 para α y β , respectivamente.

Finalmente, es posible cuantificar el ahorro de energía que resultará de la fijación de la propuesta de estandarización, así como también el consumo asociado a la Línea Base. Lo anterior es representado en la Figura 27.



Figura 27 Proyección del consumo anual de energía al 2035.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

De acuerdo con lo presentado en la Figura 27, a partir del 2026, se observa una disminución en el consumo energético del sector producto de la vigencia del estándar. La diferencia aumenta gradualmente por el efecto acumulativo de ahorro de los vehículos que permanecen en circulación (un vehículo más eficiente ahorrará a lo largo de toda su vida útil).

5.1.2 Ahorros energéticos y emisiones del estándar propuesto

5.1.2.1 Contribución a la reducción del consumo de energía

Se observa en la Figura 27 que, con la introducción del estándar vehicular propuesto, se alcanza una significativa reducción del consumo de energía de los nuevos vehículos. Los ahorros anuales generados son presentados en la Figura 28.

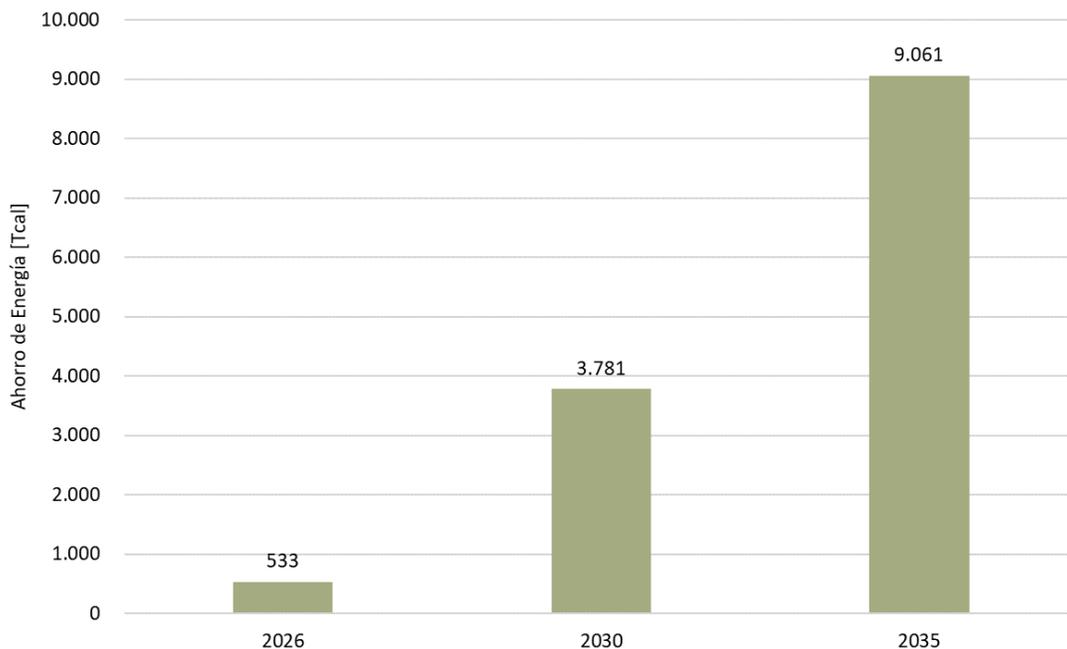


Figura 28 Ahorros anuales de energía esperado para cada escenario evaluado.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Los ahorros de energía anuales tienen un efecto acumulativo. Estos crecen conforme aumenta el horizonte de evaluación. En términos absolutos, la implementación de un estándar de estas características puede generar ahorros anuales de 533 [Tcal] al 2026, y de 9.061 [Tcal] al 2035. Comparativamente con los ahorros generados por el estándar para vehículos livianos, los ahorros de este estándar son significativamente menores al 2026^[1]. Esto se debería al menor número de vehículos que representa el mercado de medianos, y el desfase de 1 año entre estos dos estándares (los ahorros tienen un efecto acumulativo). En los años de referencia 2030 y 2035, los ahorros producto del estándar de medianos seguirán siendo menores a los observados para vehículos livianos, pero proporcionalmente mayores a los observados para el 2026. El mayor recorrido anual y el efecto acumulativo de los ahorros llevará a que los efectos de ahorro producto de esta política en 2035 representen cerca del 77,5% de los ahorros estimados para el estándar de vehículos livianos en el mismo año^[2].

^[1] El estándar para vehículos livianos generaba ahorros de alrededor de 1.100 Tcal para el 2025.

^[2] Para el 2035 se espera un ahorro de alrededor de 11.700 Tcal por año producto de la aplicación del estándar para vehículos livianos.

5.1.2.2 Contribución a la reducción de emisiones GEI

La última actualización de la Contribución Nacional Determinada (NDC) 2020 para reducir las emisiones y combatir el cambio climático estableció como meta de mitigación incondicional y transversal a la economía lo siguiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2020b):

- Chile se compromete a un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtonCO_{2eq}, entre el 2020 y 2030, con un máximo de emisiones (peak) de GEI al 2025, y a alcanzar un nivel de emisiones de GEI de 95 MtonCO_{2eq} al 2030.

Para cumplir con este presupuesto de carbono en este periodo, se requieren de políticas públicas que permitan reducir las emisiones respecto al escenario de referencia. La proyección de emisiones de GEI para Chile en su escenario de referencia y el requerido para el cumplimiento de la NDC es presentado en la Figura 29.

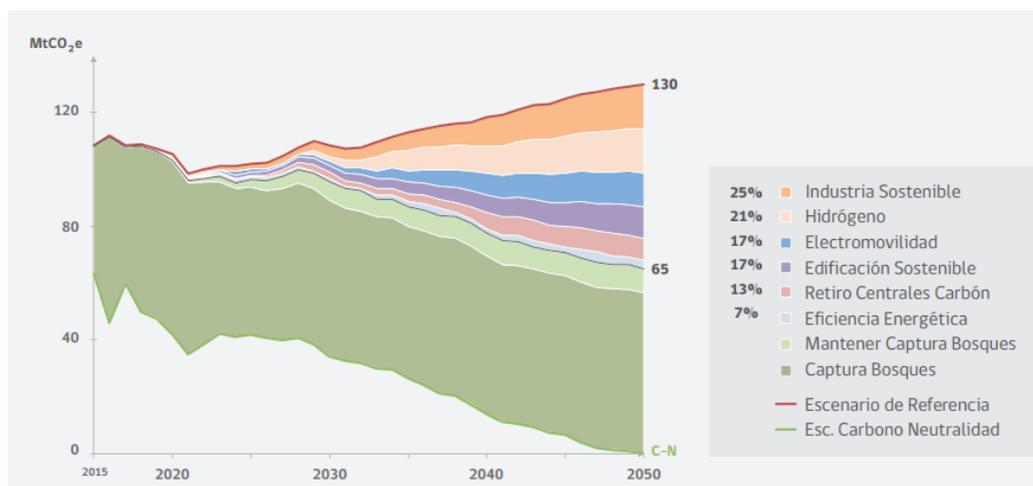


Figura 29 Representación gráfica de objetivos de la Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional 2020.
Fuente: (Ministerio de Energía, 2020a).

Existe una brecha entre el escenario de referencia (en rojo) y el escenario requerido para el cumplimiento de la NDC (verde). La disminución de esta brecha debe conseguirse con acciones de mitigación que reduzcan las emisiones a nivel nacional. Durante el periodo 2020 a 2030, dicha diferencia corresponde a alrededor de 68 MtonCO_{2eq}.

Los escenarios con la aplicación de sus respectivos estándares de rendimiento fueron evaluados en términos de sus aportes a las acciones de mitigación en el mismo periodo. La Figura 30 muestra las reducciones de emisiones anuales de gases de efecto invernadero hasta el 2030, producto de la propuesta de estandarización.

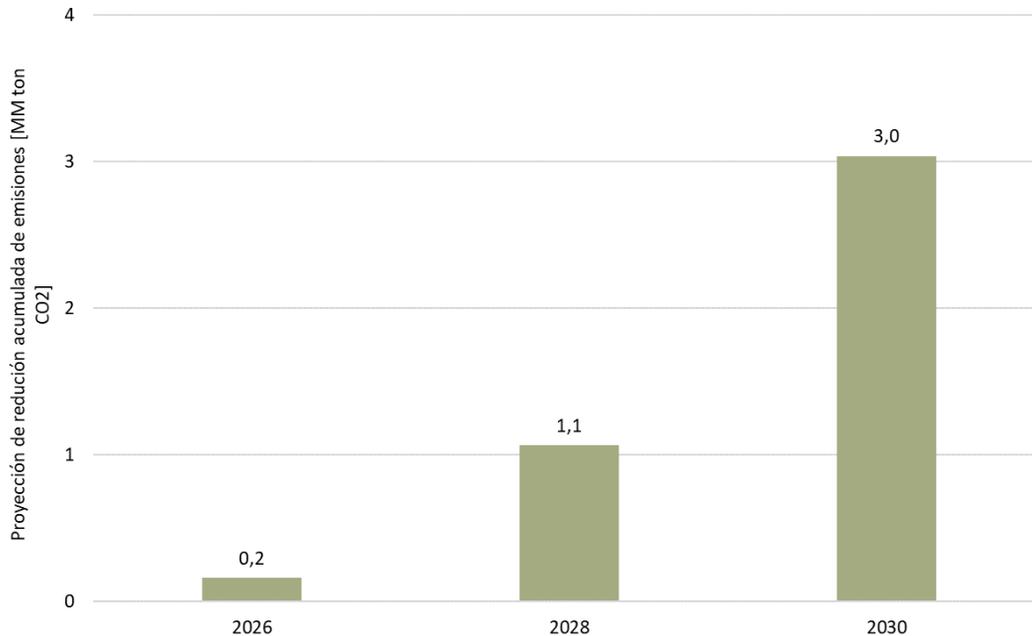


Figura 30 Reducción acumulada de emisiones de GEI al 2030.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

La contribución de esta política al cumplimiento de las metas de reducción establecidas por Chile internacionalmente vendrá dada por las reducciones acumuladas producto del estándar al año 2030. De lo observado en la Figura 30, el ahorro podría ser de 3,0 MM tonCO₂eq, lo que implicaría un aporte de un 4,4% para el mercado de vehículos medianos. En el caso de livianos, se estima que su contribución al 2030 será de un 11,7%.

5.2 Análisis de costo y beneficios para los consumidores

En esta sección se evalúan los potenciales costos y beneficios a los consumidores a partir de la implementación de los estándares propuestos. Pese a los posibles aumentos de precios que éstos podrían generar²⁰, es importante destacar que la mejora de rendimiento del vehículo implicará un menor gasto por consumo de combustible, lo que es un beneficio directo a los consumidores.

5.2.1 Impacto en el precio de los vehículos

Los fabricantes, importadores o representantes deberán cumplir con estándares de eficiencia energética cada vez más exigentes. Para lograrlo, deberán incorporar mejoras tecnológicas a los vehículos medianos que comercialicen en el mercado nacional o bien pagar las multas por incumplimiento del estándar. Lo anterior podría tener como consecuencia aumentos en los precios de los vehículos en el mercado.

²⁰ Los estudios realizados para la UE mostraban (European Commission, 2015), en términos medios, un aumento esperado del 5% para el precio de los vehículos, luego de la aplicación de su primer estándar de emisiones. Sin embargo, estudios ex post realizados reflejaron un aumento medio sólo del 4%

Existe una larga discusión respecto a cómo este aumento de costos es traducido en un aumento en el precio de los vehículos para los compradores y de qué forma. Revisores a la normativa estadounidense (CAFE) han sugerido que (NHTSA, 2019):

- i. Los costos son transferidos a los compradores de vehículos nuevos en diferentes grados, dependiendo del rigor de las normas aplicadas. Es posible que las normas más estrictas, que dan lugar a mayores aumentos en los costos de producción, provoquen mayores esfuerzos por parte de los fabricantes para transferir esos incrementos de costos a los compradores con el fin de proteger su rentabilidad que con la aplicación de normas menos estricta.
- ii. Los fabricantes pueden compensar el aumento de costos de los estándares aumentando el precio de los vehículos de lujo, y dejando a otros sectores del mercado sin alteraciones.

Más allá de dichos efectos, es necesario evaluarlos en una condición crítica. Para evaluar los potenciales efectos en el precio a los consumidores se desarrollaron 2 metodologías. Ambas metodologías, consideran que los costos en que incurren los fabricantes (o este caso, los importadores), como consecuencia del cumplimiento de los requisitos normativos, ya sea como el costo tecnológico adicional asociado a las mejoras aplicadas a los vehículos para mejorar el rendimiento de combustible o las sanciones asociadas al incumplimiento, son transferidas a los compradores en forma de aumento de precios. La definición de cada metodología son las siguientes:

- Metodología 1: Los vehículos que no cumplen con el estándar serán mejorados (o reemplazados) para que sí lo hagan. El costo incremental de la mejora tecnológica es traspasado al consumidor en diferentes grados.
- Metodología 2: Los importadores en zona de incumplimiento no realizan esfuerzos para cumplir el estándar, transfiriendo los costos de las multas a sus consumidores.

Los análisis se realizaron sobre la base de los 74 modelos más vendidos durante 2021 (todo modelo con 300 unidades vendidas o más), los cuales representan el 75% de las ventas. Los precios utilizados fueron los precios lista a mayo de 2022. A continuación, se sintetizan brevemente cada una de las metodologías desarrolladas.

5.2.1.1 Resultados Metodología 1

El análisis de este escenario también se llevó a cabo en Estados Unidos, la Unión Europea y China. En este caso, se utiliza el caso de Estados Unidos como referencia para estimar la proyección de la variación del costo por vehículo en función a la reducción porcentual de emisiones de CO₂. La curva representativa del caso de Estados Unidos fue corregida para el mercado nacional actualizado, considerando las diferencias de emisiones observadas entre los dos mercados.

En la Figura 31 se presentan las curvas de costo incremental para camionetas de USA (original) como la nacional corregida.

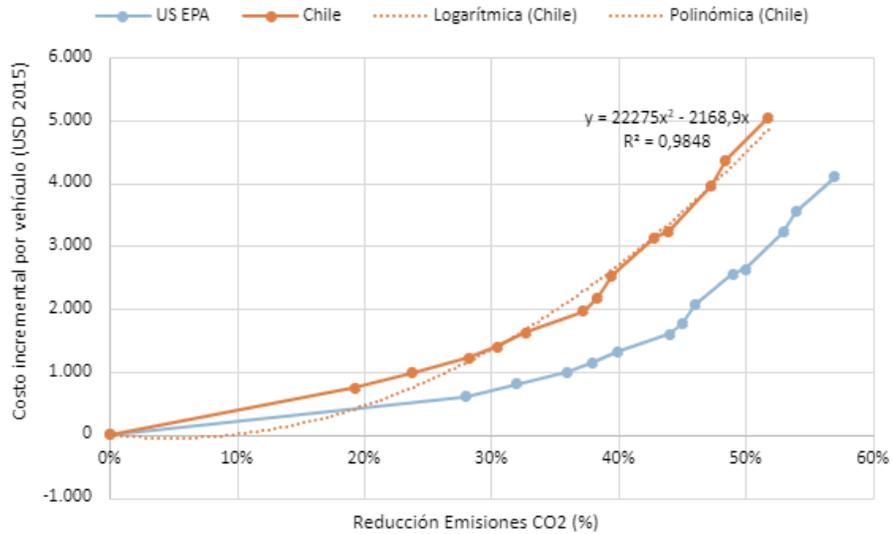


Figura 31 Costo adicional de mejora tecnológica asociado a porcentajes de esfuerzo de reducción de emisiones para camionetas.

Fuente: (ICCT, 2017).

A partir de los resultados registrados en la Figura 31, se obtienen los valores de la variación promedio de precios bajo esta metodología para el estándar propuesto es presentado en la Tabla 6.

Tabla 6 Variación promedio de precios del mercado utilizando Metodología 1.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Escenario	Variación
Estándar	4,6%

Las variaciones promedio serían 4,6% ya que, en este primer estándar, el aumento de precios sería impulsado principalmente por la mejora tecnológica de los vehículos de combustión, y no por la incorporación de vehículos cero y baja emisiones. En otras palabras, para el primer estándar seguirán dominando los vehículos de combustión interna, puesto que las tecnologías emergentes han expandido las mejoras del rendimiento energético de esta clase de vehículos y los escenarios de estándar evaluados para el 2026 son un primer paso en un sistema exigencia gradual.

5.2.1.2 Resultados Metodología 2

Esta metodología asume el caso extremo en que los importadores en zona de incumplimiento no realizan esfuerzos adicionales para cumplir el estándar, si no que transfieren los costos adicionales de incumplimiento –es decir, la multa– a los consumidores. Entonces, la variación de precio de cada modelo, independientemente si el modelo cumple o no, será igual al costo unitario de la multa (en

CL\$/vehículo) que el importador deba pagar, en caso de que este se encuentre en estado de incumplimiento.

Los resultados de variación promedio de precios bajo esta metodología para el estándar propuesto es presentado en la Tabla 7.

Tabla 7 Variación máxima promedio de precios del mercado utilizando Metodología 2
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Escenario	Variación Máxima Promedio
Estándar	0,72%

5.2.2 Retorno de inversión de consumidores

Un elemento importante a la hora de evaluar una política pública de esta naturaleza es determinar los costos y beneficios de la medida para los consumidores. Si los potenciales compradores valoran completamente los ahorros generados por las mejoras del rendimiento energético, en un mercado perfecto, los fabricantes / importadores proveerán vehículos más eficientes, y los precios de los vehículos reflejarán plenamente los ahorros de combustible.

Si, por el contrario, los consumidores infravaloran los ahorros futuros de combustible por alguna falla del mercado, como una asimetría de la información, u otras diferencias entre la toma de decisiones reales de los consumidores y la toma de decisiones teóricamente racional, conducen a una subestimación de las tecnologías de ahorro de combustible, un estándar de rendimiento energético también llevará a los fabricantes e importadores a adoptar mejoras en el ahorro de combustible que los compradores podrían no elegir a pesar del ahorro que ofrecen. La posibilidad de que los compradores renuncien voluntariamente a la compra de vehículos con mejoras tecnológicas que les reportan beneficios netos positivos se denomina "brecha de eficiencia energética".

La teoría económica predice que, en un mercado perfecto, los individuos comprarán productos más eficientes desde el punto de vista energético sólo si el ahorro de costos energéticos futuros que ofrecen los nuevos vehículos compensa sus mayores costos de inversión. En esta sección se evalúan los costos (aumentos de inversión) y beneficios (ahorros de combustible) a los consumidores asociados a la mejora de los rendimientos de los vehículos nuevos. Los costos son determinados a partir de los aumentos de precios derivados de la metodología 1. En tanto, los beneficios son calculados a partir de la diferencia de rendimientos entre la situación actual y el estándar exigido, y para su cuantificación se utilizaron parámetros como recorrido promedio anual (25.985 km/año), precio promedio de combustible igual a 1.225 CL\$/l, y una tasa de descuento del 6%, correspondiente a la tasa social de descuento.

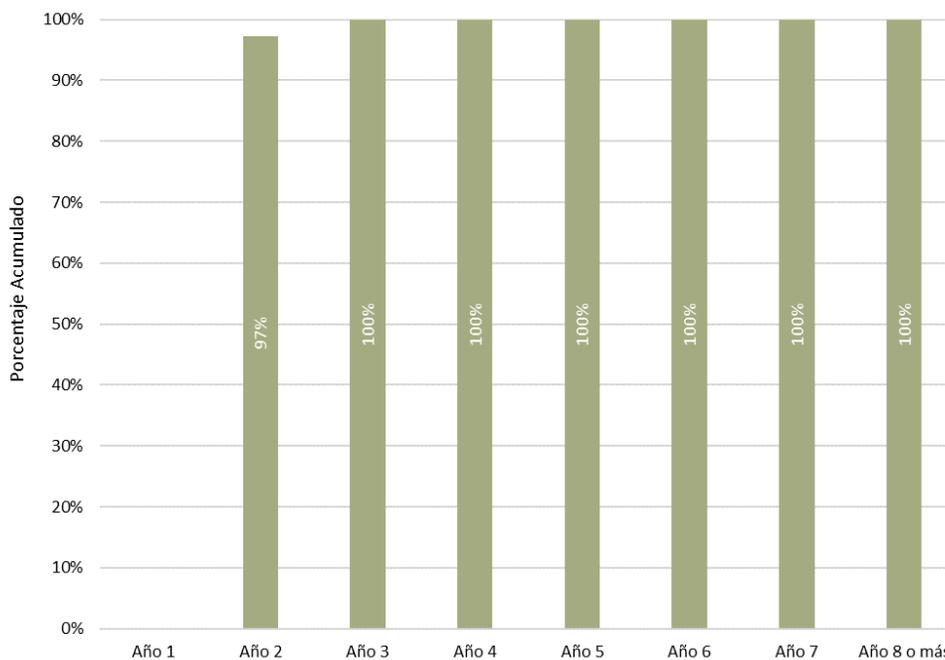
Es posible entonces comparar los potenciales aumentos de precio contra los ahorros en consumo de combustible debido a los mejores rendimientos. El objetivo fue determinar en cuánto tiempo el mayor costo del vehículo se recupera por menor consumo de energía o, dicho de otro modo, cuál es el período de retorno a la inversión adicional. Los principales resultados son presentados en la Tabla 8.

*Tabla 8 Resumen de los beneficios a los consumidores
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.*

Escenario	Aumento promedio costos de inversión (CL\$)	Ahorros anuales promedio (CL\$/año)	Periodo promedio del retorno de la inversión (meses)
Estándar	1.117.295	796.791	18

Es importante destacar que los aumentos promedio presentados en la Tabla 8, son sólo para los modelos que no cumplirían el estándar. Como se puede observar, el periodo de retorno a la inversión es muy breve, cercano al año y medio. Después de esta brecha de tiempo, comienza un período sólo de beneficio para los consumidores, y que se extiende por todo el ciclo de uso de cada vehículo.

De lo anterior se concluye que los estándares de rendimiento mínimo benefician, al igual que el estándar de vehículos livianos, no sólo al país en términos de consumo de energía y emisión de gases efecto invernadero, sino que también se trata de una medida que va en directo beneficio de los consumidores. El porcentaje acumulado de modelos que alcanzan su periodo de retorno de la inversión adicional para el cumplimiento de cada estándar es presentado en la Figura 32.



*Figura 32 Porcentaje acumulado de modelos que alcanzan su periodo de retorno de la inversión adicional.
Fuente: Elaboración Propia.*

6. Conclusiones

En el marco de la Ley de Eficiencia Energética promulgada en 2021, el Ministerio de Energía deberá establecer estándares de rendimiento energético para vehículos livianos, medianos y pesados. En este trabajo se entregan los antecedentes para el establecimiento de un estándar de rendimiento energético para vehículos livianos.

Actualmente, 8 legislaturas (Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Corea del Sur, China, México y Arabia Saudita) han establecido o propuesto estándares de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o rendimiento energético para vehículos comerciales livianos o camionetas ligeras.

En el contexto nacional, y en ausencia de estándares para este segmento vehicular, los números muestran un estancamiento en el rendimiento energético mixto de los vehículos medianos nuevos que ingresan al mercado nacional (período 2015-2021). No existen cambios relevantes en las participaciones tecnológicas y se ha registrado que los tamaños han ido aumentando levemente. Lo anterior sugiere que posiblemente el estancamiento del rendimiento se deba a la falta de mejoras tecnológicas que compensen el aumento de la masa promedio observada en el período.

Al comparar los rendimientos energéticos o emisiones promedio de los vehículos medianos nuevos vendidos en Chile con mercados como USA y la Unión Europea (normalizándolos por la masa promedio), los vehículos del segmento que ingresan al país muestran una razón emisiones/tamaño equivalente a la que poseían estos mercados previos a la aplicación de estándares. Además, mientras estos muestran una disminución sostenida, los valores para el mercado chileno permanecen constantes.

Lo anteriormente expuesto refuerza la necesidad de establecer estándares de rendimiento energético en este segmento vehicular. En este sentido y manteniendo la metodología propuesta para la evaluación del estándar de vehículos livianos, se evaluó un escenario para el cumplimiento de las metas de rendimiento energética propuestas a continuación:

Año	Estándar
2026 - 2027	11,1 km/l _{ge}
2028 - 2029	12,7 km/l _{ge}
2030 - 2032	15,3 km/l _{ge}

Se espera que el ahorro de energía de la medida sea en términos absolutos de 533 [Tcal] al 2026, y de 9.061 [Tcal] al 2035. Por otra parte, la contribución de las alternativas al presupuesto de carbono al 2030 (meta NDC 2020), será de 3,0 MM ton CO₂, equivalente 4,4% a la reducción esperada.

El impacto en precios en el mercado y tamaño de los vehículos fue evaluado considerando un universo de los 74 modelos más vendidos en 2021, los cuales abarcan el 75% de las ventas totales en el mismo año. Se evaluaron 2 metodologías diferentes para evaluar estos impactos.

Los resultados de la metodología 1, en la que se refleja los costos de las mejoras tecnológicas requeridas para alcanzar el estándar, proyectan un aumento de precio promedio de 4,6%. Lo anterior, asumiendo que el costo de mejora incremental es transmitido íntegramente a los consumidores. Se observa que el primer estándar estará dominado por la mejora de los vehículos de combustión interna. En general, los vehículos de este segmento vendidos en territorio nacional tienen espacio de mejoras, y la fracción de vehículos eléctricos requeridos para cumplir con el estándar seguirá siendo acotada en esta primera etapa.

La segunda metodología asume que los importadores no realizan esfuerzos por cumplir con el estándar y asumen el costo de la prima prorrateando dicho costo en sus ventas anuales, transfiriendo este costo íntegramente a los consumidores, permite estimar aumentos promedio del 0,67%.

Pese a los costos, la medida muestra ser una política costo-efectiva que contribuirá en forma significativa al cumplimiento de las metas propuestas y que traerá beneficios netos positivos para los consumidores. De hecho, se espera que los retornos promedio de la inversión adicional se alcancen a los 18 meses, generando en adelante beneficios a los consumidores.

7. Glosario de Términos

Contribución Nacional Determinada (NDC): son los instrumentos a través de los cuales los países comunican, cada cinco años, los compromisos y planes que implementarán para avanzar hacia el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París.

Descriptor: Parámetro que permite caracterizar la utilidad de un vehículo, pudiéndose considerar el footprint o la masa de éste.

Estándar de consumo energético: estándar aplicado al consumo de energía o equivalentemente al rendimiento energético de los vehículos. Sus métricas pueden ser en energía por distancia recorrida (por ejemplo, L/ 100 km) o en términos de rendimiento en distancia recorrida por unidad de energía utilizada (por ejemplo, km/L).

Estándar de emisiones de CO₂: estándar aplicado a las emisiones de CO₂ de los gases de escape de los vehículos, cuya métrica está descrita en gCO₂ por unidad de distancia recorrida.

Federal Test Procedure o Procedimiento de Prueba Federal (FTP-75): protocolo internacional que determina consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

Footprint: corresponde al área entre ejes y trochas de un vehículo.

Highway Fuel Economy Test (HWFET): protocolo internacional que determina consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

Importador: Persona jurídica que introduce al país vehículos motorizados para su comercialización, y que se encuentra habilitado para emitir Certificados de Homologación Individual, o los certificados de cumplimiento del Decreto Supremo N°55, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, o aquel que lo reemplace, según corresponda.

Litros de gasolina equivalente (Ige): Unidad de medida equivalente a la cantidad de energía contenida en un litro de gasolina y que permite comparar el consumo energético de vehículos que utilicen distintos combustibles o energéticos.

New European Driving Cycle o Nuevo Ciclo Europeo de Conducción (NEDC): protocolo internacional que determina los consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

Masa en Orden de Marcha (MOM): se considera como masa en orden de marcha el resultado de sumar a la tara la masa estándar del conductor de 75 kg. La tara del vehículo considera la masa del vehículo en vacío más todos los líquidos requeridos para su funcionamiento.

Masa de Referencia (MR): la masa del vehículo en orden de marcha restándole la masa uniforme de un conductor de 75 kg y sumándole una masa uniforme de 100 kg, más el 15% del peso bruto vehicular.

Peso Bruto Vehicular (PBV): es el peso máximo en carga con la que se permite la circulación de un vehículo

Representante: Persona jurídica que, estando debidamente autorizada por una o más marcas, promueve y concierta la venta de vehículos motorizados a mayoristas o consumidores finales, encontrándose habilitada para emitir Certificados de Homologación Individual o los certificados de cumplimiento del Decreto Supremo N°55, de 1994, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, o aquel que lo reemplace, según corresponda

Vehículos Livianos: todo vehículo motorizado con un peso bruto de menos de 2.700 Kg., excluidos los de 3 o menos ruedas. Los vehículos livianos se clasifican en vehículos de pasajeros y comerciales.

Vehículos Livianos de Pasajeros (LDVs): Todo vehículo motorizado liviano diseñado principalmente para el transporte de personas. Se incluyen en esta definición, las camionetas livianas o furgones con un peso bruto menor a 2.700 kg. y que son derivadas de vehículos que fueron originalmente diseñados para el transporte de pasajeros.

Vehículo Comercial Liviano: Son los vehículos motorizados livianos con un peso bruto menor a 2.700 kg. diseñados para el transporte de carga o derivados de éstos.

Vehículo Motorizado Mediano: todo vehículo motorizado destinado al transporte de personas o carga, por calles y caminos y que tiene un peso bruto vehicular igual o superior a 2.700 Kg. e inferior a 3.860 Kg.

Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure o Procedimiento Mundial Armonizado para Ensayos de Vehículos Ligeros (WLTP): protocolo internacional que determina los consumos y emisiones de cada vehículo para su posterior homologación.

Bibliografía

- Dargay, J., Gately, D., & Sommer, M. (2007). Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030. *The Energy Journal*, 143-170.
- ANAC A.G. (2022, Enero 12). *Asociación Nacional Automotriz de Chile*. Retrieved from Tres desafíos para 2022: <https://www.anac.cl/tres-desafios-para-2022/>
- Arena, f., Mezzana, L., Doyon, A., Suzuk, H., Lee, K., & Becker, T. (2014). *The Automotive CO2 Emissions Challenge - 2020 Regulatory Scenario for Passenger Cars*. Retrieved from https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL_AMG_2014_Automotive_CO2_Emissions_Challenge.pdf
- Centro de Energía. (2020). *Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile*.
- Craglia, M., & Cullen, J. (2019). Do technical improvements lead to real efficiency gains? Disaggregating changes in transport energy intensity. *Energy Policy*.
- EPA. (2021b). *The 2021 EPA Automotive Trends Report*. Retrieved from <https://www.epa.gov/automotive-trends>
- European Commission. (2015). "Evaluation of Regulation 443/2009 and 510/2011 on the reduction of CO2 emissions from light-duty vehicles" Study contract no 071201/2013/664487/ETU/CLIMA.C.2.
- GEASUR. (2015). *Análisis y Desarrollo de Factores de Deterioro y Caracterización de las Emisiones de la Flota mediante el Sistema Remote Sensing Devices (RSD)*.
- GEASUR. (2015). *Análisis y Desarrollo de Factores de Deterioro y Caracterización de las Emisiones de la Flota mediante el Sistema Remote Sensing Devices (RSD)*. Retrieved from <http://www.sectra.gob.cl/biblioteca/detalle1.asp?mfn=3378>
- GFEI. (2016). *Fuel Economy State of the World 2016: Time for global action*.
- Gibson, G., Kollamthodi, S., Kirsch, F., Elisabeth, W., Brannigan, C., White, B., . . . Skinner, I. (2015). *Evaluation of Regulation 443/2009 and 510/2011 on the reduction of CO2 emissions from light-duty vehicles*. European Commission. Retrieved from https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/evaluation_ldv_co2_regs_en.pdf
- Gobierno de Chile. (2021, Octubre 18). *Lanzamiento Estrategia Nacional de Electromovilidad: Gobierno anuncia que al 2035 se venderán solo vehículos eléctricos en Chile*. Retrieved Octubre 19, 2021, from <https://www.gob.cl/noticias/lanzamiento-estrategia-nacional-de-electromovilidad-gobierno-anuncia-que-al-2035-se-venderan-solo-vehiculos-electricos-en-chile/>

- ICCT. (2013). *Passenger car fuel-efficiency, 2020–2025*.
- ICCT. (2017). *FROM LABORATORY TO ROAD:A COMPARISON OF OFFICIAL AND REAL-WORLD FUEL CONSUMPTION AND CO2 VALUES FOR PASSENGER CARS IN EUROPE, THE UNITED STATES, CHINA AND JAPAN*.
- ICCT. (2020, Mayo). *Chart library: Passenger vehicle fuel economy*. Retrieved April 24, 2021, from <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>
- ICCT. (2020). *Chart library: Passenger vehicle fuel economy*. Retrieved from <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>
- ICCT. (2020). *Chart library: Passenger vehicle fuel economy - date tables May 2020*. Retrieved from <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>
- ICCT. (2021, Septiembre 22). *Chart library: Passenger vehicle fuel economy*. Retrieved from Data tables. May 2020: <https://theicct.org/chart-library-passenger-vehicle-fuel-economy>
- ICCT. (2021). *EUROPEAN VEHICLE MARKET STATISTICS - Pocketbook 2021/22*. Retrieved from <https://theicct.org/publication/european-vehicle-market-statistics-2021-2022/>
- IEA. (2015, July 7). *Energy Techonolgy Perspectives 2015 - John Dulac*. Retrieved from Energy Technology Perspectives, Pathways for Low-Carbon Transport: https://elering.ee/sites/default/files/public/tarkvork-konv/2015.10.15_SG_Conference_-_Jean-Francois_Gagne.pdf
- IEA. (2017). *GFEI Working Paper 15 - International comparison of light-duty vehicle fuel economy 2005-2015: ten years of fuel economy benchmarking*.
- IEA. (2020, Noviembre 08). *Data and statistics - Explore energy data by category, indicator, country or region*. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector>
- IEA. (2020a). *Explore energy data by category, indicator, country or region - Total final consumption (TFC) by sector, World 1990-2018*. Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCShareBySector>
- IEA. (2020b). *Data and statistics*. Retrieved from Obtenido de Oil products final consumption by sector, World 1990-2018: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=OilProductsConsBySector>
- IEA. (2020c). *Energy Technology Perspectives 2020 Report extract Technology needs in long-distance transport - Global CO2 emissions in transport by mode in the Sustainable Development*

Scenario, 2000-2070. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020/technology-needs-in-long-distance-transport#abstract>

IEA. (2021). *Fuel Consumption of Cars and Vans - Powertrain technology and vehicle size are the main determinants of fuel consumption.* Retrieved from <https://www.iea.org/reports/fuel-consumption-of-cars-and-vans>

IEA. (2021). *Transport Improving the sustainability of passenger and freight transport - Mobility fell by an unprecedented amount in the first half of 2020.* Retrieved from <https://www.iea.org/topics/transport>

IEA. (2022). *www.iea.org.* Retrieved from <https://www.iea.org/topics/transport>

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería. (2022, April 18). *Informe técnico de apoyo para la definición de un estándar de rendimiento energético en el segmento de vehículos medianos en Chile.* Retrieved from <http://www.airqualityandmobility.org/gfeitoolkit/#/home>

IPCC. (2018). *Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de GEI.*

Kodjak, D. (2015). *Policies to reduce fuel consumption, air pollution, and carbon emissions from vehicles in G20 nations.* The International Council on Clean Transportation, Washington DC. Retrieved from https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_G20-briefing-paper_Jun2015_updated.pdf

Mardones, C. (2018). *Análisis retrospectivo de la implementación de impuestos verdes sobre automóviles.*

Ministerio de Energía . (2014). *Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020 (PAEE2020).* Santiago, Chile.

Ministerio de Energía. (2015, 12 30). *Política Energética de Chile 2050.* Retrieved from https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf

Ministerio de Energía. (2017). *Estrategia Nacional de Electromovilidad - Un camino para los vehículos eléctricos.* Retrieved from https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_electromovilidad-8dic-web.pdf

Ministerio de Energía. (2020). *Balance de Energía Año 2019.* Ministerio de Energía - División de Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales, Santiago - Chile.

Ministerio de Energía. (2020a). *Carbono Neutralidad en el Sector Energía: Proyección de Consumo Energético Nacional 2020.*

- Ministerio de Energía. (2021). *Informe Preliminar: Planificación Energética de Largo Plazo*.
- Ministerio de Energía. (2021). *Ley 21.305 Sobre Eficiencia Energética*. Retrieved from <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>
- Ministerio de Energía. (2021). *LEY 21.305 SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA*. Retrieved from <http://bcn.cl/2s4x2>
- Ministerio de Energía. (2022). *Informe técnico definitivo para el establecimiento del estándar de eficiencia energética vehicular de vehículo motorizados livianos - Versión para el Consejo de Ministros para la sustentabilidad*. Santiago - Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2018). *Tercer informe bienal actualización de Chile sobre el cambio climático*. Ministerio del Medio Ambiente, Oficina de Cambio Climático, Santiago - Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2020a). *Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2020b). *Contribución determinada a nivel nacional (NDC) de Chile - Actualización 2020*. Santiago, Chile.
- Mock, P. (2019). *CO2 emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles in the European Union*. Policy update, ICCT. Retrieved from <https://theicct.org/publications/ldv-co2-stds-eu-2030-update-jan2019>
- NHTSA. (2020, April 30). The Safer Affordable Fuel-Efficient (SAFE) Vehicles Rule for Model Years 2021–2026 Passenger Cars and Light Trucks . *Federal Register - Rules and Regulations* , 85(84). Retrieved from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2020-04-30/pdf/2020-06967.pdf>
- OECD/IEA. (2016). *Technology and policy drivers of the fuel economy of new light-duty vehicles - Comparative analysis across selected automotive markets*. Retrieved from <https://www.globalfueleconomy.org/media/367815/wp12-technology-policy-drivers-ldvs.pdf>
- PNUD. (2021). *Objetivo 13: Acción por el clima*. Retrieved from <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-13-climate-action.html>
- Posada, F., Yang, Z., & Blumberg, K. (2017). *New Vehicle Fuel Economy and CO2 Emission Standards Emissions Evaluation Guide*.
- Secretaría de Gobernación - México. (2018). *PROYECTO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, Emisiones de bióxido de carbono (CO2) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible*,

aplicable a vehículos automotores nuevos de pe. Retrieved from http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5539494&fecha=28/09/2018

Singh, N., Mishra, T., & Banerjee, R. (2020). Projection of Private Vehicle Stock in India up to 2050. *Transportation Research Procedia*, Volume 48, 2020, Pages 3380-3389.

The global economy. (2020). *Commercial vehicle sales - Country rankings*. Retrieved from https://www.theglobaleconomy.com/rankings/commercial_vehicle_sales/

Tietge, U., Mock, P., Franco, V., & Zacharof, N. (2017). From laboratory to road: Modeling the divergence between official and real-world fuel consumption and CO2 emission values in the German passenger car market for the years 2001–2014. *Energy Policy*, 103, 212-222. doi:10.1016/j.enpol.2017.01.021

Transport Policy . (2021, Septiembre 22). *South Korea: Light-duty: Fuel economy and GHG*. Retrieved from <https://www.transportpolicy.net/standard/south-korea-light-duty-fuel-economy-and-ghg/>

Transport Policy. (2021, Septiembre 22). *China: Light-Duty: Fuel Consumption*. Retrieved from Phase V: <https://www.transportpolicy.net/standard/china-light-duty-fuel-consumption/>

Wu, T., Zhao, H., & Ou, X. (2014). Vehicle ownership analysis based on GDP per capita in China: 1963-2050. *Sustainability*, 4877-4899.

Yang, Z., & Bandivadekar, A. (2017). *2017 Global update: Light-duty vehicle greenhouse gas and fuel economy standards*. International Council on Clean Transportation, Washington DC. Retrieved from https://theicct.org/sites/default/files/publications/2017-Global-LDV-Standards-Update_ICCT-Report_23062017_vF.pdf

Yang, Z., & Rutherford, D. (2019). *Policy update - Japan 2030 fuel economy standards*. Policy update, ICCT. Retrieved from <https://theicct.org/publications/japan-2030-fuel-economy-standards>