



Ministerio de Energía

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

Mayo 2025

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, manda en su artículo 7º 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 entró en vigor el 8 de febrero de 2024. 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 2023 el sector transporte en Chile consumió 108.705 [Tcal] alcanzando una participación del 33,3% de la energía secundaria total demandada, proveniente principalmente de derivados del petróleo (98,8%), generando un gran impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel nacional. El 82,8% del consumo de este sector está asociado al transporte terrestre caminero (Ministerio de Energía, 2024). 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 al mercado automotriz nacional 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 de combustión interna con motor diésel.

Considerando la importancia del transporte terrestre en el consumo energético a nivel nacional, en el artículo 7º de la Ley 21.305 sobre eficiencia energética, se propone definir metas de rendimiento energético, considerando la experiencia internacional donde se 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 7º de la Ley 21.305, constará de metas de rendimiento energético, cuya métrica será calculada en kilómetros por litros de gasolina equivalente¹. Además, se indicará su equivalencia en gramos de CO₂ por kilómetro.

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

¹ 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.

Transportes y Telecomunicaciones, actualmente corresponde a aquellos vehículos con peso bruto vehicular² igual o superior a los 2.700 kg e inferior a los 3.860 kg.

El estándar estará descrito según la **masa de referencia del vehículo, cuya definición es:** la masa del vehículo en orden de marcha restándole la masa uniforme de un conductor tipo de 75 kg y sumándole una masa uniforme de 100 kg, más el 28% del peso bruto vehicular.

Según lo indicado en la Ley 21.305, los responsables del cumplimiento serán los importadores o representantes para cada marca de vehículos que sean responsables de la homologación de los 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 Ecuación (I):

$$Estandar_{ij} = Estandar_{refj} + a * (M_{ij} - M_0) \quad (I)$$

Donde:

$Estandar_{ij}$: rendimiento energético corporativo exigido al responsable del cumplimiento i en el año j (km/l_{ge}).

$Estandar_{refj}$: estándar de rendimiento energético referencial establecido para el año j medido en (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 comercializados durante el 2024 ($\text{km/l}_{\text{ge}}/\text{kg}$).

M_{ij} : masa de referencia promedio para el responsable i en el año j , que corresponde al promedio de la masa de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación individual emitidos válidamente por el responsable i en el año j (kg).

M_0 : corresponde al promedio de la masa de referencia que surge del ensayo de los vehículos medianos comercializados durante el año 2024, equivalente a **2.956 kg**.

Se define una propuesta de estándar de rendimiento energético referencial ($Estandar_{refj}$), cuyos valores se registran en la siguiente tabla para los respectivos años:

Año	Estándar _{refj}
2026 - 2028	11,1 km/l_{ge}
2029 - 2031	12,7 km/l_{ge}
2032 – En adelante	15,3 km/l_{ge}

² Es la suma de los pesos por ejes y conjuntos de ejes de un vehículo, con o sin carga. En otras palabras, corresponde a la suma de la tara del vehículo (o combinación vehicular) y su carga.

Notar que el estándar energético corporativo requerido ($Estandar_{ij}$) para cada responsable del cumplimiento es distinto, ya que se obtiene según la Ecuación (I) y depende de las masas referenciales de los vehículos medianos promedio de los cuales cada responsable emitió un Certificado de Homologación Individual o comercializados en el año j.

La Ley 21.305 indica además que las sanciones serán ejecutadas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (en adelante SEC), 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 (ecuación I), 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, para calcular el rendimiento corporativo de cada responsable, 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.

En el presente informe, se presenta 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 hasta el año 2035, 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.

Se estima que la implementación del estándar propuesto genere ahorros energéticos anuales de 549 [Tcal] al 2026, y de 7.644 [Tcal] al 2035. Al mismo tiempo, la contribución de las alternativas al presupuesto de carbono al 2030 (meta NDC 2020³), será de 2,7 MM ton CO₂. Esto significa que podría aportar un 3,9% 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.

Se estima que la variación máxima promedio de precios del mercado en el primer año de vigencia del estándar sería de un 2,2%.

³ 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 10 meses. Los ingresos (determinados a partir de los ahorros) son calculados mediante la diferencia de rendimientos entre la situación actual y el estándar exigido.

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.....	8
2. Antecedentes internacionales	10
2.1 Consumo energético del sector transporte en el mundo.....	10
3. Antecedentes nacionales	15
3.1 Consumo energético del sector transporte en Chile	15
3.2 Caracterización del mercado de vehículos medianos	15
3.3 Caracterización de ventas de vehículos medianos	17
3.4 Rendimiento histórico del parque de vehículos medianos en Chile	20
3.5 Antecedentes para proyección del rendimiento de los vehículos medianos para el mercado nacional.....	23
4. Propuesta Estándares de Eficiencia Energética para Vehículos Medianos.....	25
4.1 Tipo de estándar y su métrica.....	25
4.2 Gasolina equivalente	25
4.3 Vehículos regulados.....	27
4.4 Ciclo de Pruebas.....	27
4.5 Descriptor	27
4.6 Responsables del Cumplimiento.....	28
4.7 Propuesta de estandarización	28
4.8 Sanciones por incumplimientos propuestas para Chile.....	31
4.9 Crédito Inter-temporal por incumplimiento.....	33
4.10 Multiplicador.....	33
5. Impacto estimado del Estándar de Eficiencia Energética para Vehículos Medianos.....	35
5.1 Impacto en el consumo de energía y reducción de emisiones de GEI	35
5.1.1 Metodología de cuantificación de ahorros energéticos.....	35
5.1.2 Ahorros energéticos y emisiones del estándar propuesto.....	37
5.2 Análisis de costo y beneficios para los consumidores	40
5.2.1 Impacto en el precio de los vehículos.....	40

5.2.1.1	Resultados Metodología 1.....	41
5.2.1.2	Resultados Metodología 2.....	42
5.2.2	Retorno de inversión de consumidores.....	43
6.	Conclusiones.....	45
7.	Anexos	47
8.	Glosario de términos	49
	Bibliografía	51

1. Introducción

1.1 Ley 21.305 sobre Eficiencia Energética y la importancia de los Estándares de Eficiencia Energética

A nivel mundial, la necesidad de reducir la contaminación en ciudades, disminuir la dependencia de combustibles fósiles, mejorar la seguridad de suministro de energéticos y de avanzar en los compromisos climáticos, 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 locales⁴.

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, 11 jurisdicciones (Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Reino Unido, Australia, Nueva Zelanda, Japón, Corea del Sur, China, México y Arabia Saudita)⁵ han extendido sus estándares de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o rendimiento energético para vehículos de este segmento vehicular.

En el contexto nacional, la Ley de Eficiencia Energética, promulgada en 2021, manda 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 están siendo implementados en forma escalonada, partiendo por los vehículos livianos, para continuar con los medianos y finalmente los pesados, igualando la regulación con las economías más avanzadas en esta materia.

Adicionalmente, en la última 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 incentivos que fomenten la compra de vehículos cero emisiones, pero también regulaciones que impulsen a las compañías a disponer en el mercado vehículos 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 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 presenta la propuesta preliminar de estándares de rendimiento energético

⁴ 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.

⁵ Mientras otras economías como India se encuentran al momento de publicación de este estudio analizando la posibilidad de extender sus estándares a este segmento (Kaur & Deo, 2024).

en este segmento, así como la comparativa del mercado local con el resto del mundo. Finalmente, en la quinta sección se presenta la estimación de impactos asociados a la implementación de la propuesta preliminar de estándares para vehículos medianos en el mercado nacional.

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) señalan que las emisiones y el uso de la energía del sector transporte a nivel mundial 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 las restricciones de movilidad por 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, la IEA 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.

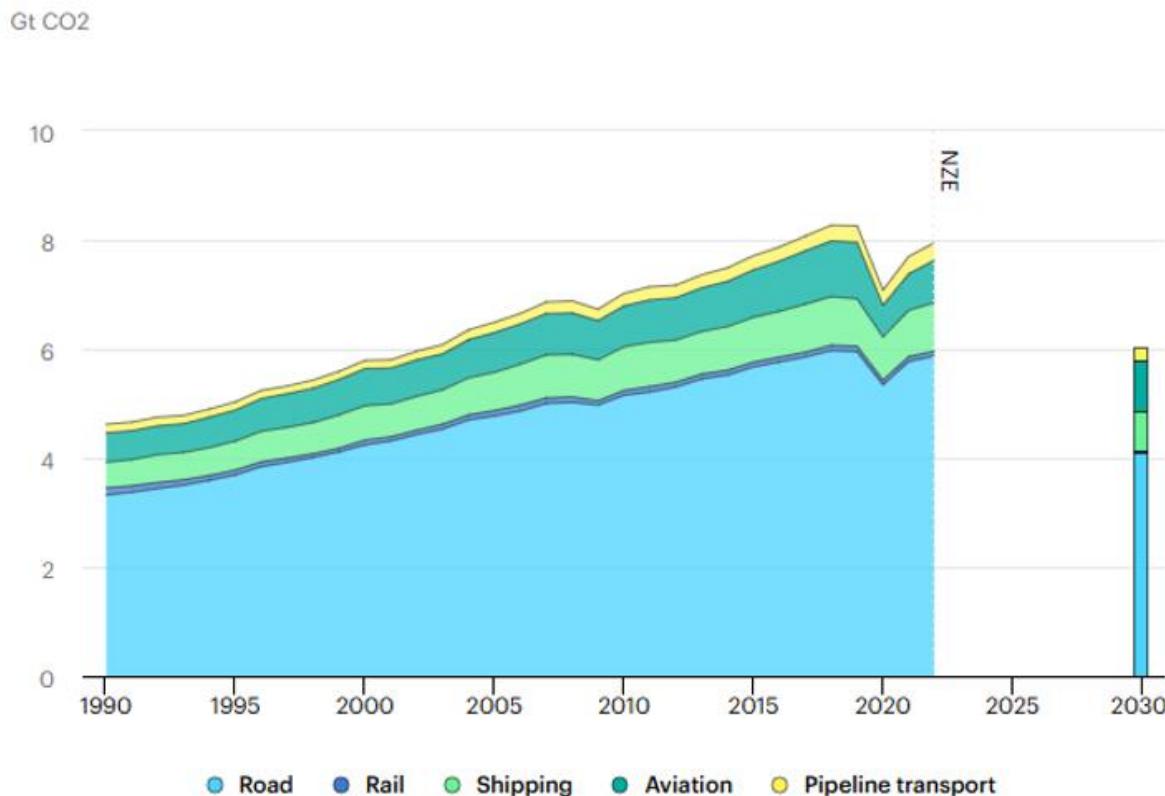


Figura 1 Proyección de emisiones mundiales del sector transporte (2000 - 2030).
Fuente: IEA (2023).

Sin embargo, la IEA 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, 2023).

En cuanto al consumo energético, la IEA publicó la distribución del consumo de energía del sector transporte en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés), evidenciando la importancia de los vehículos de pasajeros como grandes consumidores del sector. El uso de energéticos provenientes de fuentes fósiles destinados al sector deriva en que, a nivel mundial, el 65% del petróleo consumido es utilizado por el transporte (IEA, 2020b).

Según el reporte de seguimiento del impacto del sector transporte (IEA, 2023), este sigue dependiendo de los productos derivados del petróleo para casi el 91% de su energía final, solo 3,5 puntos porcentuales menos que a principios de la década de 1970 (ver Figura 2).

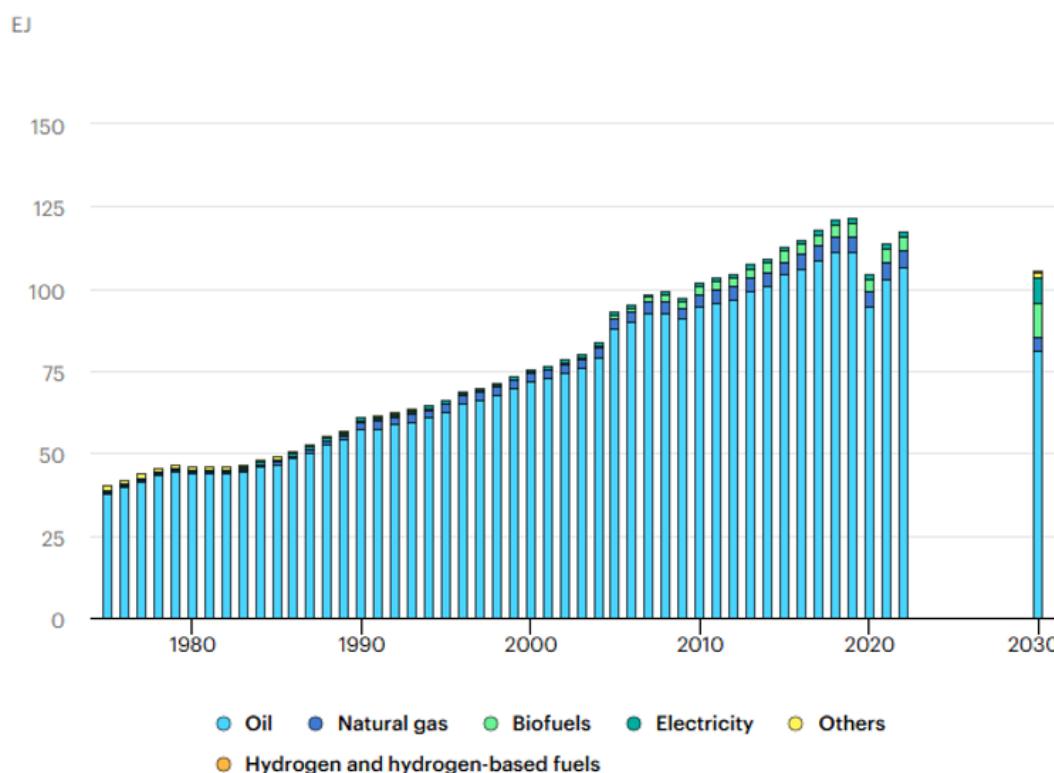


Figura 2 Proyección mundial de consumo energético del sector transporte 2000 – 2030

Fuente: (IEA, 2023)

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 energética contribuiría con el 60% de las reducciones de emisiones acumuladas del sector transporte al 2030.

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 3 se presenta un mapa mundial del estado de regulación de estándares eficiencia energética/emisiones para vehículos medianos.

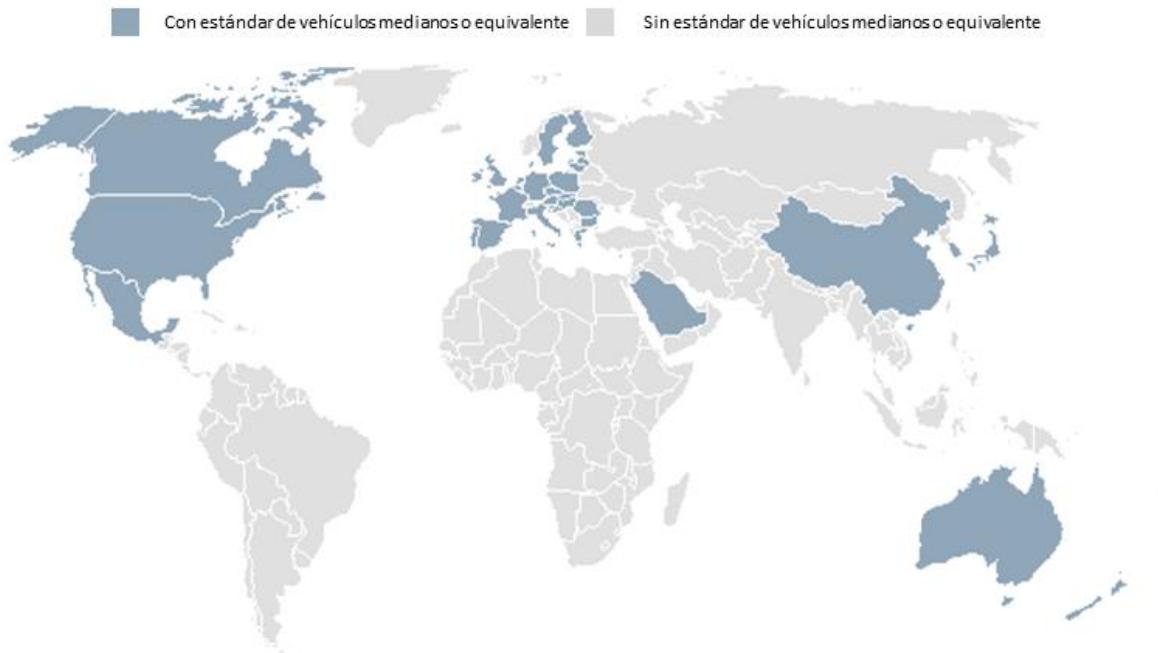


Figura 3 Mapa de aplicación de estándares para vehículos comerciales medianos

Fuente: ISCI (Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería, 2025)

En la actualidad, 11 legislaturas (Australia, Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Corea del Sur, China, México, Reino Unido, Nueva Zelanda 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 energético 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. Las emisiones de GEI (en gCO₂/km) para los vehículos comerciales ligeros nuevos son presentados en la Figura 4.

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.

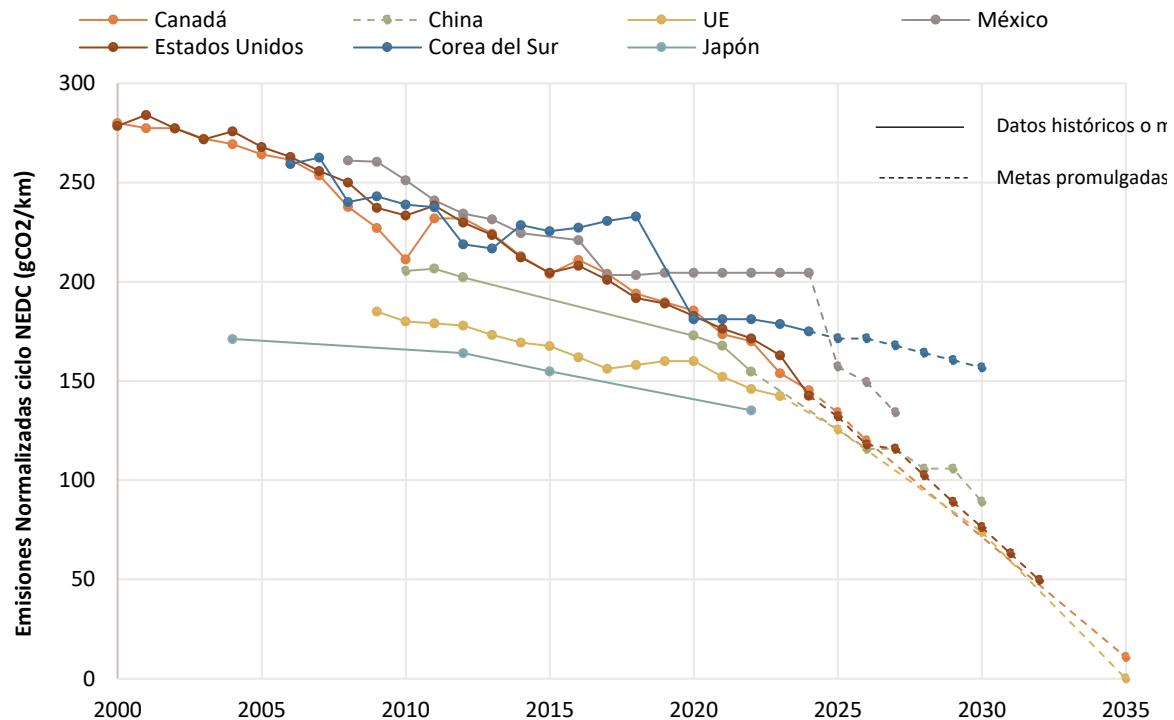


Figura 4 Emisiones (en gCO₂/km) de vehículos medianos normalizado en ciclo NEDC.

Fuente: Elaboración propia. Datos (ICCT, 2024):

Lo que se evidencia en la figura anterior 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 cuentan con las metas de rendimiento o emisiones más ambiciosas.

Por otra parte, existe un segundo grupo de países cuyos indicadores de emisiones de CO₂ 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, (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.

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 /millia mpg (millas por galón)	Footprint / 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	Footprint / 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 /millia mpg (millas por galón)	Footprint / 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	Footprint / 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 2023, el consumo de energía del sector transporte fue de 108.705 [Tcal], lo que representa un 33,3% del consumo de energía a nivel nacional (Ministerio de Energía, 2024). De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2023, el mayor consumo energético del sector transporte corresponde al generado por el subsector caminero, con el 82,8% del total. El sector aéreo representa el 12,87%, mientras que el marítimo, ferroviario y ductos representan el 3,02%, el 0,91% y 0,39% respectivamente. Lo anterior es presentado en la Figura 7, y son cifras que se asemejan a lo observado a nivel internacional.

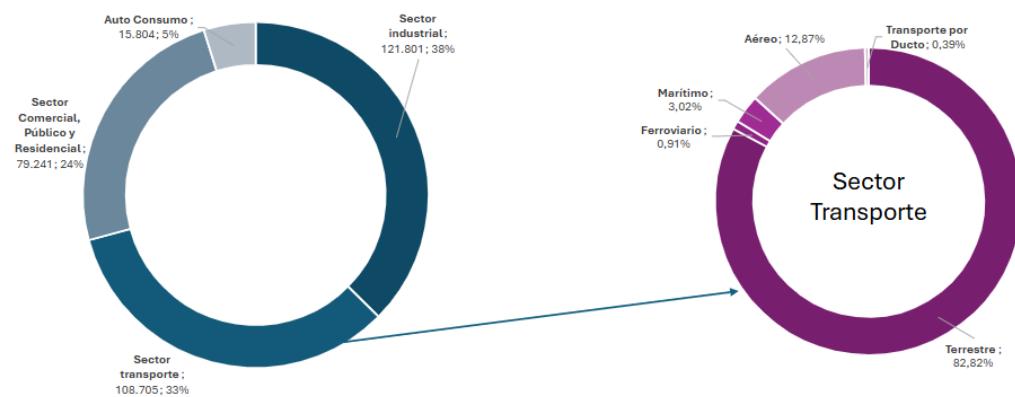


Figura 5 Consumo de Energía del sector transporte a nivel nacional [Tcal]

Fuente: Elaboración Propia. Datos (Ministerio de Energía, 2024)

Dentro del consumo de energía del transporte terrestre, del 50% se estima que el segmento de vehículos livianos y medianos, siendo cerca del 14% del consumo energético a nivel nacional⁷.

3.2 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 en torno a las 50 marcas dependiendo el año analizado. En 2024, estas se agruparon en 30 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 6.

⁷ 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.

Otro aspecto relevante que caracteriza a este segmento es que las ventas se concentran en camionetas pickups (~63%) y en menor medida otros tipos de carrocerías, tales como Station Wagons (~ 28%); Minibuses (~ 3%) y Furgones (~ 5%).

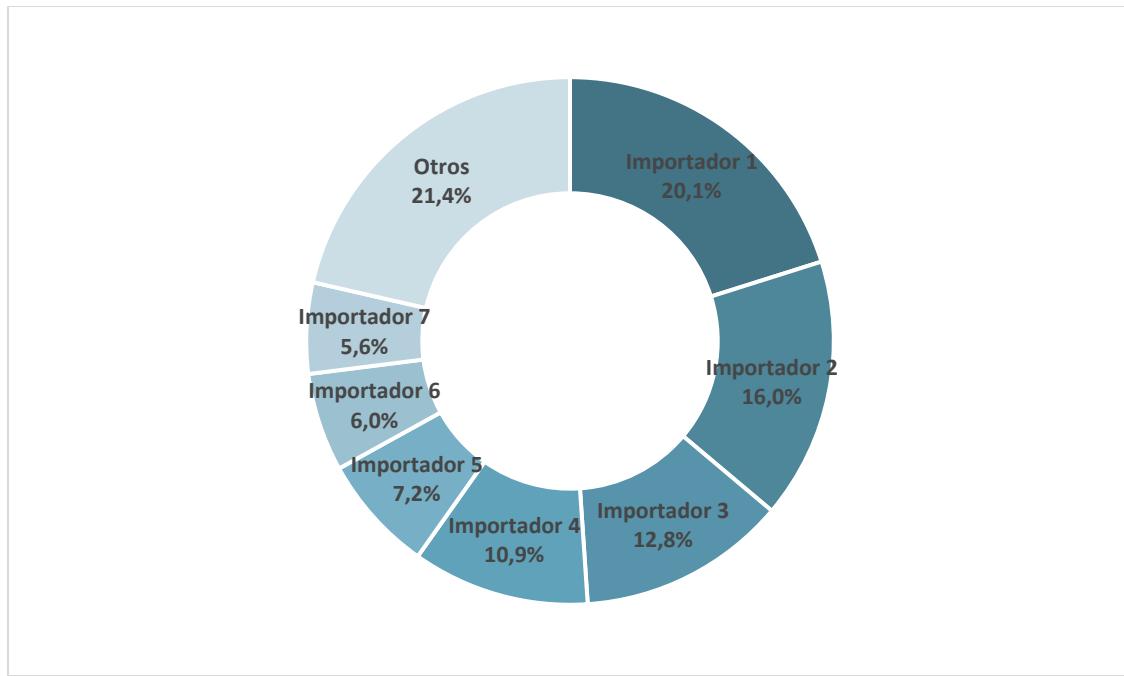


Figura 6 Niveles de concentración de mercado de vehículos medianos 2024

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos 3CV.

De acuerdo con lo presentado en la *Figura 7*, la razón de concentración de las 4 firmas importadoras de mayor tamaño (CR_4)⁸ en 2024 fue igual al 60 %. Por otra parte, el *Índice de Herfindahl–Hirschman* (IHH)⁹, mostró un valor de $H=1.127$, y alcanzando un promedio de $H=914$ entre los años 2015 y 2024. 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 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, a excepción del año 2022 y 2024 (ver Figura 7).

⁸ *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 radios de concentración más comunes son el CR_4 y el CR_8 .

⁹ 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.

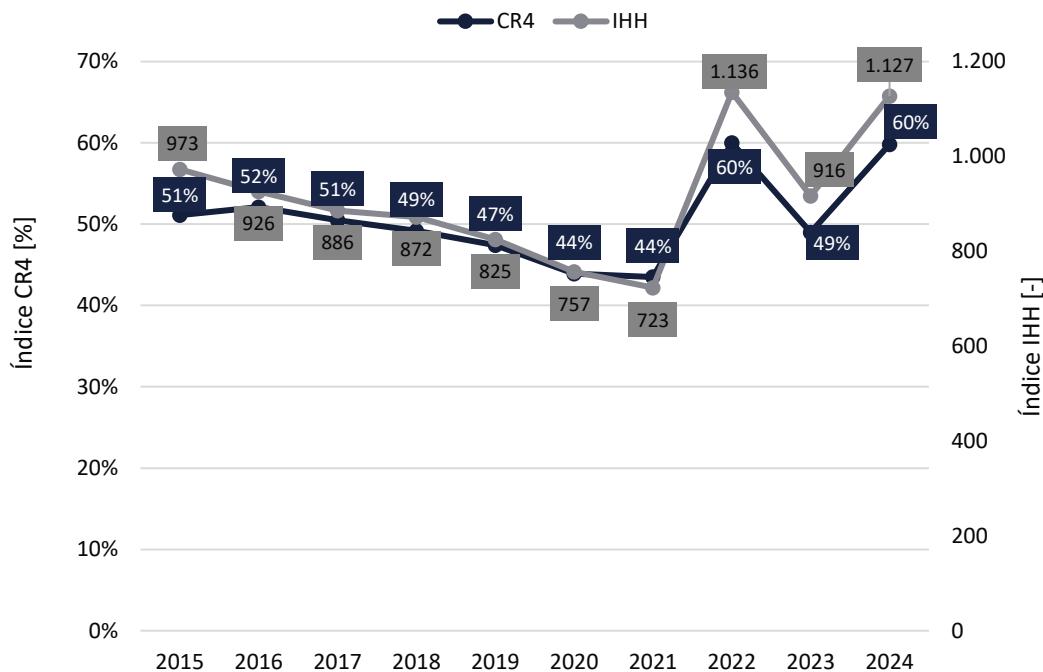


Figura 7 Índices de concentración de mercado anual en el segmento de vehículos medianos en Chile.

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

3.3 Caracterización de ventas de vehículos medianos

En 2021, se registró un repunte significativo de las ventas de vehículos livianos y medianos. En el caso de los vehículos medianos, 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). Sin embargo, en 2021 se observó un importante aumento en las ventas de vehículos medianos y, posteriormente, en 2023 se alcanzó el valor más alto de ventas en los últimos años (106.884 vehículos medianos). La evolución de las ventas de vehículos medianos nuevos en Chile se presenta en la Figura 8.

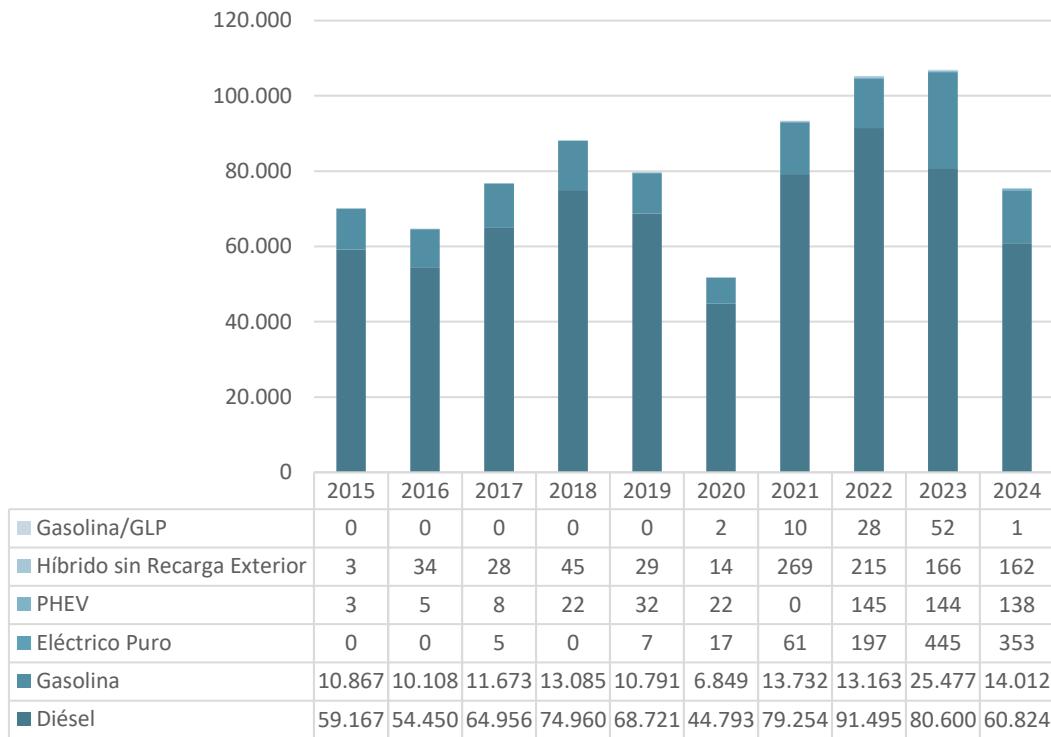


Figura 8 Contexto Nacional – Ventas anuales de vehículos medianos. Periodo 2015 -2024

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

De la Figura 9 se desprende que las variaciones porcentuales en la participación de las distintas tecnologías se mantuviesen relativamente constante hasta 2022, predominando la venta de vehículos diésel (en torno al 85%), seguido por los vehículos a gasolina (alrededor del 15%). En 2024 siguen predominando los vehículos diésel, pero disminuyen su participación a un 80,6%, mientras que los vehículos a gasolina aumentan a un 18,6%.

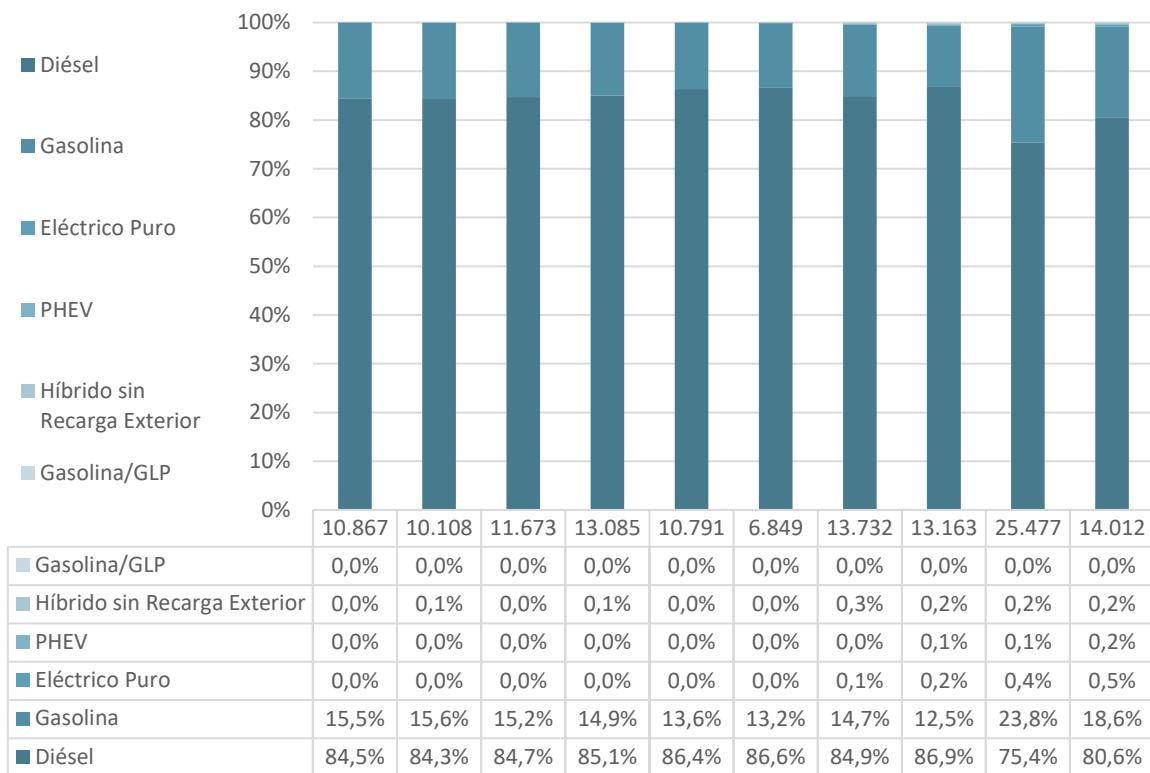


Figura 9 Participación tecnológica en las ventas anuales de vehículos medianos en Chile. Periodo 2015 -2024

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

En los últimos 2 años, 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 en comparación a la venta de vehículos de combustión, durante los últimos 4 años sus ventas han aumentado en más de 10 veces. En particular, la venta de vehículos eléctricos puros aumentó de 17 en 2020 a 353 en 2024.

Respecto a los rendimientos energéticos observados en el horizonte 2015 - 2024, basándose en estimaciones del ciclo de conducción WLTP¹⁰, se estima que el rendimiento mixto es de 8,6 km/l_{ge}. Considerando la masa de referencia y el rendimiento mixto de las ventas 2024, se representa el rendimiento de vehículos medianos en función de su masa de referencia en la Figura 10.

¹⁰ Los rendimientos se obtienen de ensayos basados en el ciclo de conducción NEDC. Luego se les aplicó un factor para estimar el rendimiento en WLTP, para anticiparse a la variación estimada de los rendimientos dado que el último ciclo es más exigente (ver Anexo I).

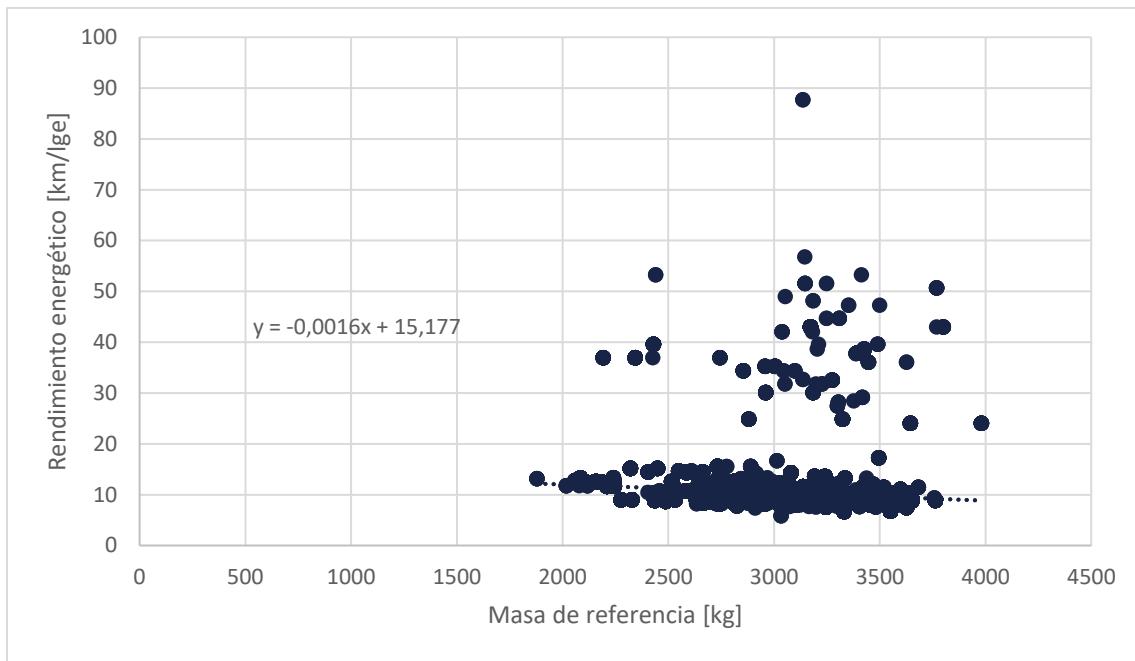


Figura 10: Rendimientos (NEDC) de ventas de vehículos medianos 2024 en [km/l_{ge}] utilizando la Masa de Referencia como descriptor.

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

La recta representativa de ventas de vehículos para el año 2024, 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 10 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].

3.4 Rendimiento histórico del parque de vehículos medianos en Chile

A partir de las bases de datos de los años 2015 al 2024 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 características de vehículos medianos para los años 2015 al 2024.

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

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Rendimiento Mixto Promedio¹¹	[km/l _{ge}]	8,3	8,8	8,9	8,9	8,9	8,8	8,5	8,6	8,6	8,5
Masa de Referencia Promedio	[kg]	2.772	2.788	2.791	2.800	2.804	2.797	2.798	2.751	2.837	2.956

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 años se mantiene casi constante. La evolución del rendimiento mixto de vehículos medianos se puede observar en la Figura 11.

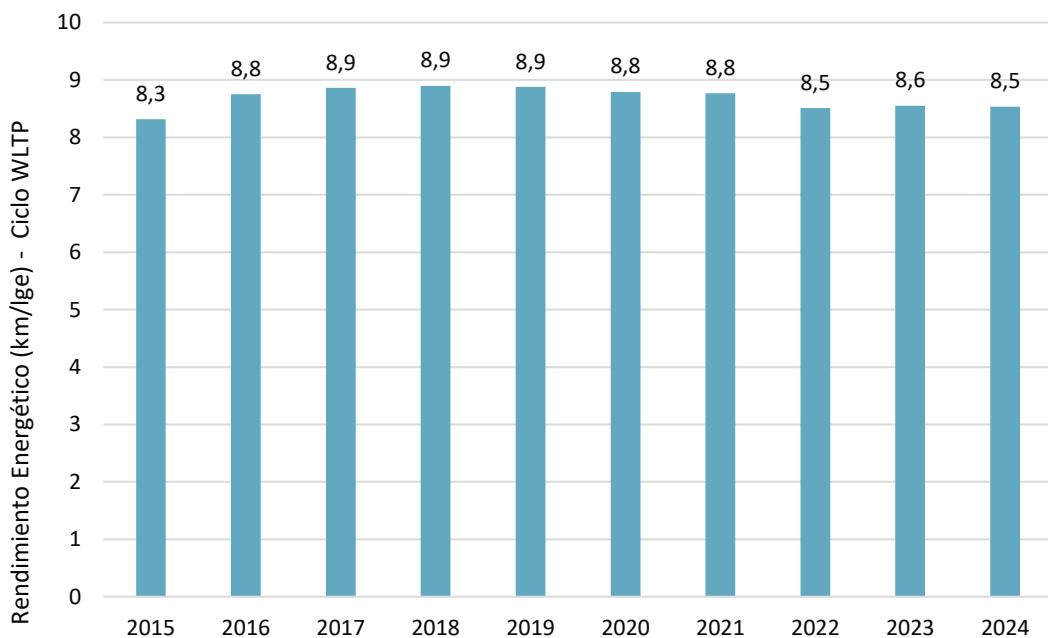


Figura 11 Rendimientos Mixtos históricos promedio del parque de vehículos medianos que ingresan al mercado. Periodo 2015-2024

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

¹¹ Estos valores son referenciales, ya que se adaptaron los rendimientos de todos los vehículos a combustión interna de gasolina y diésel a un factor de estimación de ciclo WLTP. Se estima que, al pasar de ciclo NEDC a WLTP, el rendimiento de vehículos diésel disminuye aproximadamente en un 20%, mientras que el de vehículos a gasolina disminuye en un 16%. La estimación se hizo con el objetivo de tener una referencia de cómo podría variar el rendimiento promedio de los importadores ante un cambio de ciclo de conducción, y definir estándares acordes a los nuevos niveles de exigencia de los ensayos. Para más detalles, revisar Anexo I.

De acuerdo con lo observado en la Figura 12, durante el período 2015-2019, el tamaño promedio de los vehículos nuevos del segmento, en términos de la masa de referencia, presentó crecimientos leves. Esta tendencia cambió levemente en 2022, registrando una disminución de un 1,7%, y en 2023, aumentando en un 3,1%, en comparación a sus respectivos años anteriores.

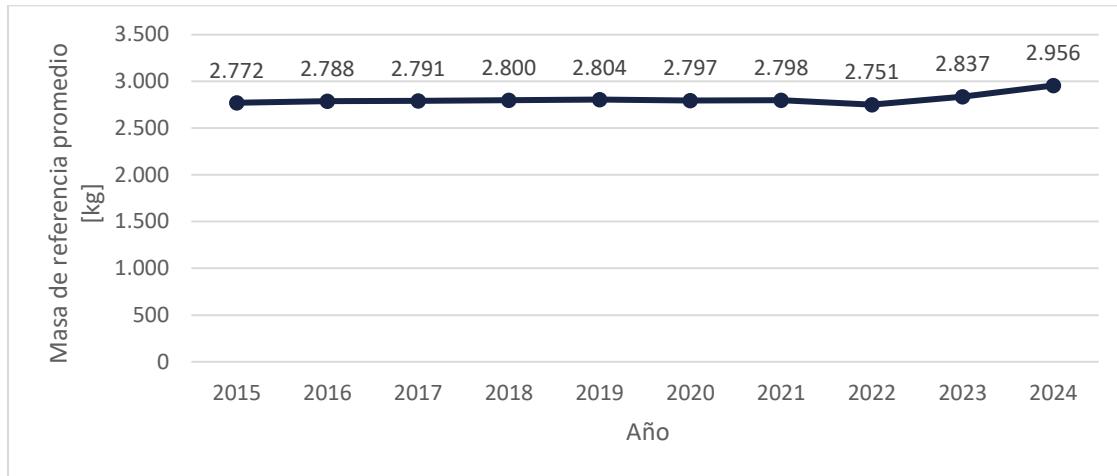


Figura 12 Evolución de indicadores de masa de vehículos medianos nuevos vendidos en territorio nacional. Período 2015 - 2024.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

En la Figura 13 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 – 2024. A partir de los datos de la Tabla 2, se estima que existe una mejora promedio de 0,032 [km/l_{ge}] en el rendimiento mixto.

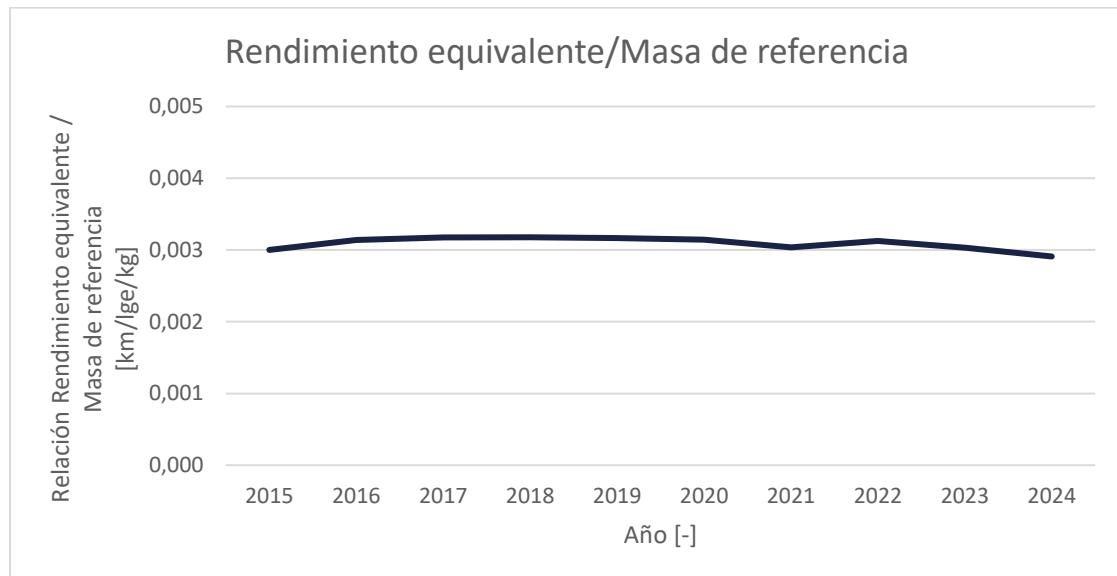


Figura 13 Evolución de la relación de rendimiento energético y masa de referencia de vehículos medianos nuevos vendidos en territorio nacional. Período 2015 -2024

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

En la Tabla 2 también se identifica que los rendimientos energéticos mantienen un orden de variación que oscila entre el -3,3% (año 2021) y el 5,3% (año 2016), con respecto al rendimiento del año anterior, obteniendo en promedio una tasa de mejora del 0,4%. Esto quiere decir que, entre 2015 y 2024, no hay variaciones significativas en los rendimientos energéticos.

Lo mismo ocurre con la masa de referencia, considerando que las variaciones de los promedios con respecto al año anterior varían entre el -1,68% (año 2022) y el 4,19% (año 2024), obteniendo una tasa de variación promedio del 0,7%.

Con lo anterior, y viendo la tendencia de la Figura 13, se podría 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 principalmente 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*¹², 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).

3.5 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 2024, período en que se han presentado mejoras anuales promedio de 0,032[km/lge], que será denominada tasa natural de mejora del rendimiento.

Como se ha presentado en la Figura 4, 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

¹² 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.

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 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, mayores promedios históricos de emisiones de CO₂ que las legislaturas analizadas, incluyendo Arabia Saudita y Corea del Sur, lo que se ve reflejado en la Figura 14.

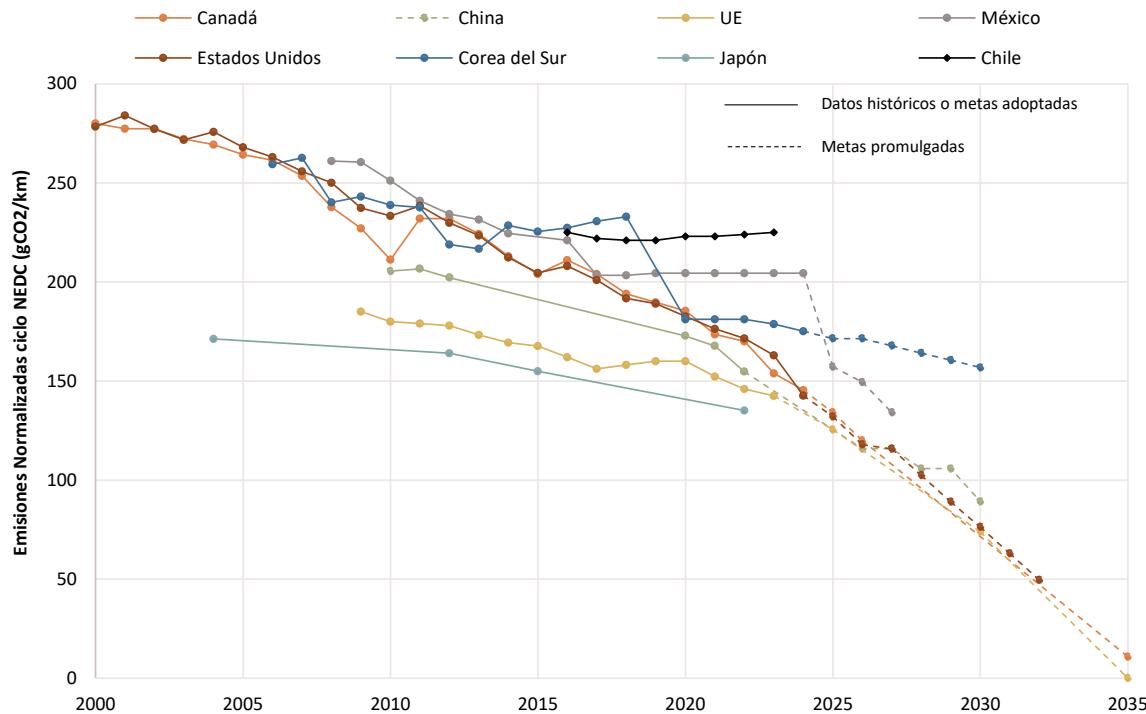


Figura 14 Emisiones (en gCO₂/km) de vehículos comerciales ligeros nuevos normalizado en ciclo NEDC.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos 3CV & (ICCT, 2024)

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, las últimas emisiones históricas disponibles de este segmento son comparativamente mayores a la observadas para Chile. No obstante, las metas establecidas consideran una mejora que pondrá al país asiático al nivel norteamericano.

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	Ciclo vigente ¹³
Descriptor	Masa de Referencia [kg] ¹⁴
Método de Cálculo	Promedio Corporativo
Responsable de Cumplimiento	Importador o Representante

4.1 Tipo de estándar y su métrica

En Chile, según lo establecido en el artículo 7º 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 la equivalencia del rendimiento corporativo 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.

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 entrega un mayor rendimiento por unidad de litro a los vehículos que utilizan este combustible. Al mismo tiempo, no es posible describir el rendimiento

¹³ El estándar propuesto en este informe se anticipa a la eventual disminución de los rendimientos promedios debido al cambio de ciclo proyectado. Para más detalles revisar el Anexo I.

¹⁴ La masa de referencia es igual a la masa del vehículo en orden de marcha restándole la masa uniforme de un conductor de 75 kg, sumándole una masa uniforme de 100 kg, más 28% del Peso Bruto Vehicular.

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 o combinado (en kilómetros por litro de gasolina equivalente) dependiendo el ciclo que se considere, 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 7º transitorio de la Ley 21.305, el presente Informe Técnico corresponde a la evaluación y propuesta de Estándares de Eficiencia Energética para vehículos medianos. Para efectos de este documento, se consideran vehículos medianos de acuerdo con la definición establecida en el inciso tercero del Artículo 1º 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 3.5, el procedimiento WLTP se basa en escenarios referenciales más representativos de la conducción real, incluyendo además todos los 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 (Dornoff, Tietge, & Mock, 2020) (ICCT, 2024).

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

En consecuencia, los Estándares de Eficiencia Energética por importador se medirán bajo el ciclo de conducción WLTC. Las exigencias de los estándares propuestos en este informe consideran la eventual disminución de los rendimientos promedios de los vehículos homologados, debido a la futura transición a un ciclo de conducción más exigente (ver Anexo I). Los rendimientos corporativos se medirán conforme al ciclo de conducción vigente.

4.5 Descriptor

Analizadas las distintas experiencias de implementación de estándares vehiculares, 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, resulta ser el descriptor cuya representatividad en comparación al peso bruto vehicular y el footprint es más alto, y el cual es utilizado internacionalmente. 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). La masa de referencia se calcula como la masa del vehículo en orden de marcha restándole la masa uniforme de un conductor tipo de 75 kg y sumándole una masa uniforme de 100 kg, más el 28% del peso bruto vehicular.

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 15).

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

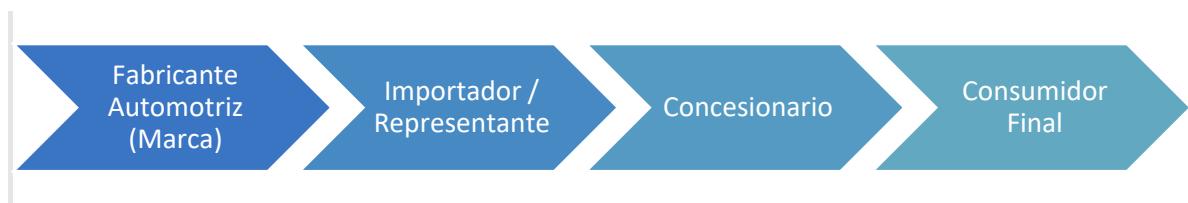


Figura 15 Cadena de valor de la industria automotriz

Luego, según lo indicado en la Ley 21.305, los responsables del cumplimiento del Estándar de Eficiencia Energética 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 comercializado por cada responsable en un determinado 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.

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 Propuesta de estandarización

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. La actualización del estándar se realizará cada 3 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 representan mediante una línea que define el parque de vehículos medianos nuevos en función de su descriptor, en este caso, la masa de referencia, como se indicó en la Sección 4.5. La verificación del cumplimiento de estos estándares por parte de cada responsable se realiza comparando su rendimiento energético promedio anual con el estándar correspondiente, el cual está determinado por su masa de referencia promedio. De esta manera, cada responsable deberá cumplir, en cada año, con un estándar de rendimiento específico que dependerá del promedio de las masas de referencia de todos los vehículos comercializados por dicho responsable, según la siguiente expresión:

$$Estandar_{ij} = Estandar_{ref_j} + a * (M_{ij} - M_0)$$

Donde:

$Estandar_{ij}$: rendimiento energético corporativo exigido al responsable del cumplimiento i en el año j (km/l_{ge}).

$Estandar_{ref_j}$: estándar de rendimiento energético referencial establecido para el año j medido en (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 comercializados durante el 2024 (km/l_{ge}/kg).

M_{ij} : masa de referencia promedio para el responsable i en el año j , que corresponde al promedio de la masa de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación individual emitidos válidamente por el responsable i en el año j (kg).

M_0 : corresponde al promedio de la masa de referencia que surge del ensayo de los vehículos medianos comercializados durante el año 2024, equivalente a **2.956 kg**.

La pendiente (a) corresponde al valor de la pendiente de la recta que caracteriza a los vehículos comercializados en Chile durante el año 2024, por lo que el estándar propuesto corresponde a una recta paralela a ella.

La masa de referencia es igual a la masa del vehículo en orden de marcha restándole la masa uniforme de un conductor de 75 kg, sumándole una masa uniforme de 100 kg, más 28% del Peso Bruto Vehicular.

El estándar referencial es una meta del rendimiento promedio de la industria a la que se aspira alcanzar. A modo comparativo, en la Figura 16 se pueden observar la proyección de la propuesta de estandarización basados en el ciclo NEDC (izquierda) y en el estándar adaptado al cambio de ciclo WLTC (derecha). En términos numéricos, las metas son resumidas en la Tabla 4.

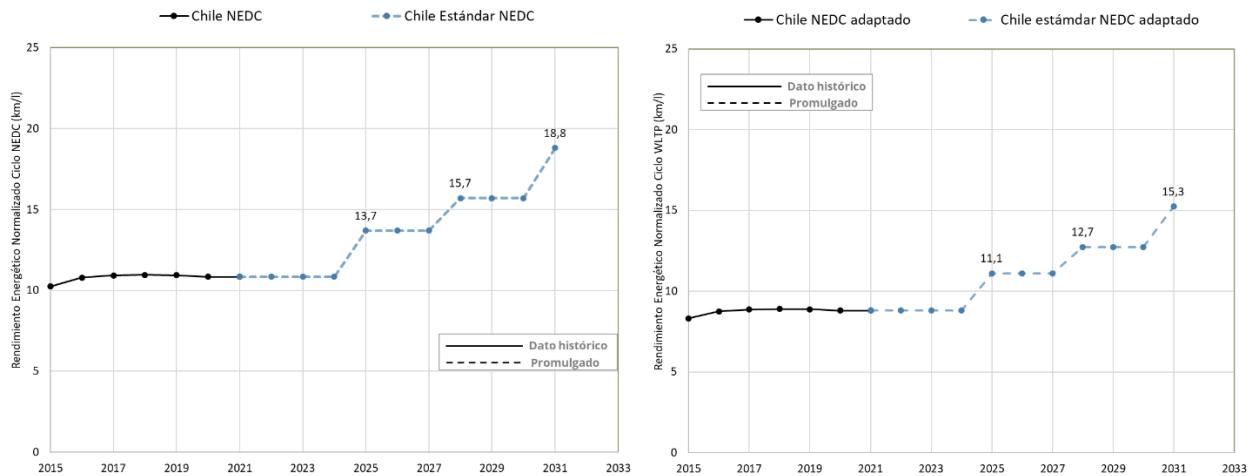


Figura 16. Propuesta de estándar de rendimiento para vehículos medianos en ciclo NEDC (izquierda) y ciclo NEDC adaptado (derecha).

Tabla 4. Resumen de metas de rendimiento energético para vehículos medianos.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Año	Estándar
2026 – 2028	11,1 km/l _{ge}
2029 – 2031	12,7 km/l _{ge}
2032 – En adelante	15,3 km/l _{ge}

Como se observa en la Figura 16, los rendimientos exigidos a partir del ciclo NEDC adaptado¹⁵ son menores que los del ciclo NEDC original. 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 2024, graficada en la Figura 10 de la sección 3.3), aumentando gradualmente el intercepto, nominado a continuación como C_t , cuya representación gráfica del período 2026-2028 puede observarse en la Figura 17.

Cabe destacar que los estándares de referencia, indicados en la Tabla 4, corresponden a metas de rendimiento energético de la industria en general, mientras que C_t es el intercepto (ecuación evaluada en $M_{ij} = 0$). Por otro lado, el estándar de referencia, entendido como las metas de rendimiento energético anual (Tabla 4), es la ecuación de la recta expresada como $Estandar_{i-j} = a * M_{ij} + C_t$ evaluado en $M_{ij} = M_0$.

¹⁵ Estándares son multiplicados por un factor que disminuye su valor para anticiparse a la transición al ciclo WLTP, ver Anexo I.

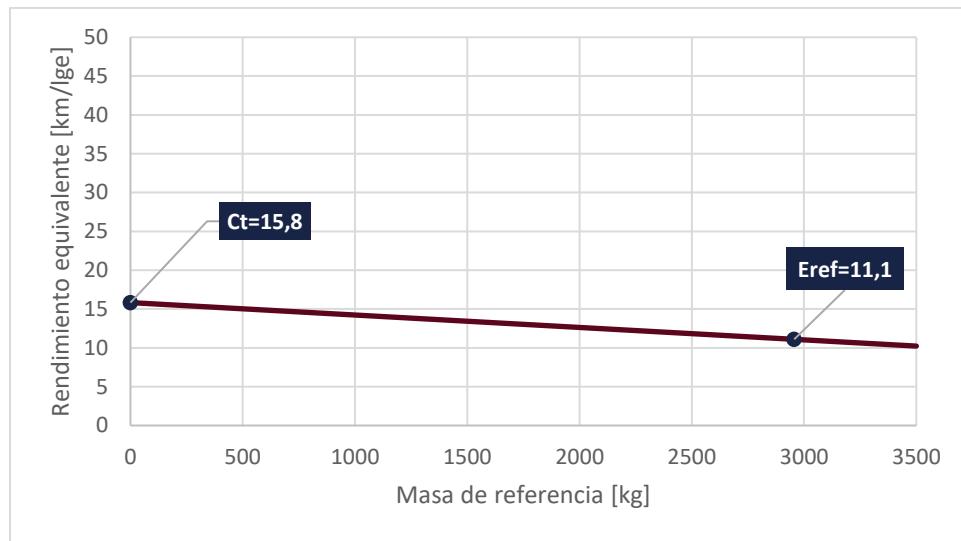


Figura 17 Estándar de rendimiento proyectado en el período 2026-2028.

Fuente: Ministerio de Energía (2024).

La propuesta implica que, aunque para cada responsable el valor mínimo que debe cumplir cada año será distinto, dado que depende de la masa de referencia promedio de los vehículos homologados por dicho responsable en cada año, el estándar corresponde a la fórmula indicada, 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.

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.

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

Donde:

$Mult_{ij}$: 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 18* se observa un diagrama de cajas y bigotes que sintetiza las posibles multas unitarias que los importadores deberán afrontar si no se realizan acciones a favor de la venta de vehículos con mayor rendimiento.



Figura 18 Resumen de multas unitarias por incumplimiento. Por Importador/Marca.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI. Datos (ICCT, 2021), (EPA, 2021b).

De acuerdo a lo evidenciado en la figura 18, muchos responsables del cumplimiento se encontrarán en zona de cumplimiento. De hecho, un cuarto de las multas son cero. Entre quienes se encontrarían eventualmente en zona de incumplimiento, los valores típicos de multa unitaria se concentran por debajo de \$111.000, con un núcleo muy compacto (mediana ≈ \$12.000). Aunque pocos, los montos de multa por sobre los \$200.000 siguen elevando la media (≈ \$64.000) más de cinco veces la mediana. El valor máximo es de \$296.578, indicando que existen algunas proyecciones de multas significativamente más altas, aunque no son la norma.

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 7º 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 otros cero emisiones. De esta manera el rendimiento anual de cada responsable se establecerá según lo siguiente:

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

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 ;

$R_{\sin \text{emisiones}_{ij}}$: 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 participación actual respecto a los otros tipos de vehículos, como se evidencia en la Figura 8, 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.

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 el Informe Técnico Definitivo para el Establecimiento del Estándar de Eficiencia Energética de Vehículos Motorizados Livianos (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 conocidos¹⁶. Combinando ambas ecuaciones:

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

¹⁶ 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:

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

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, 2024). La expresión $e^{-(\frac{T-t}{\beta})^\alpha}$ 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 19.

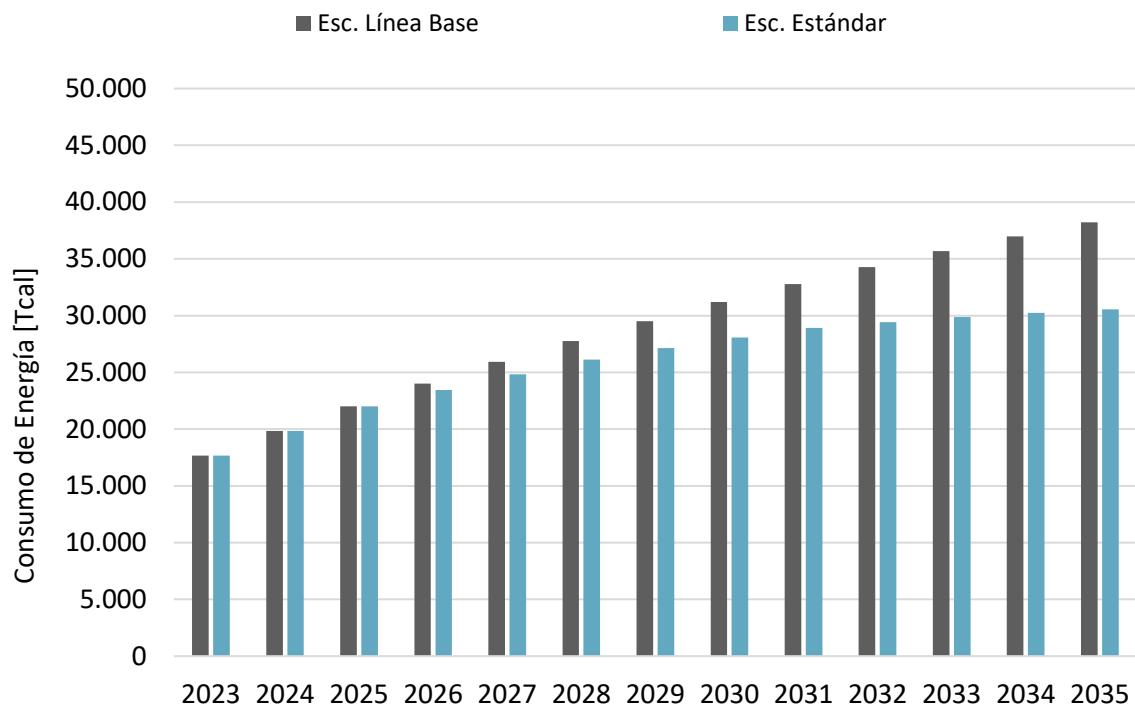


Figura 19 Proyección del consumo anual de energía al 2035.

Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

De acuerdo con lo presentado en la Figura 19, a partir del 2026, se observa una disminución en el consumo energético del sector producto de la entrada en 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 19 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 20.

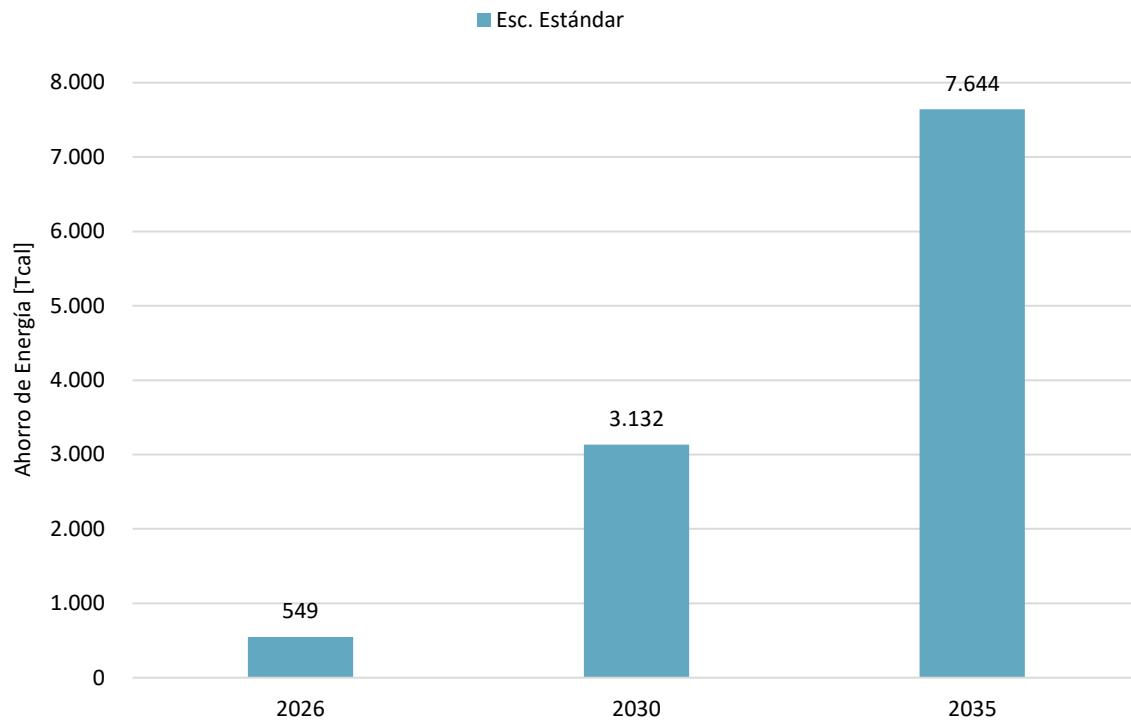


Figura 20 Ahorros anuales de energía esperado para cada escenario evaluado.

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 549 [Tcal] al 2026, y de 7.644 [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 implementación 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 65% 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 21.

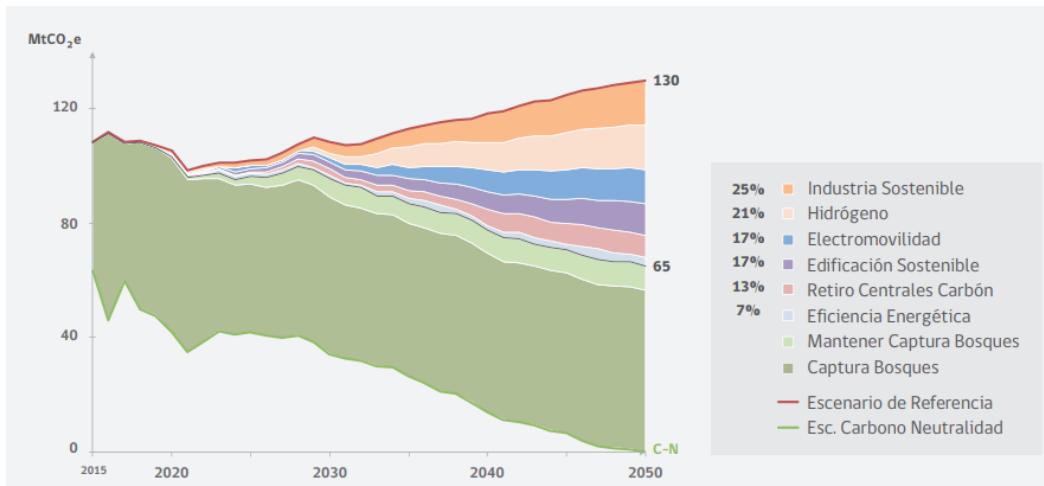


Figura 21 Representación gráfica de objetivos de la Contribución Nacional Determinada a Nivel Nacional 2020.
Fuente: (Ministerio de Energía, 2020a).

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 22 muestra las reducciones de emisiones anuales de gases de efecto invernadero hasta el 2030, producto de la propuesta de estandarización.

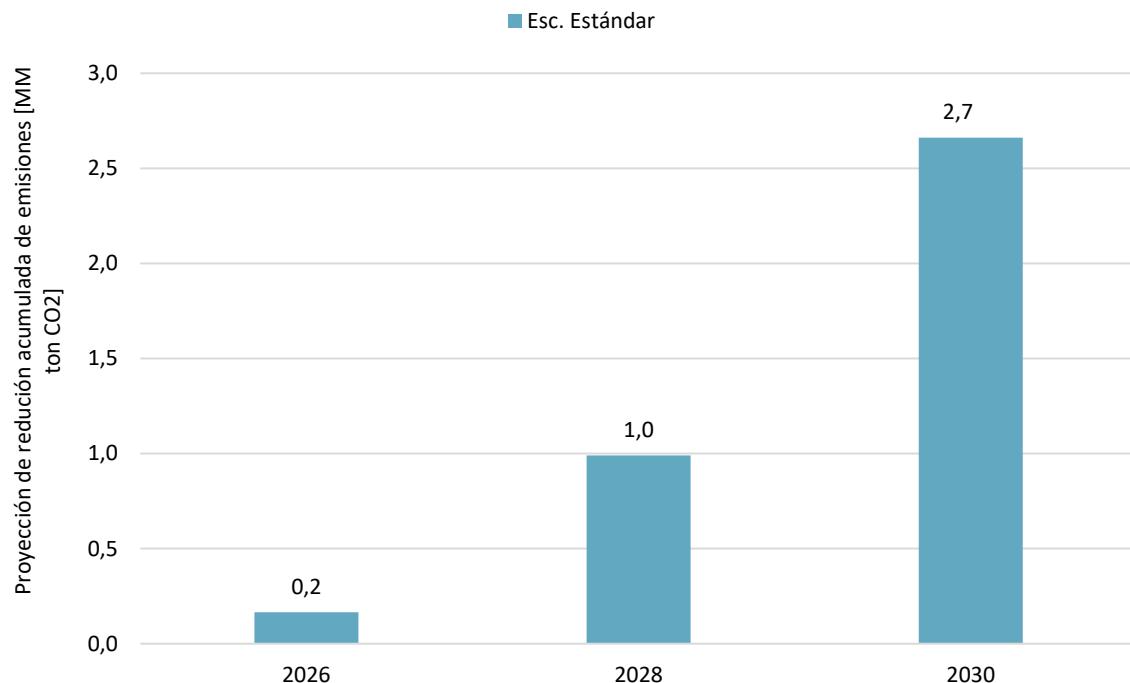


Figura 22. Impacto de estándares de vehículos medianos. Reducción acumulada de emisiones de GEI al 2030.

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 22, el ahorro podría ser de 2,7 MM tonCO₂eq, lo que implicaría un aporte de un 3,9% para el mercado de vehículos medianos.

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 generar¹⁷, 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.

¹⁷ 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 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 estrictas.
- 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 71 modelos más vendidos durante 2024 (todo modelo con 300 unidades vendidas o más), los cuales representan el 70% de las ventas. Los precios utilizados fueron los precios lista a abril de 2025. 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 la experiencia 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 23 se presentan las curvas de costo incremental para camionetas de USA (original) como la nacional corregida.

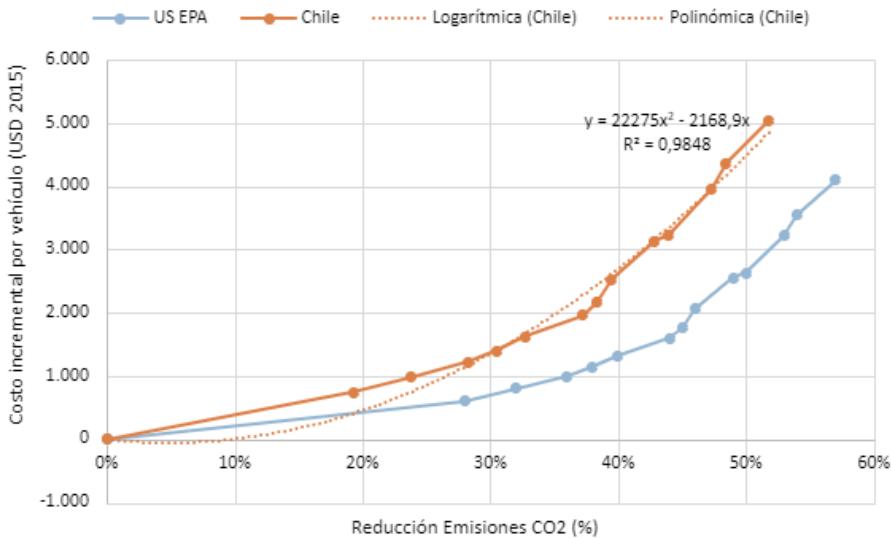


Figura 23 Costo adicional de mejora tecnológica asociado a porcentajes de esfuerzo de reducción de emisiones para camionetas.

Fuente: (ICCT, 2017).

A partir de los resultados registrados en la Figura 23, se obtienen los valores de la variación promedio de precios, lo que se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5 Variación promedio de precios del mercado utilizando Metodología 1.
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Escenario Estándar	Variación
	2,2%

Las variaciones promedio serían 2,2% 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 de 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 6.

Tabla 6. Variación máxima promedio de precios del mercado utilizando Metodología 2
Fuente: Ministerio de Energía en colaboración con ISCI.

Escenario	Variación Máxima Promedio
Estándar	0,13%

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 la gasolina igual a 1.296 CL\$/l, precio promedio del diésel igual a 988 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 7.

Tabla 7. 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	792.000	974.000	10

Es importante destacar que los aumentos promedio presentados en la Tabla 7, son sólo para los modelos que no cumplirían el estándar. Se observa un periodo de retorno a la inversión corto con relación a la vida útil media de los vehículos. Después de esta brecha de tiempo, comienza un período de beneficio absoluto 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 menor consumo de energía y en la reducción de 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 24.

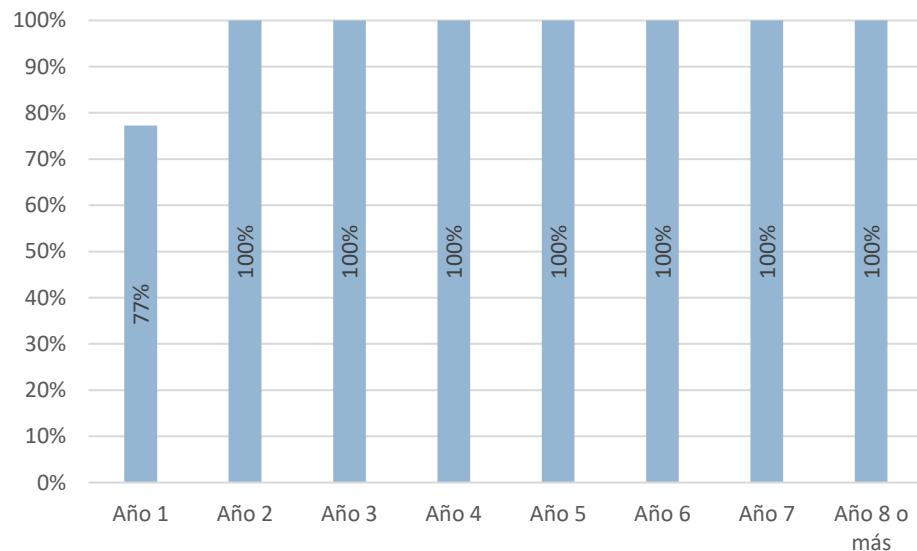


Figura 24 Porcentaje acumulado de modelos que alcanzan su periodo de retorno de la inversión adicional.
Fuente: Elaboración Propia.

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 informe se entregan los antecedentes para el establecimiento de un estándar de rendimiento energético para vehículos medianos.

Actualmente, 11 legislaturas (Canadá, Estados Unidos, Unión Europea, Japón, Corea del Sur, China, México, Arabia Saudita, Inglaterra, Nueva Zelanda y Australia) 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 2015-2024). 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 _{refj}
2026 - 2028	11,1 km/l _{ge}
2029 - 2031	12,7 km/l _{ge}
2032 – En adelante	15,3 km/l _{ge}

Así, 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 comercializados responsable, según la siguiente expresión:

$$Estandar_{ij} = Estandar_{refj} + a * (M_{ij} - M_0)$$

Donde:

$Estandar_{ij}$: rendimiento energético corporativo exigido al responsable del cumplimiento i en el año j (km/l_{ge}).

$Estandar_{refj}$: estándar de rendimiento energético referencial establecido para el año j medido en (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 comercializados durante el 2024 ($\text{km/l}_{\text{ge}}/\text{kg}$).

M_{ij} : masa de referencia promedio para el responsable i en el año j , que corresponde al promedio de la masa de referencia de todos los vehículos con certificado de homologación individual emitidos válidamente por el responsable i en el año j (kg).

M_0 : corresponde al promedio de la masa de referencia que surge del ensayo de los vehículos medianos comercializados durante el año 2024, equivalente a **2.956 kg**.

Con lo anterior, se espera que el ahorro de energía de la medida sea en términos absolutos de 549 [Tcal] al 2026, y de 7.644 [Tcal] al 2035. Por otra parte, la contribución de las alternativas al presupuesto de carbono al 2030 (meta NDC 2020), será de 2,7 MM ton CO₂, equivalente 3,9% a la reducción total esperada.

El impacto de precios del mercado fue evaluado para dos metodologías. 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 2,2%. 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 0,13%.

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 10 meses, generando en adelante beneficios a los consumidores.

7. Anexos

Anexo I: Factores de conversión de rendimientos NEDC

El estudio "On the Way to 'Real-World' CO₂ Values" del ICCT (2020) analiza la transición realizada en Europa de las pruebas de homologación de vehículos del ciclo NEDC (New European Driving Cycle) al nuevo ciclo denominado "Procedimiento Mundial Armonizado para Ensayos de Vehículos Ligeros" o mejor conocido como ciclo WLTP (por sus siglas en inglés: Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure). Como parte de esta transición, el estudio analizó el ratio WLTP-NEDC, que relaciona las emisiones de CO₂ medidas bajo ambos ciclos. Este ratio permite ajustar los valores obtenidos con NEDC para reflejar mejor las condiciones de conducción simuladas por WLTP. Los resultados del estudio muestran que el valor medio del ratio es 1,21, lo que indica que las emisiones bajo WLTP son, en promedio, un 21% superiores a las del NEDC.

Específicamente, el ratio es de **1,24 para vehículos diésel y 1,19 para vehículos de gasolina** (ver Figura 25), lo que refleja diferencias en las características de ambos combustibles y su desempeño en condiciones reales. Este enfoque proporciona un respaldo técnico para aplicar factores de conversión consistentes en la adaptación de rendimientos energéticos de NEDC a WLTP, mejorando la precisión de los análisis de eficiencia energética vehicular.

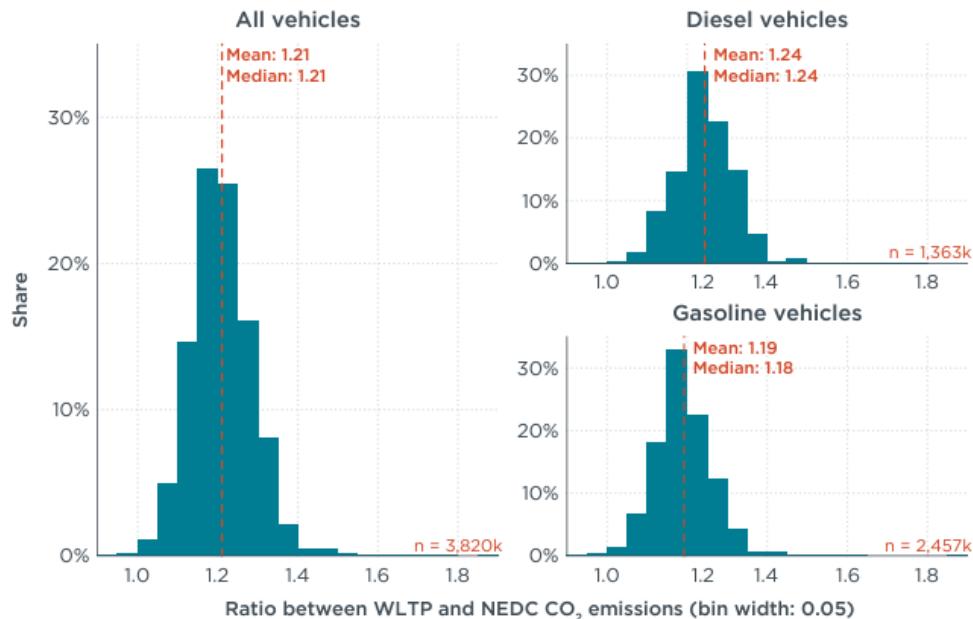


Figura 25. Ratios WLTP-NEDC

El ratio se calcula como:

$$Ratio_{CO_2} = \frac{\text{Emisiones de } CO_2 \text{ bajo WLTP}}{\text{Emisiones de } CO_2 \text{ bajo NEDC}}$$

Un valor de ratio mayor a 1 indica que las emisiones bajo WLTP son más altas que las bajo NEDC. Este valor refleja la diferencia entre ambos procedimientos de prueba y su capacidad para aproximarse al consumo y las emisiones reales de un vehículo. Por ejemplo, un ratio de 1,21 significa que las emisiones medidas bajo WLTP son un 21% superiores en promedio a las del ciclo NEDC.

El estudio del ICCT utiliza una muestra representativa basada en los datos de homologación de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) para aproximadamente **15,2 millones de vehículos nuevos registrados en 2018**. De estos, se analizaron cerca de **3,8 millones de vehículos** que cuentan con valores de CO₂ homologados tanto bajo los ciclos WLTP como NEDC. Además, se emplearon datos adicionales de pruebas realizadas por ADAC EcoTest para **183 vehículos**, lo que permitió comparar los valores declarados y medidos bajo condiciones controladas. Estos volúmenes robustos de datos aseguran la representatividad del cálculo del ratio WLTP-NEDC.

Con las estimaciones indicadas, los datos de los rendimientos mixtos de vehículos a combustión interna fueron adaptados multiplicándose por los siguientes factores, según el combustible utilizado:

$$Factor_{diesel} = \frac{1}{1,24}$$

$$Factor_{gasolina} = \frac{1}{1,19}$$

Estos factores anticipan la eventual disminución de los rendimientos energéticos, considerando que el ciclo WLTP es más exigente que el NEDC.

8. 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 g CO₂ 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 (lge): 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): se calcula 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 28% 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*.
- Dornoff, J., Tietge, U., & Mock, P. (2020). *On the way to "real-world" CO2 values: The European passenger car market in its first year after introducing the WLTP*. ICCT. Retrieved from <https://theicct.org/publication/on-the-way-to-real-world-co2-values-the-european-passenger-car-market-in-its-first-year-after-introducing-the-wltp/>
- EPA. (2021b). *The 2021 EPA Automotive Trends Report*. Retrieved from <https://www.epa.gov/automotive-trends>
- European Comission. (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 Abril 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/>

ICCT. (2024). *Passenger vehicle greenhouse gas emissions and fuel consumption- Data tables*. Retrieved from <https://theicct.org/pv-fuel-economy/>

ICCT. (2024, January 31). *The gap between real-world and official values for CO₂ emissions and fuel consumption grows again despite new test procedure*. Retrieved from <https://theicct.org/pr-en-gap-between-real-world-and-official-values-for-co2-emissions-and-fuel-consumption-grows-again-despite-new-test-procedure-jan24/>

IEA. (2015, July 7). *Energy Techonology 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. (2023). *Global CO2 emissions from transport by sub-sector in the Net Zero Scenario, 2000-2030.* Retrieved from <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-from-transport-by-sub-sector-in-the-net-zero-scenario-2000-2030-2>

Instituto Sistemas Complejos de Ingeniería. (2025, 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.*

Kaur, H., & Deo, A. (2024). *Fuel consumption from light commercial vehicles in India in fiscal years 2021–22, 2022–23, and 2023–24.* ICCT.

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

Ministerio de Energía. (2021). *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. (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 enregética vehicular de vehículo motorizados livianos - Versión para el Consejo de Ministros para la sustentabilidad.* Santiago - Chile.

Ministerio de Energía. (2022). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026.*

Ministerio de Energía. (2024). *Balance de Energía Año 2023.* Ministerio de Energía - División de Políticas y Estudios Energéticos y Ambientales, 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>