

Justificación Técnica para la Aplicación de Límites Mínimos en el Rendimiento de consumo de combustible en Vehículos Ligeros de Colombia

Informe Final

Diciembre de 2018

contenido

Resumen Ejecutivo.....	4
Introducción	7
Panorama internacional.....	7
Recopilación de las actividades realizadas en el marco de: Articulación de los productos obtenidos en el proyecto UPME 2017 “Mapa de Ruta para la transición a vehículos de bajas y cero emisiones” y articulación de resultados obtenidos del estudio MADS y UNEP 2017.	10
Alcance del proyecto.....	12
Metodología.....	12
Estructura del Modelo Omega.....	12
Archivo de mercado (Market file).....	13
Archivo de tecnología (Technology file)	15
Archivo de combustibles (Fuel file).....	15
Archivo de referencias (Reference file)	15
Archivo de escenario (Scenario File)	16
Aplicación de tecnología y cálculo de costos.....	16
Metas de mejora en el rendimiento de combustible y de reducción de emisiones de CO2	20
construcción de metas.....	23
Clasificación vehicular en el Modelo OMEGA.....	23
Descripción de paquetes tecnológicos	26
Operación de modelo para el escenario colombiano.....	30
Caracterización de la flota vehicular de colombia	30
Metas analizadas.....	34
Propuesta de diseño de mecanismos de flexibilidad.....	37
Resultados.....	40
Resultado de la propuesta de mecanismos de flexibilidad	41
Alcance de meta de eficiencia energética por cada corporativo vehicular en colombia.....	42
Modelo para la definición de requerimientos tecnológicos por modelo vehicular.	44
Estimación de costos para cumplimiento por empresa, como industria e inter-temporal	55
Evaluación de necesidades de mejora en eficiencia energética, por tipo de modelo vehicular). 57	
Análisis del potencial de reducción de consumo de combustible y emisiones de CO2 asociada a la implementación de la norma de eficiencia energética y etiquetado para vehículos	60

Análisis de costo beneficio de la implementación de la norma de eficiencia energética y etiquetado para vehículos, incluyendo reducciones de contaminantes criterio, gases de efecto invernadero, ahorro energético y cambio en precios al público.....	62
Descripción de la base de datos creada para el reporteador con el que se capacitarán la fuerza de ventas y los consumidores finales.	65
Descripción de la categorización según la eficiencia energética de los vehículos livianos, que será insumo para la etiqueta.	71
Recomendaciones.....	75
conclusión	75
Bibliografía	77
ANEXO I	80

Resumen Ejecutivo

El presente estudio desarrolla la justificación técnica para la transición de la flota vehicular de Colombia, hacia vehículos ligeros con alto rendimiento en el combustible y bajas emisiones. Esto con el objetivo de establecer un instrumento jurídico que incentive el incremento en el rendimiento de combustible de los vehículos. Para esto, se evaluaron varios aspectos entre ellos, la factibilidad tecnológica, la factibilidad económica y la factibilidad energética y ambiental.

Para la evaluación de los costos, el presente estudio se basa en el trabajo realizado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) quien realizó un ejercicio similar en donde se desarrolló el modelo de optimización “Optimization Model for reducing Emissions of Greenhouse Gases from Automobiles (OMEGA)”. A partir de este modelo y otros estudios complementarios, fue posible conocer la gama de tecnologías que incrementan la eficiencia en el consumo de combustible, así como su costo y la forma más eficiente de aplicarlos a la flota vehicular de Colombia.

A manera de antecedente, el proyecto se encuentra soportado por varios programas y proyectos. El primero de ellos es el Programa Nacional de Desarrollo 2014-2019, el cual tiene como una de sus metas, el desarrollo bajo en carbono mediante la incorporación de vehículos con tecnología de bajo consumo de combustible. Después, se tiene el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no convencionales (PROURE) en el cual, se establecen metas específicas de ahorro de energía, siendo el sector transporte quien presenta la meta más ambiciosa de 424,408 TJ. Además, el PROURE establece como medida específica el establecimiento de estándares de eficiencia energética en el sector transporte y el etiquetado para los vehículos. Por otro lado, este proyecto se encuentra alineado a la iniciativa del Mapa de Ruta para la Transición Hacia Vehículos de Bajas y Cero Emisiones, en donde se establecieron metas a corto, mediano y largo plazo para la implementación de regulación para el incremento de eficiencia energética en el rendimiento de combustible y aspectos sobre el etiquetado vehicular. Finalmente, el proyecto sobre combustibles y Vehículos Más Limpios y Eficientes en Colombia: Establecimiento de línea base para la economía de combustible de los vehículos ligeros, sirvió como insumo para desarrollar las bases de datos con las cuales, se evaluó la flota vehicular de Colombia. En dicho proyecto se evaluó el potencial incremento en el rendimiento de combustible resultado de aplicar políticas al sector automotriz tales como, impuesto al registro vehicular basado en las emisiones de CO₂, el impuesto a la circulación vehicular basado en el CO₂, la aplicación de un impuesto a los combustibles y la viabilidad de dar un incentivo a los vehículos de bajo consumo de combustible y aplicar una tarifa a vehículos de alto consumo de combustible (FEEBATE).

Teniendo todo lo anterior en cuenta, se realizó la evaluación a una muestra del 85% de la flota vehicular de Colombia (i.e. los vehículos más vendidos). Se tomaron en cuenta los paquetes tecnológicos que la EPA sugiere y que ayudan a incrementar el rendimiento en el combustible. Los paquetes tecnológicos se clasificaron en 5 grupos: 1) Relacionadas a la composición del motor, 2) Relacionadas a la composición de la transmisión, 3) Tecnologías de hibridación y electrificación, 4) reducción de peso y 5) otras. Una vez que se conocieron las tecnologías, se calculó el costo relacionado a la instalación en la flota vehicular de Colombia. Cabe destacar que los costos de cada tecnología fueron calculados por estudios específicos realizados por la EPA, en donde se encargaron

de clasificar y adquirir cada componente unitario de cada tecnología, al menor costo posible, para proceder a ser ensamblados por el mismo personal de la EPA.

con respecto a la meta establecida, se eligió un escenario en donde colombia pudiera alcanzar el nivel de Estados Unidos para 2030. Además, se modificó la línea de tendencia del alcance de metas, para que al corto plazo, las inversiones no representaran dificultades económicas, y que las mejoras tecnológicas más importantes, se realizaran al mediano plazo. Las metas establecidas por tamaño de vehículo se presentan a continuación:

Año Modelo	Meta específica por tamaño de sombra (km/gal)			
	Vehículos con Sombra menor a 3.81 m ² (Km/gal)	Vehículos con sombra mayor a 6.01 m ² (Km/gal)	*Vehículos entre 3.81 m ² y 6.01 m ² <i>Meta = (Pendiente * sombra) + Intersección</i>	
			Pendiente (km/ (m ² /gal))	Intersección (km/gal)
2025	96.0	64.1	-14.5	151.21
2024	88.9	59.3	-13.4	140.05
2023	81.3	54.3	-12.3	128.12
2022	74.1	49.4	-11.2	116.71
2021	71.9	48.0	-10.9	113.26
2020	69.7	46.5	-10.5	109.76
2019	67.3	44.9	-10.2	106.10

como primer mecanismo de flexibilidad para el alcance de meta, se estableció una meta dividida por tamaño del vehículo la cual presenta un incremento para los vehículos que tienen una sombra de entre 3.81 m² y 6.01 m² (entiéndase por sombra, la multiplicación del ancho del eje por el largo del eje). Es por esto que en la tabla anterior, para calcular el valor de la meta de estos vehículos, se muestran dos columnas con los criterios de Pendiente e Interacción.

A través del modelo OMEGA, se conocieron las necesidades en cuanto a tecnología de cada tipo de vehículo así como el costo de aplicación de los paquetes tecnológicos para alcanzar dichas metas. Para la regulación de 2019 a 2025, la inversión que se debe realizar en tecnología es del fabricante es de 649.05 dólares en promedio. A su vez, el incremento en el rendimiento de combustible de los vehículos provoca que el usuario realice menos recargas de gasolina, generando un impacto económico en el bolsillo de los usuarios. El cálculo del dinero que se ahorraría cada usuario al ser publicada la regulación propuesta para el incremento en el rendimiento de combustible de vehículos ligeros resultó en \$416 dólares al año durante todo el periodo de vida útil del vehículo que para este caso, se fijó en 25 años.

En cuanto al tema energético, como resultado de la regulación, el equivalente energético al volumen de combustible ahorrado a 2022 es igual a 66,508 TJ lo que representa el 15.6% de la meta de 424,408 TJ de energía que se debe de ahorrar proveniente del sector transporte que se establece en el PROURE.

De la misma manera, este ahorro energético representa un impacto en la reducción de emisiones de CO₂. Es así que a través de la regulación del incremento en el rendimiento de combustible, la cual cubre a los vehículos que se vendieron entre 2019 y 2025, se logran mitigar 14,863,968 de



Belisario Domínguez 8, Col. Villa COyoacán. Del. COyoacán. Ciudad de MéxiCO 04000
Tel. +52(55) 30965742 www.wrimexico.org

toneladas de CO₂. Esta cantidad de emisiones representa la energía consumida por 1,605,007 hogares, o la instalación de 3,765 turbinas eólicas o las emisiones de 3.7 plantas de producción de energía eléctrica a base de carbón en un año o el secuestro de CO₂ por 7,085,081 hectáreas de bosque.

Es necesario mencionar que la procedencia de vehículos que circulan en Colombia es, en su mayoría, de igual procedencia que los vehículos que circulan en Estados Unidos. Esto quiere decir que ambos países comparten entre sus principales proveedores a países como, México, Corea, Japón y Europa. Así, se establece que dentro de las mismas fábricas de automóviles, se están ensamblando los mismos modelos, pero con características de eficiencia energética distinta. A manera de recomendación, se establece que las líneas de producción sean homologadas, para que todos los modelos fabricados cuenten con los mismos componentes tecnológicos para mejorar el rendimiento en el combustible.

Introducción

Como parte de las metas nacionales de mitigación del cambio climático, en las que Colombia se compromete a reducir el 20% de sus emisiones de dióxido de carbono (CO₂) para el 2030 con respecto a las emisiones proyectadas (Arbeláez et al., 2015), y teniendo en cuenta que las fuentes móviles representan uno de los sectores en donde se produce una importante cantidad de emisiones CO₂, se plantea la necesidad de una regulación para acceder a vehículos más eficientes en el consumo de combustible. Este tipo de regulación es justificada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, quien argumenta que es complicado que los fabricantes tengan voluntad propia para actualizar la tecnología de los vehículos para incrementar el rendimiento de combustible, es decir, es necesario que el gobierno imponga límites mínimos de rendimiento de combustible, para que los fabricantes actualicen la tecnología de los vehículos sustancialmente (EPA, 2012 A). (EPA, 2012 A).

Se estima que en Colombia las emisiones provenientes del transporte representan el 11% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional, siendo el transporte terrestre el componente más importante (vehículos ligeros y de carga) (IDEAM, 2016).

Panorama internacional

A nivel internacional, diferentes países han establecido metas de eficiencia energética en el consumo de combustible en vehículos ligeros. Por ejemplo, Estados Unidos, a través de la Administración Nacional de Seguridad de Tráfico en Carreteras (NHTSA), estableció desde 1975 el promedio de consumo de combustible ponderado por corporación (CAFE) con el objetivo de reducir el consumo de combustible de los vehículos y tener una mejora en la eficiencia energética. En 2012, el CAFE fue actualizado para establecer los límites de consumo de combustible, así como los límites en la emisión de CO₂ para la flota estadounidense. El límite para 2025 fue establecido en una meta final de consumo de combustible de 87,4 kilómetros por galón (54,3 mpg) y 101,2 gramos de CO₂ por kilómetro (163 gCO₂/mi) para el año 2025 (EPA, 2012 B). Así mismo, para el periodo de 2012 a 2016, el límite de emisión de los automóviles de Estados Unidos fue establecido en 155 gCO₂/km. La Figura 1 muestra el comportamiento del consumo de combustible de la flota vehicular de Estados Unidos, contra los límites que se han impuesto. Se puede observar que el promedio de consumo de combustible ponderado por corporativo ha estado ligeramente por encima de lo requerido. Este comportamiento sucede cuando se establece la posibilidad de intercambiar créditos que son producidos cuando los fabricantes de automóviles sobrepasan la meta requerida, y cumplen con una meta más estricta que la establecida.



Figura 1 Metas requeridas y alcance de metas de la flota estadounidense
Fuente: EPA, 2016

Por otro lado, la Unión Europea (UE) comenzó con los esfuerzos para establecer un límite de eficiencia en el consumo de combustible y emisiones de CO₂ desde 1998 con una meta de 140 gCO₂/km alcanzable para 2008. La última actualización de la UE establece una meta de consumo de combustible de aproximadamente 91,98 km/gal y un límite de emisión de CO₂ de 95 gCO₂/km, para 2020 (EU, 2014).

En México, los esfuerzos por tener vehículos ligeros más eficientes en el consumo de combustible concluyeron en 2013 con la publicación de la norma NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013 que regula las emisiones de CO₂ provenientes del tubo de escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3.857 kilogramos. En esta norma se establece que para 2016, los automóviles deberán emitir desde 135 gCO₂/km hasta 180 gCO₂/km, dependiendo de su tamaño, y para camionetas de 163,6 gCO₂/km hasta 227 gCO₂/km dependiendo de su tamaño (DOF, 2013).

De la misma manera, Japón establece un límite de consumo de combustible de 76,8 km/gal alcanzable para 2020 combustible en la política denominada "Top Runner" (AESS et al., 2011).

Las metas de eficiencia en el consumo de combustible de cada país se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

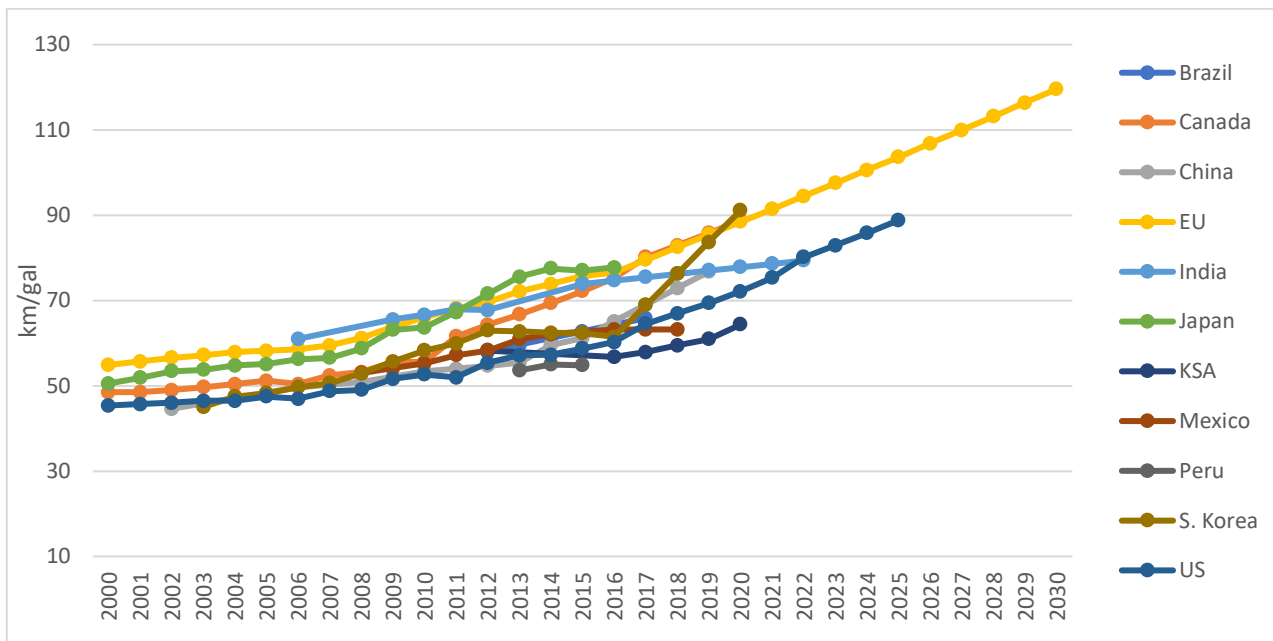


Figura 2 Metas internacionales de límites de eficiencia en el combustible.

FUENTE: Elaboración propia a partir de datos de ICCT, 2017.

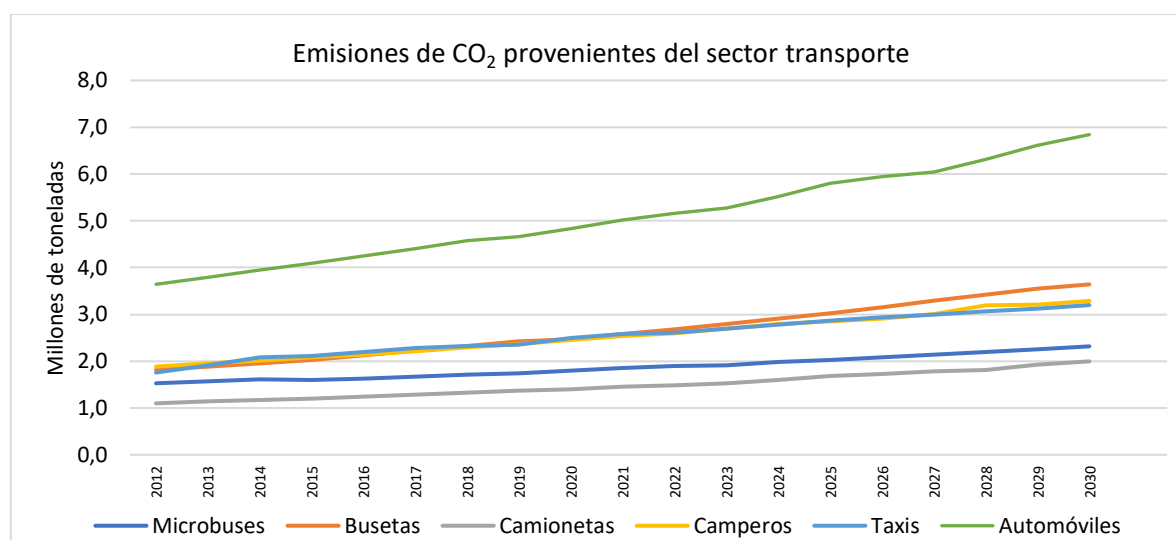
En el 2014, 27 de 34 países de la OECD modificaron la normatividad tributaria y realizaron exenciones para la adquisición de vehículos con alta eficiencia en el consumo de combustible y de baja emisión de contaminantes atmosféricos. Además, 18 países disminuyeron la tasa de cobro de impuestos sobre vehículos eléctricos o híbridos (Econcept - AEI, 2016).

Una de las maneras para alcanzar la meta establecida de eficiencia en el consumo de combustible, es la implementación de tecnología en el vehículo. La aplicación de paquetes tecnológicos resulta viable, dado el desarrollo acelerado en las tecnologías para la reducción en el consumo de combustible y para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio; además Colombia posee la ventaja de ser importante productor de refacciones para automóviles (Rivera Godoy et al., 2016).

Para realizar la justificación de la meta de reducción, se utilizó el modelo OMEGA desarrollado por la EPA (EPA, 2016 B). El Modelo OMEGA evalúa el costo aproximado de aplicar ciertos paquetes tecnológicos para alcanzar una reducción en el consumo de combustible, por lo tanto, el modelo está diseñado para calcular el costo implícito para alcanzar una meta de reducción de emisiones de CO₂ en un año determinado.

Recopilación de las actividades realizadas en el marco de: Articulación de los productos obtenidos en el proyecto UPME 2017 “Mapa de Ruta para la transición a vehículos de bajas y cero emisiones” y articulación de resultados obtenidos del estudio MADS y UNEP 2017.

La proyección de emisiones de CO₂ en Colombia para el sector transporte, muestra que los automóviles particulares representan la mayor cantidad de toneladas de CO₂ emitidas de entre los vehículos ligeros. La proyección para los automóviles muestra un incremento de casi el doble en la emisión de toneladas de CO₂ desde 2012 hasta 2030 (UPME, 2015). La Figura 3 muestra la proyección de emisiones y la tendencia de seguir el escenario sin regulaciones.



*Figura 3 Emisiones de CO₂ provenientes del sector transporte.
Fuente: elaboración propia a través de datos publicados por la UPME, 2015.*

Como principal detonante de este proyecto, se encuentra el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (DNP, 2014) que, dentro de sus ejes de trabajo, se encuentra el crecimiento verde y que a su vez comprende el avanzar a mediano plazo hacia un crecimiento sostenible y bajo en carbono. Como meta específica dentro de esta estrategia, se presenta la adopción del transporte multimodal y el transporte urbano sostenible. Así, se establece que se debe incentivar la incorporación de vehículos con tecnologías de bajo consumo de combustible y que sean más limpios.

El Plan de Acción Indicativo del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales (PAI-PROURE) establece que el sector donde se consume la mayor parte de la energía y se emite la mayor cantidad de CO₂ es el sector transporte. Además, el 40% del uso de combustibles del sector transporte corresponde al uso de gasolina. De este porcentaje, el 83% es utilizado por vehículos privados de pasajeros (UPME, 2016).

El presente proyecto está alineado con el proyecto Mapa de Ruta Para la Transición Hacia Vehículos de Bajas y Cero Emisiones, como instrumento de política ambiental, en el contexto de implementar estándares de emisión y consumo de combustible en vehículos ligeros. En el documento de mapa

de ruta se pueden ver las instituciones involucradas en la batería de políticas que se proponen. Para el caso de normatividad sobre eficiencia energética en el consumo de combustible y límites de emisión para vehículos ligeros, se designa como orientadores del proyecto y de las propuestas de regulación a la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (MADS) y al Ministerio de Transporte (MINTRANSPORTE).

De la misma manera, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Iniciativa Global para la Economía de Combustible (GFEI, por sus siglas en inglés) a través de la Universidad Tecnológica de Pereira construyeron el proyecto denominado “Combustibles y Vehículos Más Limpios y Eficientes en Colombia: Establecimiento de línea base para la economía de combustible de los vehículos ligeros”. En dicho proyecto, se reconoce la necesidad de establecer medidas a corto y mediano plazo orientadas a tener un uso más eficiente y disminuir el consumo de combustible en el sector transporte de Colombia. Cabe destacar la utilidad de la revisión normativa que se realiza tanto en el mapa de ruta como en el estudio de PNUMA. Dentro de este mismo proyecto, para la evaluación de las políticas, se construyó una línea base de emisiones de cada modelo vehicular, ponderada por ventas. Esta línea base se realizó para los vehículos año modelo 2011, 2012, 2014 y 2016. Una vez conocida la línea base de emisiones, se evaluaron las potenciales reducciones resultado de aplicar políticas al sector. El primer bloque de propuestas de políticas involucró el impuesto al registro vehicular basado en el CO₂, el impuesto a la circulación vehicular basado en el CO₂, y la aplicación de un impuesto a los combustibles. En la segunda parte se evaluó la viabilidad de aplicar la política FEEBATE, que consiste en dar un incentivo a los vehículos de bajo consumo de combustible y aplicar una tarifa a vehículos de alto consumo de combustible. Como resultado inicial, se conocieron las tendencias de reducción en las emisiones de CO₂ y las mejoras en la eficiencia en el consumo de combustible. Como resultado final, el estudio establece que para alcanzar las metas internacionales del GFEI, no es suficiente acatar las políticas propuestas en el estudio, además de las indicadas por el PROURE. Por esto, se enumeran una serie de recomendaciones para reducir el consumo de combustible en vehículos ligeros colombianos. Cabe destacar la recomendación propuesta para actualizar la normativa de emisiones para vehículos a gasolina con el propósito de garantizar el ingreso al país de líneas de vehículos con menores emisiones contaminantes y con menores consumos de combustibles, ya que el presente estudio se afianza de dicha recomendación.

Además, dado que la recomendación para el incremento en el rendimiento de combustible de los vehículos es a través de la instalación de paquetes tecnológicos y autopartes, se destaca como factor de interés el ramo industrial de la fabricación de autopartes de Colombia, el cual está consolidado como uno de los sectores más importantes de la industria manufacturera. Se entiende que el sector de producción de autopartes es un pilar del sector de la industria automotriz al representar aproximadamente el 4% del PIB nacional. Este sector fomenta el desarrollo competitivo de Colombia e incrementa la posesión de mano de obra calificada. Sin embargo, es necesario crear más valor para este sector y un incremento en la gestión de las ventas (Rivera-Godoy, et al. 2016). A través de la instauración de la regulación en el rendimiento mínimo para vehículos ligeros, es posible que este sector provea de la tecnología necesaria al menor costo posible y se convierta en un potenciador de la industria de producción de autopartes automotrices de Colombia.

Alcance del proyecto

Justificar la viabilidad de la transición del escenario actual de rendimientos vehiculares en los vehículos ligeros, hacia vehículos más eficientes en el consumo de combustible y que generen una menor cantidad de emisión de gases de efecto invernadero.

Metodología

Para calcular el costo asociado a la aplicación de tecnologías para la eficiencia en el consumo de combustible y la reducción de emisiones en la flota de vehículos ligeros de Colombia, se utilizó el Modelo de Optimización para Reducir las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Automóviles (OMEGA).

El modelo OMEGA (EPA, 2016-B) es un modelo creado por la EPA a través del cual se evaluaron las regulaciones con respecto al consumo de combustible ponderado por corporación (CAFE) para vehículos ligeros de Estados Unidos.

El objetivo del modelo OMEGA consiste en fundamentar la aplicación de diferentes paquetes tecnológicos para la reducción en el consumo de combustible y así, alcanzar una meta de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero. No obstante, el modelo no pretende indicar las tecnologías que se deban aplicar, sino que busca justificar que la meta propuesta es alcanzable. (EPA, 2016-B).

La primera versión de OMEGA fue desarrollada por la EPA en 2008, para evaluar la ratificación del CAFE y los nuevos límites de emisión, sin embargo, el software ha evolucionado hasta la versión 1.4.56, actualizada en 2016.

Estructura del Modelo Omega

OMEGA está desarrollado en el lenguaje de programación C# y utiliza como insumos principales, hojas de cálculo desarrolladas en Excel. Así mismo, los resultados del modelo son arrojados en hojas de Excel y en archivos de texto. El modelo requiere de 5 libros de Excel como insumos principales para el cálculo de resultados; estos son: Archivo de mercado, archivo de tecnologías, archivo de combustibles, archivo de referencia y el archivo de los escenarios. Cada archivo debe contener información esencial que el modelo utilizará durante la evaluación de costos y aplicación de tecnología. La información involucra la caracterización vehicular, la caracterización de los paquetes tecnológicos, el establecimiento de las metas, entre otras variables que se describen más adelante.

Es necesario mencionar que, el usuario puede configurar el modelo de distintas maneras para establecer escenarios flexibles para el cumplimiento de la meta de consumo de combustible y de emisiones, por ejemplo, es posible establecer una meta fija para toda la flota vehicular o distintas metas divididas por tamaño o tipo de vehículo y teniendo distintos términos de cumplimiento. De igual manera se puede calcular los beneficios teniendo en cuenta algún sector de interés, por ejemplo, dirigido a los fabricantes o para los consumidores.

El resultado de la modelación es un promedio de emisión alcanzada a través de la aplicación de ciertos paquetes tecnológicos que reducen el consumo de combustible. A su vez, se calcula el costo asociado a dicha aplicación. Este resultado se encuentra ponderado por las millas recorridas y por las ventas de cada fabricante. Los archivos de salida del modelo contienen información detallada sobre la tecnología añadida a cada vehículo, costos y emisiones. Dado que las reducciones de emisiones contemplada por el modelo OMEGA están concebidas solamente por criterios referentes al consumo de combustible, además de que no se toman en cuenta otros tipos de emisiones de otros contaminantes, es posible convertir directamente los resultados de emisiones a rendimiento en el combustible, a través del factor de emisión seleccionado. Esto se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$km/gal = \frac{7618.04}{gCO_2/km}$$

Donde:

- gCO_2/km = emisiones de CO_2 por kilómetro
- km/gal = Rendimiento en el consumo de combustible
- 8845.98 = Factor de conversión de emisiones de gCO_2/km a km/gal para Colombia (gCO_2/gal) (UPME, 2017)

A través de la ecuación presentada, fue posible modificar los resultados del modelo presentados en emisiones a términos de rendimiento de combustible. A continuación, se describen a detalle cada una de las variables que se encuentran dentro de los archivos necesarios para que el modelo opere satisfactoriamente.

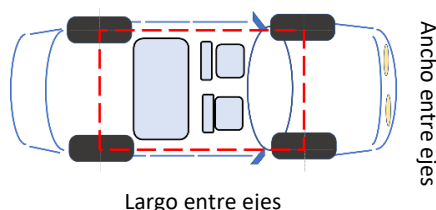
Archivo de mercado (Market file)

El archivo de mercado es considerado uno de los archivos más importantes para el funcionamiento del modelo. Aquí se establece la caracterización de la flota vehicular de estudio, además contiene información sobre los fabricantes, tecnología del vehículo y los costos de la aplicación de tecnología para la reducción de emisiones. La información que debe incluir el archivo es:

- Índice de la plataforma vehicular
- Índice para cada vehículo
- Nombre del fabricante del vehículo
- Nombre del modelo vehicular
- Tipo de vehículo clasificado según sus características y tamaño
- Tipo de flota a la que pertenece el vehículo (Carro o camioneta)
- Cantidad de vehículos vendidos
 - Es posible incluir proyecciones de ventas para diferentes ciclos
- Emisiones de CO_2 por unidad de distancia (gCO_2/km , gCO_2/mi)
- Rendimiento de combustible (km/lt , mpg)
- Sombra del vehículo (m^2 o ft^2)
- Tipo de combustible que utiliza

- En caso de que el vehículo sea híbrido o eléctrico, la cantidad de electricidad que necesita (kWh/km, kWh/mi)
- Gas refrigerante que utiliza
- Tasa de pérdida del gas refrigerante
- Emisiones de CO₂ o el consumo de combustible después de haber sido aplicado cada paquete tecnológico contabilizando las tecnologías que ya están incluidas en el modelo (TEB).
- costo asociado a la aplicación de cada paquete tecnológico (CEB)
- Créditos disponibles al aplicar cada paquete tecnológico (OEB)

La sombra del vehículo se refiere a la multiplicación entre, la distancia a lo largo de ejes, por la distancia a lo ancho de los ejes. A través de la sombra se puede clasificar el vehículo por tamaño. Una vez que el vehículo se encuentra clasificado por tamaño, se puede afinar la clasificación por las características del motor. Una vez que el vehículo está clasificado, accederá a cierto tipo de tecnologías que se mencionarán más adelante. Cabe destacar que las metas de eficiencia energética en el consumo de combustible y de emisión de CO₂, estarán distribuida en función del tamaño del vehículo, es decir, por su sombra. En la siguiente imagen, se muestra gráficamente el concepto de la sombra del vehículo.



$$Sombra_i = (A_{ejes} * L_{ejes})$$

Donde:

- Sombra_i = Tamaño de la sombra del vehículo (m²)
- A_{ejes} = Ancho entre ejes (m)
- L_{ejes} = Largo entre ejes (m)

A nivel internacional, se ha acuñado la sombra para caracterizar de la manera más eficiente a los vehículos, dado que, si se eligiera el peso se incentiva que los fabricantes coloquen diferentes tipos de lastres, para acceder a límites laxos de consumo de combustible.

con respecto al índice de la plataforma vehicular y el tipo de vehículo clasificado por sus características y tamaño, estos se encuentran estrechamente relacionadas ya que, en algunos casos, los vehículos pueden compartir una misma plataforma y tamaño de chasis diferenciándose en detalles mínimos de la configuración, o detalles estéticos. Para este ejercicio, los vehículos se clasifican en 19 tipos que serán descritos más adelante.

Por otro lado, se puede incluir información referente a los vehículos, que no es imprescindible para el modelo como, el peso del vehículo, el número de cilindros, la cilindrada, el precio del automóvil, número de pasajeros, el tipo de transmisión, la potencia del motor y la capacidad de carga.

Además, dentro del archivo de mercado, se debe incluir información sobre los nombres de los fabricantes, tipos de vehículo para el estudio, seguridad del vehículo y niveles de elasticidad del mercado. Esta información es establecida en las pestañas adyacentes dentro del libro de Excel.

Archivo de tecnología (Technology file)

En el archivo de tecnología se describen las características de cada paquete tecnológico los cuales se encuentran conformados por la unión de tecnologías individuales que en conjunto tienen un impacto positivo en la disminución del consumo de combustible. En este archivo es posible evaluar hasta 50 paquetes tecnológicos para cada uno de los 19 tipos de vehículo. La información que debe contener el registro de cada paquete tecnológicos dentro del archivo de tecnología es la siguiente:

- Número del tipo de vehículo (19 tipos disponibles)
- Índice del paquete tecnológico
- Nombre del paquete tecnológico
- Nombre abreviado del paquete tecnológico
- Capacidad de penetración de la tecnología al mercado actual
- El incremento en la eficiencia en el consumo de combustible o en el control de emisiones de CO₂, que ofrece el paquete tecnológico
- El costo de aplicación del paquete tecnológico
- Tipo de combustible para el cual está diseñado el paquete tecnológico
- Número que identifica al paquete previamente aplicado, es decir, uno anterior
- Electrificación que ofrece el paquete tecnológico
- Créditos por aplicar dicha tecnología (Vendrán dados en las mismas unidades en que se hayan establecido el TEB km/l, mpg, gCO₂/mi ó gCO₂/km)
- Porcentaje de efectividad en la reducción de emisión de gases refrigerantes
- Tipo de gas refrigerante

Los costos de cada tecnología fueron calculados por la EPA en un estudio que involucra desarmar cada tecnología hasta sus componentes más básicos para conocer el costo de cada elemento y el tiempo de armado.

Archivo de combustibles (Fuel file)

En el archivo de combustibles se establecen los tipos y características de los combustibles, tales como densidad energética, densidad, contenido de carbón, factor de equivalencia del combustible para CAFE y las proyecciones de costo del combustible. Esta información es utilizada para cuantificar los beneficios económicos en ahorro de combustible que se obtienen durante cierto periodo.

Archivo de referencias (Reference file)

Para el archivo de referencia se establece la vida promedio de los vehículos para cada una de sus clases (i.e. carros y camionetas). Así mismo se establecen los kilómetros que recorren durante su

vida útil. Esta información es utilizada para el cálculo del consumo de combustible o las emisiones de CO₂ en un periodo en específico.

Archivo de escenario (Scenario File)

En el archivo de escenario se establecen las condiciones de la meta. Este archivo es el único que entra en juego en la interfaz del modelo OMEGA, ya que liga los 4 archivos anteriores. En este archivo se encuentra la siguiente información:

- Índice del escenario a evaluar
- Nombre del escenario
- Año base del escenario
- Ecuación seleccionada para cuantificar el ranking de aplicación de tecnologías (TARF; cálculo de costos)
- Ecuación para la distribución de aplicación de la meta
- Tipo de flota vehicular (simple o combinada entre carros y camionetas)
- Ciclos
- Grado de elasticidad para el intercambio de créditos (gCO₂/mi ó gCO₂/km)
- Ligas hacia los otros 4 archivos
- Tasa de descuento para el valor de la moneda en el futuro
- Cantidad de años del periodo de recuperación
- Multa CAFE por no incumplimiento de la meta
- GAP: porcentaje de diferencia entre el consumo de combustible en carretera y el consumo de combustible en el ciclo de prueba
- Umbral de costo para el sobrecumplimiento de la meta
- Porcentaje de decaimiento de las emisiones de CO₂
- Millas o kilómetros totales recorridos durante toda la vida útil de carros y camionetas
- Tamaño del mercado de estudio (cantidad de vehículos)
- Meta de acuerdo con el tamaño del vehículo y la ecuación seleccionada

Aplicación de tecnología y cálculo de costos

El modelo cuenta con 3 ecuaciones (TARF) a elegir para el cálculo y priorización de la aplicación de los paquetes tecnológicos. Esto quiere decir que el modelo, a partir de la ecuación TARF, elige en qué orden es más conveniente aplicar la tecnología a cada vehículo componente de la flota vehicular de un fabricante en específico. Estas opciones de cálculo se deben establecer en el archivo de escenarios en la celda de ecuación TARF, de manera numérica (i.e. 1,2 ó 3).

La primera ecuación (1), asigna la prioridad de aplicación de tecnología al modelo que represente el mayor ahorro de combustible en términos monetarios en un periodo de tiempo. En otras palabras, calcula el costo efectivo simple, que consiste en el costo total de la aplicación de los paquetes tecnológicos menos el costo del ahorro en combustible durante un periodo de tiempo, y la posible aplicación de la multa por no alcanzar la meta establecida. La ecuación incluye el ajuste del consumo de combustible, para un ciclo de manejo específico, por ejemplo, el consumo de combustible medido en laboratorio ajustado al consumo de combustible en el ciclo de manejo de una ciudad en



particular (e.g. una ciudad montañosa). También la ecuación tiene la opción de incluir una multa por no alcanzar la meta establecida. La ecuación es la siguiente:

$$\text{Costo Efectivo} = \text{Costo Tecnología} - FS * \frac{1}{1 - GAP} - \text{Multa CAFE}$$

Donde:

costo de la tecnología: Es el costo de la aplicación de la tecnología para alcanzar la meta.

FS: Ahorro de combustible en términos económicos;

GAP: porcentaje de diferencia entre el consumo de combustible en carretera y el consumo de combustible en el ciclo de prueba

Multa CAFE: Valor económico de no alcanzar la meta.

La ecuación para calcular el ahorro en combustible (FS) es la siguiente:

$$FS = \sum_{i=Y}^{Y+PP} [(fuelCost_0 + elecCost_0) - (fuelCost_n + elecCost_n)]$$

Donde:

Y = número de ciclo

PP = cantidad de años del periodo de recuperación

Fuelcost₀ = costo del combustible con la tecnología original

eleccost₀ = costo del consumo eléctrico con la tecnología original

Fuelcost_n = costo del combustible con la nueva tecnología

eleccost_n = costo del consumo eléctrico con la nueva tecnología

En caso de que la evaluación, no contemple la inclusión de tecnologías de electrificación del transporte, las variables eleccost₀ y eleccost_n, permanecen como 0. Las ecuaciones para el cálculo de los costos son las siguientes:

$$fuelCost_t = \sum_{i=Y}^{Y+PP} \left[FP_n [y + (cy - 1) * 5] * FC_t * VMT_y * \frac{\left[1 + \left(\frac{DR_y}{2} \right) \right]}{1 + DR_y} \right]$$

Donde:

FP = precio del combustible (\$/gal o \$/l)

FC = consumo de combustible (gal/mi o l/km)

EP = Precio de la electricidad (\$/kWh)

EC = consumo eléctrico (kWh/mi o kWh/km)

VMT = millas recorridas en el año y

DR_y = tasa de descuento para el año y

t, n = tecnología en evaluación



o = tecnología original del paso de aplicación de tecnología (línea base)
i = índice del año

La ecuación para calcular el consumo de combustible es la siguiente:

$$FC_{t-1} = \frac{CO2_{t-1}}{CD_{t-1} * \left[\frac{44gCO2}{12gC} \right]}$$

$$FC_t = \frac{CO2_{TARF,t}}{CD_t * \left[\frac{44gCO2}{12gC} \right]}$$

Donde:

CD_{t-1} y CD_t = La densidad de carbón en el combustible antes y después de la aplicación de la tecnología

$CO2_{t-1}$ = El nivel de emisiones antes de la aplicación de la tecnología que se evalúa.

$CO2_{TARF,t}$ = El nivel de emisiones después de la aplicación de la tecnología t, sin considerar el nivel de penetración que la tecnología tiene en el mercado.

$44gCO2 / 12gCO2$ = La relación de masa entre el CO2 y el Carbón, usada para convertir, con la densidad de carbón, a la masa del CO2 emitido.

Finalmente, la ecuación para calcular la multa CAFE por no alcanzar la meta establecida, es la siguiente:

$$Multa\ CAFE = FEE * \frac{1}{SF_{cls}} * \left[\frac{1}{CAFEFC_{avg}} - \frac{1}{CAFEFC_{avg} - SF_{cls} * (CAFEFC_t - CAFEFC_0)} \right]$$

Donde:

FEE: Cuota CAFE (\$/mpg o \$/km por litro)

SF_{cls} : Fracción de las ventas para un tipo de vehículo en específico, por fabricante

$CAFEFC_0$: consumo de combustible ponderado por CAFE para la tecnología base; calculado a partir de = $FC_0 * CAFE_LF_{eqv}$

$CAFE_LF_{eqv}$: factor de equivalencia CAFE para consumo de combustibles (gal/gal o l/l)

FC_0 : consumo de combustible con la tecnología original

$CAFEFC_t$: consumo de combustible ponderado por CAFE para la tecnología evaluada; calculado a partir de = $FC_t * CAFE_LF_{eqv} + EC_t * CAFE_EL_{eqv}$

$CAFE_EL_{eqv}$: Factor de equivalencia CAFE para consumo eléctrico (gal/kWh)

FC_t = consumo de combustible con la tecnología evaluada

EC_t = consumo eléctrico con la tecnología evaluada

CAFEFC_{avg}: consumo de combustible CAFE de cada fabricante al inicio de un ciclo de evaluación; calculada a partir de: $CO2_{target} * (12/44) / CD_{gas}$

CO_{2target}: Meta de CO₂ del fabricante

CD_{gas}: Densidad de carbón en la gasolina

Para la ecuación TARF número 2, referida como: costo efectivo - sociedad, la ecuación es casi idéntica a la 1. La diferencia se encuentra en que el costo efectivo es dividido entre la reducción de las emisiones de CO₂ descontadas, durante el tiempo aproximado en el que el usuario utilizará el vehículo durante su vida útil. Se entiende este punto como de interés social dado que la población aprecia las reducciones alcanzadas de esta manera.

La ecuación de la opción 2 del cálculo del costo efecto – sociedad es la siguiente:

$$CostEffSoc = EffCost * \left(\frac{1 - GAP}{Ahorro\ de\ CO2} \right)$$

El costo efectivo (Effcost) proviene de la ecuación 1. Por otro lado, los ahorros de CO₂ se calculan a través de:

$$Ahorro\ de\ CO2 = dCO2 * sumVMT$$

Donde sumVMT es calculada a través de:

$$sumVMT = \sum_{y=0}^n VMT_y * \frac{1 + (DR_y - \frac{IR}{2})}{1 + (DR_y - IR)}$$

Donde:

VMT_y = Millas vehículo recorridas en el año y

n = tiempo de vida del vehículo

DR_y = tasa de descuento para el año y

IR = Valor de incremento del CO₂

Y d CO₂ es calculada a través de:

$$dCO2 = ((tpCO2_0 - tpCO2_n) + (rfCO2_0 - rfCO2_n) + (grCO2_0 - grCO2_n) + (crCO2_0 - crCO2_n))$$

Donde:

tp CO₂: Emisiones de CO₂ provenientes del escape del vehículo

rf_{co2}: Emisiones de CO₂ equivalente, provenientes de las fugas de gas refrigerante

gr_{co2}: Emisiones de CO₂ provenientes de la red

cr_{co2}: Créditos de CO₂

0: tecnología original

n: Tecnología a evaluar

A su vez:



$$tpCO2n = tpCO2_0 * (1 - AIE)$$

tp_{CO20} = Tecnología original de la línea base

AIE = Incremento de la efectividad promedio de la nueva tecnología

$$rfCO2n = rfCO2_0 * refrigerEff * GWP$$

rf_{CO20} : refrigerante original de la línea base

refrigEff: efectividad de la tecnología del refrigerante

GWP: Potencial de calentamiento global

$$grCO2n = kWhMi * CD * Cr$$

kWhMi: kilowatt hora por milla o kilómetro recorrido

CD: densidad del carbón

Cr: Relación CO₂/C para electricidad

Para la opción/ecuación TARF 3 llamada “costo efectivo – fabricante”, el costo efectivo calculado con la ecuación 1, se divide entre las toneladas de CO₂ ahorradas. El resultado de esta ecuación ofrece la mayor cantidad de reducción de emisión de CO₂ a partir de la aplicación de las tecnologías más baratas, ya que escoge la aplicación de varios pequeños paquetes tecnológicos en lugar de un paquete tecnológico grande y costoso que ofrece un alto ahorro en el combustible. Es decir, representa el alcance de la meta a través del costo más bajo, lo cual es conveniente para el productor de automóviles.

La siguiente ecuación TARF es la utilizada en la opción 3 para el cálculo del costo.

$$CostEffManuf = \frac{EffCost}{Ahorro\ CO2}$$

En donde el costo efectivo (Effcost) proviene de la opción/ecuación 1 y el ahorro de CO₂ se calcula de la siguiente manera:

$$Ahorro\ CO2 = dCO2 * LifeVMT$$

Donde:

d_{CO2} : se calcula de la misma manera que en la opción/ecuación TARF 2

lifeVMT: Millas o kilómetros recorridos por cada vehículo durante toda su vida.

En resumen, es posible utilizar una de estas 3 ecuaciones para calcular los costos asociados a la reducción de emisiones de CO₂, dando un enfoque distinto con cada ecuación elegida.

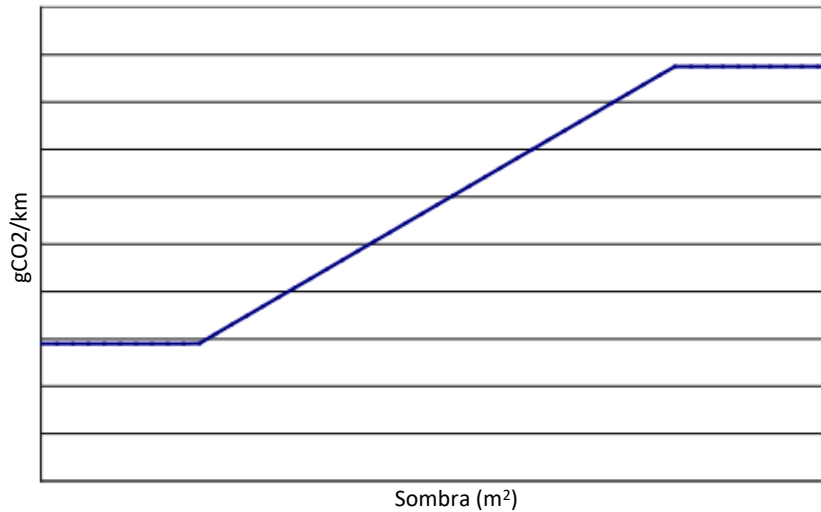
Metas de mejora en el rendimiento de combustible y de reducción de emisiones de CO₂

La meta de mejora en el rendimiento de combustible y de reducción de emisiones de CO₂ se refiere al nivel de kilómetros por litro, millas por galón, gramos de CO₂ emitidos por cada milla o kilómetro recorrido (gCO₂/mi ó gCO₂/km) que debe de alcanzar la flota vehicular evaluada. En un escenario



estricto, se exigirá que todos los automóviles alcancen un valor para la meta. Sin embargo, también se presenta la opción de establecer metas acordes al tamaño del vehículo, es decir, un requerimiento de emisión para carros y otra para camionetas, clasificados por tamaño. Esto con el objetivo de que las metas sean flexibles acordes al reto tecnológico de cada vehículo. El modelo OMEGA cuenta con 3 tipos distintos de función para establecer las metas mencionadas. Los tipos de funciones son descritos a continuación; cabe destacar que las gráficas mostradas se encuentran en términos de gCO₂/mi, dados los ejemplos postulados por el modelo, sin embargo, como se mencionó anteriormente, estas cantidades son convertidas directamente a términos de rendimiento en combustible a través del factor de emisión.

1. tipo universal
 - a. Este tipo de meta consiste en un valor único, es decir sólo se toma en cuenta 1 valor para la meta que no puede ser excedido y está destinado a aplicarse tanto en autos como en camionetas.
2. tipo lineal en partes:
 - a. En este tipo de meta está compuesto hasta por 4 métricas y 2 metas de emisión de CO₂ distintas. Las primeras dos métricas están descritas por el tamaño de la sombra inicial y final de carros, para el cual estará aplicada la primera meta. Las segundas dos métricas consisten en el tamaño inicial y final de camionetas a quienes se les aplicará la segunda meta.
 - b. Este tipo de meta es utilizado dado que para algunos fabricantes es más sencillo alcanzar la meta en autos pequeños, que en camionetas grandes.
 - c. La forma gráfica de este tipo de meta es la siguiente:



- d. La ecuación de esta gráfica es la siguiente:

$$y = \left\{ \begin{array}{l} A; FP < FP_{min} \\ \left[\frac{B - A}{FP_{max} - FP_{min}} \right] * (FP - FP_{min}) + A; FP_{min} \leq FP \leq FP_{max} \\ B; FP > FP_{max} \end{array} \right\}$$



Donde:

A: Nivel mínimo de la meta de CO2

B: Nivel máximo de la meta de CO2

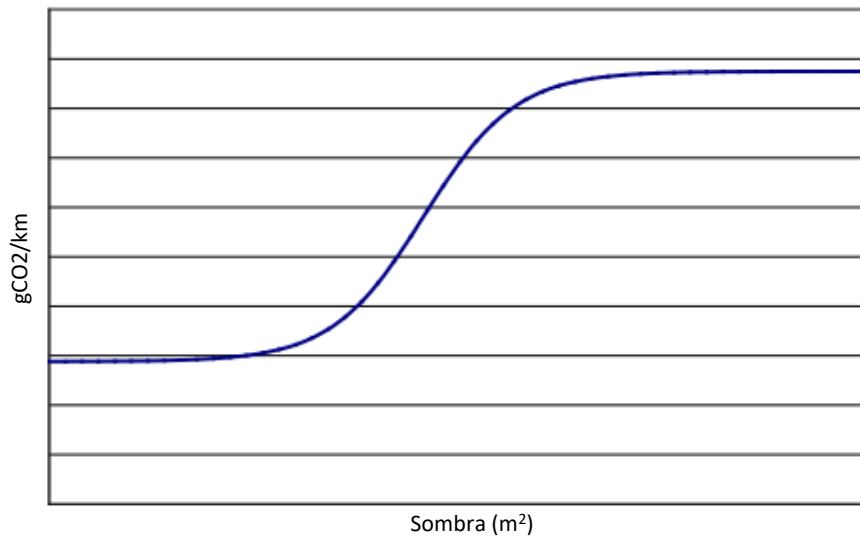
FP_{min}=Sombra en donde el valor de la meta de CO2 alcanza el valor mínimo

FP_{max}=Sombra en donde el valor de la meta de CO2 alcanza el valor máximo

FP = sombra de vehículo (ft2 ó m2)

3. Tipo Logística limitada:

- Este tipo de meta es similar al tipo, lineal en partes, sin embargo, a los puntos de quiebre de la recta se les aplica la función exponencial de la división de la sombra del vehículo menos el valor de la sombra en el punto de inflexión, entre la tasa de incremento de los valores de CO2
- La forma gráfica de este tipo de meta es la siguiente



- La ecuación de esta gráfica es la siguiente.

$$T = A + (B - A) \left(\frac{e^{\frac{FP-C}{D}}}{1 + e^{\frac{FP-C}{D}}} \right)$$

Donde:

A: Nivel mínimo de la meta de CO2

B: Nivel máximo de la meta de CO2

C: Valor de la sombra en el punto de inflexión

D: El valor de la tasa a la cual la meta de CO2 se mueve del punto mínimo al punto máximo. Altos valores para D causan que la curva tenga un movimiento lento desde el punto mínimo hasta el máximo.

FP = Sombra (ft2 ó m2)

Tanto la meta del tipo lineal en partes como la del tipo logística limitada, representan un primer mecanismo de flexibilidad que ayuda a los corporativos a que el alcance de la meta no sea tan estricto como en el tipo de meta universal o fijo. Esto se explicará en la sección de mecanismos de flexibilidad

construcción de metas

Una vez que se introducen los requerimientos de emisión clasificados por tamaño y tipo de vehículo, el modelo pondera la meta y obtiene una meta construida para la flota vehicular de estudio a través de la siguiente ecuación.

$$Meta\ CO_2\ ponderada = \frac{\sum_{v=i}^n (ventas_v * LifeVMT * meta_i)}{\sum_{v=i}^n (ventas_v * LifeVMT)}$$

Donde:

V= tipo de vehículo dentro de la clasificación en que se está ponderando la meta

Ventas= Cantidad de vehículos vendidos del tipo v

Life VMT = Millas o kilómetros recorridos durante la vida útil del vehículo

Meta i = Es el requerimiento de emisión, en función del tamaño del vehículo.

La meta ponderada será distintita entre los diferentes corporativos, algunos teniendo un nivel más laxo de emisión y otrosteniéndolo más estricto, en función de sus ventas. Es posible que además de ponderar la meta por corporativo, esta se encuentre dividida para autos y camionetas. Tanto la ponderación de la meta por ventas como la división de la meta para autos y camionetas representan mecanismos de flexibilidad que facilitan el alcance de la meta.

Clasificación vehicular en el Modelo OMEGA

Para la aplicación de los paquetes tecnológicos, es necesario tener la flota vehicular diferenciada y distribuida por tipo de plataforma, es decir caracterizada por tamaño y tipo del motor. Esto con la finalidad de aplicar los paquetes tecnológicos a vehículos correspondientes, ya que algunos tipos de tecnologías encajan solo en un tipo de vehículo en particular. Por ejemplo, un paquete tecnológico puede ser creado para autos compactos, mientras que otros son exclusivamente para camionetas pick-up. La clasificación sugerida consta de en 19 tipos distintos de plataformas. Los criterios de clasificación se encuentran en la Tabla 1 y Tabla 2 :

Tabla 1 Clasificación vehicular por tamaño de sombra

Clasificación	Tipo	Sombra (m ²)
Auto subcompacto	Automóvil	<3.99
Auto compacto	Automóvil	>3.99 y <4.27
Auto Mediano	Automóvil	>4.27 y <5.20
Auto Grande	Automóvil	>5.20
SUV Pequeña	SUV	<4.27
SUV Grande	SUV	>4.27
Pick-up Pequeña	Pick - up	<4.62

Pick-up Grande	Pick – up	>4.64
Van de Carga	Van	Todos los tamaños
Van de pasajeros	Van	Todos los tamaños

Tabla 2 Clasificación por tamaño y tipo de motor

Descripción	Tamaño o clase	Número de clasificación
<ul style="list-style-type: none"> • Auto subcompacto I3 DOHC 4v • Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v • Auto subcompacto eléctrico 	Auto pequeño	1
<ul style="list-style-type: none"> • Auto compacto SOHC 2v • Auto compacto SOHC/DOHC 4v • Auto mediano SOHC/DOHC 4v • Pick-up pequeña DOHC 4v 	Auto regular	2
<ul style="list-style-type: none"> • Auto subcompacto I5 SOHC 4v • Auto subcompacto V6 SOHC/DOHC 4v • Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo • Auto compacto rotativo • Auto compacto I5 DOHC 4v • Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v • Auto compacto I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo • Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v • Auto mediano I4 SOHC/DOHC con alimentación turbo • Auto grande V6 SOHC/DOHC 4v • Auto mediano I4 SOHC 4v con alimentación turbo 	Auto regular	3
<ul style="list-style-type: none"> • Auto subcompacto V6 SOHC 3v • Auto compacto V6 OHV 2v • Auto mediano V6 SOHC 2v • Auto mediano V6 OHV 2v • Auto grande V6 OHV 2v 	Auto regular	4
<ul style="list-style-type: none"> • Auto subcompacto V8 DOHC 4v • Auto compacto V10 DOHC 4v • Auto compacto V8 DOHC con alimentación turbo • Auto compacto V8 DOHC 4v/5v • Auto compacto V6 DOHC 4v • Auto compacto V5 DOHC 4v con alimentación turbo • Auto mediano V12 DOHC 4v • Auto mediano V10 DOHC 4v • Auto mediano V8 SOHC 4v 	Auto grande	5

<ul style="list-style-type: none"> • Auto mediano V6 DOHC 4v • Auto mediano V7 DOHC 4v • Auto grande V16 DOHC 4v con alimentación turbo • Auto grande V12 SOHC 4v con alimentación turbo • Auto grande V12 DOHC 4v • Auto grande V10 DOHC 4v • Auto grande V8 DOHC 4v con alimentación turbo • Auto grande V8 DOHC 2v/4v • Auto grande V8 SOHC 4v 		
<ul style="list-style-type: none"> • Auto subcompacto V10 OHV 2v • Auto subcompacto V8 SOHC 3v • Auto mediano V8 SOHC 3v con alimentación turbo • Auto mediano V8 SOHC 3v • Auto mediano V8 OHV 3v • Auto grande V12 SOHC 3v con alimentación turbo • Auto grande V8 SOHC 3v con alimentación turbo • Auto grande V8 SOHC 2v • Auto grande V8 OHC 2v/4v 	Auto grande	6
<ul style="list-style-type: none"> • SUV pequeña I4 DOHC 4v • SUV mediana SOHC/DOHC 4v • SUV grande DOHC 4v • Miniván I4 DOHC 4v 	Vehículo multipropósito pequeño	7
<ul style="list-style-type: none"> • SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo • SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v • SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo • SUV grande V6 SOHC/DOHC 4v • SUV grande I5 DOHC 2v • SUV grande I4 DOHC 4v con alimentación turbo 	Vehículo multipropósito grande	8
<ul style="list-style-type: none"> • SUV mediana V6 SOHC 2v • SUV grande V6 SOHC 2v 	Vehículo multipropósito grande	9
<ul style="list-style-type: none"> • SUV pequeña V6 OHV 2v • SUV mediana V6 OHV 2v • SUV grande V6 OHV 2v • Miniván V6 OHV 2v • Van de carga V6 OHV 2v 	Vehículo multipropósito grande	10
<ul style="list-style-type: none"> • SUV grande V10 DOHC 4v con alimentación turbo • SUV grande V8 DOHC 4v con alimentación turbo • SUV grande V8 SOHC /DOHC 4v • SUV grande V6 DOHC 4v 	Camioneta	11
<ul style="list-style-type: none"> • SUV grande V8 SOHC 3v con alimentación turbo • SUV grande V8 SOHC 2v/3v 	Camioneta	12

<ul style="list-style-type: none"> • SUV grande V8 OHV 2v • Van de carga V10 SOHC 2v • Van de carga V8 SOHC/OHV 2v 		
<ul style="list-style-type: none"> • Pick-up Grande DOHC 4v 	Vehículo multipropósito pequeño	13
<ul style="list-style-type: none"> • Pick-up pequeña V6 SOHC 4v • Pick-up pequeña I5 DOHC 2v • Pick-up Grande V6 DOHC 2v/4v • Pick-up Grande I5 DOHC 2v 	Vehículo multipropósito grande	14
<ul style="list-style-type: none"> • Pick-up pequeña V6 SOHC 2v • Pick-up pequeña V6 OHV 2v • Pick-up Grande V6 SOHC 2v • Pick-up Grande V6 OHV 2v 	Vehículo multipropósito grande	15
<ul style="list-style-type: none"> • Pick-up Grande V8 DOHC 4v 	Camioneta	16
<ul style="list-style-type: none"> • Pick-up Grande V8 SOHC 2v 	Camioneta	17
<ul style="list-style-type: none"> • Pick-up grande V8 SOHC /DOHC 3v con alimentación turbo • Pick-up Grande V8 SOHC 3v 	Camioneta	18
<ul style="list-style-type: none"> • Pick-up Grande V8 OHV 2v 	Camioneta	19

Descripción de paquetes tecnológicos

Las tecnologías y paquetes tecnológicos, así como el costo de cada uno, proviene del estudio realizado por la EPA (EPA-FEV, 2011), para la evaluación de la aplicación de la meta de consumo Ponderado por corporación CAFE, para el año modelo 2012-2016 (EPA, 2012 B). El costo de cada tecnología fue calculado por la EPA a través de un estudio minucioso para conocer cada componente de las tecnologías. Al separar y conocer cada elemento de la tecnología, se pudo conocer cuál es el precio de los componentes y por ende el precio nominal de producción de las refacciones. Cabe señalar que cada tecnología puede tener varios niveles de evolución, por ejemplo, las variables LRRT1 y LRRT2. Ambas se refieren a la aplicación de tecnología de llantas de baja fricción, sin embargo, la primera representa la tecnología de nivel 1 y la segunda de nivel 2. En este ejemplo, cada variable tiene un costo distinto y un impacto distinto en el nivel de reducción de consumo de combustible y de emisiones de CO₂.

Puesto que el modelo OMEGA no pretende recomendar que se apliquen paquetes tecnológicos específicos, sino comprobar que la meta es alcanzable a través de ciertas tecnologías, se utilizó la información desarrollada por la EPA para evaluar el escenario colombiano. La clasificación de las tecnologías individuales y su costo, se encuentran en la Tabla 3.

Tabla 3 tipos de tecnologías

Abreviación	Descripción	Rango de costo para 2017(Dlls)	Rango de costo para 2025 (Dlls)

V8, V6, I4	Alineación y cantidad de cilindros	N/A	N/A
Cam	Tipo de árbol de levas. DOHC, SOHC, OHV	N/A	N/A
LUB	Aplicación de lubricantes de baja fricción	\$4	\$4
EFR	Reducción de fricción en el motor	\$44 a \$244	\$43 a \$234
VVT	Distribución variable de válvulas	\$46 a \$93	\$39 a \$78
VVTL	Elevación de válvulas en tiempo variable	\$163 a \$338	\$133 a \$276
Deac	Desactivación de cilindros	\$196 a \$220	\$160 a \$180
DSL	Diselización avanzada	\$2,965 a \$4,154	\$2,420 a \$3,392
EGR	Recirculación de los gases de escape	\$305	\$249
DI	Inyección directa	\$277-\$501	\$226 a \$409
TURB	Incremento en la alimentación	\$427 a \$1,781	\$337 a \$1,441
e.g. V6 DOHC to I4	Diminución de tamaño de motor de V6 DOHC a I4	\$427 a \$1,781	\$337 a \$1,441
HEG	Caja de velocidades de alta eficiencia	\$251	\$202
ASL	control lógico de la caja de cambios	\$33 a \$34	\$27
TORQ	Desactivación inmediata del torque	\$30	\$25
MT, AT	Transmisión manual, transmisión automática	-\$169, \$62	-\$147, \$50
SS	Sistema de encendido-apagado (Stop-Start)	\$401 a \$498	\$308 a \$383
REEV	Electrificación de rango extendido	\$13,771 a \$34,259	\$7,421 a \$19,029
IACC	Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejora en el consumo eléctrico de accesorios	\$89 a \$143	\$75 a \$120
EPS	Dirección eléctrica asistida	\$109	\$92
Aero	Reducción de la resistencia aerodinámica	\$49 a \$213	\$41 a 176
LRRT	Llantas de baja resistencia en el rodamiento	\$7 a \$73	\$6 a \$44
LDB	Frenos de baja resistencia	\$74	\$71
SAX	Desconexión de ejes secundarios	\$98	\$82

Cabe mencionar que cada tecnología tiene un impacto en la disminución en el consumo de combustible, sin embargo,

Cada tecnología planteada ofrece un porcentaje de incremento en el rendimiento de combustible (Equivalente a una disminución en las emisiones de CO₂) sin embargo, este es diferente entre distintos tipos de vehículos, por ejemplo, mediante la aplicación de una tecnología específica para el tipo de vehículo “carro mediano”, la eficiencia será distinta que si es aplicada para el tipo de vehículo “camioneta pick-up”, a pesar de que se trate de la misma tecnología. Estos porcentajes de reducción fueron calculados y publicados por la EPA (2012-A). como se mencionó anteriormente, el impacto de las tecnologías es diferente dependiendo del tipo del vehículo. Los porcentajes de mejora son presentados en la Tabla 4.

Tabla 4 Porcentajes de mejora ofrecidos por las diferentes tecnologías

Tecnología	Porcentaje de mejora (%)				
	Auto compacto	Auto grande	Miniván	Camioneta pequeña	Camioneta grande

Lubricante de baja fricción	0.60%	0.80%	0.70%	0.60%	0.70%
Reducción de fricción en el motor Nivel básico	2.00%	2.70%	2.60%	2.00%	2.40%
Reducción de fricción en el motor Nivel avanzado	3.50%	4.80%	4.50%	3.40%	4.20%
Desactivación de cilindros	n.a.	6.50%	6.00%	4.70%	5.70%
Distribución variable de válvulas – sincronización de levas en fase de entrada	2.10%	2.70%	2.50%	2.10%	2.40%
Distribución variable de válvulas – sincronización de levas acoplada	4.10%	5.50%	5.10%	4.10%	4.90%
Distribución variable de válvulas – doble fase de sincronización de levas	4.10%	5.50%	5.10%	4.10%	4.90%
Elevación de válvulas en tiempo variable pausado	4.10%	5.60%	5.20%	4.00%	4.90%
Elevación de válvulas en tiempo variable continuo	5.10%	7.00%	6.50%	5.10%	6.10%
Inyección directa de gasolina	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
Incremento en la alimentación y disminución del tamaño del motor	10.8% - 16.6%	13.6% - 20.6%	12.9% - 19.6%	10.7% - 16.4%	12.3% - 18.8%
Recirculación de los gases de escape	3.60%	3.60%	3.60%	3.50%	3.60%
Cambio a 5 velocidades automáticas desde un vehículo de 4 velocidades	1.10%	1.60%	1.40%	1.10%	1.40%
control lógico de la caja de cambios nivel básico	2.00%	2.70%	2.50%	1.90%	2.40%
control lógico de la caja de cambios nivel avanzado	5.20%	7.00%	6.60%	5.10%	6.20%
Desactivación inmediata del torque	0.40%	0.40%	0.40%	0.50%	0.50%
Caja de velocidades de alta eficiencia	4.80%	5.30%	5.10%	5.40%	4.30%
Cambio a 6 velocidades automáticas desde un vehículo de 4 velocidades	1.80%	2.30%	2.20%	1.70%	2.10%
Cambio a 6 velocidades con transmisión de doble clutch seco desde un vehículo de 4 velocidades	6.40%	7.60%	7.20%	7.10%	8.10%
Sistema de encendido-apagado (Stop-Start)	1.80%	2.40%	2.20%	1.80%	2.20%
Hibridación media del vehículo	7.40%	7.20%	6.90%	6.80%	8.00%
Transmisión híbrida P2	15.50%	15.40%	14.60%	13.40%	15.70%
Vehículo híbrido enchufable de alcance a 20 millas	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	n.a.
Vehículo híbrido enchufable de alcance a 40 millas	63.00%	63.00%	63.00%	63.00%	n.a.
Electrificación completa del vehículo	100.00%	100.00%	n.a.	n.a.	n.a.

Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejora en el consumo eléctrico de accesorios a 12 volt	1.70%	1.30%	1.20%	1.30%	1.80%
Dirección eléctrica asistida	1.50%	1.10%	1.00%	1.20%	0.80%
Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejora en el consumo eléctrico de accesorios a 42 volt	3.30%	2.50%	2.40%	2.60%	3.50%
Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica (20% para carros y 10% para camionetas)	4.70%	4.70%	4.70%	4.70%	2.30%
Llantas de baja resistencia en el rodamiento (20% para carros, 10% para camionetas)	3.90%	3.90%	3.90%	3.90%	1.90%
Frenos de baja resistencia	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%
Desconexión de ejes secundarios	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%	1.30%

En la Tabla 5 se muestra un ejemplo de las tecnologías utilizadas para el tipo de vehículo 1 (auto compacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v). De esta manera es como se debe presentar el contenido del archivo de tecnologías:

Tabla 5 Ejemplo de aplicación de paquetes tecnológicos

ID	Nombre del paquete	Penetración (CAP)	Efectividad	costo incremental (Dils)
1	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT1+IACC1+EPS+Aero1+LDB+DCP+WR5%+TRX11	100%	20.69%	\$404
2	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT1+IACC1+EPS+Aero1+LDB+DCP+WR5%+TRX21	80%	7.00%	\$151
3	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT2+IACC1+EPS+Aero1+LDB+DCP+WR5%+TRX21	94%	2.38%	\$53
4	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT1+IACC1+EPS+Aero1+LDB+DCP+WR5%+TRX22	100%	11.27%	\$392
5	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT2+IACC1+EPS+Aero1+LDB+DCP+WR10%+TRX21	100%	2.83%	\$110
6	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT2+IACC2+EPS+Aero2+LDB+DCP+WR10%+TRX21	100%	4.99%	\$222
7	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT2+IACC2+EPS+Aero2+LDB+DCP+Deac+WR10%+TRX 21	100%	2.09%	\$109
8	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT1+IACC1+EPS+Aero1+LDB+DCP+Deac+WR15%+TRX 22	100%	8.12%	\$451
9	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT1+IACC1+EPS+Aero1+LDB+DCP+Deac+GDI+ATK2+EGR+	100%	8.98%	\$509

	WR10%+TRX22			
10	4VDI4_1_LPW_LRL+LUB+EFR1+LRRT1+IACC2+EPS+Aero2+LDB+DCP+Deac+GDI+SS+ATK2+EGR+WR15%+TRX22	100%	28.00%	\$1,969

Operación de modelo para el escenario colombiano

Para la evaluación de la flota vehicular de Colombia, se tomó como año base el año modelo 2016. Se comenzó a reunir información a través de El Ministerio de Minas y Energía de Colombia, El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de Colombia y el Ministerio de Transporte de Colombia. Así mismo, el desarrollo de las bases de datos se basó en la búsqueda de información en las fichas técnicas publicadas por cada fabricante de automóviles para Colombia. Se identificó que, la gran mayoría de vendedores de automóviles de Colombia carecen de datos sobre el consumo de combustible y de emisiones de gases de efecto invernadero públicos. De la misma manera, las fichas técnicas no se encuentran homologadas, es decir, la información contenida es variable entre corporativos. Dada la inexistencia de información pública de consumo de combustible, se utilizaron los datos recabados en el estudio denominado "combustibles y Vehículos más Limpios y Eficientes en Colombia: Establecimiento de línea base para la economía de combustible de los vehículos ligeros" realizado por la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia con el apoyo de del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente), la Iniciativa Global para la Economía de combustible (GFEI, por sus siglas en inglés) la Alianza para combustibles y Vehículos Limpios (PCFV por su sigla en inglés) y el financiamiento de la Fundación FIA, la Unión Europea y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (UTP, 2017). Cabe mencionar que la mayoría de la información sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ provenientes del escape de los modelos a estudiar fueron obtenidos de sitios de internet de Chile y México (<http://www.consumovehicular.cl>; www.ecovehiculos.gob.mx) De la misma manera, la información sobre la tecnología para la reducción de emisiones que ya se encuentra en los vehículos, es insuficiente, por lo que se tomó la información de los vehículos de Estados Unidos para los automóviles que comparten la misma plataforma.

Caracterización de la flota vehicular de Colombia

Según información proporcionada por el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) La flota de vehículos ligeros de Colombia año modelo 2016 se compone de carros, camionetas, busetas y camperos y consta de 250,063 unidades. La distribución es la siguiente (Figura 4):

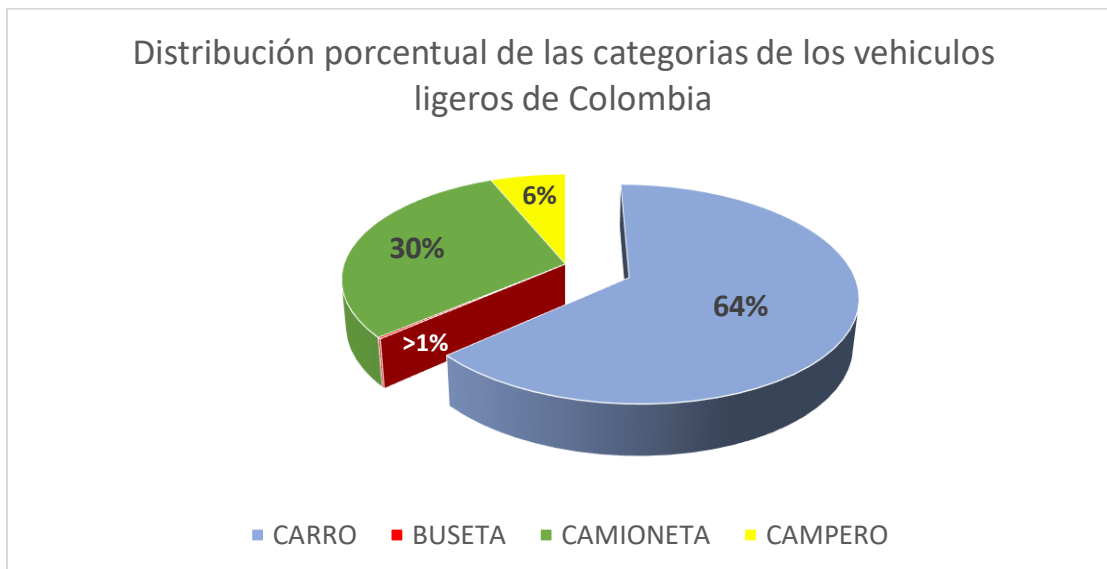


Figura 4 Distribución porcentual de las categorías de los vehículos ligeros de Colombia
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del RUNT 2017

Para este caso de estudio, de las 250,063 unidades, se tomó una muestra del 97% de la flota vehicular, es decir 241,839 unidades, que representan las unidades más vendidas y las unidades para las cuales se obtuvo información. El consumo de combustible CAFE promedio de la flota es de 50.7 km/gal.

- | | |
|-------------|-----------------|
| • Chery | • Mazda |
| • Subaru | • Mercedes Benz |
| • Chevrolet | • Nissan |
| • Dodge | • Renault |
| • Ford | • Suzuki |
| • Honda | • Toyota |
| • Hyundai | • Volkswagen |
| • Kia | |

como se mencionó anteriormente, las características físicas de los vehículos fueron identificadas en las fichas técnicas publicadas por los fabricantes de automóviles, sin embargo, dada la falta de homologación de la información, en algunos casos no fue posible encontrar las variables deseadas. con respecto a las características del motor, en caso de no encontrar información del tipo de árbol de levas correspondiente, se tomó como supuesto que el vehículo contenía árbol de levas de cabeza simple (SOHC). Así mismo, en el caso de que las fichas técnicas no contaran con información sobre el ancho de la vía trasera o delantera, se tomó una proporción de 89% del ancho total del vehículo.

Los paquetes tecnológicos, la efectividad de cada tecnología y su costo, fueron utilizados, sin ninguna modificación de los publicados por la EPA.

La cantidad de kilómetros recorridos por año y la tasa de supervivencia de los vehículos se tomaron de la actualización de 2015 del Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá (UPB, 2016) y del programa de Desintegración de Vehículos al Final de su Vida Útil (MinAmbiente, MinTrasporte, 2015). El dato de los kilómetros recorridos al año se fijó en 17,972 km. Por otro lado, la vida útil de los vehículos se fijó a 25 años.

La Unidad de Planeación Minero-Energética compartió la información sobre el costo y características de los combustibles. De la misma manera, se facilitó la información sobre la proyección de precios de combustible a 2040. Esta información es fundamental dentro del modelo, ya que, a partir de esta se calcula los beneficios económicos resultado del ahorro de combustible por la aplicación de nuevas tecnologías. A continuación, se muestra la Figura 5 que muestra el comportamiento de los precios de los combustibles.

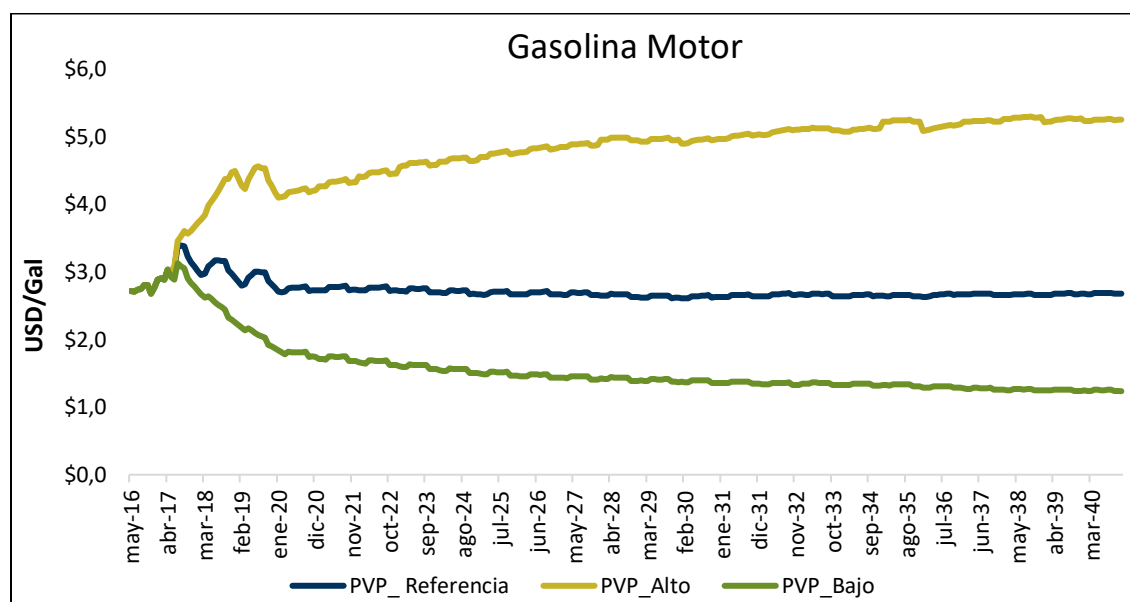


Figura 5 Proyección de costo de la gasolina Motor para Colombia
Fuente: (UPME, 2016-B)

Para el caso de la ecuación de costo efectivo TARF, se corrieron escenarios distintos con las 3 ecuaciones para conocer el comportamiento de la aplicación tecnológica a través de varios enfoques, sin embargo, para el resultado final se optó por la ecuación 1.

El periodo de retorno para cuantificar los ahorros se fijó a 25 años dada la vida útil de los automóviles. El valor de las millas recorridas durante toda la vida útil de un automóvil fue establecido en 302,582 kilómetros. Este cálculo de kilómetros por toda la vida útil del vehículo, además tuvo en cuenta una tendencia de decaimiento alineada al escenario estadounidense (EPA, 2012-A). La tendencia se muestra en la Figura 6.

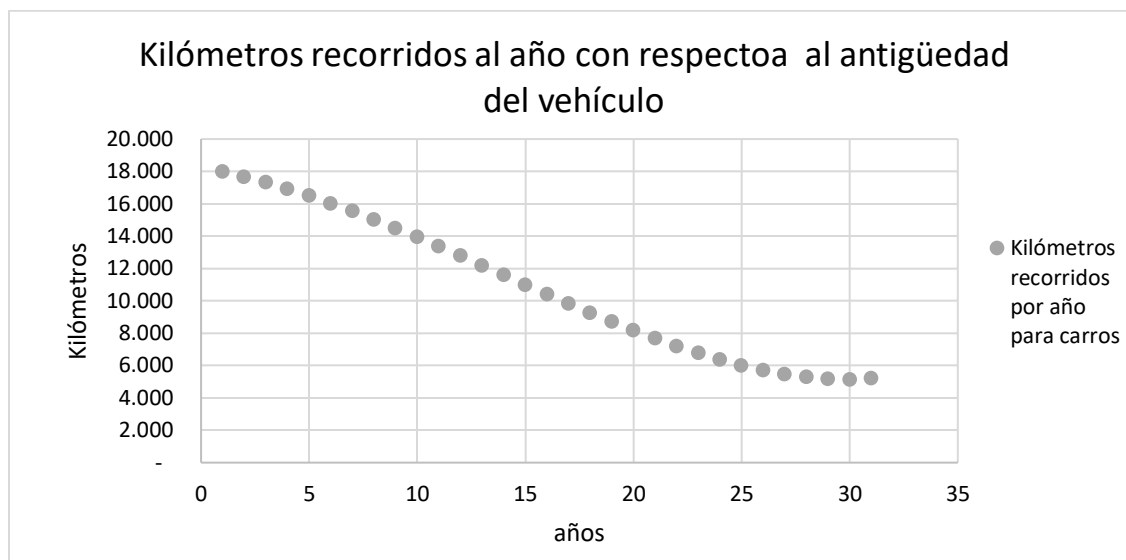


Figura 6 Kilómetros recorridos al año con respecto a la antigüedad del vehículo

Fuente: Elaboración propia a partir de kilómetros recorridos por cada vehículo por año (UPB, 2016), la vida útil de los automóviles (MinAmbiente, MinTransporte, 2015) y la tendencia de kilómetros de la flota estadounidense (EPA, 2012-A).

Para esta evaluación, no se considera establecer multas por no alcanzar la meta. Para el caso de la diferencia entre el consumo de combustible en carretera contra el consumo de combustible en el ciclo de prueba, se estableció un factor de corrección del 20%. Finalmente, para la evaluación dentro del modelo OMEGA, no se tomó en cuenta el potencial de reducción de emisiones de CO₂ equivalente por gases refrigerantes dado que no se tienen datos de emisiones fugitivas de gases refrigerantes en vehículos ligeros.

Para el cálculo de las metas, es necesario contar con información sobre ventas vehiculares para proceder a la ponderación en función de dicha variable. con el objetivo de considerar posibles incrementos en las ventas de vehículos para años futuros, se tomó información sobre el comportamiento de las ventas vehiculares base (BBVA Research, 2018) y se proyectaron las ventas en función de la tendencia de crecimiento. La tendencia fue establecida a través de una ecuación polinómica de segundo grado y se puede observar en la Figura 7:

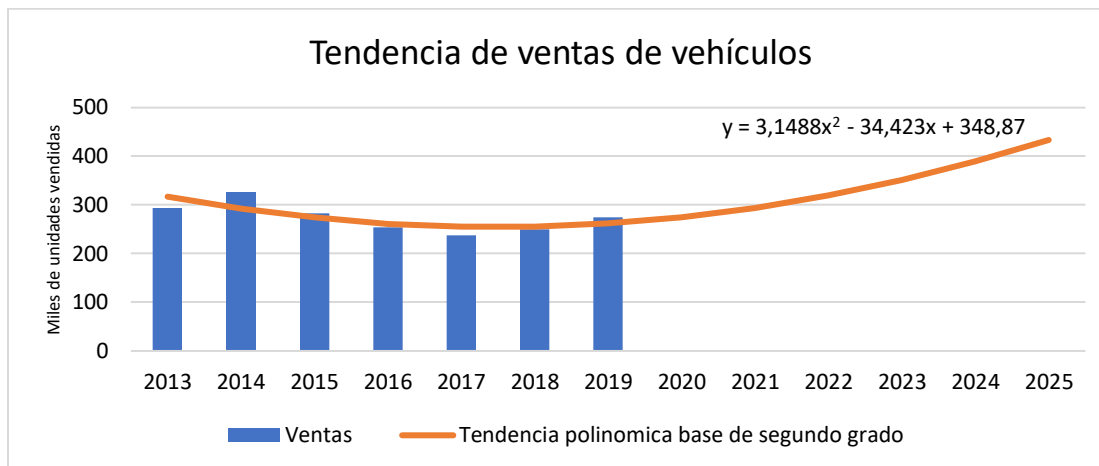


Figura 7 Tendencia de ventas de vehículos

Fuente: elaboración propia a partir de la proyección de ventas publicada en BBVA Research, 2018.

Metas analizadas

Se buscó la segunda meta más estricta a nivel internacional para que fuese alcanzada al largo plazo. El sustento de esta condición se basa en que el tiempo para que la flota vehicular de Colombia alcance la meta, puede ser modificado, a partir de las discusiones con las partes interesadas, sin embargo, a pesar del tiempo que se elija, se busca llegar al mismo escenario competitivo a nivel mundial.

Se analizó la meta que alcanza la flota vehicular de Estados Unidos y que es publicada en los ejercicios de modelación de la EPA. Esta meta no es la más estricta a nivel internacional, sin embargo, es una meta ambiciosa que requiere un incremento en la aplicación de paquetes tecnológicos que hagan más eficientes a los vehículos. Cabe destacar que la meta representa un incremento del 28% en el rendimiento de combustible a 2025 con respecto al escenario usual. El objetivo principal es que para 2030, el escenario esté armonizado con la meta estadounidense.

Una vez que se eligió el valor final de la meta, se diseñaron escenarios con diferentes tendencias anual para al dicho punto final. Se plantearon 3 escenarios alternativos al de pendiente fija. Estos escenarios se encuentran en la Figura 8.

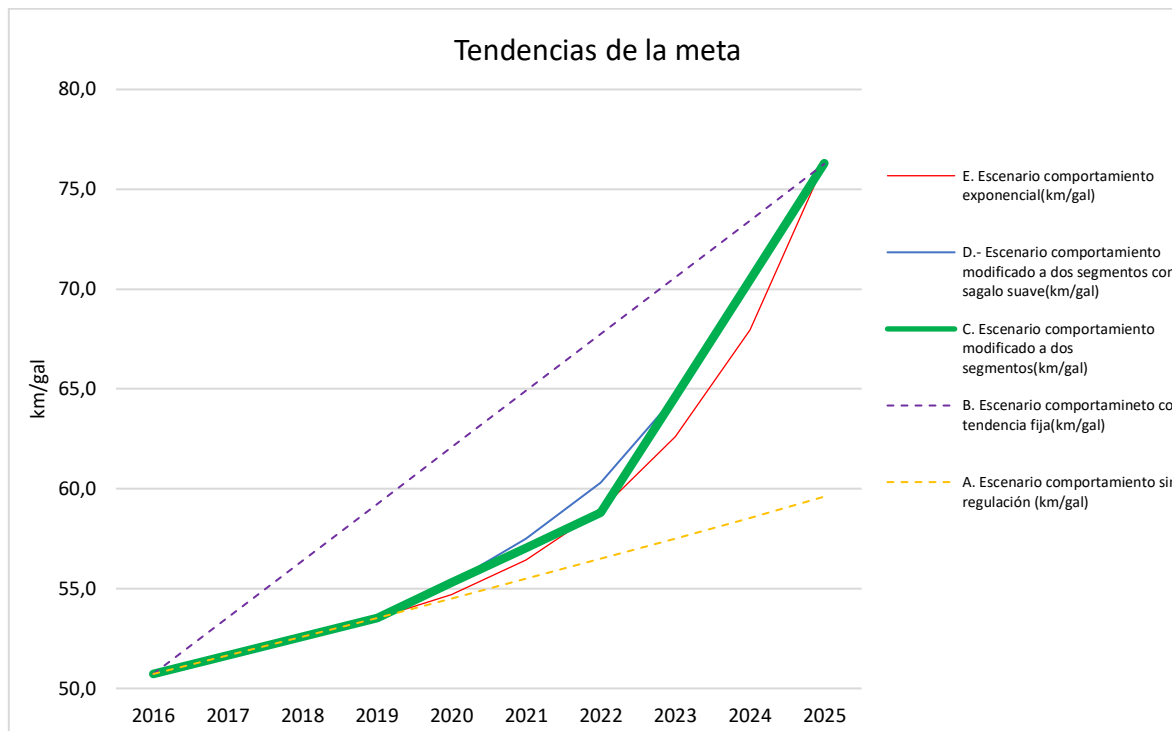


Figura 8 Tendencias de la meta

Fuente: Elaboración propia a partir de los escenarios de meta planteados

En la Figura 8 se plantea el escenario de comportamiento sin regulación (Meta A), que se refiere a la tendencia natural del desarrollo tecnológico y que implicaría la no publicación de límites mínimos de rendimiento en el consumo de combustible. El incremento de la tendencia sin regulación es de 1.8% anual. Este dato fue calculado a partir del promedio de incremento en el rendimiento que presentó la flota vehicular de Colombia desde 2008 hasta 2016. Por otro lado, tenemos el escenario de comportamiento con tendencia fija (Meta B), el cual se propone que para el año 2025, se alcance un nivel ambicioso a partir de la línea base calculada para 2016. Para este caso, es grande el esfuerzo que deberían hacer las armadoras al corto plazo, por lo tanto, la regulación se ve comprometida. Por esta razón, se planteó construir líneas de tendencia que faciliten el alcance de los límites establecidos al corto plazo y que una vez que las partes interesadas se encuentren familiarizadas con la regulación, se acceda a una mejora importante en el rendimiento. Esto sucede para el caso del escenario con comportamiento modificado a dos segmentos (Meta C), el escenario con comportamiento modificado a dos segmentos con salto suave (Meta D) y el escenario de comportamiento exponencial (Meta E). Para este último caso, el alcance de la meta es muy laxo al corto plazo y muy exigente al largo plazo. Este escenario favorece de manera positiva a los fabricantes de automóviles al corto plazo, sin embargo, existe el riesgo de que en el caso de que la regulación pierda efectos legales, no se haya alcanzado ninguna mejora en el rendimiento de combustible. Dadas las características mencionadas, se eligió tomar el escenario con comportamiento de la meta C y realizar un ejercicio de reserva como el mejor escenario para la

regulación. De la misma manera, se realizaron ejercicios de comparación para las metas D y E, los cuales serán descritos en el informe técnico final.

Una vez que se estableció la meta C como la meta general, se procede a construir las metas individuales a través del modelo OMEGA. Cabe destacar que la meta general, es un valor indicativo, calculado como promedio ponderado por corporativo, es decir, este estará en función de las ventas de cada fabricante. Esta meta es alcanzable a partir del establecimiento de las metas individuales y el cumplimiento en conjunto de cada tipo de vehículo. La meta individual se encuentra dividida por el tamaño de sombra como se describe en la ecuación de la página 13. Las metas individuales, se clasifican de la siguiente manera (Tabla 6):

Tabla 6 Distribución de metas por tamaño

Año Modelo	Meta específica por tamaño de sombra (km/gal)			
	Vehículos con Sombra menor a 3.81 m ² (Km/gal)	Vehículos con sombra mayor a 6.01 m ² (Km/gal)	Pendiente (km/(m ² /gal))	Intersección (km/gal)
2019	96.0	64.1	-14.5	151.21
2020	88.9	59.3	-13.4	140.05
2021	81.3	54.3	-12.3	128.12
2022	74.1	49.4	-11.2	116.71
2023	71.9	48.0	-10.9	113.26
2024	69.7	46.5	-10.5	109.76
2015	67.3	44.9	-10.2	106.10

con el objetivo de que el incremento en el requerimiento de rendimiento en el combustible para los vehículos sea gradual con respecto a su tamaño, la meta debe ser calculada para el rango de vehículos que se encuentran entre 3.81 m² y 6.01 m². Para el cálculo de este valor, se utiliza la ecuación de la línea recta, teniendo como valor de la pendiente y para la intersección con el eje Y, los valores establecidos en la Tabla 6. A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de la meta correspondiente a cada sombra.

$$Meta = (Pendiente * sombra) + Intersección$$

Donde:

- Meta= valor límite de emisión (km/gal)
 - Pendiente= valor establecido en la Tabla 6(km/gal/m²)
 - Intersección = valor establecido en la Tabla 6 (km/gal)
- Sombra = tamaño de la sombra de vehículo calculada

La forma de los requerimientos de rendimiento en el combustible para vehículos ligeros, divididos por tamaño, se muestran en la Figura 9.

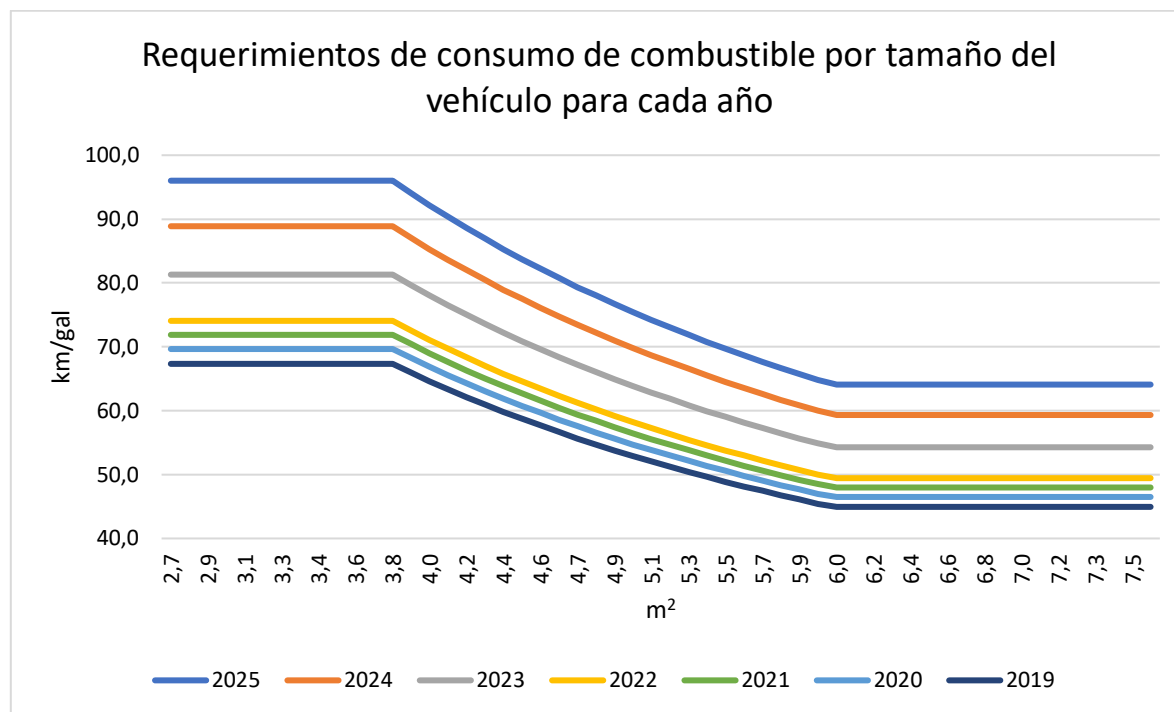


Figura 9 Requerimientos de consumo de combustible por tamaño del vehículo para cada año
Fuente: Elaboración propia a partir de la construcción de metas individuales a través del modelo OMEGA

A través de las metas propuestas ponderadas por las ventas de cada tipo de vehículo, se estarían alcanzando las metas indicativas establecidas en la Figura 8.

Propuesta de diseño de mecanismos de flexibilidad

Los mecanismos de flexibilidad son oportunidades otorgadas a los corporativos para que el cumplimiento de las metas sea más fácil de alcanzar. De la misma manera, los mecanismos de flexibilidad reducen los costos de implementación y generan posibilidades para generar beneficios económicos entre fabricantes. Además, es posible que a través de dichos mecanismos, la flota vehicular se vuelva cada vez más competitiva en términos de rendimiento de combustible y que los límites sean actualizados constantemente.

El primer mecanismo de flexibilidad analizado es la división de metas por tamaño de vehículo. como se explicó anteriormente, existen varias maneras de establecer la meta para los vehículos. La meta sin mecanismos de flexibilidad consiste en establecer un valor específico impuesto a todos los vehículos sin distinción. En este caso, de ser colocado el límite en función del nivel promedio de los vehículos pequeños, afectaría de sobremanera a los vehículos más grandes, obligando al corporativo a invertir grandes cantidades de dinero en estos, para alcanzar una meta relativamente alta. Por otro lado, los vehículos pequeños no tendrían que realizar mejoras significativas, incluso podrían acceder a no realizar ninguna modificación. Este escenario no es eficiente considerando los altos costos por mejorar el rendimiento de los vehículos grandes. Esto se puede reflejar en la Figura 10 en donde la meta corresponde a un solo valor y en donde los vehículos pequeños como el Atos y el

Versa, no se les incentiva a mejorar el rendimiento de combustible, mientras que a los vehículos grandes como el Jeep Liberty y el Ford Raptor, se les exige aumentar considerablemente el rendimiento, provocando que la inversión sea muy alta.



Figura 10 Meta establecida con un valor específico para todos los vehículos

Por otro lado, a manera de mecanismo de flexibilidad, se sugiere que la meta se encuentre personalizada por tamaño de vehículo, es decir, en función de la sombra. Esto asegura que tanto los vehículos pequeños como los vehículos grandes, hagan mejoras tecnológicas para alcanzar un rendimiento en el combustible que sea tecnológicamente y económicamente viable. En la Figura 11 se observa que el modelo Atos y Versa se encuentran cumpliendo con el valor de la meta y los vehículos más grandes (Jeep Liberty y Ford Raptor) tienen que realizar ajustes tecnológicos para incrementar el rendimiento de combustible, sin embargo, el valor a alcanzar por cada uno es económicamente y tecnológicamente viable.

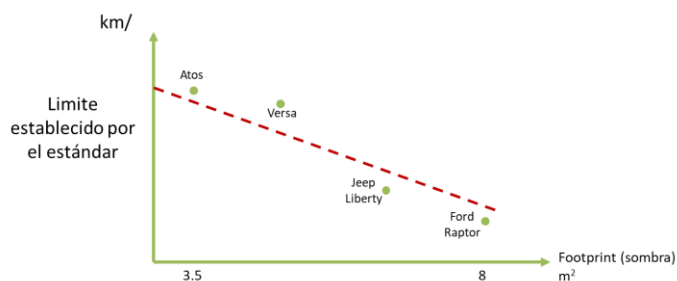


Figura 11 Meta establecida con valores calculados en función del tamaño del vehículo

Otro mecanismo de flexibilidad corresponde al promedio ponderado por corporativo. Esto se refiere a que cada fabricante calculará su propia meta y podrán modificar la composición de sus ventas de vehículos para alcanzar el requerimiento de la forma que más le convenga al fabricante. De la misma manera, a través del promedio ponderado, el corporativo posee la capacidad de no modificar vehículos específicos y que estos no cumplan con el requerimiento de meta, sin embargo, para compensar la flexibilidad que se les da a dichos vehículos, el fabricante deberá modificar otros vehículos para que sobre cumplan y se encuentren por encima del rendimiento requerido para que a la hora del cálculo el promedio ponderado por las ventas, este cumpla con el valor de la meta requerida. Esto se puede explicar mediante la Figura 12, en donde se observa que el modelo 5 no cumple con el rendimiento requerido, por lo que el sobrecumplimiento del modelo 1, compensa la

falta. Caso similar sucede para el modelo 4 que al igual que el modelo 5, no cumple con el requerimiento y por lo tanto, el fabricante tiene que modificar el modelo 3 para que sobre cumpla la meta y compense la falta del modelo 4.

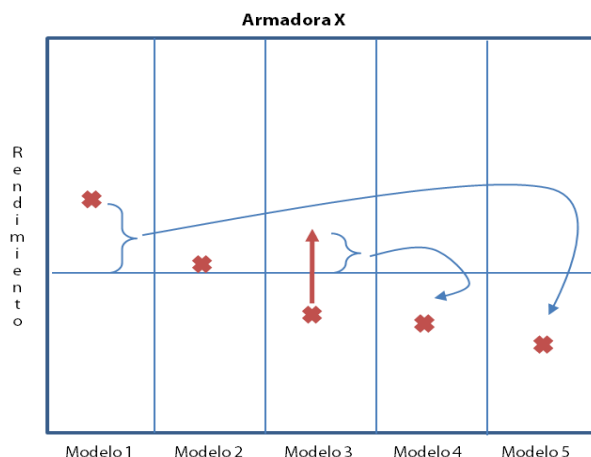


Figura 12 Promedio ponderado por corporativo

El modelo OMEGA tiene la capacidad de calcular el grado de libertad en donde es más eficiente el intercambio de sobrecumplimientos e incumplimientos entre vehículos de distinto tamaño. Dado que el mecanismo de créditos tiene la opción de generar flexibilidades a partir de mejoras en la eficiencia en la carga de los gases refrigerantes y operación del mecanismo de refrigeración del vehículo, el modelo OMEGA pone los mecanismos de flexibilidad en función de las emisiones de CO₂. Los mecanismos de flexibilidad funcionan a través de niveles de elasticidad de la meta ponderada por corporativo. De esta manera, el usuario establece los gCO₂/km de libertad por arriba de la meta establecida, que se propone conceder para cada automóvil o camioneta. Una vez establecido el límite de flexibilidad, el modelo comienza a aplicar los paquetes tecnológicos teniendo en cuenta los niveles máximos de emisión de CO₂ que puede alcanzar el vehículo. Cuando la flota vehicular de un corporativo alcanza la meta, el modelo procede a seguir evaluando los demás fabricantes uno por uno. Cabe destacar que los resultados sobre el costo asociado a alcanzar la meta, una vez tomada en cuenta la elasticidad establecida, se encuentran ponderados por las ventas de los vehículos.

con el objetivo de describir la forma en que actúan las metas flexibles, se plantea el siguiente ejemplo: se tiene una meta de 150 gCO₂/km para la flota vehicular de cierto fabricante y se establece un grado de elasticidad de 20 gCO₂/km. Para alcanzar la meta de la flota vehicular del ejemplo, se calcula que la emisión requerida para los automóviles es de 110 gCO₂/km y para las camionetas de 180 gCO₂/km. Por consiguiente, a través del grado de elasticidad de 20gCO₂/km, el automóvil accede a la posibilidad de alcanzar una meta de 130 gCO₂/km, en vez del límite de 110 gCO₂/km. Sin embargo, al hacer laxo el nivel de la meta del automóvil, las camionetas deben hacer más estricto su nivel para que en conjunto puedan lograr alcanzar la meta de la flota. Digamos que, si el automóvil se le permite llegar a 130 gCO₂/km, la camioneta deberá llegar a 145 gCO₂/km, en vez de 180 gCO₂/km (su meta original). De la misma manera, para el caso de la camioneta, se le da

la oportunidad de tener una emisión de 200 gCO₂/km a través del grado de elasticidad de 20 gCO₂/km. Si la camioneta accede a este nivel, el automóvil debe hacer más estricto su nivel de emisión, llevándolo de 110 gCO₂/km a 87 gCO₂/km. Así, el automóvil producirá créditos si su emisión se encuentra entre 87 gCO₂/km y 110 gCO₂/km y la camioneta producirá créditos si presenta una emisión de entre 145/km y 180 gCO₂/km. Tomando en cuenta estos niveles, el modelo comienza la aplicación de tecnología. El proceso se detendrá, para pasar a la evaluación del siguiente fabricante, cuando la emisión de la flota sea alcanzada; es decir 150 gCO₂/km. La adición de paquetes tecnológicos para los automóviles se detendrá cuando el nivel de emisiones alcance 87 gCO₂/km y continuará con la adición de paquetes tecnológicos sólo a las camionetas. Viceversa, en caso de que primero se alcance la meta de 145 gCO₂/km para las camionetas, el modelo continuará añadiendo paquetes tecnológicos sólo a los automóviles. Cabe destacar que, para tener un intercambio de créditos ilimitado, el grado de elasticidad debe acotarse a un valor mayor o igual que el nivel de la meta general.

Para el caso de la flota vehicular colombiana se evaluaron diversos escenarios con distintos niveles de flexibilidad. Los niveles de flexibilidad fueron los siguientes:

- Sin mecanismo de flexibilidad
- 3.1 gCO₂/km
- 6.2 gCO₂/km
- 9.3 gCO₂/km
- 12.4 gCO₂/km
- 15.5 gCO₂/km
- 18.6 gCO₂/km
- 21.7 gCO₂/km

Resultados

En esta sección se presentan los resultados sobre la modelación para el alcance de la meta C, que se muestra en la Figura 8. Para este caso se calcularon las necesidades de mejora tecnológica para cada año de aplicación. Cabe destacar que la meta promedio nacional ponderada por las ventas a 2025, se encuentra en el valor de 76.6 km/gal. Las metas ponderadas nacionales, se encuentran en la Tabla 7.

Tabla 7 Meta C ponderada por las ventas

Año Modelo	Meta (C). Promedio Ponderado por la flota Nacional (Km/gal)
2019	53.7
2020	55.6
2021	57.3
2022	59.1
2023	64.9
2024	70.9
2025	76.6

Resultado de la propuesta de mecanismos de flexibilidad

con el objetivo de conocer el escenario que representa el mayor beneficio a través de la meta de flexibilidad, se ejecutaron los escenarios para intercambio de créditos entre autos y camionetas de un mismo fabricante.

A través del intercambio de emisiones, se logró encontrar el escenario óptimo en el cual, la meta es alcanzada al costo más bajo. El nivel de flexibilidad más eficiente resultó en 15.5 gCO₂/km, dando libertad para sobrepasar la meta establecida, siempre y cuando se le restrinja el nivel de emisión a los vehículos restantes para que, en el balance general, la meta no sea sobrepasada. En este caso de estudio, existen algunos fabricantes que obtienen una alta reducción del costo al establecer grados de flexibilidad, siendo HONDA quien obtiene más beneficios de este intercambio al reducir en promedio su inversión por automóvil de \$167 dólares a \$56 dólares, es decir, una reducción del 66%. Por otro lado, se presentan fabricantes que no obtienen beneficios a través de las metas de flexibilidad, ya que el costo de aplicación de tecnología aumenta. Este es el caso de Hyundai y Nissan cuyos costos aumentan en 7% y 1% respectivamente. Por esto, las metas de flexibilidad quedan sujetas a disposición de cada fabricante, quien elegirá si conviene o no, aplicarlas a su flota. El objetivo es que se alcance la meta ponderada por corporativo de la manera más eficiente. Cabe destacar que, en algunos casos no existe beneficio o pérdida (0%), dado que no se cuenta con información sobre algún tipo de vehículo, es decir, sólo se tiene información para autos o en otros casos solo para camionetas, imposibilitando que el modelo haga intercambio de créditos entre los dos tipos de vehículos. En la Tabla 8 se muestran los beneficios desglosados por fabricante.

Tabla 8 Reducción del costo alcanzado a través de 15.5 gCO₂/km de flexibilidad

Fabricante	Reducción en el costo
Chery	0%
Chevrolet	3%
Dodge	0%
Ford	5%
Honda	66%
Hyundai	-7%
Kia	1%
Mazda	17%
Mercedes Benz	0%
Nissan	-1%
Renault	47%
Suzuki	0%
Toyota	0%
Volkswagen	4%
Flota vehicular de colombia	19%

Así mismo, en la Figura 13 se muestra la tendencia de reducción del costo, una vez que se instalan los paquetes tecnológicos, tomando en cuenta los mecanismos de flexibilidad. En la mayoría de los casos, se observa una tendencia a la baja al incrementar el nivel de flexibilidad del alcance de la meta. A partir del nivel de flexibilidad de 15.5 gCO₂/km, la tendencia se estanca y ya no se obtienen beneficios.

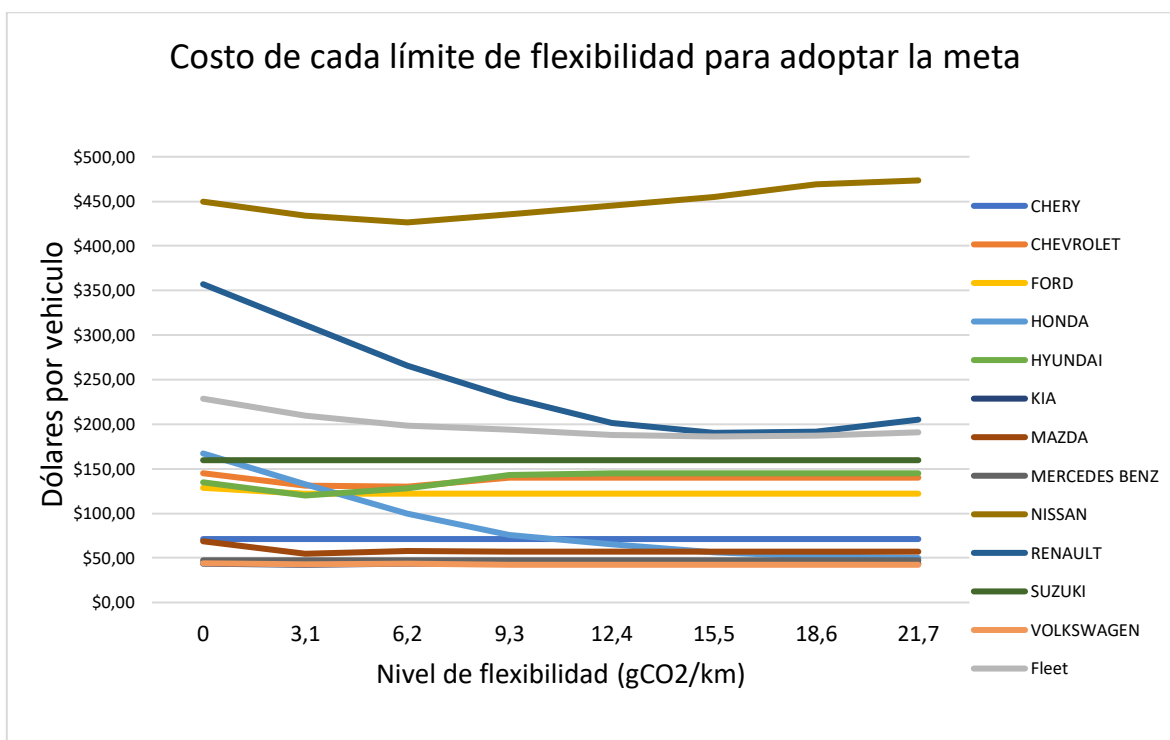


Figura 13 Tendencia del costo de alcanzar la meta a través de distintos niveles de flexibilidad
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo OMEGA

Alcance de meta de eficiencia energética por cada corporativo vehicular en colombia.
A partir de la proyección de ventas de vehículos para cada año de la industria automotriz en colombia y los requerimientos de metas individuales divididos por tamaño de sombra, se ponderó una meta para cada fabricante. La meta ponderada por las ventas de cada corporativo se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9 Meta ponderada por cada corporativo para cada año

Fabricante	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal
CHERY	50.9	52.6	54.3	55.9	61.4	67.1	72.5
CHEVROLET	54.3	56.2	58.0	59.8	65.6	71.7	77.5
DODGE	43.4	44.9	46.3	47.7	52.4	57.2	61.8
FORD	47.6	49.2	50.8	52.4	57.5	62.8	67.9
HONDA	50.9	52.7	54.4	56.0	61.5	67.2	72.6

HYUNDAI	56.9	58.8	60.7	62.6	68.7	75.1	81.1
KIA	56.0	57.9	59.8	61.6	67.6	73.9	79.8
MAZDA	54.5	56.4	58.2	60.0	65.8	71.9	77.7
MERCEDES BENZ	47.3	49.0	50.5	52.1	57.2	62.5	67.5
NISSAN	53.8	55.7	57.4	59.2	65.0	71.0	76.7
RENAULT	51.9	53.7	55.4	57.1	62.7	68.6	74.1
SUBARU	47.4	49.1	50.6	52.2	57.3	62.6	67.6
SUZUKI	51.9	53.7	55.4	57.1	62.6	68.5	74.0
TOYOTA	51.0	52.8	54.5	56.1	61.6	67.4	72.8
VOLKSWAGEN	58.0	60.0	61.9	63.8	70.0	76.5	82.7
Ponderado a la Flota Nacional	53.8	55.6	57.4	59.1	64.9	71.0	76.7

La forma gráfica de los valores presentados en la Tabla 9 se encuentra descrita en La Figura 14. De esta manera, se observa que cada uno de los corporativos tiene un comportamiento particular, es decir, cada uno tiene su meta particular en función de las ventas que se realizaron en cada uno de los años planteados.

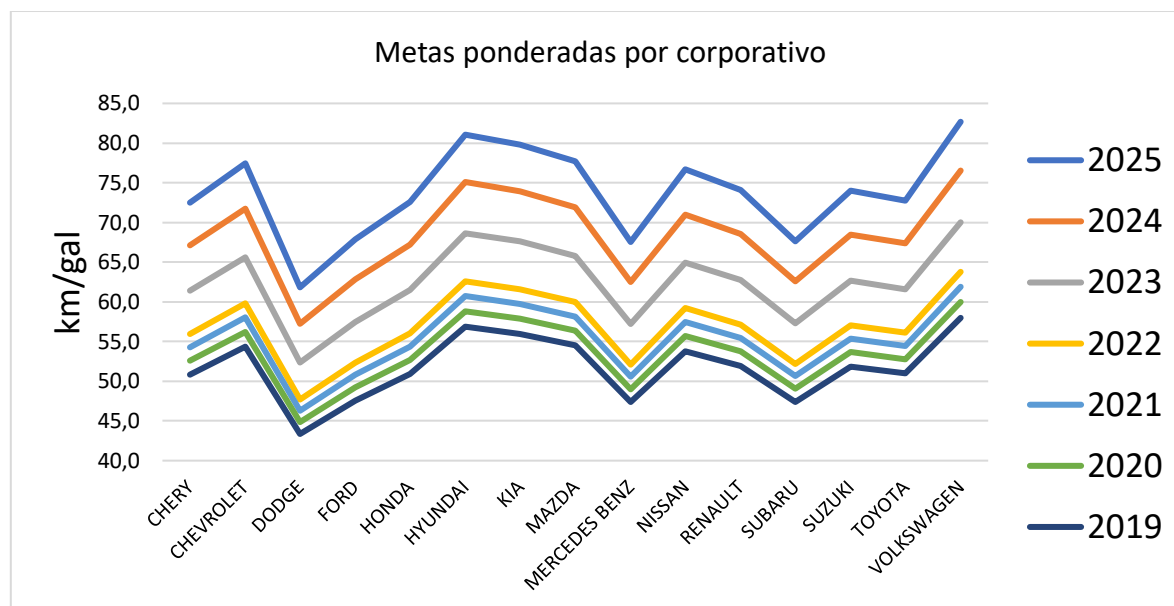


Figura 14 Niveles de meta para corporativo

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo OMEGA

A partir de la meta ponderada para cada corporativo, se evaluó la potencial instalación de paquetes tecnológicos para reducir el consumo de combustible. A través de la instalación de diferentes paquetes tecnológicos de complejidad y costos distintos, se logró alcanzar la meta ponderada por corporativo. Dada la naturaleza de algunos paquetes tecnológicos, para algunos vehículos, fue posible alcanzar una meta un poco más estricta que la requerida. Esta acción permite que otros

fabricantes alcancen una meta más flexible, sin embargo, en el ponderando, final, la meta es cumplida. En la Tabla 10 se muestran los resultados de las metas alcanzadas.

Tabla 10 Nivel de rendimiento alcanzado a través de la instalación de paquetes tecnológicos para cada corporativo

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Fabricante	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal	km/gal
CHERY	50.9	52.6	54.3	55.9	61.7	67.1	72.5
CHEVROLET	54.6	56.2	58.0	59.9	65.6	71.7	77.5
DODGE	43.4	44.9	46.3	47.7	52.5	58.2	61.8
FORD	47.6	49.2	50.8	52.4	57.5	63.1	67.9
HONDA	50.9	52.7	54.4	56.0	61.6	67.2	72.6
HYUNDAI	56.9	58.8	60.8	62.6	68.9	75.4	81.1
KIA	57.1	58.2	59.8	61.6	67.7	73.9	79.8
MAZDA	54.5	56.4	58.2	60.0	65.9	72.2	77.9
MERCEDES BENZ	49.9	50.8	51.8	52.7	57.2	62.5	67.5
NISSAN	53.8	55.7	57.6	59.2	65.0	71.0	76.7
RENAULT	52.1	53.9	55.4	57.3	62.7	68.6	74.1
SUBARU	47.4	49.1	50.7	52.2	57.3	62.9	67.6
SUZUKI	51.9	53.7	55.4	57.1	62.7	68.7	74.0
TOYOTA	51.0	52.8	54.5	56.1	61.6	67.4	72.8
VOLKSWAGEN	60.8	61.9	63.1	64.2	70.0	76.5	82.7
Ponderado a la Flota Nacional	54.1	55.8	57.4	59.2	65.0	71.0	76.7

Modelo para la definición de requerimientos tecnológicos por modelo vehicular.

como principal medida para alcanzar la meta propuesta, se establece la necesidad de instalar paquetes tecnológicos que han sido previamente estudiados y clasificados por la EPA para conocer el efecto que tiene cada uno en el incremento el rendimiento en el combustible y la disminución de las emisiones de CO₂. El modelo OMEGA ofrece una descripción específica de los requerimientos tecnológicos necesarios para alcanzar la meta propuesta, sin embargo, cada fabricante tiene la oportunidad de realizar las propias combinaciones de tecnología que le sean más convenientes y que le generen el mayor beneficio al menor costo. En otras palabras, las tecnologías recomendadas deben tomarse a manera de propuesta y justificación con respecto a la factibilidad tecnológica para el alcance de la meta, mas no como indicación de paquetes de tecnología obligatorios a instalar. La descripción de paquetes tecnológicos para los vehículos del presente caso de estudio se encuentra en la Tabla 11. Cabe destacar que la instalación de paquetes tecnológicos fue realizada conforme a la metodología previamente descrita, en donde la instalación sucede de la manera más eficiente y en orden de menor a mayor impacto y costo. Es necesario mencionar que los modelos vehiculares fueron agrupados por tipo según la clasificación antes mencionada. Es por esto que en algunas ocasiones, se recomienda el mismo paquete tecnológico para varios vehículos, como se observa para el caso de los modelos Spark-GT, Spark Sonic, Onix de Chevrolet.

Tabla 11 Requerimiento tecnológico por vehículo

Fabricante	Modelo	Paquete Tecnológico	Descripción de paquetes tecnológicos aplicados
CHERY	TIGGO	11	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
CHEVROLET	SAIL	19	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Sistema de encendido-apagado • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
CHEVROLET	SPARKGT SPARK SONIC ONIX	16	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
CHEVROLET	TRACKER	27	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Desconexión de ejes secundarios • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta

			<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en la alimentación (turbo) • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
CHEVROLET	DMAX	38	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Incremento en la alimentación (turbo) • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
CHEVROLET	N300 CAPTIVA	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
CHEVROLET	COBALT	13	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
DODGE	JOURNEY	40	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado

			<ul style="list-style-type: none"> • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Elevación de válvulas en tiempo variable • Inyección directa de gasolina • Hibridación ligera a 48 volts • Desconexión de ejes secundarios • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
FORD	FIESTA	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
FORD	ESCAPE ECOSPORT EDGE	15	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Inyección directa de gasolina • Turbocharged & downsized a 24 unidades • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
FORD	EXPLORER	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Incremento en la alimentación (turbo) • Recirculación de los gases de escape

			<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
HONDA	CRV	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
HONDA	HRV	12	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
HYUNDAI	GRANDi10 ACCENT EON i10	13	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
HYUNDAI	TUCSON	15	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina



			<ul style="list-style-type: none"> • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
KIA	CERATO SOUL	18	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
KIA	PICANTO RIO	9	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
KIA	CARENS SUV EX GRAND SEDONA CARNIVAL EX K-2500 NEW CARENS EX NEW SOUL LX NEW SPORTAGE NEW SPORTAGE EX NEW SPORTAGE LX SORENTO EX SPORTAGE	15	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Inyección directa de gasolina • Turbocharged & downsized a 24 unidades • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2



	CARENS		
KIA	K 2700	15	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Elevación de válvulas en tiempo variable • Inyección directa de gasolina • Hibridación ligera a 48 volts • Desconexión de ejes secundarios • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
MAZDA	MAZDA3	13	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
MAZDA	MAZDA2	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
MAZDA	CX5	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas



			<ul style="list-style-type: none"> • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
MERCEDES BENZ	A200	19	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Elevación de válvulas en tiempo variable • Inyección directa de gasolina • Hibridación ligera a 48 volts • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
NISSAN	MARCH VERSA	20	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
NISSAN	NP300FRONTIER	41	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Elevación de válvulas en tiempo variable • Inyección directa de gasolina • Hibridación ligera a 48 volts • Desconexión de ejes secundarios • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
NISSAN	QASHQAI XTRAIL	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios

			<ul style="list-style-type: none"> • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
RENAULT	SANDERO LOGAN CLIO	16	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
RENAULT	DUSTER STEPWAY	15	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Inyección directa de gasolina • Turbocharged & downsized a 24 unidades • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
RENAULT	KOLEOS KANGOOVU	15	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
SUBARU	WRX SEDAN 2.0 CVT WRX STI 2.5 6MT	17	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida



			<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
SUBARU	XV 2.0I CVT XV 2.0I-S CVT	15	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
SUZUKI	GRANDVITARA ERTIGA	12	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Incremento en la alimentación (turbo) • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 10% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 2
SUZUKI	SWIFT CELERIO	13	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
TOYOTA	PRADO	49	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción avanzada de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel avanzado



			<ul style="list-style-type: none"> • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Elevación de válvulas en tiempo variable • Inyección directa de gasolina • Hibridación • Desconexión de ejes secundarios • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
TOYOTA	4-Runner	46	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Inyección directa de gasolina • Hibridación ligera a 48 volts • Desconexión de ejes secundarios • Aspiración natural para motor atkinson con tasa de compresión alta • Incremento en la alimentación (turbo) • Recirculación de los gases de escape • Reducción de peso en 15% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
VOLKSWAGEN	GOL	1	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción básica de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios básica, nivel 1
VOLKSWAGEN	VOYAGE BEATLE	14	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora en accesorios; mejoras básicas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Electrificación del vehículo para un rango de 75 millas • Reducción de peso en 20%
VOLKSWAGEN	VENTO	7	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Desactivación de cilindros • Reducción de peso en 5%

			<ul style="list-style-type: none"> • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1
VOLKSWAGEN	CROSSFOX	10	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de lubricante de baja fricción • Reducción básica de la fricción en el motor • Llantas de baja resistencia en el rodamiento, nivel básico • Mejora en accesorios; alternador de alta eficiencia y mejoras avanzadas en el consumo eléctrico de accesorios • Dirección eléctrica asistida • Reducción avanzada de la resistencia aerodinámica • Frenos de baja resistencia • Variador de doble fase en el árbol de levas • Inyección directa de gasolina • Sistema de encendido-apagado • Turbocharged & downsized a 18 unidades • Reducción de peso en 5% • Cambio a transmisión con caja de cambios de alta eficiencia nivel 1

Estimación de costos para cumplimiento por empresa, como industria e inter-temporal

Una vez alcanzadas las metas propuestas, se calculó el costo asociado a la instalación de los distintos paquetes tecnológicos a cada tipo de vehículo por corporativo. El costo es más alto en función de la complejidad tecnológica de los paquetes instalados. En algunos casos, el costo es bajo debido a la facilidad de alcanzar la meta. Cabe destacar que este costo es el acumulado para el total de los años de regulación, es decir, será el costo de implementación desde el año inicial hasta el año final. Este costo puede ser aplicado al inicio para alcanzar las metas y acceder a créditos por esfuerzo anticipado, o puede diferirse equitativamente durante los años, de forma que sea más conveniente para el fabricante. El costo ponderado por corporativo, por unidad se encuentra en la Tabla 12. Para los vehículos a los que les resulta más barato reducir los niveles de emisión, se les recomienda alcanzar una meta más estricta, que les permita generar créditos comercializables entre corporativos para flexibilizar las metas. El costo promedio entre todos los años, ponderado para cada vehículo, es de \$649.05 dólares

Tabla 12 costo de inversión promedio por vehículo para cada corporativo

Fabricante	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CHERY	\$47.86	\$62.38	\$76.51	\$92.32	\$230.50	\$177.15	\$499.76
CHEVROLET	\$143.12	\$199.91	\$241.49	\$292.65	\$571.99	\$919.74	\$1,416.19
DODGE	\$672.50	\$739.84	\$790.63	\$835.57	\$1,634.34	\$2,772.4	\$3,588.04
FORD	\$68.55	\$95.65	\$127.02	\$171.26	\$378.07	\$842.07	\$1,144.13
HONDA	\$96.13	\$128.27	\$154.86	\$178.38	\$474.33	\$692.47	\$1,023.67
HYUNDAI	\$132.39	\$191.60	\$228.24	\$249.30	\$476.82	\$825.92	\$1,133.81
KIA	\$0.00	\$0.00	\$26.75	\$61.85	\$292.34	\$641.22	\$899.95
MAZDA	\$0.00	\$28.17	\$61.97	\$93.37	\$309.42	\$513.24	\$732.13
MERCEDES BENZ	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$89.84	\$371.38	\$844.12
NISSAN	\$1,150.45	\$1,209.1	\$1,251.9	\$1,276.9	\$1,642.32	\$2,439.7	\$2,940.05

RENAULT	\$480.46	\$701.82	\$739.70	\$599.78	\$1,109.36	\$1,632.97	\$2,150.32
SUBARU	\$196.32	\$242.36	\$281.87	\$309.96	\$499.16	\$799.28	\$1,132.70
SUZUKI	\$73.33	\$97.15	\$125.58	\$153.46	\$327.96	\$594.53	\$951.79
TOYOTA	\$4,488.10	\$4,420.9	\$5,284.1	\$5,235.0	\$4,934.95	\$4,699.2	\$4,476.62
VOLKSWAGEN	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$154.03	\$319.65	\$549.13
Promedio ponderado por vehículo	\$258.5	\$330.8	\$371.2	\$370.1	\$672.9	\$1,074.4	\$1,465.4

En la tabla anterior, el costo representa la adición de tecnología, para alcanzar las metas, partiendo desde el escenario en dónde no se realiza ninguna regulación. Así, se observa que en los primeros años, para la mayoría de los vehículos, el costo de adición de tecnología resulta relativamente bajo, teniendo casos en donde no deben realizar ninguna inversión, como es el caso de Volkswagen, Mercedes Benz, Kia y Mazda. Esto brinda oportunidad para que estos fabricantes, se adelanten al alcance de metas y puedan generar créditos que sean comercializables a otros productores a quienes resulta más caro alcanzar la meta al corto plazo, por ejemplo Toyota y Nissan.

A manera de recomendación, se plantea a los corporativos que al corto plazo sustituyan y reduzcan la instalación de elementos de lujo y estética, por los paquetes tecnológicos sugeridos, con el objetivo de amortiguar los costos de la aplicación de tecnologías para mejorar el rendimiento de combustible.

Cabe destacar que los valores presentados en la Tabla 12 representan el costo ponderado por ventas del corporativo y refleja el costo unitario de inversión para cada vehículo. En la Tabla 13 se presenta el costo total por corporativo, que representa la inversión total hacia la flota vehicular de cada fabricante. El costo unitario de los paquetes tecnológicos puede reflejarse en un incremento al precio de venta de los vehículos, a la par de reforzar las campañas para incentivar la venta de vehículos pequeños. Esto provoca que la inversión no sea absorbida por los corporativos, sin embargo, sí existe un incremento en el valor de los activos de valor parcial al de la inversión que al final de cuentas es un beneficio para los fabricantes.

Tabla 13 costo total por corporativo para la inversión a las flotas vehiculares (dólares)

Fabricante	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CHERY	\$35,967	\$47,052	\$61,721	\$80,901	\$222,042	\$189,113	\$594,216
CHEVROLET	\$8,985,235	\$12,596,593	\$16,273,449	\$21,424,731	\$46,029,886	\$82,022,420	\$140,669,418
DODGE	\$668,271	\$737,895	\$843,333	\$968,250	\$2,081,775	\$3,913,533	\$5,641,226
FORD	\$981,491	\$1,374,663	\$1,952,191	\$2,859,539	\$6,939,142	\$17,127,323	\$25,919,641
HONDA	\$200,514	\$268,533	\$346,719	\$433,890	\$1,268,205	\$2,051,734	\$3,378,262
HYUNDAI	\$2,345,013	\$3,406,283	\$4,339,450	\$5,149,464	\$10,825,970	\$20,781,061	\$31,774,674
KIA	\$0	\$0	\$1,696,510	\$4,260,832	\$22,138,439	\$53,811,833	\$84,119,348
MAZDA	\$0	\$475,686	\$1,119,189	\$1,832,028	\$6,673,571	\$12,267,373	\$19,490,565
MERCEDES BENZ	\$0	\$0	\$0	\$0	\$88,913	\$407,293	\$1,031,101

NISSAN	\$18,853,738	\$19,888,317	\$22,022,597	\$24,403,490	\$34,499,874	\$56,796,349	\$76,232,518
RENAULT	\$26,449,031	\$38,777,556	\$43,709,854	\$38,503,179	\$78,281,175	\$127,696,917	\$187,290,310
SUBARU	\$53,282	\$66,021	\$82,118	\$98,101	\$173,656	\$308,151	\$486,395
SUZUKI	\$429,224	\$570,690	\$789,019	\$1,047,450	\$2,460,582	\$4,943,148	\$8,814,154
TOYOTA	\$8,254,886	\$8,161,384	\$10,432,534	\$11,228,276	\$11,634,889	\$12,277,887	\$13,027,330
VOLKSWAGEN	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1,074,504	\$2,471,127	\$4,728,319
costo total	\$67,256,652	\$86,370,673	\$103,668,682	\$112,290,129	\$224,392,624	\$397,065,261	\$603,197,476

Evaluación de necesidades de mejora en eficiencia energética, por tipo de modelo vehicular).

Cada modelo vehicular fue agrupado con sus símiles en cuanto al tamaño del automóvil y tipo de motor, como lo dicta el modelo OMEGA. Esto sucede dado que los paquetes tecnológicos pueden ser instalados a los vehículos, siempre y cuando estos pertenezcan a un mismo tipo de clasificación. De ahí es que los resultados se muestran por tipo de vehículo. como se describió anteriormente, la evaluación se encuentra ponderada por las ventas, por lo tanto, el consumo de combustible base está igualmente promediado con ponderación por las ventas de cada tipo de vehículo; esto es con el objetivo de obtener un solo valor que englobe el rango de vehículos que tienen las mismas características de tamaño y de motor.

En la Tabla 14, se muestra el consumo de combustible inicial que corresponde al consumo que se tendría en tal año, de no aplicar ninguna regulación por cada tipo de vehículo y el consumo de combustible final que fue alcanzado a través de la aplicación de paquetes tecnológicos y que requiere alcanzar la meta ponderada por cada corporativo.

Tabla 14 Rendimientos de combustible iniciales y finales por tipo de vehículo para cada corporativo

Fabricante	Tipo de vehículo	2019		2020		2021		2022		2023		2024		2025	
		consumo de combustible base (km/gal)	consumo de combustible final (km/gal)	consumo de combustible base (km/gal)	consumo de combustible final (km/gal)	consumo de combustible base (km/gal)	consumo de combustible final (km/gal)	consumo de combustible base (km/gal)	consumo de combustible final (km/gal)	consumo de combustible base (km/gal)	consumo de combustible final (km/gal)	consumo de combustible base (km/gal)	consumo de combustible final (km/gal)	consumo de combustible base (km/gal)	consumo de combustible final (km/gal)
CHERY	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	55.8	59.1	56.9	61.1	57.9	63.0	59.0	65.0	60.1	71.7	61.2	78.0	62.3	84.2
CHEVROLET	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	65.3	69.6	66.5	70.9	67.7	72.2	69.0	73.5	70.3	80.9	71.5	90.3	72.9	100.8
CHEVROLET	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	65.2	65.2	66.5	68.4	67.7	70.8	68.9	72.1	70.2	78.4	71.5	88.0	72.8	95.7
CHEVROLET	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	55.0	59.5	56.0	60.6	57.0	62.6	58.1	66.0	59.2	71.2	60.2	73.7	61.4	74.4
CHEVROLET	Pick-up Grande DOHC 4v	31.1	35.9	31.7	36.6	32.3	41.0	32.9	48.3	33.5	49.2	34.1	50.0	34.7	58.0
CHEVROLET	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	50.2	54.4	51.2	55.4	52.1	56.4	53.1	57.4	54.1	70.0	55.0	71.3	56.1	72.6
CHEVROLET	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	55.8	65.8	56.9	67.1	57.9	68.3	59.0	69.6	60.1	89.7	61.2	91.4	62.3	98.4
DODGE	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	38.6	50.4	39.4	52.1	40.1	53.7	40.8	55.4	41.6	61.0	42.3	67.6	43.1	71.8
FORD	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	63.0	63.0	64.2	64.2	65.4	66.0	66.6	69.0	67.8	72.3	69.0	79.0	70.3	88.8
FORD	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	48.1	50.8	49.0	53.5	49.9	55.5	50.8	56.5	51.7	64.4	52.7	72.2	53.6	75.0
FORD	SUV grande V6 DOHC 4v	37.8	41.8	38.5	42.6	39.2	43.4	40.0	44.2	40.7	50.7	41.4	51.7	42.2	53.5
HONDA	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	55.0	56.6	56.0	59.1	57.0	61.4	58.1	63.7	59.2	66.8	60.2	75.3	61.4	82.6
HONDA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	59.9	63.8	61.0	65.0	62.1	66.2	63.2	67.4	64.4	80.8	65.6	83.0	66.8	87.3
HYUNDAI	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	68.0	70.1	69.3	72.9	70.5	74.8	71.8	76.2	73.2	83.3	74.5	93.5	75.9	100.8
HYUNDAI	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	51.6	54.9	52.5	55.9	53.5	59.1	54.5	62.6	55.5	70.3	56.5	71.6	57.5	76.5

KIA	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	60.4	60.4	61.5	61.5	62.6	62.6	63.8	63.8	65.0	69.2	66.2	82.4	67.4	87.2
KIA	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	79.2	79.2	80.6	80.6	82.1	82.1	83.6	83.6	85.2	90.8	86.7	94.7	88.3	106.1
KIA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	48.2	48.2	49.1	49.1	50.0	51.3	50.9	54.0	51.9	60.8	52.8	70.2	53.8	71.5
KIA	Miniván V6 OHV 2v	32.4	32.4	33.0	33.0	33.7	36.5	34.3	37.2	34.9	45.7	35.5	49.3	36.2	50.3
MAZDA	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	63.4	63.4	64.6	64.6	65.7	67.6	67.0	70.5	68.2	71.8	69.4	84.5	70.7	89.7
MAZDA	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	70.0	70.0	71.3	71.3	72.6	72.6	73.9	74.2	75.3	84.0	76.7	88.6	78.1	101.9
MAZDA	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	54.8	54.8	55.8	59.6	56.8	60.7	57.9	61.8	58.9	76.1	60.0	76.2	61.1	77.6
MERCEDES BENZ	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	57.9	57.9	59.0	59.0	60.1	60.1	61.2	61.2	62.3	66.4	63.5	72.6	64.7	78.4
NISSAN	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	60.5	64.1	61.6	65.3	62.8	68.9	63.9	70.7	65.1	84.2	66.3	95.7	67.5	107.8
NISSAN	Pick-up Grande V6 DOHC 2v/4v	33.6	57.7	34.2	58.7	34.9	60.2	35.5	61.3	36.1	62.4	36.8	67.9	37.5	72.2
NISSAN	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	53.3	64.4	54.3	70.6	55.3	70.4	56.3	73.2	57.3	73.0	58.4	74.4	59.5	75.7
RENAULT	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	55.7	60.1	56.8	61.2	57.8	63.0	58.9	68.1	59.9	74.5	61.1	86.0	62.2	97.9
RENAULT	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	47.9	62.2	48.8	66.5	49.7	67.7	50.6	65.1	51.5	71.7	52.5	73.0	53.5	74.3
RENAULT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	40.1	51.6	40.8	52.5	41.6	59.5	42.3	60.6	43.1	61.7	43.9	62.9	44.7	64.0
RENAULT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	39.8	53.3	40.5	54.3	41.3	55.3	42.0	56.3	42.8	63.9	43.6	65.1	44.4	66.3
SUBARU	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	44.2	48.5	45.0	49.4	45.9	54.3	46.7	62.9	47.6	64.1	48.5	65.3	49.4	80.9
SUBARU	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	51.9	55.3	52.9	57.3	53.8	59.0	54.8	60.5	55.8	66.6	56.9	73.3	57.9	78.4
SUZUKI	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	48.0	52.2	48.8	54.7	49.7	55.7	50.7	56.7	51.6	63.8	52.5	70.2	53.5	72.3
SUZUKI	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	71.8	71.8	73.1	73.1	74.4	76.6	75.8	80.3	77.2	85.3	78.6	92.9	80.1	107.1
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	28.9	57.8	29.4	60.3	30.0	58.8	30.5	61.0	31.1	69.9	31.6	79.9	32.2	90.0
TOYOTA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	37.2	61.7	37.9	62.9	38.6	71.7	39.3	73.0	40.0	74.3	40.7	75.7	41.5	77.1
VOLKSWAGEN	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	134.5	134.5	136.9	136.9	139.5	139.5	142.0	142.0	144.7	145.0	147.3	157.1	150.0	160.0

VOLKSWAGEN	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	52.8	52.8	53.8	53.8	54.8	54.8	55.8	55.8	56.8	60.8	57.9	65.5	58.9	72.3
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	59.9	59.9	61.0	61.0	62.1	62.1	63.2	63.2	64.4	72.5	65.6	73.9	66.8	85.8
VOLKSWAGEN	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	53.6	53.6	54.6	54.6	55.6	55.6	56.6	56.6	57.7	63.4	58.8	79.3	59.8	80.8

El incremento en la eficiencia energética resulta en un ahorro de combustible y por lo tanto un ahorro económico, cuyo impacto están dirigido exclusivamente a los consumidores. Este es uno de los principales incentivos del que la industria automotriz se puede afianzar, para fabricar vehículos que alcancen niveles de consumo de combustible más competitivos.

Análisis del potencial de reducción de consumo de combustible y emisiones de CO₂ asociada a la implementación de la norma de eficiencia energética y etiquetado para vehículos

Una vez que se obtuvieron los resultados a través del modelo OMEGA, la información sobre las emisiones iniciales y finales de cada tipo de vehículo fue conocida. El impacto de la regulación en términos de emisiones netas puede ser calculado a partir de la diferencia entre la emisión inicial y la emisión final. Una vez que se tiene la diferencia, este dato es multiplicado por los kilómetros recorridos, los años de vida útil y la cantidad de vehículo de cada tipo. Para el caso de los kilómetros recorridos al año, se tomó el valor de 17,972 km/año publicado en la Actualización 2015 del Inventario de Emisiones de Valle de Aburrá. Este valor fue ajustado para el decaimiento del uso del automóvil como se muestra en la Figura 6. Por otro lado, se tomó como vida útil de los vehículos, la cantidad de 25 años. Este dato se tomó del Programa de Desintegración de Vehículos al Final de su Vida Útil. Tomando en cuentas estos valores, se estableció que los vehículos recorren 302,582 kilómetros durante su vida útil. Las emisiones calculadas se realizaron conforme a la vida útil del vehículo, dado que en términos estrictos, la regulación tendrá efecto sobre las ventas de vehículos durante la etapa en que tiene vigencia la regulación. Por lo tanto, estos vehículos tendrán una emisión menor a la que hubieran generado de no haber establecido ninguna regulación. Las emisiones por año y final se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15 Toneladas de CO₂ prevenidas de ser emitidas a la atmósfera a través de la regulación

Año modelo	Suma de las emisiones de CO ₂ disminuidas (Ton)
2019	883,263
2020	993,479

2021	1,171,586
2022	1,393,061
2023	2,402,059
2024	3,483,837
2025	4,536,683
Total	14,863,968

con respecto a la cantidad de combustible ahorrado, se realizó el cálculo con el factor de emisión establecido para la gasolina comercial E10 para Colombia. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 Equivalente de volumen de combustible ahorrado a través de la regulación

Año modelo	Galones de gasolina ahorrados	Equivalente en barriles de combustible
2019	115,943,597	2,760,561.83
2020	130,411,287	3,105,031
2021	153,790,924	3,661,689
2022	182,863,267	4,353,887
2023	315,311,800	7,507,424
2024	457,313,744	10,888,422
2025	595,518,018	14,179,000
Total	1,951,152,637	46,456,015

A través de la herramienta denominada “Greenhouse Gas Equivalencies Calculator” desarrollada por la EPA (<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>) fue posible conocer el equivalente de lo que representan las emisiones evitadas a través de la regulación. Cabe destacar que estas equivalencias son calculadas a través de metodologías que involucran criterios estadounidenses.

Las 14,863,968 de toneladas de CO₂ representan aproximadamente:

- La emisión anual de 3,182,863 vehículos ligeros

- Las emisiones aproximadas de la combustión de 7,376,567 toneladas de carbón
- La energía consumida por 1,605,007 hogares
- La instalación de 3,765 turbinas eólicas
- Las emisiones de 3.7 plantas de producción de energía eléctrica a base de carbón en un año
- El secuestro de CO₂ por 7,085,081 hectáreas de bosque

Además con respecto al equivalente del total del volumen de combustible mitigado de la Tabla 16, se calculó que la implementación de la regulación equivale a 66,508.03 TJ lo que representa el 15.6% de la meta de 424,408 TJ de energía proveniente del sector transporte que establece el PROURE.

El resultado del modelo OMEGA en donde se establece la emisión inicial de cada tipo de vehículo y la emisión final una vez que se aplican los paquetes tecnológicos se encuentra en el ANEXO I

Análisis de costo beneficio de la implementación de la norma de eficiencia energética y etiquetado para vehículos, incluyendo reducciones de contaminantes criterio, gases de efecto invernadero, ahorro energético y cambio en precios al público.

A través de la ecuación TARG 1, el modelo tiene la capacidad de calcular el beneficio económico alcanzado a través de la reducción en combustible por la aplicación de paquetes tecnológicos. Esto es calculado a través del costo del paquete tecnológico instalado, menos el costo del ahorro de combustible en el periodo de tiempo de aplicación de la norma. Así, es posible evaluar el escenario en donde el costo añadido por la implementación de paquetes tecnológicos será aumentado al costo precio de venta del automóvil por el fabricante.

Para este caso de estudio, dado que la normatividad tendrá efectos sobre las ventas de los autos desde 2019 hasta 2025, y que según el programa de desintegración de vehículos al final de su vida útil (MinAmbiente, MinTransporte, 2015) los automóviles tienen una vida útil de 25 años, el ahorro total se distribuye a lo largo de este periodo de tiempo. En promedio, para los vehículos que se venden dentro de la regulación, el ahorro es de \$10,394 dólares a lo largo de la vida útil del vehículo. Si el ahorro es distribuido de una manera regular en el tiempo, se tiene que al año cada usuario ahorraría \$416 dólares lo que significa 35 dólares por mes. El ahorro por tipo de modelo vehicular se muestra en la Tabla 17. Es necesario mencionar el caso de algunos vehículos que no presentan ahorro durante los años iniciales de la normatividad. Esto sucede ya que no fue necesaria la instalación de paquetes tecnológicos dado que, en ese momento, los vehículos se encontraban por debajo de la meta.

Tabla 17 Ahorro económico resultado de un incremento en el rendimiento de combustible

Fabricante	Tipo de vehículo	Dólares durante la vida útil del vehículo (\$)						
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CHERY	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	6,727	9,298	9,095	7,555	8,347	10,874	11,254
CHEVROLET	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	2,753	2,694	2,637	2,580	4,231	7,051	8,732
CHEVROLET	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	-	4,742	2,319	2,268	4,977	9,451	8,806
CHEVROLET	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	6,555	6,412	8,955	12,064	13,106	13,487	13,080
CHEVROLET	Pick-up Grande DOHC 4v	5,614	5,504	11,243	26,774	26,031	25,557	31,622
CHEVROLET	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	3,289	3,221	3,154	3,088	10,220	9,973	9,731
CHEVROLET	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	3,172	3,103	3,036	2,970	8,381	8,170	8,625
DODGE	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	19,114	19,724	19,296	18,875	19,100	16,997	14,396
FORD	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	-	-	4,838	4,732	2,314	3,815	6,988
FORD	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	8,035	11,115	7,364	7,207	14,303	14,427	14,755
FORD	SUV grande V6 DOHC 4v	16,980	16,630	16,287	15,951	21,807	21,310	21,896
HONDA	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	5,928	5,804	5,682	5,562	2,722	6,271	8,222
HONDA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	3,091	3,022	2,955	2,889	10,200	10,492	10,809
HYUNDAI	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	4,610	4,508	2,204	2,155	3,560	6,467	7,954
HYUNDAI	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	3,192	3,125	4,437	5,291	10,037	9,794	11,228
KIA	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	-	-	-	-	2,770	9,603	10,571
KIA	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	-	-	-	-	1,739	2,873	4,765
KIA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	-	-	7,673	10,612	12,747	15,618	15,228
KIA	Miniván V6 OHV 2v	-	-	5,680	5,569	19,672	20,679	20,106
MAZDA	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	-	-	5,463	2,673	2,616	7,506	8,458

MAZDA	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	-	-	-	4,162	2,034	2,756	5,714
MAZDA	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	-	2,915	2,854	2,794	8,946	8,993	8,768
MERCEDES BENZ	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	-	-	-	-	5,555	9,373	9,067
NISSAN	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	2,653	2,596	3,589	4,899	9,947	10,363	9,760
NISSAN	Pick-up Grande V6 DOHC 2v/4v	24,918	24,360	24,166	23,622	23,089	26,169	24,603
NISSAN	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	7,116	9,966	10,052	9,501	9,568	9,333	9,102
RENAULT	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	2,924	2,862	3,485	4,602	9,819	12,038	11,566
RENAULT	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	16,063	16,053	15,680	14,639	15,723	15,332	14,948
RENAULT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	22,028	21,371	21,070	20,428	19,797	19,178	18,570
RENAULT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	20,979	20,341	19,715	19,100	18,816	18,214	17,623
SUBARU	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	4,166	4,080	6,720	12,565	12,279	11,998	15,202
SUBARU	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	6,336	6,204	3,038	3,687	7,240	8,785	10,395
SUZUKI	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	6,937	3,397	3,327	3,258	6,675	10,263	9,943
SUZUKI	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	-	-	4,125	4,032	1,970	3,646	6,932
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	35,203	33,880	32,581	31,305	30,052	27,807	26,587
TOYOTA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	21,690	20,893	15,339	14,465	13,607	12,764	11,936
VOLKSWAGEN	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	-	-	-	-	1,634	793	769
VOLKSWAGEN	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	-	-	-	-	3,107	10,326	11,945
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	-	-	-	-	2,798	2,739	6,218
VOLKSWAGEN	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	-	-	-	-	6,187	11,934	11,650
Promedio		10,402.8	9,919.40	9,001.83	9,450.74	10,193.05	11,580.40	12,213.12

con respecto a la reducción de contaminantes criterio, estos se calcularon en términos de emisiones en función de la cantidad de combustible que se dejaría de consumir a partir de la implementación de la regulación que aparece en la Tabla 16. Los factores de emisión fueron tomados del Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá (AMVA, 2014) (Tabla 18). A partir de estos factores de emisión fue posible calcular las toneladas de contaminantes criterio mitigados (Tabla 19). Para conocer las reducciones en las concentraciones ambientales contaminantes criterio es necesario ejecutar un modelo fotoquímico de calidad del aire en donde el inventario de emisiones sea modificado para introducir las reducciones calculadas para este caso.

Tabla 18 Factores de emisión utilizados para el cálculo de emisiones de contaminantes criterio

Categoría	CO (g/km)	NOx (g/km)	VOC (g/km)	PM (g/km)
Vehículos ligeros menores a 1.5 litros, con convertidor catalítico de 2 vías	1.120	0.264	0.065	0.003

Tabla 19 Emisiones de contaminantes criterio mitigadas después de la regulación

Año	CO (ton)	NOx (ton)	VOC (ton)	PM (ton)
2019	1,418.2	334.3	82.3	3.8
2020	1,714.3	404.1	99.5	4.6
2021	1,988.2	468.7	115.4	5.3
2022	2,259.2	532.5	131.1	6.1
2023	4,776.7	1,125.9	277.2	12.8
2024	9,122.1	2,150.2	529.4	24.4
2025	15,071.3	3,552.5	874.7	40.4
Total	36,350.0	8,568.2	2,109.6	97.4

Es importante que la reducción en las emisiones sea traducida a la disminución en concentraciones de contaminantes del aire, para que posteriormente, sea posible calcular los impactos en la salud y los casos y muertes evitadas. A través de estos cálculos, es posible conocer el impacto económico por beneficios en salud. Se sugiere, como próximos pasos, que para la evaluación mencionada, se utilice el modelo BenMap-CE desarrollado por la EPA (EPA, 2017).

Descripción de la base de datos creada para el reporteador con el que se capacitarán la fuerza de ventas y los consumidores finales.

A continuación se presentan las características de los vehículos de la muestra para el presente caso de estudio. Estas características son el insumo principal para la clasificación EPA de los vehículos que se muestra en la Tabla 2. A partir de esta clasificación, los paquetes tecnológicos pudieron ser adjudicados.

Además de que las características de los vehículos funcionaron para la clasificación de los vehículos, esta información puede ser utilizada para formar un marco de información clave que debe ser comunicada al comprador. De igual manera, es necesario que dentro de la campaña de socialización de la presente regulación, se dé a conocer un esbozo de la función de los elementos más importantes del motor. Estos elementos deberán ser mencionados tanto en la ficha técnica del vehículo, como en la etiqueta de este. Es importante que se obligue a la fuerza de ventas que publique al menos las características del vehículo, de manera homologada, para facilitar la comparación entre distintos modelos. La información más importante se conforma de la cantidad de cilindros, las válvulas por cilindro, el tipo de transmisión, tamaño del vehículo entre ejes, el tipo de combustible, presencia o carencia de Turbo-alimentación y el rendimiento de combustible. En la Tabla 20 se muestra la información compilada de las fichas técnicas de los vehículos para Latinoamérica.

Tabla 20 Características de la muestra de vehículos que fue analizada

Fabricante	Modelo	Tipo EPA	Cilindros	Válvulas	Turbo	Puertas	combustible	Ancho entre ejes (mm)	Largo entre ejes (mm)	Transmisión
Chery	Tiggo	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1765	2510	Manual 5 velocidades
Chevrolet	Sail	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1690	2465	Manual 5 velocidades
Chevrolet	Sparkgt	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1420	2385	Manual 5 velocidades
Chevrolet	Spark	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1420	2385	Manual 5 velocidades
Chevrolet	Tracker	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1775	2555	Automática 4 velocidades
Chevrolet	Sonic	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1735	2525	Manual 6 velocidades
Chevrolet	Onix	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	8	NO	5	Gasolina	1705	2528	Automática 6 velocidades
Chevrolet	Dmax	Pick-up Grande DOHC 4v	I4	8	NO	4	Gasolina	1570	3095	Manual 6 velocidades
Chevrolet	N300	Miniván I4 DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1442	2700	Manual 5 velocidades
Chevrolet	Captiva	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	v6	16	NO	5	Gasolina	1849	2707	Manual 6 velocidades
Chevrolet	cobalt	Auto mediano I4 SOHC/DOHC con alimentación turbo	I4	8	SI	4	Gasolina	1735	2620	Manual 5 velocidades
Chevrolet	N300	Miniván I4 DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1442	2700	Manual 5 velocidades
Dodge	Journey	SUV grande I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1835	2890	Automática 4 velocidades
Ford	Fiesta	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1722	2490	Manual 5 velocidades
Ford	Escape	SUV grande I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1839	2690	Automática 6 velocidades
Ford	Ecosport	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	2057	2521	Automática 6 velocidades
Ford	Edge	SUV grande I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	24	SI	5	Gasolina	1930	2849	Automática 6 velocidades

Ford	Explorer	SUV grande V6 DOHC 4v	V6	24	NO	5	Gasolina	2291	2865	Automática 6 velocidades
Honda	CRV	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1678	2660	Automática 4 velocidades
Honda	HRV	SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1540	2610	Automática 4 velocidades
Hyundai	Grandi10	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1479	2425	Manual 5 velocidades
Hyundai	Accent	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1511	2570	Manual 6 velocidades
Hyundai	Tucson	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1647	2670	Automatica 6 velocidades
Hyundai	Eon	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	12	NO	5	Gasolina	1368	2380	Manual 5 velocidades
Hyundai	I10	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	8	NO	4	Gasolina	1660	2425	Manual 5 velocidades
Hyundai	Grandi10	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1493	2425	Manual 5 velocidades
Hyundai	I10	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	8	NO	4	Gasolina	1660	2425	Manual 5 velocidades
Kia	Picanto	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	8	NO	5	Gasolina	1412	2385	Manual 5 velocidades
Kia	Sportage	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1651	2670	Manual 6 velocidades
Kia	Picanto	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	8	NO	5	Gasolina	1412	2385	Manual 5 velocidades
Kia	Rio	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1517	2580	Manual 6 velocidades
Kia	Cerato	Auto mediano SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1584	2700	Manual 6 velocidades
Kia	Rio	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1517	2580	Manual 6 velocidades
Kia	Rio	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1517	2580	Manual 6 velocidades
Kia	Carens	SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1586	2750	Manual 6 velocidades
Kia	Soul	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1576	2570	Manual 6 velocidades
Mazda	Mazda3	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1560	2700	Automatica 6 velocidades

Mazda	Mazda2	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1485	2570	Manual 6 velocidades
Mazda	Cx5	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	L4	16	NO	5	Gasolina	1590	2700	Manual 6 velocidades
Mazda	Cx5	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	L4	16	NO	5	Gasolina	1590	2700	Automatica 6 velocidades
Mercedes Benz	A200	Auto mediano I4 SOHC/DOHC con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1584	2699	Automatica 7 velocidades
Nissan	March	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1482	2450	Manual 5 velocidades
Nissan	Versa	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1480	2600	Manual 5 velocidades
Nissan	Np300frontier	Pick-up Grande V6 DOHC 2v/4v	V6	16	NO	4	Gasolina	1593	3150	Manual 6 velocidades
Nissan	Qashqai	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1560	2646	Manual 6 velocidades
Nissan	X-Trail	SUV pequeña I4 DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1575	2705	XTRONIC CVT con Modo Manual
Nissan	Np300frontier	Pick-up Grande V6 DOHC 2v/4v	V6	16	NO	4	Gasolina	1560	3150	Manual 6 velocidades
Renault	Sandero	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1542	2590	Manual 5 velocidades
Renault	Logan	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1542	2630	Manual 5 velocidades
Renault	Duster	SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1622	2673	Manual 6 velocidades
Renault	Duster	SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1622	2673	Automatica 4 velocidades
Renault	Stepway	SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1565	2590	Manual 5 velocidades
Renault	Clío	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1506	2589	Manual 5 velocidades
Renault	Sandero	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1542	2590	Automatica 4 velocidades
Renault	Logan	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1542	2630	Automatica 4 velocidades
Renault	Duster	SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	16	SI	5	Gasolina	1622	2673	Automatica 4 velocidades
Renault	Koleos	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1640	2705	CVT

Renault	Logan	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1542	2630	Automatica 4 velocidades
Renault	Kangoovu	Miniván I4 DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1480	2600	Manual 5 velocidades
Subaru	WRX SEDAN 2.0 CVT	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	4Boxer	16	SI	5	Gasolina	1795	2650	Automatica 4 velocidades
Subaru	WRX STI 2.5 6MT	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	4Boxer	16	SI	5	Gasolina	1795	2650	Automatica 4 velocidades
Subaru	XV 2.0I-S CVT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	4Boxer	16	NO	5	Gasolina	1800	2665	Automatica 4 velocidades
Subaru	XV 2.0I CVT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	4Boxer	16	NO	5	Gasolina		2665	Automatica 4 velocidades
Suzuki	Grand vitara	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1505	2500	manual 5 velocidades
Suzuki	Swift	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1520	2450	manual 5 velocidades
Suzuki	Ertiga	SUV pequeña I4 DOHC 4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1490	2740	manual 5 velocidades
Suzuki	Swift	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	16	NO	5	Gasolina	1520	2450	manual 5 velocidades
Suzuki	Celerio	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	12	NO	5	Gasolina	1405	2360	manual 5 velocidades
Toyota	Prado	SUV grande V6 DOHC 4v	V6	24	NO	5	Gasolina	1678	2790	AC60F
Toyota	4runner	SUV grande I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	24	SI	5	Gasolina	1713	2788	Automática 5 velocidades
Volkswagen	Gol	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	I4	8	NO	5	Gasolina	1474	2466	Manual 5 velocidades
Volkswagen	Voyage	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	I4	8	SI	4	Gasolina	1474	2467	Manual 5 velocidades
Volkswagen	Vento	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	I4	16	NO	4	Gasolina	1512	2553	Manual 5 velocidades
Volkswagen	Crossfox	SUV pequeña I4 DOHC 4v con alimentación turbo	I4	8	SI	5	Gasolina	1480	2469	Manual 6 velocidades
Volkswagen	Beatle	Auto compacto I5 DOHC 4v	I5	10	NO	2	Gasolina	1609	2537	Manual 5 velocidades

Descripción de la categorización según la eficiencia energética de los vehículos livianos, que será insumo para la etiqueta.

conforme a los resultados presentados en la Tabla 14, es posible que cada tipo de vehículo acceda a una calificación conforme al rendimiento de combustible individual. La calificación para cada tipo de vehículo que se mostrará a continuación fue calculada conforme a los límites establecidos en el Greenhouse Gas Score, desarrollado por la EPA. Este rango de límites se encuentra disponible para evaluar vehículos desde año modelo 2008 hasta 2019. Para el cálculo de la calificación, se tomaron como valores base, los rangos publicados para evaluar vehículos año modelo 2019. Se busca que el valor de la calificación del vehículo pueda ser insumo para la publicación de una etiqueta vehicular que sea comunicable al consumidor y que permita realizar una compra en función a una alta eficiencia en el rendimiento de combustible. Cabe destacar que la calificación va del 1 al 10, siendo 10 la calificación más alta y que corresponde a los vehículos con mejor eficiencia en el rendimiento de combustible, es decir, los más “verdes”. En la Tabla 21 se describen los rangos de rendimiento que tiene que alcanzar cada tipo de vehículo para acceder a una calificación específica.

Tabla 21 Calificación según el rendimiento de combustible

Calificación	Km/Gal (gasolina)
10	≥ 70.9
9	61.3 - 70.8
8	53.2 - 61.2
7	48.4 - 53.1
6	43.6 - 48.3
5	37.1 - 43.5
4	32.3 - 37.0
3	27.5 - 32.2
2	24.2 - 27.4
1	≤ 24.1

Las calificaciones de cada tipo de vehículo evaluado son presentadas en la .

Tabla 22. Se observa que los vehículos van mejorando su calificación conforme la regulación va teniendo efecto con respecto al incremento en la eficiencia energética en el rendimiento de combustible sobre los vehículos vendidos. De esta manera, de continuar evaluando los vehículos bajo los mismos criterios para los vehículos año modelo 2019, la mayoría de los vehículos tendrían un rendimiento de combustible sumamente competitivo en 2025. El promedio de calificación para los vehículos bajo la regulación en el año 2019 es de 8, sin embargo, para 2025, los vehículos casi alcanzan en promedio la máxima calificación. Cabe mencionar que las calificaciones más altas, son

alcanzadas a corto plazo por los vehículos más pequeños. Es por esto por lo que la regulación propuesta incentiva el incremento en ventas de vehículos compactos y subcompactos.

Tabla 22 Calificación para cada tipo de vehículo del presente caso de estudio, según el Greenhouse Gas Score

Fabricante	Tipo de vehículo	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
CHERY	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	8	8	9	9	10	10	10
CHEVROLET	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	9	10	10	10	10	10	10
CHEVROLET	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	9	9	9	10	10	10	10
CHEVROLET	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	8	8	9	9	10	10	10
CHEVROLET	Pick-up Grande DOHC 4v	4	4	5	7	7	7	8
CHEVROLET	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	8	8	8	8	9	10	10
CHEVROLET	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	9	9	9	9	10	10	10
DODGE	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	7	7	8	8	8	9	10
FORD	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	9	9	9	9	10	10	10
FORD	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	7	8	8	8	9	10	10
FORD	SUV grande V6 DOHC 4v	5	5	5	6	7	7	8
HONDA	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	8	8	9	9	9	10	10
HONDA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	9	9	9	9	10	10	10
HYUNDAI	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	9	10	10	10	10	10	10
HYUNDAI	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	8	8	8	9	9	10	10
KIA	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	8	9	9	9	9	10	10
KIA	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	10	10	10	10	10	10	10
KIA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	6	7	7	8	8	9	10
KIA	Miniván V6 OHV 2v	4	4	4	5	6	7	7
MAZDA	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	9	9	9	9	10	10	10
MAZDA	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	9	10	10	10	10	10	10
MAZDA	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	8	8	8	9	10	10	10
MERCEDES BENZ	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	8	8	8	9	9	10	10
NISSAN	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	9	9	9	9	10	10	10
NISSAN	Pick-up Grande V6 DOHC 2v/4v	8	8	8	9	9	9	10
NISSAN	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	9	9	9	10	10	10	10
RENAULT	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	8	9	9	9	10	10	10
RENAULT	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	9	9	9	9	10	10	10
RENAULT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	7	7	8	8	9	9	9
RENAULT	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	8	8	8	8	9	9	9

SUBARU	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	7	7	8	9	9	9	10
SUBARU	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	8	8	8	8	9	10	10
SUZUKI	SUV mediana SOHC/DOHC 4v	7	8	8	8	9	9	10
SUZUKI	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	10	10	10	10	10	10	10
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	8	8	8	8	9	10	10
TOYOTA	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	9	9	10	10	10	10	10
VOLKSWAGEN	Auto subcompacto I4 SOHC/DOHC 2v/4v	10	10	10	10	10	10	10
VOLKSWAGEN	Auto mediano V6 SOHC/DOHC 4v	7	8	8	8	8	9	10
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	8	8	9	9	10	10	10
VOLKSWAGEN	SUV mediana V6 SOHC/DOHC 4v	8	8	8	8	9	10	10

La etiqueta vehicular es una medida complementaria y muy barata que puede facilitar a los fabricantes de automóviles el alcance de las metas ponderadas por corporativo. El objetivo de la etiqueta es que el rendimiento de combustible sea un factor importante durante la elección de un vehículo nuevo a la hora de ser adquirido y buscando que la compra no esté basada solamente en el aspecto del vehículo. Se ha estimado que el rendimiento de combustible es el tercer criterio más importante que debe de incluir una etiqueta descriptiva del vehículo, después del costo y la seguridad del vehículo. Cabe destacar que la etiqueta debe ser entendible y amigable para el consumidor quien representa el grupo de mayor interés. A continuación se presenta una propuesta de etiqueta que presente información referente al consumo de combustible.



Rendimiento de Combustible		año modelo
Automóvil privado		2019
Fabricante	Chevrolet	
Modelo	Aveo 1.5L, 4I, DOHC-16V, 4 puertas.	
Tipo de combustible:	Gasolina	
Tipo de transmisión:	Automática	
Tamaño del vehículo:	4.3 m ²	
	Ancho entre ejes:	1.73 m
	Largo entre ejes:	2.5 m
Calificación comparativa del vehículo		
<p>25% más 15% a 25% 5% a 15% Promedio 5% a 15% 15% a 25% más de 25%</p> <p>" + Eficiente "</p> <p>" - Eficiente "</p> <p>8%</p>		
Costo del combustible por año <small>*Calculado en un promedio de 20 mil km por año</small>	\$ 4,500,000.00	
Rendimiento del vehículo	49.9 km/gal	
<p>El consumo de combustible está relacionado directamente a la emisión de gases de efecto invernadero</p> <p>Mayor información en: www.rendimiento-vehicular-colombia-org</p>		

Figura. Propuesta de etiqueta vehicular. Fuente: Fick & Raimund

Recomendaciones

A manera de recomendaciones, se establecen varias necesidades en varios sectores, que deben ser atendidas para que la flota de vehículos ligeros de Colombia mejore el rendimiento de combustible y que tanto las metas del PROURE, como las metas del Acuerdo de París, sean cumplidas.

La principal recomendación sugiere la implementación inmediata de un instrumento legal o normatividad que aborde el tema de la eficiencia energética en el rendimiento de combustible de los vehículos ligeros de Colombia. De la misma manera, esta recomendación se encuentra establecida como medida necesaria para el alcance de las metas que se plasman en la resolución del PROURE de Colombia. Se sugiere que el instrumento legal este en el formato de resolución y que este sea expedido por el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable y el Ministerio de Transporte, en coordinación con el Ministerio de Comercio.

Así mismo, se establece como recomendación complementaria que las instituciones encargadas de publicar la normatividad mencionada, sean capaces de establecer mecanismos de flexibilidad, por ejemplo, intercambio de créditos de emisiones entre corporativos y diferenciación de metas entre vehículos de distintos tamaños, para que los fabricantes puedan alcanzar las metas de rendimiento de combustible al menor costo posible. A pesar de que es necesario establecer mecanismos de flexibilidad, estos no deben representar oportunidades para que los fabricantes burlen la regulación y que estos terminen actuando como barreras en la evaluación de conformidad realizada por las instituciones.

Se sugiere que la regulación de Colombia continúe con la tendencia designada para que en 2030, el nivel de meta esté homologado a los niveles de Estados Unidos quien dentro de su regulación, presenta un nivel competitivo de rendimiento de combustible. Esto es tecnológicamente viable, dado que tanto Estados Unidos como Colombia, comparten proveedores de automóviles.

La recomendación principal para los fabricantes sugiere que se disminuya la instalación de paquetes tecnológicos de lujo que no tienen ningún efecto en el rendimiento de combustible. Es decir, que la implementación de tecnología esté enfocada principalmente a la mejora en el rendimiento de combustible. De esta manera, se estaría siguiendo el modelo europeo de fabricación de automóviles, en donde los complementos de mayor peso en el vehículo tienen que ver con el incremento en la eficiencia energética y seguridad.

conclusión

El presente estudio tuvo como objetivo justificar la transición de la flota vehicular de Colombia hacia unidades más eficientes en cuanto al rendimiento en el combustible. Para esto se evaluaron las diferentes necesidades con respecto a mejoras tecnológicas e inversiones económicas que dan como resultado la reducción de combustible consumido y por lo tanto un ahorro energético y la mitigación en la emisión de contaminantes atmosféricos.

Los principales países que exportan vehículos a Colombia son: México, Corea, Japón, Brasil y Europa (Andemos, 2016). De la misma manera, los principales países que exportan vehículos hacia Estados Unidos son México, Canadá, Corea, Japón y Europa (PROMEXICO, 2014). Esto significa que la

procedencia de los vehículos que se venden en ambos países es casi la misma. Esto quiere decir que dentro de las mismas fábricas, se están produciendo vehículos físicamente iguales pero con características tecnológicas distintas que hacen que unos sean más eficientes que otros en cuanto al rendimiento de combustible. Es por esto que la posibilidad de acceder a paquetes tecnológicos por parte de los fabricantes ya está disponible en los complejos industriales. Así, es necesario unificar las líneas de producción para que todos los vehículos producidos, cumplan con los mismos estándares y no haya diferenciación entre modelos iguales que se dirigen a distintos países. Además, es necesario mencionar que el incremento en la instalación de paquetes tecnológicos representa una oportunidad de negocio para el sector de fabricación de autopartes de Colombia, el cual representa el 4% del PIB nacional.

con respecto a la factibilidad económica, se establece que es necesaria una inversión por parte de los fabricantes que va en promedio desde los 656.90 dólares hasta los 190.95 dólares, tomando en cuenta mecanismos de intercambio de créditos. Esta inversión puede ser transmitida a los usuarios, dado que el ahorro en combustible, el cual resulta en un beneficio económico para los usuarios de los automóviles, supera la cantidad de inversión realizada por los fabricantes. Esta cantidad corresponde a 397.2 dólares al año, durante toda la vida útil del vehículo. Por ende, en el escenario más estricto, los costos de inversión se cubrirían al año y medio de uso del vehículo. Para esto, es necesario que los fabricantes se ayuden de medidas de comunicación eficiente, como una etiqueta, en donde se establezcan características importantes del vehículo sobre todo, el ahorro de dinero resultado de mejoras en la eficiencia energética. A través de la etiqueta es posible incentivar la venta de vehículos más eficientes.

Entre los resultados de la aplicación de la regulación, se encuentra un efecto importante en el alcance de las metas para el sector transporte que se establece en el PROURE de Colombia. Esto significa que a través del incremento del rendimiento de combustible de los vehículos ligeros, habrá una reducción en la cantidad de combustible utilizado durante la vida útil de los vehículos vendidos hasta 2022 (año meta del PROURE), que equivale 65,076.42 TJ. Esto es 15.3% de la meta de eficiencia energética para el sector transporte.

Finalmente, el ahorro en la quema de combustible produce un impacto en la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos. Para este caso el interés se enfoca en el CO₂. Es por eso que, de publicarse la regulación propuesta, se estarían mitigando aproximadamente 14 millones de toneladas de CO₂, que equivalen a la instalación de 3,567 turbinas eólicas, o a detener a 3.5 plantas de producción de energía eléctrica a base de quema de carbón durante un año, o a el CO₂ secuestrado por un bosque del tamaño de 1.5 el área de Bogotá durante 25 años.

Bibliografía

AESS (Automobile Evaluation Standards Subcommittee) - Automobile Fuel Efficiency Standards Subcommittee. 2011. Establishment of New Fuel Efficiency Standards. Disponible en: https://www.eccj.or.jp/top_runner/pdf/tr_passenger_vehicles_dec2011.pdf

AMVA (Area Metropolitana del Valle de Aburrá). 2014. Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2013. Disponible en: <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/InventariodeEmisiones/Inventario%20de%20emisiones%20atmosf%C3%A9ricas%202013.pdf>

ANDEMOS (Asociación colombiana de Vehículos Automotores). 2016. Informe Vehículos Diciembre, 2016. Disponible en: <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2017/01/Informe-Vehiculos-2016-12.pdf>

BBVA Research (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria Research). 2018. Situación Automotriz 2018 colombia. Disponible en: <https://www.bbvaresearch.com/wp-content/uploads/2018/03/SituacionAutomotriz2018.pdf>

DNP (Departamento Nacional de Planeación). 2014. Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Disponible en: <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/paginas/que-es-el-plan-nacional-de-desarrollo.aspx>

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2013. 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 peso bruto vehicular de hasta 3 857 kilogramos. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6648/1/nom-163-semarnat-ener-scfi-2013.pdf>

Econcept. 2016. EL SECTOR DE VEHÍCULOS EN coLOMBIA: CARACTERÍSTICAS Y PROPUESTAS DE MEJORA A SU RÉGIMEN IMPOSITIVO. Disponible en: <http://www.andemos.org/wp-content/uploads/2016/11/Econcept-Estudio.pdf>

EPA. 2012-A. Regulatory Impact Analysis: Final Rulemaking for 2017-2025 Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and corporate Average Fuel Economy Standards. EPA-420-R-12-016 Disponible en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100EZI1.PDF?Dockkey=P100EZI1.PDF>

EPA. 2012-B. 2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and corporate Average Fuel Economy Standards. Federal Register / Vol. 77, No. 199 / Monday, October 15, 2012 / Rules and Regulations. Disponible en: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-10-15/pdf/2012-21972.pdf>

EPA - FEV(Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Forschungsgesellschaft für Energietechnik und Verbrennungsmotoren). 2011. FEV Report "Light-Duty Technology cost Analysis.

EPA. 2016. Midterm Evaluation of Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and corporate Average Fuel Economy Standards for Model Years 2022-2025. Disponible en: <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/draft-tar-final.pdf>

EPA. 2016-B. EPA Optimization Model for Reducing Emissions of Greenhouse Gases from Automobiles (OMEGA) core Model Version 1.4.56. Disponible en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100OX2M.PDF?Dockey=P100OX2M.PDF>

EPA. 2017. BenMap-CE Environmental Benefits Mapping and Analysis Program – community Edition, User's manual. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/benmap-ce_user_manual_march_2015.pdf

EU (Europe Union Parliament). 2014. Amending Regulation (EC) No 443/2009 to define the modalities for reaching the 2020 target to reduce CO₂ emissions from new passenger cars. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0333&from=EN>

Fick Stephan & Raimund Wilfried. Fuel Economy Labelling of Cars and Its Impact on Buying Behaviour, Fuel Efficiency and CO₂ Reduction. The Austrian Energy Agency. Disponible en: <http://infohouse.p2ric.org/ref/17/16366.pdf>

García Arbeláez, C., G. Vallejo, M. L. Higgings y E. M. Escobar. 2016. El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático. WWF-Colombia. Cali, Colombia. 52 pp. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/colombia_hacia_la_coP21/el_acuerdo_de_paris_frente_a_cambio_climatico.pdf

ICCT. 2017. 2017 GLOBAL UPDATE LIGHT-DUTY VEHICLE GREENHOUSE GAS AND FUEL ECONOMY STANDARDS. Disponible en: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/2017-Global-LDV-Standards-Update_ICCT-Report_23062017_vF.pdf

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEÍA. 2016. Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia. Tercera comunicación Nacional de Cambio Climático. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>

MinAmbiente, MinTransporte (Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Transporte). 2015. PROGRAMA DE DESINTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS AL FINAL DE SU VIDA ÚTI. Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/asuntosambientales/descargar.php?idFile=15411>

MinMinas (Ministerio de Minas y Energía). 2016. Resolución 4 1286 por la cual se adopta el plan de acción indicativo 2017-2022 para el desarrollo del programa de uso racional y eficiente de la energía, PROURE, que define objetivos y metas indicativas de eficiencia energética, acciones y medidas sectoriales y estrategias base para el cumplimiento de metas y se adoptan otras disposiciones al respecto. Disponible en: http://www1.upme.gov.co/Documents/Resolucion_41286_de_2016_PROURE.pdf

PRO-México – Secretaría de Economía. 2014. Industria Automotriz, Documento Sectorial.

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/75545/150213_DS_Automotriz_ESP.pdf

Rivera-Godoy, Jorge Alberto y Padilla-Ospina, Ana Milena. Sector autopartes en Colombia: comportamiento financiero durante el período 2008-2014. 2016. Entramado. Enero. vol. 12, no. 1, p. 12-29, <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n1.23113>

UPB (Universidad Pontificia Bolivariana). 2016. Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2015. Disponible en:

http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/isdocconvenio243/Informe_Inventario_emisiones_2015.pdf

UPME (Unidad de Planeación Minero-Energética). 2015. Proyección de Demanda de combustibles en el Sector Transporte Colombia. Disponible en:

http://www.sipg.gov.co/sipg/documentos/Proyecciones/2015/Proy_Demanda_combust_Liquidos_Nov2015.pdf

UPME. 2016. PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA –PAI PROURE 2017 – 2022. Ministerio de Minas y Energía. Disponible en:

http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf

UPME. 2016-B. PROYECCIÓN DE PRECIOS DE LOS ENERGÉTICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA ENERO 2016 – DICIEMBRE 2035. Disponible en:

http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Proyeccion_de_los_precios_de_los_combustibles_junio_2016.pdf

UPME. 2017. Balance Energético colombiano- BEco, versión 10.

UTP (Universidad Tecnológica de Pereira). 2017. COMBUSTIBLES Y VEHÍCULOS MÁS LIMPIOS Y EFICIENTES EN COLOMBIA. Establecimiento de línea base para la economía de combustible de los vehículos ligeros

ANEXO I

2019						
Fabricante	Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisión antes de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisión después de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisiones mitigadas por vehículo diferencia (gCO ₂ /km)	Ton CO ₂ mitigadas para este tipo de vehículo
CHERY	Midsize 1.6L 4I DOHC 16V	751	158.40	149.80	8.61	1,957
CHEVROLET	Midsize 1.6L 4I DOHC/SOHC - compact 1.4L 4I DOHC 16 V	20604	135.45	127.14	8.31	51,807
CHEVROLET	Subcompact 1.8 4I SOHC/DOHC 8V-16V	26556	135.57	135.57	0.00	-
CHEVROLET	Large MPV 1.8L 4I DOHC 16 V	9665	160.86	148.62	12.25	35,818
CHEVROLET	LARGE PICK UP 2.5L 4I DOHC 16V	1960	284.42	246.42	37.99	22,538
CHEVROLET	VAN 1.2 4I DOHC 16V	3167	176.06	162.71	13.36	12,799
CHEVROLET	Auto compacto o mediano V6 SOHC/DOHC 4v	828	158.40	134.35	24.05	6,029
DODGE	Large MPV 2.4LL4 DOHC 16 V	994	228.89	175.69	53.21	15,998
FORD	compact-midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	7100	140.37	140.37	0.00	-
FORD	Large MPV 2L 4I ND 16 V	6210	183.98	174.23	9.75	18,320
FORD	Large MPV 3.5L V6 DOHC	1009	233.81	211.43	22.38	6,833
HONDA	Midsize MPV 2.4L 4I DOHC 16 V	1295	160.86	156.30	4.57	1,790
HONDA	Large MPV 1.8L 4I SOHC 16 V	790	147.75	138.66	9.09	2,174
HYUNDAI	Subcompact 1.2L 4i DOHC 8-16 V	13771	130.06	126.20	3.86	16,074
HYUNDAI	SMALL MPV 2.0L 4I SOHC/DOHC 16 V	3941	171.52	161.04	10.48	12,498
KIA	Subcompact 1.2L 4I DOHC 8-16 V	19608	113.72	113.72	0.00	-
KIA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	7194	174.82	174.82	0.00	-
KIA	compact 1.6L 4I DOHC 16 V	2805	139.01	139.01	0.00	-
MAZDA	compact 2.0L 4I DOHC 16 V	7412	139.55	139.55	0.00	-

MAZDA	Subcompact 1.5L 4I ND 16 V	5827	126.44	126.44	0.00	-
MAZDA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	3587	161.51	161.51	0.00	-
MERCEDES BENZ	Midsized 1.6L 4I DOHC 16 V	772	152.67	152.67	0.00	-
NISSAN	Subcompact 1.6L 4I SOHC 8V	8890	146.18	138.01	8.18	21,996
NISSAN	Large MPV 2.5L 4I DOHC 16 V	3870	263.26	143.27	119.99	140,504
NISSAN	SMALL MPV 2.5L 4I DOHC	3628	166.00	148.53	17.47	19,182
RENAULT	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	32472	158.74	147.18	11.56	113,597
RENAULT	Large MPV 2.5 4I DOHC 16V	20232	184.61	142.38	42.23	258,514
RENAULT	VAN 1.6 4I DOHC 16V	1508	220.70	170.86	49.83	22,745
RENAULT	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16V	837	222.34	184.52	37.81	9,576
SUZUKI	Midsized 1.4 4I DOHC 16V	2981	184.47	169.58	14.89	13,433
SUZUKI	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	2872	123.25	123.25	0.00	-
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	1120	306.24	155.15	151.08	51,211
TOYOTA	Large MPV 4.0L V6 DOHC 24 V	719	237.91	140.19	97.72	21,262
VOLKSWAGEN	Subcompact 1.6L 4I DOHC 16 V	2074	65.78	65.78	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v	1791	167.48	167.48	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	859	147.75	147.75	0.00	-
VOLKSWAGEN	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	719	164.96	164.96	0.00	-

2020						
Fabricante	Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisión antes de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO2/km)	Emisión después de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO2/km)	Emisiones mitigadas por vehículo diferencia (gCO2/km)	Ton CO2 mitigadas para este tipo de vehículo
CHERY	Midsized 1.6L 4I DOHC 16V	754	155.54	144.80	10.73	2,449
CHEVROLET	Midsized 1.6L 4I DOHC/SOHC - compact 1.4L 4I DOHC 16 V	20680	133.00	124.84	8.16	51,057

CHEVROLET	Subcompact 1.8 4I SOHC/DOHC 8V-16V	26653	133.12	129.34	3.78	30,492
CHEVROLET	Large MPV 1.8L 4I DOHC 16 V	9700	157.95	145.93	12.03	35,299
CHEVROLET	LARGE PICK UP 2.5L 4I DOHC 16V	1968	279.27	241.96	37.31	22,216
CHEVROLET	VAN 1.2 4I DOHC 16V	3179	172.88	159.76	13.11	12,614
CHEVROLET	Auto compacto o mediano V6 SOHC/DOHC 4v	831	155.54	131.92	23.62	5,939
DODGE	Large MPV 2.4LL4 DOHC 16 V	997	224.75	169.83	54.92	16,568
FORD	compact-midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	7126	137.83	137.83	0.00	-
FORD	Large MPV 2L 4I ND 16 V	6233	180.65	165.45	15.20	28,664
FORD	Large MPV 3.5L V6 DOHC	1013	229.58	207.60	21.98	6,737
HONDA	Midsize MPV 2.4L 4I DOHC 16 V	1300	157.95	149.80	8.16	3,209
HONDA	Large MPV 1.8L 4I SOHC 16 V	793	145.08	136.15	8.93	2,142
HYUNDAI	Subcompact 1.2L 4i DOHC 8-16 V	13822	127.71	121.30	6.41	26,824
HYUNDAI	SMALL MPV 2.0L 4I SOHC/DOHC 16 V	3956	168.42	158.13	10.29	12,318
KIA	Subcompact 1.2L 4I DOHC 8-16 V	19680	111.66	111.66	0.00	-
KIA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	7220	171.65	171.65	0.00	-
KIA	compact 1.6L 4I DOHC 16 V	2815	136.49	136.49	0.00	-
MAZDA	compact 2.0L 4I DOHC 16 V	7440	137.03	137.03	0.00	-
MAZDA	Subcompact 1.5L 4I ND 16 V	5849	124.15	124.15	0.00	-
MAZDA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	3600	158.59	148.37	10.22	11,133
MERCEDES BENZ	Midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	775	149.90	149.90	0.00	-
NISSAN	Subcompact 1.6L 4I SOHC 8V	8923	143.54	135.51	8.03	21,678
NISSAN	Large MPV 2.5L 4I DOHC 16 V	3884	258.50	140.49	118.00	138,678
NISSAN	SMALL MPV 2.5L 4I DOHC	3641	163.00	134.60	28.40	31,291
RENAULT	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	32592	155.87	144.52	11.35	111,953
RENAULT	Large MPV 2.5 4I DOHC 16V	20307	181.27	134.60	46.67	286,775
RENAULT	VAN 1.6 4I DOHC 16V	1514	216.71	167.76	48.94	22,421

RENAULT	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16V	840	218.31	162.36	55.95	14,221
SUZUKI	Midsized 1.4 4I DOHC 16V	2992	181.13	161.76	19.37	17,537
SUZUKI	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	2882	121.02	121.02	0.00	-
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	1124	300.70	148.65	152.05	51,713
TOYOTA	Large MPV 4.0L V6 DOHC 24 V	722	233.61	137.59	96.01	20,975
VOLKSWAGEN	Subcompact 1.6L 4I DOHC 16 V	2082	64.59	64.59	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v	1797	164.45	164.45	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	862	145.08	145.08	0.00	-
VOLKSWAGEN	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	722	161.98	161.98	0.00	-

2021						
Fabricante	Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisión antes de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisión después de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisiones mitigadas por vehículo diferencia (gCO ₂ /km)	Ton CO ₂ mitigadas para este tipo de vehículo
CHERY	Midsized 1.6L 4I DOHC 16V	807	152.72	140.33	12.39	3,027
CHEVROLET	Midsized 1.6L 4I DOHC/SOHC - compact 1.4L 4I DOHC 16 V	22117	130.60	122.59	8.01	53,617
CHEVROLET	Subcompact 1.8 4I SOHC/DOHC 8V-16V	28505	130.71	125.02	5.69	49,063
CHEVROLET	Large MPV 1.8L 4I DOHC 16 V	10374	155.10	141.42	13.68	42,940
CHEVROLET	LARGE PICK UP 2.5L 4I DOHC 16V	2104	274.22	215.51	58.71	37,377
CHEVROLET	VAN 1.2 4I DOHC 16V	3400	169.75	156.87	12.88	13,247
CHEVROLET	Auto compacto o mediano V6 SOHC/DOHC 4v	889	152.72	129.53	23.19	6,239
DODGE	Large MPV 2.4LL4 DOHC 16 V	1067	220.69	164.58	56.10	18,113
FORD	compact-midsized 1.6L 4I DOHC 16 V	7621	135.34	134.07	1.27	2,924
FORD	Large MPV 2L 4I ND 16 V	6666	177.38	159.34	18.04	36,394
FORD	Large MPV 3.5L V6 DOHC	1083	225.43	203.85	21.58	7,072

HONDA	Midsize MPV 2.4L 4I DOHC 16 V	1390	155.10	144.10	10.99	4,623
HONDA	Large MPV 1.8L 4I SOHC 16 V	848	142.45	133.69	8.77	2,249
HYUNDAI	Subcompact 1.2L 4i DOHC 8-16 V	14782	125.40	118.30	7.10	31,762
HYUNDAI	SMALL MPV 2.0L 4I SOHC/DOHC 16 V	4231	165.37	149.58	15.79	20,209
KIA	Subcompact 1.2L 4I DOHC 8-16 V	21048	109.64	109.64	0.00	-
KIA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	7722	168.55	168.55	0.00	-
KIA	compact 1.6L 4I DOHC 16 V	3011	134.02	134.02	0.00	-
MAZDA	compact 2.0L 4I DOHC 16 V	7956	134.55	130.91	3.63	8,748
MAZDA	Subcompact 1.5L 4I ND 16 V	6255	121.90	121.90	0.00	-
MAZDA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	3850	155.72	145.68	10.04	11,691
MERCEDES BENZ	Midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	829	147.19	147.19	0.00	-
NISSAN	Subcompact 1.6L 4I SOHC 8V	9543	140.94	133.06	7.88	22,764
NISSAN	Large MPV 2.5L 4I DOHC 16 V	4154	253.82	137.77	116.05	145,866
NISSAN	SMALL MPV 2.5L 4I DOHC	3894	160.05	126.10	33.95	40,003
RENAULT	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	34856	153.05	141.91	11.15	117,563
RENAULT	Large MPV 2.5 4I DOHC 16V	21717	177.99	127.93	50.05	328,905
RENAULT	VAN 1.6 4I DOHC 16V	1619	212.78	148.07	64.71	31,701
RENAULT	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16V	898	214.36	159.41	54.95	14,931
SUZUKI	Midsize 1.4 4I DOHC 16V	3200	177.86	158.84	19.02	18,417
SUZUKI	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	3083	118.83	115.49	3.34	3,120
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	1202	295.26	152.54	142.72	51,907
TOYOTA	Large MPV 4.0L V6 DOHC 24 V	772	229.38	120.12	109.26	25,521
VOLKSWAGEN	Subcompact 1.6L 4I DOHC 16 V	2226	63.42	63.42	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v	1922	161.48	161.48	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	922	142.45	142.45	0.00	-
VOLKSWAGEN	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	772	159.05	159.05	0.00	-

2022						
Fabricante	Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisión antes de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisión después de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisiones mitigadas por vehículo diferencia (gCO ₂ /km)	Ton CO ₂ mitigadas para este tipo de vehículo
CHERY	Midsize 1.6L 4I DOHC 16V	876	149.96	136.18	13.78	3,653
CHEVROLET	Midsize 1.6L 4I DOHC/SOHC - compact 1.4L 4I DOHC 16 V	24027	128.23	120.37	7.87	57,193
CHEVROLET	Subcompact 1.8 4I SOHC/DOHC 8V-16V	30967	128.35	122.76	5.59	52,336
CHEVROLET	Large MPV 1.8L 4I DOHC 16 V	11270	152.29	133.75	18.54	63,219
CHEVROLET	LARGE PICK UP 2.5L 4I DOHC 16V	2286	269.26	181.79	87.47	60,504
CHEVROLET	VAN 1.2 4I DOHC 16V	3693	166.68	154.03	12.64	14,128
CHEVROLET	Auto compacto o mediano V6 SOHC/DOHC 4v	966	149.96	127.19	22.77	6,656
DODGE	Large MPV 2.4LL4 DOHC 16 V	1159	216.69	159.72	56.98	19,981
FORD	compact-midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	8279	132.89	128.17	4.72	11,818
FORD	Large MPV 2L 4I ND 16 V	7242	174.17	156.46	17.72	38,823
FORD	Large MPV 3.5L V6 DOHC	1176	221.35	200.16	21.19	7,540
HONDA	Midsize MPV 2.4L 4I DOHC 16 V	1511	152.29	138.90	13.38	6,119
HONDA	Large MPV 1.8L 4I SOHC 16 V	922	139.87	131.27	8.61	2,401
HYUNDAI	Subcompact 1.2L 4i DOHC 8-16 V	16059	123.13	116.16	6.97	33,881
HYUNDAI	SMALL MPV 2.0L 4I SOHC/DOHC 16 V	4596	162.38	141.25	21.13	29,387
KIA	Subcompact 1.2L 4I DOHC 8-16 V	22866	107.66	107.66	0.00	-
KIA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	8389	165.50	164.85	0.65	1,647
KIA	compact 1.6L 4I DOHC 16 V	3271	131.60	131.60	0.00	-
MAZDA	compact 2.0L 4I DOHC 16 V	8644	132.11	125.47	6.64	17,376
MAZDA	Subcompact 1.5L 4I ND 16 V	6795	119.70	119.27	0.43	884
MAZDA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	4183	152.90	143.05	9.85	12,472

MERCEDES BENZ	Midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	900	144.53	144.53	0.00	-
NISSAN	Subcompact 1.6L 4I SOHC 8V	10367	138.39	129.96	8.44	26,468
NISSAN	Large MPV 2.5L 4I DOHC 16 V	4513	249.23	133.70	115.53	157,757
NISSAN	SMALL MPV 2.5L 4I DOHC	4230	157.16	120.33	36.83	47,137
RENAULT	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	37867	150.28	131.31	18.97	217,368
RENAULT	Large MPV 2.5 4I DOHC 16V	23593	174.77	134.73	40.04	285,839
RENAULT	VAN 1.6 4I DOHC 16V	1759	208.93	145.38	63.55	33,825
RENAULT	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16V	976	210.49	156.52	53.97	15,938
SUZUKI	Midsize 1.4 4I DOHC 16V	3476	174.64	155.96	18.68	19,643
SUZUKI	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	3349	116.68	110.18	6.50	6,590
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	1306	289.92	147.18	142.74	56,405
TOYOTA	Large MPV 4.0L V6 DOHC 24 V	839	225.23	117.89	107.34	27,250
VOLKSWAGEN	Subcompact 1.6L 4I DOHC 16 V	2418	62.28	62.28	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v	2088	158.56	158.56	0.00	-
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	1001	139.87	139.87	0.00	-
VOLKSWAGEN	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	839	156.17	156.17	0.00	-

2023						
Fabricante	Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisión antes de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO2/km)	Emisión después de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO2/km)	Emisiones mitigadas por vehículo diferencia (gCO2/km)	Ton CO2 mitigadas para este tipo de vehículo
CHERY	Midsize 1.6L 4I DOHC 16V	963	147.25	123.44	23.81	6,938
CHEVROLET	Midsize 1.6L 4I DOHC/SOHC - compact 1.4L 4I DOHC 16 V	26411	125.91	109.40	16.51	131,974
CHEVROLET	Subcompact 1.8 4I SOHC/DOHC 8V-16V	34040	126.03	112.77	13.25	136,491
CHEVROLET	Large MPV 1.8L 4I DOHC 16 V	12388	149.53	121.57	27.96	104,806
CHEVROLET	LARGE PICK UP 2.5L 4I DOHC 16V	2513	264.39	178.47	85.91	65,327
CHEVROLET	VAN 1.2 4I DOHC 16V	4060	163.66	125.94	37.72	46,335
CHEVROLET	Auto compacto o mediano V6 SOHC/DOHC 4v	1062	147.25	98.32	48.93	15,724
DODGE	Large MPV 2.4LL4 DOHC 16 V	1274	212.77	145.49	67.28	25,935
FORD	compact-midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	9101	130.49	122.42	8.07	22,222
FORD	Large MPV 2L 4I ND 16 V	7960	171.02	137.38	33.64	81,035
FORD	Large MPV 3.5L V6 DOHC	1293	217.35	174.21	43.14	16,878
HONDA	Midsize MPV 2.4L 4I DOHC 16 V	1660	149.53	132.40	17.13	8,605
HONDA	Large MPV 1.8L 4I SOHC 16 V	1013	137.34	109.18	28.16	8,632
HYUNDAI	Subcompact 1.2L 4i DOHC 8-16 V	17653	120.90	106.22	14.68	78,418
HYUNDAI	SMALL MPV 2.0L 4I SOHC/DOHC 16 V	5052	159.44	125.35	34.08	52,103
KIA	Subcompact 1.2L 4I DOHC 8-16 V	25134	105.71	99.17	6.54	49,718
KIA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	9221	162.50	146.62	15.89	44,324
KIA	compact 1.6L 4I DOHC 16 V	3595	129.22	121.29	7.93	8,624
MAZDA	compact 2.0L 4I DOHC 16 V	9501	129.72	123.20	6.52	18,753
MAZDA	Subcompact 1.5L 4I ND 16 V	7469	117.53	105.34	12.19	27,546
MAZDA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	4597	150.13	115.70	34.43	47,892

MERCEDES BENZ	Midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	990	141.91	133.24	8.67	2,598
NISSAN	Subcompact 1.6L 4I SOHC 8V	11396	135.89	109.83	26.05	89,843
NISSAN	Large MPV 2.5L 4I DOHC 16 V	4961	244.72	131.09	113.63	170,568
NISSAN	SMALL MPV 2.5L 4I DOHC	4650	154.31	120.65	33.66	47,367
RENAULT	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	41624	147.56	120.85	26.71	336,402
RENAULT	Large MPV 2.5 4I DOHC 16V	25934	171.61	120.17	51.43	403,583
RENAULT	VAN 1.6 4I DOHC 16V	1934	205.15	142.74	62.41	36,525
RENAULT	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16V	1073	206.68	137.85	68.83	22,347
SUZUKI	Midsize 1.4 4I DOHC 16V	3821	171.48	138.69	32.79	37,907
SUZUKI	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	3681	114.57	103.73	10.84	12,070
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	1436	284.67	128.74	155.93	67,752
TOYOTA	Large MPV 4.0L V6 DOHC 24 V	922	221.16	115.70	105.46	29,420
VOLKSWAGEN	Subcompact 1.6L 4I DOHC 16 V	2658	61.15	60.99	0.16	126
VOLKSWAGEN	Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v	2295	155.69	145.53	10.16	7,057
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	1101	137.34	121.98	15.37	5,119
VOLKSWAGEN	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	922	153.34	139.47	13.87	3,870

2024						
Fabricante	Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisión antes de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisión después de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO ₂ /km)	Emisiones mitigadas por vehículo diferencia (gCO ₂ /km)	Ton CO ₂ mitigadas para este tipo de vehículo
CHERY	Midsize 1.6L 4I DOHC 16V	1068	144.58	113.48	31.10	10,051
CHEVROLET	Midsize 1.6L 4I DOHC/SOHC - compact 1.4L 4I DOHC 16 V	29268	123.64	97.62	26.01	230,379

CHEVROLET	Subcompact 1.8 4I SOHC/DOHC 8V-16V	37723	123.75	101.08	22.66	258,687
CHEVROLET	Large MPV 1.8L 4I DOHC 16 V	13729	146.83	116.80	30.03	124,736
CHEVROLET	LARGE PICK UP 2.5L 4I DOHC 16V	2785	259.60	175.47	84.13	70,897
CHEVROLET	VAN 1.2 4I DOHC 16V	4499	160.70	123.66	37.04	50,427
CHEVROLET	Auto compacto o mediano V6 SOHC/DOHC 4v	1177	144.58	96.53	48.05	17,113
DODGE	Large MPV 2.4LL4 DOHC 16 V	1412	208.92	132.52	76.41	32,645
FORD	compact-midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	10085	128.13	114.41	13.71	41,850
FORD	Large MPV 2L 4I ND 16 V	8821	167.93	121.00	46.93	125,253
FORD	Large MPV 3.5L V6 DOHC	1433	213.41	171.05	42.36	18,369
HONDA	Midsize MPV 2.4L 4I DOHC 16 V	1840	146.83	117.67	29.15	16,232
HONDA	Large MPV 1.8L 4I SOHC 16 V	1123	134.86	105.35	29.51	10,027
HYUNDAI	Subcompact 1.2L 4i DOHC 8-16 V	19562	118.71	95.30	23.41	138,590
HYUNDAI	SMALL MPV 2.0L 4I SOHC/DOHC 16 V	5599	156.55	123.08	33.48	56,715
KIA	Subcompact 1.2L 4I DOHC 8-16 V	27854	103.80	97.02	6.77	57,096
KIA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	10219	159.56	119.59	39.97	123,599
KIA	compact 1.6L 4I DOHC 16 V	3984	126.88	104.18	22.70	27,361
MAZDA	compact 2.0L 4I DOHC 16 V	10529	127.38	104.42	22.96	73,136
MAZDA	Subcompact 1.5L 4I ND 16 V	8277	115.41	101.40	14.01	35,078
MAZDA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	5095	147.42	115.67	31.75	48,949
MERCEDES BENZ	Midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	1097	139.35	121.56	17.78	5,903
NISSAN	Subcompact 1.6L 4I SOHC 8V	12629	133.43	98.30	35.13	134,257
NISSAN	Large MPV 2.5L 4I DOHC 16 V	5497	240.29	117.34	122.95	204,497
NISSAN	SMALL MPV 2.5L 4I DOHC	5153	151.52	118.46	33.06	51,555
RENAULT	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	46127	144.89	104.89	40.01	558,411
RENAULT	Large MPV 2.5 4I DOHC 16V	28740	168.50	117.94	50.56	439,672
RENAULT	VAN 1.6 4I DOHC 16V	2143	201.44	140.15	61.30	39,747

RENAULT	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16V	1189	202.94	135.34	67.59	24,319
SUZUKI	Midsize 1.4 4I DOHC 16V	4235	168.38	125.64	42.74	54,767
SUZUKI	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	4080	112.50	96.10	16.39	20,240
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	1591	279.52	112.83	166.69	80,247
TOYOTA	Large MPV 4.0L V6 DOHC 24 V	1021	217.15	113.55	103.61	32,008
VOLKSWAGEN	Subcompact 1.6L 4I DOHC 16 V	2946	60.04	56.32	3.73	3,324
VOLKSWAGEN	Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v	2544	152.87	135.13	17.75	13,661
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	1220	134.86	119.77	15.09	5,570
VOLKSWAGEN	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	1021	150.57	110.32	40.25	12,433

2025						
Fabricante	Tipo de vehículo	Cantidad de vehículos	Emisión antes de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO2/km)	Emisión después de la aplicación de paquetes tecnológicos (gCO2/km)	Emisiones mitigadas por vehículo diferencia (gCO2/km)	Ton CO2 mitigadas para este tipo de vehículo
CHERY	Midsize 1.6L 4I DOHC 16V	1189	141.97	105.05	36.92	13,281
CHEVROLET	Midsize 1.6L 4I DOHC/SOHC - compact 1.4L 4I DOHC 16 V	32599	121.40	86.27	35.13	346,541
CHEVROLET	Subcompact 1.8 4I SOHC/DOHC 8V-16V	42016	121.51	94.25	27.25	346,493
CHEVROLET	Large MPV 1.8L 4I DOHC 16 V	15291	144.17	112.37	31.80	147,123
CHEVROLET	LARGE PICK UP 2.5L 4I DOHC 16V	3102	254.91	172.27	82.63	77,561
CHEVROLET	VAN 1.2 4I DOHC 16V	5011	157.79	121.41	36.38	55,162
CHEVROLET	Auto compacto o mediano V6 SOHC/DOHC 4v	1310	141.97	89.40	52.57	20,837
DODGE	Large MPV 2.4LL4 DOHC 16 V	1572	205.14	123.21	81.93	38,973
FORD	compact-midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	11233	125.81	101.54	24.27	82,491
FORD	Large MPV 2L 4I ND 16 V	9825	164.89	116.07	48.82	145,143
FORD	Large MPV 3.5L V6 DOHC	1596	209.55	164.17	45.39	21,918

HONDA	Midsize MPV 2.4L 4I DOHC 16 V	2050	144.17	104.91	39.27	24,357
HONDA	Large MPV 1.8L 4I SOHC 16 V	1251	132.42	103.42	28.99	10,975
HYUNDAI	Subcompact 1.2L 4i DOHC 8-16 V	21789	116.57	87.42	29.15	192,172
HYUNDAI	SMALL MPV 2.0L 4I SOHC/DOHC 16 V	6236	153.72	116.74	36.98	69,785
KIA	Subcompact 1.2L 4I DOHC 8-16 V	31024	101.92	87.63	14.29	134,182
KIA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	11382	156.68	114.42	42.26	145,535
KIA	compact 1.6L 4I DOHC 16 V	4438	124.59	100.79	23.79	31,951
MAZDA	compact 2.0L 4I DOHC 16 V	11728	125.07	98.37	26.70	94,754
MAZDA	Subcompact 1.5L 4I ND 16 V	9220	113.32	86.48	26.83	74,864
MAZDA	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16 V	5675	144.75	113.57	31.19	53,550
MERCEDES BENZ	Midsize 1.6L 4I DOHC 16 V	1222	136.83	112.83	23.99	8,872
NISSAN	Subcompact 1.6L 4I SOHC 8V	14066	131.02	84.32	46.69	198,729
NISSAN	Large MPV 2.5L 4I DOHC 16 V	6123	235.94	117.72	118.22	219,034
NISSAN	SMALL MPV 2.5L 4I DOHC	5740	148.78	116.30	32.48	56,404
RENAULT	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	51377	142.27	92.44	49.83	774,684
RENAULT	Large MPV 2.5 4I DOHC 16V	32011	165.45	115.75	49.70	481,424
RENAULT	VAN 1.6 4I DOHC 16V	2387	197.80	137.60	60.20	43,480
RENAULT	Large MPV 2.0L 4I DOHC 16V	1324	199.27	132.88	66.38	26,595
SUZUKI	Midsize 1.4 4I DOHC 16V	4717	165.33	122.01	43.32	61,828
SUZUKI	Subcompact 1.0L 3I SOHC 12v	4544	110.46	82.31	28.15	38,702
TOYOTA	SUV grande V6 DOHC 4v	1772	274.46	100.39	174.07	93,335
TOYOTA	Large MPV 4.0L V6 DOHC 24 V	1138	213.23	111.43	101.79	35,051
VOLKSWAGEN	Subcompact 1.6L 4I DOHC 16 V	3281	58.96	55.30	3.66	3,635
VOLKSWAGEN	Auto compacto V6 SOHC/DOHC 4v	2833	150.11	121.81	28.29	24,252
VOLKSWAGEN	Auto compacto SOHC/DOHC 4v	1358	132.42	105.51	26.91	11,058
VOLKSWAGEN	SUV mediana I4 SOHC/DOHC 4v con alimentación turbo	1138	147.85	108.31	39.54	13,615