

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY



ESCUELA DE GOBIERNO Y TRANSFORMACION PÚBLICA

PROSPECTIVA DE VEHÍCULOS ALTERNATIVOS EN MÉXICO AL 2040

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE:**

MAESTRO EN PROSPECTIVA ESTRATÉGICA

POR:

ANTONIO SEBASTIAN VILLARREAL

MONTERREY, N.L.

MAYO 2018

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

ESCUELA DE GOBIERNO Y TRANSFORMACIÓN PÚBLICA

Los miembros del comité de tesina recomendamos que el presente proyecto de tesis presentado por el LICENCIADO ANTONIO SEBASTIAN VILLARREAL sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN PROSPECTIVA ESTRATEGICA

Comité de Tesina:

Dr. Edmundo Molina Pérez

Asesor

Dr. Luis Alberto Serra
Barragán

Sinodal

Dr. Zeus Hiram Zamora
Guevara

Sinodal

Resumen

La investigación está enfocada en la participación de mercado de las plataformas vehiculares alternativas al 2040 en México. Se modela la adopción vehicular de los automóviles eléctricos (BEV), Híbridos (PHEV, HEV) y Combustión interna (CIV) usando una base de datos, la cual tienen un tope de gama de 35,000 dólares para todas las plataformas vehiculares. La base de datos contiene 178 vehículos del 2018 de las tres plataformas para vehículos ligeros, se dejó de lado los vehículos de transporte público, empresarial, de carga, y de gobierno. El modelo se enfoca en la percepción de cada plataforma en función del precio de la tecnología, el rango operacional, la cantidad de CO₂ por plataforma y la eficiencia de combustible. Se combinaron escenarios de política en relación con la infraestructura e incentivos fiscales para la adopción de vehículos alternativos. La metodología utilizada es RDM, la cual hace referencia a la incertidumbre profunda y combina el modelo realizado con las diferentes probabilidades y escenarios de política bajo un modelo de análisis exploratorio, los resultados están en función de la penetración de mercado al año 2040 y la reducción de CO₂ en relación con la participación de mercado de los vehículos alternativos. Los resultados obtenidos muestran que la variable referente del GDP per cápita eléctrica tiene un efecto positivo en la adopción de los vehículos eléctricos (BEV), sin embargo, las variables relacionadas con el precio de la electricidad y de la gasolina, aumenta la adopción de vehículos híbridos (HEV, PHEV). Además, los resultados muestran que el escenario de política que genera mayor adopción de vehículos alternativos es la que aumenta la infraestructura de los puntos de carga con un aumento de los incentivos fiscales hasta un 30% con respecto al valor de los vehículos alternativos en 10 años con decremento controlado de 3%.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN | 9 |
| MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN..... | 9 |
| ALCANCES | 13 |
| PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN..... | 14 |
| CAPITULO 2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA | 15 |
| ANTECEDENTES..... | 15 |
| PARTICIPACIÓN DE MERCADO | 16 |
| POLÍTICAS..... | 19 |
| CONSUMIDORES | 21 |
| CAPITULO 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 26 |
| BASE DE DATOS..... | 26 |
| DINAMICA DE SISTEMAS | 27 |
| <i>DESCRIPCIÓN DEL MODELO</i> | 28 |
| ROBUST DECISION MAKING(RDM)..... | 30 |
| CAPITULO 4 ANALISIS | 33 |
| INCERTIDUMBRES..... | 33 |
| <i>GDP Per Cápita</i> | 34 |
| <i>Precio Combustible Gasolina</i> | 36 |
| <i>Precio Electricidad</i> | 38 |
| ANÁLISIS DE POLÍTICAS | 40 |
| METRICAS | 43 |
| CAPITULO 5 CONCLUSIONES | 45 |
| CONCLUSIONES | 45 |
| HALLAZGOS | 46 |
| Bibliografía | 47 |
| Anexos | 50 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 (IPCC, 2014) Evolución de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero..... | 9 |
| Figura 2 (IPCC, 2014)Emisión de Gases totales anuales antropogénicos | 10 |
| Figura 3(Agency, Gloval EV Outlook , 2017))Mercado de vehículos ligeros por tecnología al 2015. | 12 |
| Figura 4 EIA. (2016), valores en 1000bbbl/d | 12 |
| Figura 5 (Virginia, 2018)(CONAPO)Estimaciones de crecimiento poblacional para ambos países. | 13 |
| Figura 6 (Energy U. D., 2015) Beneficios de los automóviles de propulsión eléctrica. | 16 |
| Figura 7 (Agency, Gloval EV Outlook , 2017)Participación de Mercado de autos eléctricos (BEV & PHEV) | 16 |
| Figura 8 (OECD/IEA, 2017) Ventas de vehículos ligeros(LDV) en México en función de sus emisiones CO2 ... | 17 |
| Figura 9 (Públicas, 2017) Principales componentes del precio de las gasolinas | 23 |
| Figura 10 (Agency, Gloval EV Outlook , 2017) Evolución del costo de la batería eléctrica | 24 |
| Figura 11 Diagrama de la relación de variables en un sistema dinámico..... | 28 |
| Figura 12 Diagrama de bloque, descripción del modelo. | 29 |
| Figura 13 Estructura RDM | 31 |
| Figura 14 Vehículos Eléctricos, GDP per Cápita en dólares | 35 |
| Figura 15 GDP per Cápita en dólares..... | 36 |
| Figura 16 Datos en función de la variabilidad del precio de la gasolina(dólares) | 37 |
| Figura 17 Datos en función de la variabilidad del precio de la gasolina(dólares) | 38 |
| Figura 18 Variabilidad del precio de electricidad(dólares) | 39 |
| Figura 19 Participación de mercado de ambas plataformas con 1000 experimentos de cada variable (3) de incertidumbre..... | 41 |
| Figura 20 Participación de mercado de ambas con la política de infraestructura | 42 |
| Figura 21 Participación de mercado de las plataformas alternativas con relación a la política 2..... | 42 |
| Figura 22 De la izquierdo política base, lado derecho política de infraestructura. | 44 |
| Figura 23 CO2 relacionada con la política 2 | 44 |

TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 (John Paul Helveston, 2015) Tecnologías de Combustible de Vehículos Alternativos | 14 |
| Tabla 2 Atributos de plataformas vehiculares..... | 27 |
| Tabla 3 Matriz XLRM..... | 33 |

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Las situaciones meteorológicas de los últimos años han permitido observar y obtener datos de temperaturas anormales, con respecto al lugar de origen¹. Esto representa una llamada de atención para la sociedad, la cual, a través de sus líderes y tomadores de decisiones han realizado políticas que ayudan a mitigar el cambio climático y calentamiento global. Sin embargo, estas medidas no han sido aceptadas por algunos países², lo que ha generado una profunda duda relacionada con el resultado de los programas que se han realizado.

Un factor importante que incide en el medio ambiente es el consumismo desmedido de la sociedad; actualmente vivimos en una sociedad en la cual se opta por tener siempre lo último en moda, tecnología, diversión, etc., lo que ha generado que las industrias estén preocupadas por satisfacer la demanda actual. La región de América del Norte (Estados Unidos de América, Canadá, Estados Unidos Mexicanos) se ha caracterizado en los últimos años por un libre mercado, donde la interacción de bienes y servicios repercute en la mejora tanto económica como tecnológica para los países participantes, pero también crea problemas de contaminación en el medio ambiente. Particularmente, la emisión de gases de efecto invernadero (GHG³) ha aumentado a lo largo del tiempo como se observa en la figura 1. Si bien los GHG se componen de varios tipos de gases, el de mayor relevancia es el CO₂, cuyas emisiones han crecido de forma drástica desde 1960. Aunque existen diversos factores que causan el aumento de los GHG, está comprobado que la mayor cantidad de estos gases son producto de factores antropogénicos (figura 2).

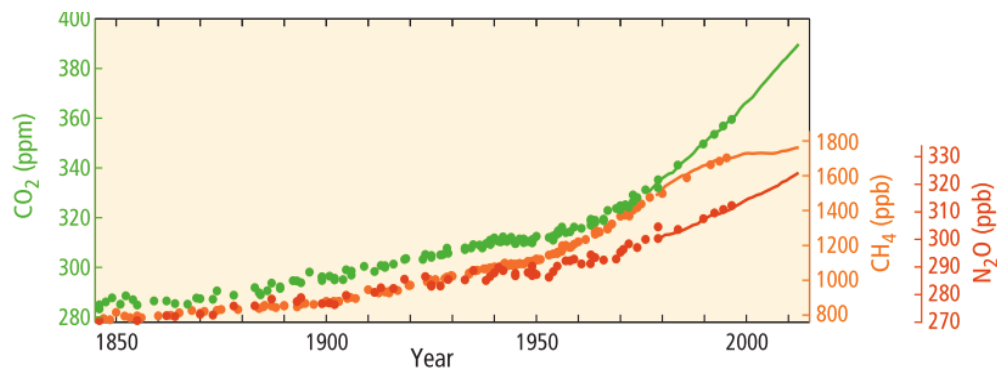


Figura 1 (IPCC, 2014) Evolución de la concentración atmosférica de los gases de efecto invernadero

¹ https://elpais.com/internacional/2017/12/27/estados_unidos/1514407970_177292.html

² <http://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40124921>

³ Siglas en Inglés Gases de efecto invernadero

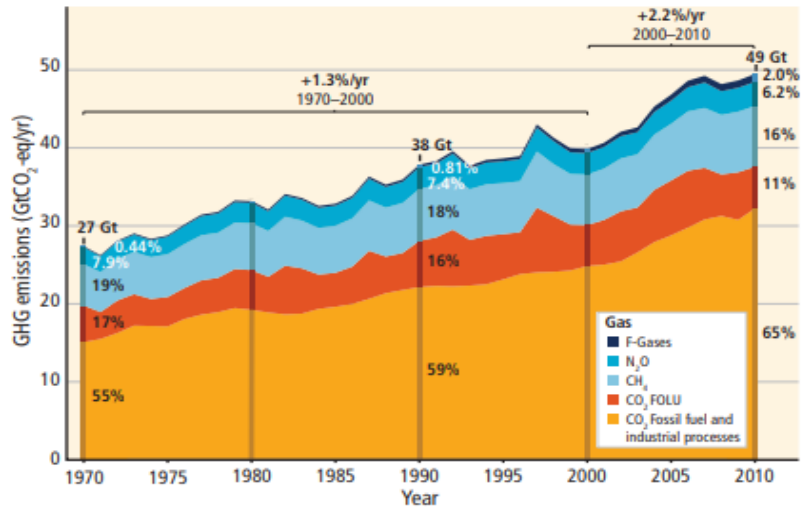


Figura 2 (IPCC, 2014) Emisión de Gases totales anuales antropogénicos

De acuerdo con la figura 2, el incremento porcentual de las emisiones GHG cambia .9% tan solo en 10 años, comparándolo con los años de 1970 al 2000, además, podemos observar que el gas que afecta en mayor medida y constantemente es el CO₂.

México es uno de los países con más emisiones de CO₂ en América Latina⁴, dos de los factores que generan la mayor cantidad de estas emisiones están relacionadas con el transporte y la generación de energía, estos factores representaban al 2014 el 67.1% del total de emisiones de CO₂, los otros elementos que los complementan son: manufactura y construcción con un 13.4%, la industria energética con un 12.1%, hogares con un 4.2% y los servicios públicos y la agricultura con 3.2% (Agency, 2017). Hasta el 2015 se tenían estimaciones de 156,000⁵ giga gramos de CO₂, solamente para el sector automotriz. Específicamente, el sector de transporte automotriz en México tiene una representación de 42,932,667 millones de vehículos, de los cuales 29,591,796 millones son particulares, 633, 637 pertenecen al sector público, 373,490 pertenecientes a sector de camiones para pasajeros y 10,936,970 millones del sector de camionetas y camiones para carga, esto al mes de febrero del 2018⁶. Además, el porcentaje de emisiones de CO₂ en México con relación al tipo de combustible(Petróleo) era de 57.4% mientras que el gas natural era de 31.4 al 2014 (Agency, 2017). Debido a esto, un tema que ayudaría a reducir las emisiones de CO₂ es la adopción de vehículos alternativos.

Aunque, el sector de ventas de la industria automotriz en México está en constante crecimiento, la participación de mercado de los automóviles alternativos es muy pequeña, en comparación con los vehículos de combustión interna (Figura 3). Además, se aprecia que menos del 1% de la participación de mercado

⁴ <https://www.eleconomista.com.mx/politica/Mexico-de-los-paises-en-AL-con-mas-emisiones-de-CO2-20160519-0128.html>

⁵ Dato obtenido del instituto nacional de ecología y cambio climático. Emisiones de CO₂ equivalentes.

⁶ Datos obtenidos de la página del INEGI

engloba los vehículos alternativos⁷ en México, esto se debe, entre otras causas a; la falta de incentivos fiscales para la adquisición de la tecnología vehicular, el costo de los vehículos alternativos, la falta de infraestructura, la falta de innovación tecnológica, entre otras. México no es un país que desarrolle tecnología de vehículos, por lo que depende de países desarrollados para poder acceder a este tipo de mercado.

Por otro lado, se debe visualizar que situaciones pueden incidir en el comportamiento de la adopción de vehículos alternativos. Un asunto importante, es la prohibición de algunos países para la venta de los automóviles que solamente utilicen motores de combustión interna⁸. Esto genera incertidumbre debido a los efectos que puede desencadenar, por un lado, los vehículos de combustión interna podrían venderse en los países en desarrollo a un costo bajo y minimizar la adopción de vehículos alternativos, y por otro, las industrias automotrices podrían bajar sus costos de los vehículos alternativos, haciéndolos más accesibles para la población.

Otros factores que pueden ser determinantes en la adopción de vehículos alternativos son la población y el GDP per cápita. (Defence, 2014) estima que la población mundial crecerá entre 8.3 y 10.4 billones para el 2045. Con estas proyecciones se vislumbra un panorama de crecimiento en la demanda de consumo de energía. Lo que generara un costo para el sector de generación, transporte y almacenamiento, incrementando posiblemente el precio de la electricidad. Por otro lado, la generación de electricidad por medio de energías renovables crea la posibilidad de que el costo de la electricidad tenga un decremento.

El crecimiento poblacional de México y Estados Unidos, desde el punto de vista de vehículos alternativos, creara un mercado potencial, siendo los Estados Unidos el principal referente de adopción, esto es debido a que la innovación tecnológica que existe en ese país está directamente relacionada con la oferta que pueda existir en México. Concretamente está relacionado con la innovación que tengan las baterías en las cuales la compañía tesla es pionera. Esto significa que una de las principales razones para la lentitud de la oferta es el costo de los vehículos ya que representa un inicio de gama muy superior a los vehículos de combustión interna.

⁷ Para fines de esta investigación, el termino vehículos alternativos hace referencia a las tecnologías híbrida y eléctrica.

⁸ <http://cnnespanol.cnn.com/2017/08/22/angela-merkel-alemania-quiere-prohibir-los-vehiculos-que-usan-gasolina-y-diesel/>

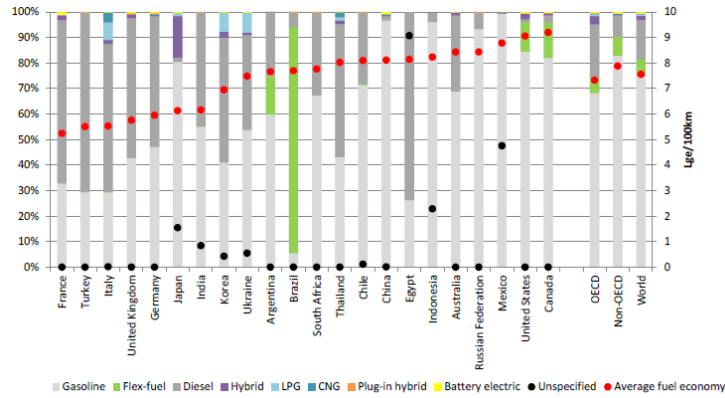


Figura 3 (Agency, Gloval EV Outlook , 2017))Mercado de vehículos ligeros por tecnología al 2015.

Además, el GDP per cápita es un variable que incide para la adquisición de vehículos alternativos, debido que un incremento o decremento significa optar por un vehículo que mejore el medio ambiente o preferir el precio y conservar la tecnología dominante. Sin embargo, no se puede generalizar que la adopción de los vehículos alternativos este directamente relacionado con el GDP per cápita, ya que depende de otros factores sociales y culturales.

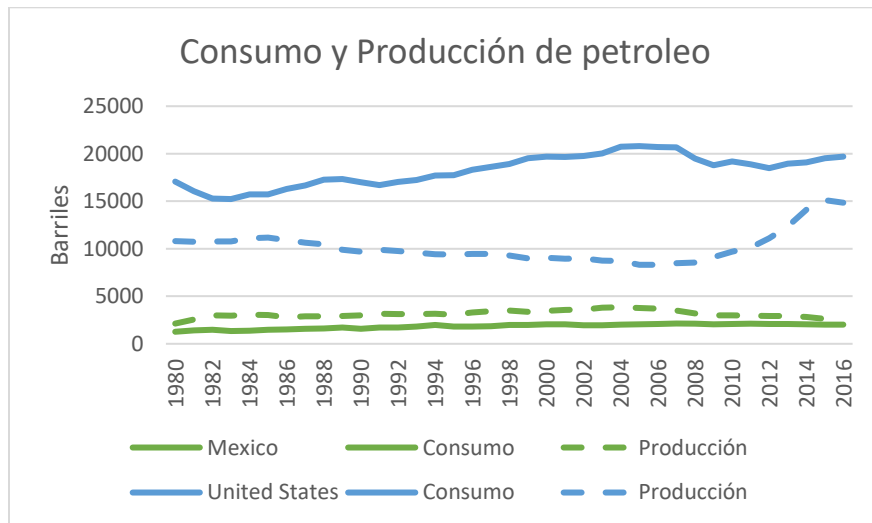


Figura 4 EIA. (2016), valores en 1000bbl/d

El motivo de tomar en cuenta a Estados Unidos está fundamentado en el estudio de (Molina, 2011) sobre la adopción de tecnologías alternativas para vehículos desde el punto de vista de los países, emergentes y avanzados. La investigación de (Molina, 2011) establece una relación causal entre el desarrollo tecnológico de los países avanzados y como el retraso de la difusión de la tecnología creo nichos de mercado en los países emergentes. Otros factores que (Molina, 2011) desarrolla en el modelo para entender la relación causal en la adopción de vehículos alternativos son: el método de boca en boca, la relación del gusto por el vehículo

alternativo, el compartir la experiencia con otras personas con relación a las tecnologías vehiculares, factores de economía de escala, infraestructura de combustible, entre otros.

Debido a la relación causal de los países emergentes y avanzados, es importante el tema de la producción de petróleo (Figura 4) y crecimiento poblacional (Figura 5) de Estados Unidos. Si seguimos las tendencias anteriormente mencionadas, Estados Unidos será un país de casi 400,000,000 millones de personas, por lo que la demanda de bienes y servicios crecerá, por lo cual, la relación desde el punto de vista de la adopción de vehículos de tecnología alternativa será un gran aporte para la reducción de CO₂.

Sin embargo, abarcar la adopción de las tecnologías alternativas en ambos países es muy amplio, por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es analizar la participación de mercado de los vehículos alternativos al 2040 en México. Es necesario señalar que no se busca predecir o pronosticar, solo tener una visión amplia y extensa de los factores que pueden acelerar la adopción de estas tecnologías.

En el siguiente capítulo se expondrá un análisis literario con varios factores que se tomarán en cuenta para la realización del estudio. Además, se tendrá un marco de referencia de donde está México en cuestión de política pública para su adopción y quiénes son sus actores.

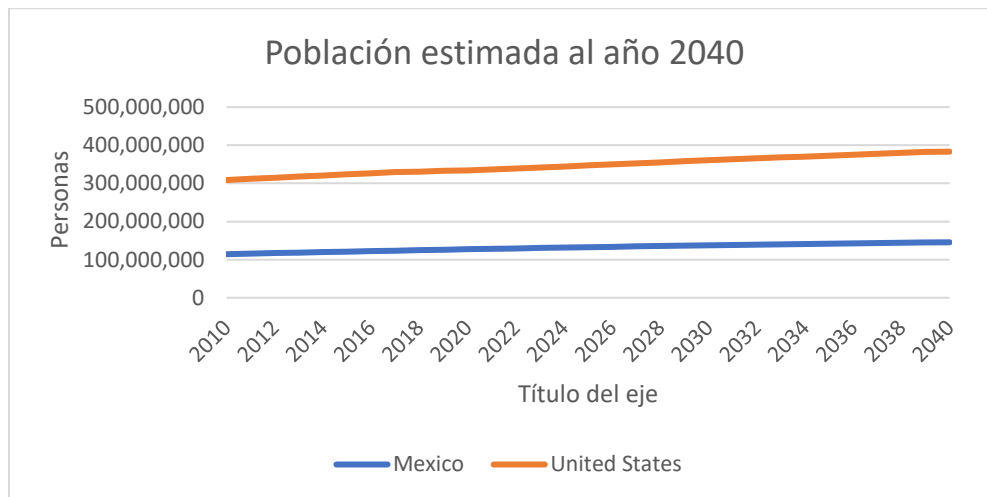


Figura 5 (Virginia, 2018)(CONAPO)Estimaciones de crecimiento poblacional para ambos países.

ALCANCES

Debido a que el análisis de los vehículos alternativos puede ser muy extenso, este estudio se centrará en los vehículos eléctricos, híbridos y Plug-in Híbridos (Tabla 1) además de los autos normales de combustión interna y solamente se tomarán en cuenta cierta clase de vehículos como: sedanes, wagons y SUVs(vehículos ligeros). Considerando que el precio de ciertos automóviles establecidos como lujosos no están al alcance de la población, se estableció el tope de gama de todos los vehículos analizados en este estudio en \$35,000.00

dólares debido a que es el valor de referencia del modelo tesla 3⁹, el cual es referente en el tema de vehículos eléctricos. Esto se explicará con mayor detalle en el capítulo 3, donde se describe la metodología utilizada en la investigación para la creación de la base de datos usada en el análisis.

El estudio está enfocado directamente en la participación de mercado de los vehículos alternativos particulares, no se abordarán temas de transporte público como el uso de autobuses ecológicos ya sean híbridos o eléctricos. Además, otros temas que no se tocan están relacionados con el costo de la infraestructura y las emisiones de CO2 relacionadas con el costo de la electricidad en función de los vehículos alternativos.

Dado que el modelo de (Molina, 2011) es muy amplio, se optó por un solo modelo referente a la adopción del país emergente, en este caso México, con lo cual algunas variables se tomarán como parámetros, pero esto se explicará en el capítulo 3 con más profundidad.

| Categoría | Combustible | Tecnología |
|------------------|---|---|
| Base de petróleo | Gasolina y Diesel | Vehículo de combustión interna |
| Híbridos | Gasolina y rango de autonomía eléctrica por medio de baterías hasta 75km. | Hybrid Electric Vehicle (HEV) Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) |
| Eléctricos | De 76 km en adelante. Motor eléctrico y batería de larga duración. | Vehículo Batería eléctrica (BEV) |

Tabla 1 (John Paul Helveston, 2015) Tecnologías de Combustible de Vehículos Alternativos

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo de esta investigación es analizar la transición de vehículos alternativos en México al 2040, por lo que el desarrollo de este trabajo está basado en las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es el potencial de la participación de mercado de los vehículos alternativos en México al 2040?
2. ¿Qué factores son más determinantes en el proceso de difusión de las tecnologías alternativas?
3. ¿Qué alternativas de política existen que puedan acelerar la difusión de esta tecnología?
4. ¿Cuál sería el efecto de la adopción de los vehículos alternativos con respecto a la mitigación del CO2 en el sector de automovilístico privado?

⁹ Dato obtenido de la página oficial de tesla México. https://www.tesla.com/es_MX/model3

CAPITULO 2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se explicará cual es la situación de los vehículos alternativos en México. Se contextualizará su historia y su funcionamiento además de como repercuten en el medio ambiente. Por otro lado, se explicará la participación de mercado de los vehículos alternativos y su relación con las políticas y actores en la adopción de la tecnología. Además, se presentarán breves comentarios acerca de la literatura existente relacionada con la adopción de vehículos alternativos en otros países y la comparación de diferentes enfoques.

ANTECEDENTES

Lo automóviles surgen a finales del siglo XIX, donde se empezaron a construir los primeros autos eléctricos para una flota de taxis en diferentes ciudades importantes de ese tiempo: Londres, New York, Paris (Gélves, Mojica, Kaul, & Isla, 2016). Sin embargo, las mejores ventas de estos automóviles eléctricos fueron en 1912 con aproximadamente 30,000 unidades (Høyer, 2008), al mismo tiempo que se fabrican los automóviles de combustión interna. Aunque, frente a la fabricación en masa de automóviles de combustión interna y su falta de alcance de recorrido, velocidad y tiempo de carga, los vehículos eléctricos fueron dejados a un lado por los consumidores finales. Sin embargo, fueron puestos nuevamente en la vitrina debido a la problemática del calentamiento global y el temor del cambio climático. Principalmente a finales del siglo XX y frente al temor del cambio climático, muchas armadoras empezaron a desarrollar la tecnología de autos híbridos, siendo Estados Unidos y Japón los principales exponentes de estas tecnologías.

A continuación, se explicará de manera breve en qué consisten las tecnologías en las cuales se basará esta investigación. Aunque existen varios tipos de automóviles alternativos, para esta investigación se segmentaran en 3 tipos según (Gélves, Mojica, Kaul, & Isla, 2016) los cuales son:

1. Vehículos Híbridos Eléctricos(HEVs): este tipo de vehículos combinan un motor de combustión interna con un motor eléctrico, además del sistema eléctrico y batería. En el cual la energía cinética se transforma en electricidad y ayuda a cargar la batería.
2. Vehículos Híbridos Eléctricos Enchufables(PHEVs): Estos necesitan de carga, ya sea en la casa o en lugares donde se puedan cargar, una vez terminada la carga entra el motor de combustión interna.
3. Vehículos Eléctricos de Batería pura(BEVs): Su propulsión es eléctrica, cuentan con una batería y los rangos de desplazamiento depende de la capacidad de la batería. También se cargan en la casa o en algún lugar que tenga infraestructura eléctrica(Electrolineras), con la ventaja de obtener 0 emisiones de CO₂.

Sin embargo, ¿Cuáles los beneficios que tienen este tipo de vehículos con tecnología alternativa? Como se puede apreciar en la figura 6, las cuatro categorías en las que presentan beneficios son el ahorro de

combustible, la reducción de la emisión de gases (CO₂), el ahorro en el costo de combustible y la flexibilidad en el abastecimiento de combustible.





| Beneficios | Vehículos eléctricos híbridos | Vehículos eléctricos híbridos enchufables | Vehículos totalmente eléctricos |
|--|---|--|---|
| Ahorro de combustible  | Mejor que los vehículos convencionales similares El ahorro de combustible al conducir un Honda Civic Híbrido, en comparación con un Civic convencional, es de aproximadamente 36 % en ciudad y 11 % en carretera. | Mejor que los HEV y vehículos convencionales similares La mayoría de los PHEV alcanza tasas combinadas de ahorro de combustible de más de 144 kilómetros por galón de gasolina equivalente*. | Mejor que los HEV y vehículos convencionales similares La mayoría de los EV alcanza tasas de ahorro de combustible de más de 160 kilómetros por galón de gasolina equivalente*. |
| Reducción de la emisión de gases  | Menos emisión que los vehículos convencionales similares La emisión de los HEV varía según el vehículo y el tipo de sistema de alimentación híbrida. Los HEV suelen utilizarse para compensar la emisión de gases de las flotas, a fin de cumplir las normas federales y las estrategias locales de mejora de la calidad del aire. | Menos emisión que los HEV y vehículos convencionales similares Los PHEV no emiten gases de escape cuando funcionan en el modo totalmente eléctrico. Las emisiones durante el ciclo de vida dependen de las fuentes de electricidad, que varían de región a región. | Cero emisión de gases de escape Los EV no emiten gases de escape. Las emisiones durante el ciclo de vida dependen de las fuentes de electricidad, que varían de región a región. La reducción de la emisión de gases es sustancial en la mayoría de las regiones de los Estados Unidos. |
| Ahorro en el costo de combustible  | Funcionamiento más económico que el de un vehículo convencional El ahorro en el costo de combustible de los HEV varía de acuerdo con el modelo de vehículo y el tipo de sistema de alimentación híbrida. Para muchos modelos de HEV, el ahorro anual en el costo de combustible varía entre USD 400 y USD 1000 en relación con sus equivalentes convencionales. | Funcionamiento más económico que el de un HEV o un vehículo convencional En el modo totalmente eléctrico, los costos de combustible de los PHEV pueden variar entre USD 0,012 y USD 0,025 por kilómetro. Solo con gasolina, los costos varían entre USD 0,03 y USD 0,06 por kilómetro. Para los sedanes convencionales, los costos varían, aproximadamente, entre USD 0,06 y USD 0,09 por kilómetro. | Funcionamiento más económico que los vehículos convencionales Los EV funcionan solo con electricidad. Los costos de combustible para un EV típico varían entre USD 0,012 y USD 0,025 por kilómetro. |
| Flexibilidad en el abastecimiento de combustible  | Se pueden abastecer en las gasolineras | Se pueden abastecer en las gasolineras y se pueden cargar en el hogar, en las estaciones públicas de carga y en algunos lugares de trabajo | Se cargan en el hogar, en las estaciones públicas de carga y en algunos lugares de trabajo |

Figura 6 (Energy U. D., 2015) Beneficios de los automóviles de propulsión eléctrica.

PARTICIPACIÓN DE MERCADO

Hoy en día, en pleno siglo XXI siguen teniendo mayor número de ventas los vehículos de combustión interna, esto se debe a diferentes factores, entre los cuales destacan el precio, las políticas y algunas barreras económicas, sociales y tecnológicas.

Como podemos observar en la figura 7 el porcentaje de crecimiento en los automóviles BEH y PHEV es menor al 1% en México, esto tomando en cuenta que México entra en el apartado de “otros”. Esto nos habla de la falta de adopción de esta tecnología.

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Canada | | | | | | | | 0.15% | 0.20% | 0.29% | 0.39% | 0.59% |
| China | | | | | | 0.01% | 0.04% | 0.06% | 0.09% | 0.38% | 0.99% | 1.37% |
| France | | | | | | 0.01% | 0.13% | 0.34% | 0.55% | 0.72% | 1.22% | 1.46% |
| Germany | | | | | | 0.00% | 0.05% | 0.11% | 0.23% | 0.42% | 0.72% | 0.73% |
| India | | | | 0.02% | 0.01% | 0.01% | 0.02% | 0.05% | 0.01% | 0.02% | 0.04% | 0.02% |
| Japan | | | | | 0.03% | 0.06% | 0.35% | 0.53% | 0.63% | 0.68% | 0.58% | 0.59% |
| Korea | | | | | | | 0.02% | 0.04% | 0.05% | 0.09% | 0.21% | 0.34% |
| Netherlands | | | | | 0.01% | 0.02% | 0.16% | 1.02% | 5.38% | 3.89% | 9.74% | 6.39% |
| Norway | | | 0.01% | 0.22% | 0.15% | 0.31% | 1.33% | 3.27% | 6.00% | 13.71% | 23.63% | 28.76% |
| Sweden | | | | | | 0.00% | 0.05% | 0.31% | 0.53% | 1.44% | 2.37% | 3.41% |
| United Kingdom | 0.01% | 0.01% | 0.02% | 0.01% | 0.01% | 0.01% | 0.06% | 0.13% | 0.17% | 0.60% | 1.11% | 1.41% |
| United States | 0.01% | | | 0.01% | | 0.01% | 0.17% | 0.44% | 0.75% | 0.74% | 0.67% | 0.91% |
| Others | 0.01% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.04% | 0.06% | 0.10% | 0.21% | 0.38% | 0.52% |
| Total | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.01% | 0.01% | 0.01% | 0.10% | 0.23% | 0.38% | 0.54% | 0.85% | 1.10% |

Figura 7 (Agency, Gloval EV Outlook , 2017) Participación de Mercado de autos eléctricos (BEV & PHEV)

Sin embargo, existen algunos cálculos realizados por AMIA¹⁰ en la cual se resalta que durante el año 2017 se vendieron 10,512 vehículos alternativos, registrando un incremento de 27.3% en comparación con el año 2016. De estos, la Ciudad de México tiene la participación del 44.2%, Edo. De México 13.3%, Jalisco 7.6% y Nuevo León 5.9%. Sin embargo, como podemos apreciar en la figura 8, las ventas de vehículos en función a sus emisiones de CO2 siguen están altas, esto tiene sentido si lo comparamos con los porcentajes de la figura 7. Al 2015 menos del 10% del mercado en México está dirigido a vehículos que pudieran mejorar la eficiencia, dado que en la figura 8 la gráfica muestra los vehículos ligeros(LDV) podemos inferir que los vehículos alternativos, ya sean sedanes o Suv's no han tenido una gran participación. Por otro lado, en un análisis de mercado relacionando con los litros de gasolina equivalentes a 100 Km, el promedio de consumo de los años 2014 y 2015 es de 8.8 litros en México, pero al mismo tiempo los vehículos vendidos en los mismos años señalan un incremento en la participación de mercado de 17.8% de los vehículos de combustión interna (OECD/IEA, 2017). Por lo tanto, independientemente de la eficiencia que puedan tener los automóviles, las personas siguen prefiriendo los automóviles de combustión interna.

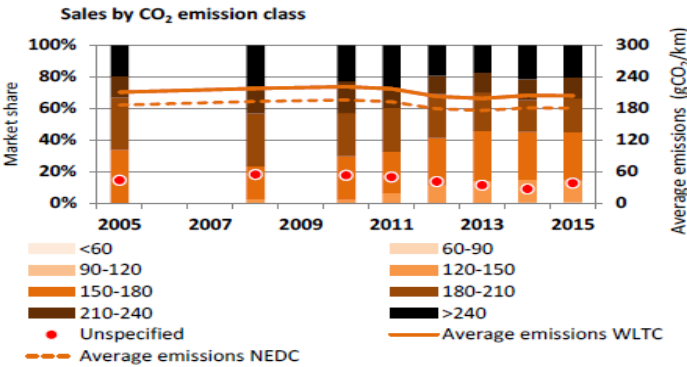


Figura 8 (OECD/IEA, 2017) Ventas de vehículos ligeros(LDV) en México en función de sus emisiones CO₂

Algunos estudios como el de (Shafiei, Thorkelsson, Ásgeirsson, Davidsdottir, & Raberto, 2012) señalan que la evolución del mercado de los vehículos alternativos será mayor siempre y cuando el precio de la gasolina suba y decrezca el precio de los vehículos eléctricos, sin embargo, debemos entender el contexto del estudio, el cual se realizó para el caso particular de Islandia, además, fue mediante escenarios en donde se simulo diferentes precios de gasolina, precios de los vehículos alternativos e impuestos sobre importación de vehículos alternativos. Pero entonces, ¿de qué depende que la participación de mercado sea mayor en este tipo de vehículos?

¹⁰ AMIA: Asociación Mexicana de la industria Automotriz

Existen varios factores que condicionan este tipo de adquisición por parte de los usuarios, dentro de ellas destacan el precio, la capacidad financiera de las personas, el número de estaciones de energía en el país para la carga de automóviles ya sea por super carga o carga normal, entre otra muchas.

En primer lugar, tenemos la tecnología, como se expuso anteriormente, el rango y la carga de la batería no son lo más optimas posibles dentro del mercado. Mientras el Prius C de Toyota(PHEV) da un rango de casi 800km con un tanque de gasolina de 35 litros y un costo de 315,000 pesos¹¹, Leaf de Nissan(BEV) cuesta casi 500,000 pesos con un rango de 200km¹².

En segundo lugar, tenemos la infraestructura que tengan los países, ya que dependiendo de esta infraestructura son los ciclos de retroalimentación de las baterías eléctricas. El crecimiento de lugares públicos de carga (lenta y rápida) para autos eléctricos en Estados Unidos es de 40,473 al 2016 en comparación con 375 que se obtuvieron en el 2007 (Agency, Gloval EV Outlook , 2017). Mientras en México no se tiene registros amplios, tan solo la Comisión Federal de Electricidad estableció que se cuenta con 900 lugares de carga en el país¹³.

Otro punto importante es el precio de los vehículos eléctricos. Como establece (Molina, 2011), el precio de los automóviles deberá tender a bajar debido a la investigación y desarrollo lo que generará que los costos bajen. En Estados Unidos podemos observar este cambio, si tomamos el modelo base de tesla con un valor aproximadamente de 75,000 dólares, su reducción de precio es considerable comparada con los 109,000 que costo en un principio el modelo de inicio de la marca, el cual era un Tesla Roadster.

Sin embargo, se espera que para el 2020 empiece una revolución la cual minimizara el costo de las baterías y el rango de estas¹⁴. Debido a esto, para el 2040 las ventas sean de alrededor de 40 millones de vehiculos eléctricos en todo el mundo. Por otro lado, se espera que para el 2040 el costo de los vehiculos eléctricos tenga un costo menor a 22,000 dólares, con lo cual sería mucho menor que el precio actual de los vehículos de combustión interna.

En el tema de la generación de infraestructura pública para la carga de los vehiculos alternativos, existen diferentes estimaciones, como (Agency, Gloval EV Outlook , 2017), en este informe se espera que china pase a tener .5 millones de puntos de carga publica para el 2020, además de que corea del sur pase a tener 3000 puntos de carga publica para el mismo año, incrementando 1600 punto de carga en tan solo 4 años.

¹¹ Dato obtenido de la página oficial de Toyota México

¹² Datos obtenidos de la página oficial de Nissan México

¹³ Dato obtenido de <https://www.forbes.com.mx/mexico-ya-tiene-900-centros-de-carga-para-autos-electricos/>

¹⁴ <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/informe-bloomberg-ano-2022-programada-revolucion-coche-electrico/20160227102415011165.html>

En el mismo artículo (Agency, Gloval EV Outlook , 2017), se dan algunos incentivos tanto fiscales como de infraestructura los cuales son determinantes para mejorar la participación de mercado de los vehículos alternativos. Algunos puntos establecen incentivos fiscales de 30% en instalación de cargadores para la casa, otros establecen la creación de fondos de 130 millones de euros para la infraestructura pública, concretamente en Suecia. En china se espera un subsidio fiscal para incrementar la infraestructura pública. Por otro lado, en otros países se espera un incremento del parque público para los vehículos alternativos.

POLÍTICAS

Teniendo en cuenta la participación de mercado antes descrita, debemos entender que tipos de políticas existen y cuáles pueden ser las modificaciones para maximizar el potencial de los vehículos alternativos. En México algunos incentivos para ayudar a la adopción de las tecnologías vehiculares tienen que ver con la exención de impuesto sobre automóviles nuevos (ISAN) y la tenencia vehicular (Esto depende de cada estado).

Algunas medidas son la exención de aranceles por la importación de automóviles eléctricos¹⁵. Además del incentivo fiscal compensado contra el pago del ISR para la instalación de infraestructura y centros de carga¹⁶. Según la ley de ingresos 2017 de la federación, en su artículo 16, inciso B, fracción primera en materia de exenciones:

“1. Se exime del pago del impuesto sobre automóviles nuevos que se cause a cargo de las personas físicas o morales que enajenen al público en general o que importen definitivamente en los términos de la Ley Aduanera, automóviles cuya propulsión sea a través de baterías eléctricas recargables, así como de aquéllos eléctricos que además cuenten con motor de combustión interna o con motor accionado por hidrógeno.”

Por otro lado, CFE da la opción de la instalación de una electrolinera. Esto es, la instalación de un segundo medidor exclusivamente para la carga de tu vehículo híbrido o eléctrico, esto ayuda a que tu demanda de electricidad se quede dentro de la tarifa 01 y no suba a doméstica de alto consumo. Dentro de esta electrolinera existen 3 tipos, dos de uso doméstico y uno público. Las de uso doméstico ofrecen distintos tipos de tiempo de carga, el primer tipo tarda alrededor de 12-14 horas para la carga total, mientras que la segunda 3-4 horas para la misma carga¹⁷. Sin embargo, no existe un crédito o una reducción del costo por la instalación de esta infraestructura en el hogar.

¹⁵ Dato obtenido de <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Autos-electricos-importados-no-pagaran-aranceles-20170203-0019.html>

¹⁶ Dato obtenido de <http://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=935993&md5=92b743f573837b4625bb2170ea236d3a&ta=0dfdba c11765226904c16cb9ad1b2efe>

¹⁷ <http://www.cfe.mx/productos/electrolineras/Pages/Electrolineras.aspx>

En cambio, Estados Unidos, quien actualmente está fuera del acuerdo de París, tiene un incentivo fiscal diferente. Además de los incentivos a nivel federal, cada estado tiene los propios, por lo que se complementa de manera óptima para la adquisición de este tipo de vehículos, el incentivo fiscal que más destaca es el siguiente¹⁸:

1. Se tiene un crédito fiscal de 2,500 a 7,500 dólares para automóviles que tienen propulsión por medio de baterías de al menos 5 kWh. El incentivo varía dependiendo de la batería y el peso vehicular.

Aunado a esto, existen diferentes estudios sobre las políticas y la adopción de vehículos alternativos. Algunos de estos son:

El estudio realizado por (Sierzchula, Bakker, Maat, & Van Wee, 2014) generó importantes conclusiones respecto a los incentivos fiscales y la infraestructura de carga eléctrica. Esta investigación se realizó en 30 países diferentes en el año 2012. Se encontró que los incentivos fiscales más un mayor número de estaciones de carga (siendo esta la variable más significativa) y la presencia de una instalación de fabricación de vehículos alternativos genera un efecto positivo en la adopción de este tipo de vehículos. Sin embargo, se descubrió que variables sociodemográficas como ingreso, educación no fueron relevantes para la adopción.

En estudio realizado por (John Paul Helveston, 2015) se establece una relación entre China y Estados Unidos en relación con los subsidios y cómo influyen estos en la adopción de vehículos alternativos vs vehículos de combustión interna. Esta relación es muy importante desde el punto de vista de países emergentes y desarrollados, siendo China el país emergente. Lo interesante de los resultados fueron los nichos de mercado que existieron en los países, mientras en China los vehículos BEV y PHEV compiten con los de combustión normal, en Estados Unidos los PHEV compiten más que los BEV, por lo tanto, el nicho de mercado sería BEV para China, siendo un país en desarrollo.

En relación con el anterior artículo, es interesante como (Molina, 2011) señala lo mismo dentro de su enfoque, comparando los estados emergentes y avanzados. Esta relación tiene que ver con el nicho de mercado, el cual se establece en las economías emergentes. Concretamente se señalan tres afirmaciones interesantes:

1. La diferencia entre el nivel de ingresos de los consumidores o compradores de ambas regiones crea un retraso en la difusión de los vehículos alternativos. Por lo que la adopción temprana en la región avanzada reduce el precio lo que mejora la difusión en la región emergente.
2. La diferencia entre la tasa de crecimiento de la región avanzada y emergente crea un nicho de mercado más fuerte en la región emergente, esto debido a que el crecimiento tiende a estancarse y los consumidores no tienen preferencias por los autos eléctricos en la región avanzada. Mientras que en la región emergente al momento de comprar el vehículo tienden a preferir el vehículo eléctrico.

¹⁸ Dato obtenido de <https://energy.gov/eere/electricvehicles/electric-vehicles-tax-credits-and-other-incentives>

3. Por último, en relación con los compradores o consumidores, si la región avanzada prefiere la capacidad y la emergente el precio, el vehículo híbrido penetra muy bien en la región avanzada mientras en la emergente penetra de forma modesta y el vehículo eléctrico no es adoptado. Por el contrario, si la región avanzada prefiere el precio y la emergente la capacidad, las plataformas alternativas se retrasan en su adopción, mientras que en la emergente se logra el nicho en el vehículo eléctrico.

(Silvia & M.Krause, 2016) realizó un estudio acerca de cuatro diferentes políticas para aumentar la adopción de vehículos eléctricos(PHEV) en comunidades urbanas de Estados Unidos, estas políticas tienen que ver con la reducción del precio de compra por subsidios, la expansión de la infraestructura de carga eléctrica pública, incrementar el número de autos de batería eléctrica a través de flotas gubernamentales. Los resultados obtenidos son interesantes ya que, la política que mejor aceptación tiene es la híbrida, la cual consiste en usar fondos para proporcionar 183 incentivos de \$10,000 dólares, la instalación de 116 estaciones de carga y comprar 83 BEV dentro de la flota del gobierno para incentivar el uso de automóviles alternativos.

(T.Taefi, Kreutzfeldt, Held, & Fink, 2016) establece una serie de condiciones de política óptima para incrementar la adopción de vehículos eléctricos, los puntos que destacan son los siguientes: subsidios para infraestructura de carga en la casa e incentivos fiscales, depreciación fiscal de 50% en el primer año después de la compra, un tipo de licencia especial para los automóviles que sus emisiones sean menores a 3.5 toneladas de CO₂.

CONSUMIDORES

Además de las barreras gubernamentales y de infraestructura existen algunas variables por las cuales los consumidores tienden a comprar cierto tipo de vehículo. Generalmente los consumidores tienden a resistirse a lo nuevo o desconocido, ya que no lo consideran seguro. Dentro de algunos aspectos que generan el rechazo de las tecnologías es el elevado costo de los vehículos.

Si bien el costo tecnológico de los automóviles alternativos es elevado comparado con los costos de un vehículo de combustión interna, también otro factor importante dentro de la adopción por parte de los consumidores es el precio del combustible. En México, a partir del 2017, el precio de la gasolina depende de una serie de factores dados por el precio internacional del crudo, el precio de la gasolina importada, los costos de logística y distribución y el tipo de cambio de la relación peso-dólar (Rodríguez, 2017).

Para los consumidores finales, el hecho de comprar un vehículo nuevo no solo supone el valor por el pago del vehículo, también el costo de mantenimiento del mismo y obviamente el precio del combustible. Como

podemos observar en la figura 9, el costo de la gasolina depende de una serie de factores e impuestos, con lo cual el consumidor debe hacer cálculos sobre como afectara un aumento o disminución del combustible.

Por otro lado, el precio de la energía es otro factor importante, ya que las personas que opten por un vehículo alternativo deberán visualizar o aproximar su gasto en función no solamente del combustible fósil (PHEV, HEV), también sumar el costo de la energía para la carga de su automóvil (PHEV, BEV). De acuerdo con la CFE, cada 100km tiene un costo de 60 pesos con electricidad, mientras que los mismos kilómetros con el uso de gasolina, tendría un costo de 117 pesos¹⁹. Otro factor importante es el costo de mantenimiento, ya que, en un vehículo de combustión a gasolina, el mantenimiento tiene que ser de manera regular mientras que el costo de manutención de un automóvil eléctrico es menor.

Otro factor importante en el cual, los consumidores se fijan mucho, es en el rango de kilometraje y las estaciones que existen para la recarga. Si bien, las personas que prefieran un vehículo (PHEV, BEV) posiblemente contraten un medidor para su hogar, sin embargo, no solo se usará el automóvil para ir del trabajo al hogar, por lo cual el rango de manejo que pueda tener este tipo de vehículo estará asociado a los puntos de carga. En el portal de la Comisión Federal de Electricidad se puede consultar el mapa de las estaciones de carga que existen, siendo la ciudad de México la mayor con 115-140 electrolinerías, siguiéndole Nuevo León y Aguascalientes con 66-78, posteriormente el Estado de México con 27-39 y por último el estado de Jalisco el cual cuenta con 14-26. Como podemos observar en la figura 10, el costo de las baterías actualmente es bueno, sin embargo, la investigación y desarrollo en este rubro lograra mejorar con el paso del tiempo, lo que lograra un menor costo y mayor rango.

¹⁹ <http://www.cfe.mx/productos/electrolinerias/Pages/Electrolinerias.aspx>

| Indicador | Unidad de medida | ene-16 | ene-17 | Variación % 2017 vs 2016 |
|---|--------------------|---------|---------|-----------------------------|
| Precio de referencia de gasolinas ^{1/} | pesos por litro | 6.07 | 8.98 | 47.94 |
| Tipo de Cambio ^{2/} | pesos por dólar | 18.0728 | 21.3219 | 17.98 |
| Precio del petróleo ^{3/} | dólares por barril | 23.91 | 44.05 | 84.22 |
| IEPS cuota federal^{4/} | | | | |
| Gasolina Magna | pesos por litro | 4.16 | 4.30 | 3.37 |
| Gasolina Premium | pesos por litro | 3.52 | 3.64 | 3.41 |
| Diésel | pesos por litro | 4.58 | 4.73 | 3.28 |
| IEPS cuota estatal | | | | |
| Gasolina Magna | pesos por litro | 0.37 | 0.38 | 3.60 |
| Gasolina Premium | pesos por litro | 0.45 | 0.46 | 3.62 |
| Diésel | pesos por litro | 0.30 | 0.32 | 3.55 |
| IEPS a combustibles fósiles | | | | |
| Gasolina Magna | pesos por litro | 0.111 | 0.114 | 3.26 |
| Gasolina Premium | pesos por litro | 0.111 | 0.114 | 3.26 |
| Diésel | pesos por litro | 0.134 | 0.138 | 3.28 |
| IVA | | | | |
| Gasolina Magna | pesos por litro | 16% | 16% | 0.00 |
| Gasolina Premium | pesos por litro | 16% | 16% | 0.00 |
| Diésel | pesos por litro | 16% | 16% | 0.00 |
| Precios de venta al Público | | | | |
| Gasolina Magna | pesos por litro | 13.16 | 15.99 | 21.50 |
| Gasolina Premium | pesos por litro | 13.98 | 17.79 | 27.25 |
| Diésel | pesos por litro | 13.77 | 17.05 | 23.82 |

1/ Se refiere al precio de la gasolina de la costa del Golfo de los Estados Unidos.

2/ Tipo de cambio FIX promedio.

3/ Precio promedio de la mezcla mexicana de exportación

4/ No se incluyó el estímulo fiscal, por lo que el crecimiento observado es inferior a lo mostrado.

Fuente: Elaborado por el CEFP con datos de la SHCP, Banxico y Sener

Figura 9 (Públicas, 2017) Principales componentes del precio de las gasolinas

Aunado a estos factores, existen diferentes estudios los cuales determinan diferentes variables, tanto económicas como sociales para la adopción de este tipo de tecnologías. Dentro de estas investigaciones se encuentran las siguiente:

(Egbue & Long, 2012) realizó un estudio acerca de las preferencias de los consumidores respecto a la tecnología de los vehículos alternativos en Estados Unidos. Algunos de los resultados fueron:

1. Casi la mitad de las personas encuestadas no tenían experiencia con los vehículos alternativos.
2. En términos de interés por las tecnologías, se les hace más interesante la tecnología híbrida sobre la eléctrica.
3. Las personas con grados académicos tienden a interesarse en los BEV.
4. Desde la percepción de los consumidores la tecnología BEV se relaciona de forma negativa con el costo elevado del vehículo, la duración de batería, el tiempo de recarga y con el impacto ambiental de las plantas que usan combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.
5. Por otro lado, la exposición a la tecnología BEV aumenta la percepción de seguridad por parte de los consumidores.

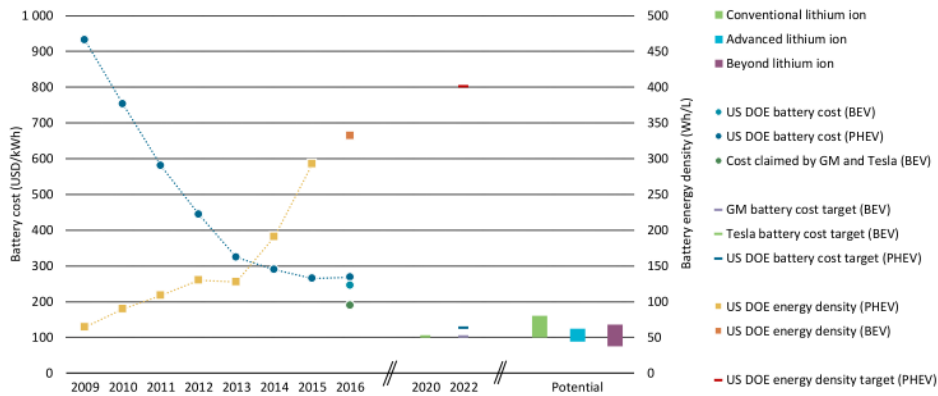


Figura 10 (Agency, Gloval EV Outlook , 2017) Evolución del costo de la batería eléctrica

En el estudio de (Hackbarth & Madlener, 2013) se obtuvieron conjeturas interesantes, el estudio se realizó bajo la preferencia del estado alemán. El estudio reveló que las personas jóvenes, bien educadas y con conciencia ecológica tienden a preferir los vehículos alternativos, además la preferencia se centra en PHEV más que los BEV. Sin embargo, la preferencia en general sigue siendo para los vehículos de combustión interna normal. Las preferencias de los consumidores aumentarían en relación con la adopción de AFV²⁰ si se generaran incentivos fiscales, en este caso, exención de impuestos.

En el estudio realizado por (Liu, Roberts, & Sioshansi, 2017) se analizó los efectos espaciales que se tienen cuando un vecino adopta un vehículo híbrido eléctrico (HEV) en el estado de Ohio, Estados Unidos. Se realizaron modelos espaciales basados en estadísticas de vehículos del mismo estado. Como resultado, los modelos encontraron un enfoque negativamente significativo entre la relación de la población con estudios de licenciatura y la adopción de la tecnología. Además, en relación con la adopción de la tecnología, se encontró que los vecinos con este tipo de tecnología son un gran incentivo para que los demás adopten la misma tecnología, inclusive con un retraso en la adopción de esta tecnología, es decir, que, aunque no se adopte de manera inmediata, a futuro se pensará en adoptar ese tipo de tecnología. Otra característica importante es la personalización de los incentivos, los cuales, si son para los primeros adoptantes generarán un mayor efecto de adopción por parte de los vecinos.

El estudio de (Petschnig, Heidenreich, & Spieth, 2014) se basa en dos teorías, "teoría de la adopción de la innovación" y "Teoría de la acción razonada". Se busca establecer cómo a través de estas teorías se conduce hacia la preferencia de AFV. La primera teoría es usada para estudiar los comportamientos en función de una diversidad de innovaciones desde 1960, la segunda teoría es predominante en el sentido de un marco de referencia enfocado en el proceso de la toma de decisiones por parte del consumidor. El aporte de la investigación radica en un marco de referencia integrado por ambas teorías para la creación de un modelo de adopción de vehículos alternativos. Los resultados muestran que los consumidores que prefieren adoptar los

²⁰ Alternative Fuel Vehicle, siglas en inglés

AFV también son propenso a preferir características innovadoras. Por lo tanto, aparte de factores de infraestructura se deben mejorar los atributos de seguridad y ambientales de los AFV de manera conjunta para obtener mejor dispersión de marketing. Debido a esto, es importante encontrar alguna política en México que aumente la compra de AFV desde el punto de la publicidad enfocados en la seguridad y percepciones ambientales.

(Rezvani, Jansson, & Bodin, 2015) establece algunas consideraciones importantes dentro de la adopción de vehículos eléctricos; uno de ellos muy importante tiene que ver con la falta de cálculo que existe por parte de los consumidores con relación al costo total del vehículo de combustión interna, el cual solo se preocupa por el costo de vehículo y no por los servicios, las refacciones y todo lo relacionado con este vehículo. Además, se señala el tema del sentimentalismo en pro del medio ambiente, sin embargo, no se toma en cuenta las emisiones de CO₂. Esto quiere decir que los consumidores sienten un bienestar cuando compran un vehículo alternativo, pero no tienen la dimensión en realidad de cuanto están aportando a la reducción del CO₂.

Sin embargo, (Degirmenci & H.Breitner, 2017) señala que el desempeño ambiental es más fuerte que el tema del valor de precio y rango de manejo por parte de los vehículos eléctricos. Claro que el matiz tiene que ver con la información acerca del calentamiento global y el cambio climático. Es aquí donde también es importante entender el nivel cultural y educacional. Posiblemente en México el tema de educación sea de mayor relevancia, ya que, sin lugar a duda, lo relacionado con costo y precio del vehículo y gasolineras siempre es determinante.

Debemos señalar que México es un país donde la tecnología se adopta de manera lenta. Esto debido al costo alto de la tecnología, al retraso de la difusión, por lo tanto, en el sector de vehículos alternativos las preferencias de los consumidores tendrá una penetración lenta para posteriormente ser adoptada con mayor rapidez o por lo menos tender a una mejora, claro esto también tendría que ver con la reducción del precio y costo de la tecnología.

CAPITULO 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se explicará la metodología para la realización de la investigación, se expondrá porque se eligió y cuáles son los pasos que se realizaron. Dado que el estudio tiene un enfoque prospectivo, las opciones metodológicas o herramientas fueron: dinámicas de sistemas y RDM, los cuales servirán para el análisis del tema descrito anteriormente. Es importante señalar que la esencia de la investigación es cuantitativa, por lo que debemos entender la literatura que existe detrás de la construcción metodológica.

La naturaleza de la investigación cuantitativa tiene como esencia la realización de experimentos mediante base de datos o modelos en los cuales se pueden manejar y obtener simulación para generar visualizaciones en temas complejos, los cuales dan una mejor manera de entender las variables de una forma controlada. Como señala (Creswell, 2013) el diseño de la investigación cuantitativa debe incluir un modelo elaborado de ecuaciones estructurales en el cual se incorporen múltiples variables interrelacionadas y casuales.

Por lo tanto, el esquema general de la investigación será el siguiente:

1. Creación de la base de datos de los parámetros del modelo para la realización de las simulaciones.
2. Descripción del modelo de (Molina, 2011) para la adopción de vehículos alternativos en México.
3. Creación de la Matriz XLRM para su análisis bajo el método RDM
4. Análisis e impacto de incertidumbres en las diferentes políticas. (Capítulo 4)

BASE DE DATOS

Para la creación de la base de datos se establecieron promedios para los parámetros de precio, eficiencia de combustible y emisiones de CO₂, con la delimitación del precio de 35,000 dólares como tope. La información de los vehículos se consiguió en las páginas oficiales de las marcas, sin embargo, algunos modelos no establecían los K/lt ni KCO₂/lt por lo que esta información se consiguió del portal de indicadores de eficiencia energética y emisiones vehiculares el cual pertenece al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Comisión Nacional para el uso Eficiente de Energía y al Procuradora Federal del Consumidor. Para realizar la conversión a dólares se tomó como base el tipo de cambio en 17.5. Por otro lado, solo se tomaron en cuenta las versiones básicas o de entrada de todos los modelos, en total esta base de datos cuenta con 166 vehículos de combustión interna, 8 vehículos híbridos y 4 eléctricos.

| | Unidades | ICV | PHEV, HEV | EBV |
|-------------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| <i>Promedio de vida</i> | Años | 8 | 8 | 8 |
| <i>Precio inicial</i> | \$ dólares | 25574.0102 | 31316 | 33912.925 |

| | | | | |
|----------------------------------|---------------|--------|--------|-------|
| <i>Eficiencia de Combustible</i> | Lt/km; kwh/km | .06923 | .03953 | .2142 |
| <i>Emisiones de CO2</i> | KgCO2/km | .19557 | .1095 | 0 |

Tabla 2 Atributos de plataformas vehiculares

Además, para obtener el IVA y el ISAN de la plataforma ICV, se adaptó el promedio del precio de esta plataforma al tabulador que marca la ley federal de impuesto sobre automóviles nuevos. Por lo tanto, el promedio del precio de este tipo de plataforma se ubica en un 15% de tasa y una cuota fija de 704.06 dólares. La fórmula para la obtención del ISAN fue la siguiente:

$$ISAN = ((Promedio\ precio\ ICV - limite\ inferior\ de\ la\ tabulacion\ del\ ISAN) * .15) + cuota\ fija$$

Las tres plataformas vehiculares cuentan con IVA, sin embargo, la única que cuenta con ISAN es la plataforma ICV. Dado que la actual política exime del pago de este impuesto a los autos que son PHEV, HEV y EBV.

DINAMICA DE SISTEMAS

(Pruyt, 2013) establece que la dinámica de sistemas es una herramienta para mejorar el aprendizaje en un sistema complejo, mediante la simulación computacional, que nos ayuda a entender las fuentes de la resistencia de las políticas, para poder diseñarlas mejor y más efectivas. Por medio de la modelación podemos realizar representaciones de sistemas complejos en el cual se busca entender la causalidad y dar interpretación a su comportamiento.

(Sterman J. D., 2000) señala que una las causas de la resistencia de la política es la interpretación de experiencias como una serie de eventos, tendemos a suponer que todo es lineal y con frecuencia generalizamos los efectos secundarios como una característica de la realidad, cuando la verdad es que solo se tienen efectos.

Esta relación de sistemas está desarrollada por ciclos de retroalimentación los cuales pueden ser de balance o de reforzamiento según su origen negativo o positivo. Si es de refuerzo significa que tiende a crecer, en cambio los de regulación tienen a contrarrestar manteniendo el balance del sistema. Dentro de un modelo dinámico de sistemas existen diferentes tipos de variables (Stock, Flow, Auxiliares, Constantes y Parámetros), los cuales se relacionan como se indica en la figura 11.

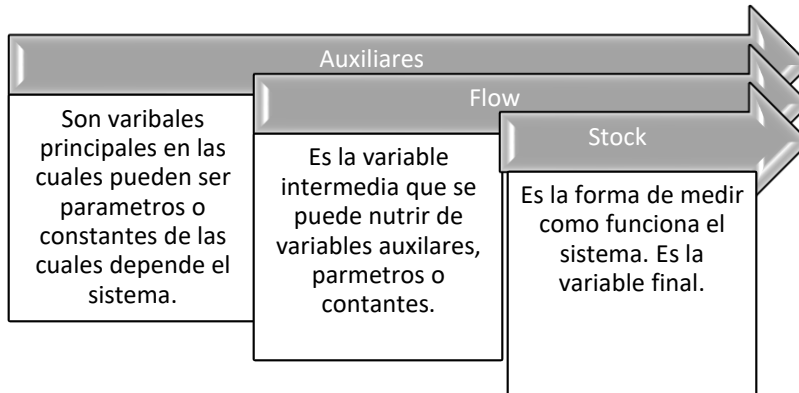


Figura 11 Diagrama de la relación de variables en un sistema dinámico.

DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el modelo de (Molina, 2011), concretamente el modelo del país emergente. Dado que en el modelo original se establecían 11 sub-modelos, los cuales se pueden dividir en economías de escala, adopción social por parte de los consumidores, infraestructura y las regiones emergentes y avanzadas. Sin embargo, para este estudio, solo se tomará en cuenta el sub-modelo de la región emergente²¹.

En la figura 12 podemos observar de manera sencilla cual es la relación del modelo en cuanto a la precepción de la utilidad con el cambio de adopción de una plataforma con otra. Para adoptar el modelo a esta investigación se realizaron algunos cambios, se establecieron algunas variables como constantes. La estructura del modelo original no cambia. El modelo está compuesto de la siguiente manera:

En el sistema de mercado potencial de vehículos se puede apreciar la relación que tiene la población y el GDP per cápita para la creación potencial del mercado de vehículos. Tanto la población como el GDP per cápita dependen de las tasas de crecimiento. Además, el crecimiento potencial del mercado de vehículos depende del efecto del GDP per cápita * la población. Recordemos que las variables de estado deben contar con un valor inicial, dado que se requiere valores al momento de la iteración a lo largo del tiempo. Esta parte del modelo es el total de vehículos potencial en los cuales los consumidores pueden optar por laguna de las tres plataformas.

El siguiente subsistema está relacionado con la velocidad de cambio en la estructura de referencia, este subsistema se compone de 4 variables de estado y 4 variables de flujo, 5 parámetros y 4 condiciones iniciales. Las variables de estado están en función de la importancia del precio, combustible, rango de manejo y huella

²¹ Se puede observar el modelo en los anexos.

de carbono, sus variables de flujo es la multiplicación de la expectativa de mejora * el valor inicial de cada variable de estado, dividido entre la velocidad de cambio de la estructura.

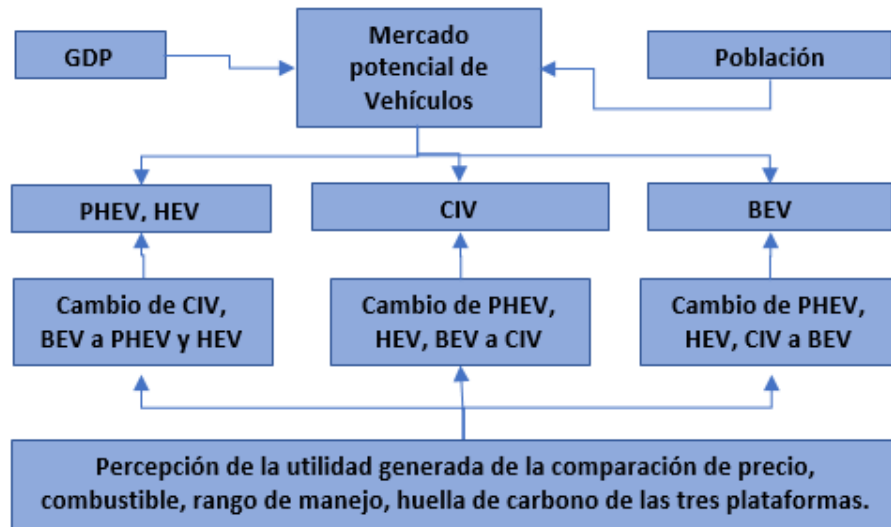


Figura 12 Diagrama de bloque, descripción del modelo.

Y por último tenemos 3 subsistemas los cuales abarcan cada una de las plataformas, Combustión interna, híbridos y eléctricos. Cada subsistema de la flota vehicular de los tres tipos de plataformas cuenta con sus respectivas variables de estado, estas a su vez depende de 2 variables de flujo, las cuales son ventas y los descartes. Además, que cuentan con sus valores iniciales de cada plataforma.

Es importante señalar que para que la percepción de que las personas aumente y puedan tener un gran cambio hacia los vehículos alternativos, depende en gran medida de la sumatoria de comparar el precio del vehículo (Ec1), el combustible(Ec2), el rango de manejo(Ec3) más el promedio de las emisiones de carbono de cada plataforma vehicular. En las ecuaciones antes mencionadas se tomó el ejemplo de la plataforma de combustión interna, sin embargo, en función de la plataforma cambia el numerado y denominador de manera respectiva. Estas ecuaciones fueron propuestas en el estudio de (Molina, 2011):

$$Ec1 = \text{Technology cost } pi / GDP$$

$$Ec2 = \frac{MAX(\text{Fuel attractiveness of } pi)}{MIN(\text{Fuel attractiveness of } pj, \text{Fuel attractiveness of } pk), 1)}$$

$$Ec3 = \frac{MIN(\text{Operational range vehicles } pi)}{MAX(\text{Operational range vehicles } pj, \text{Operational range vehicles } pk), 1)}$$

Donde Pi corresponde a la plataforma de combustión interna, Pk corresponde a la plataforma de vehículos eléctricos y Pj a la plataforma de vehículos híbridos. La variable fuel attractiveness de cada plataforma

corresponde al cociente del precio del combustible entre el promedio de la eficiencia de combustible. Technology cost de las plataformas corresponden al promedio del precio de la tecnología. Y el Operational range de cada plataforma está en función de las estaciones de servicio disponibles para la tecnología vehicular.

Los valores tomados como parámetros fueron WTC el cual era parte de otro modelo, para esta investigación se tomó como porcentaje. (Sterman & Struben, 2008) señala que WtC captura el proceso social, cognitivo y emocional a través de los cuales los conductores ganan suficiente información, comprensión y apago emocional a una plataforma para que ingrese a su conjunto de consideraciones. Otro cambio con respecto al modelo original tiene que ver con la comparación de huella de carbono entre las plataformas. En este caso se tomó como constante debido a que la evidencia documental establece que los consumidores no toman en consideración la huella de carbono como una opción de evaluación. Por último, el tema del costo tecnológico, el modelo original incluía la investigación y desarrollo, además de los retrasos de la difusión. En esta investigación se optó por una constante con relación al precio del vehículo de la base de datos, debido a que no se está analizando la relación existente entre los países emergentes y avanzados, solo se está analizando el desenvolvimiento del país emergente.

ROBUST DECISION MAKING(RDM)

La tecnología ha revolucionado la manera en que planificamos el futuro de una manera lejana. Actualmente podemos tener capacidad computacional y tecnológica para realizar mejores cálculos con mayor exactitud en cuestión de política pública. Esto se complementa con la capacidad de análisis de las personas, dando como resultado mejores formas de observar patrones, explorar horizontes analíticos de manera profunda, entender como maximizar políticas y sobre todo entender las vulnerabilidades de cada política en relación con el comportamiento de variables clave.

Cuando un problema o preocupación está definido, un análisis cuantitativo debería lograr identificar la estrategia óptima (Lempert, Groves, Popper, & Bankes, 2006). Pero para la realización de un análisis de este tipo existen diferentes métodos, como el descrito anteriormente. Sin embargo, cuando las variables son de incertidumbre profunda se requiere un análisis óptimo y robusto para la toma de decisiones.

RDM es un ejemplo de la escuela computacional emergente donde se incorpora una simulación de multi-escenarios en un marco de referencia cuantitativo (Lempert, Groves, Popper, & Bankes, 2006). El cual ha sido diseñado para soportar procesos computacionales complejos bajo incertidumbre profunda, además nos ayuda a explorar horizontes lejanos de análisis, búsqueda de patrones y encontrar vulnerabilidades y sus condiciones.

(Lempert, Groves, Popper, & Bankes, 2006) establece que RDM tiene cuatro características dentro de su simulación en comparación con los métodos bayesianos:

1. Sugiere que estrategia es la más robusta, es decir, compara el rendimiento de otras estrategias con lo cual establece cual es insensible a todas o la mayoría de las incertidumbres.
2. Identifica las vulnerabilidades de la estrategia robusta, es decir, bajo que parámetros y modelos de combinación es relativamente baja su efectividad.
3. Sugiere modificaciones a la estrategia para la protección antes las vulnerabilidades.
4. Caracteriza las compensaciones involucradas en la elección entre las opciones.

La diferencia entre usar herramientas que solo estén basadas en el análisis tradicional en comparación con RDM, radica en que mientras el análisis tradicional empieza por caracterizar adecuadamente las condiciones del futuro y los resultados se fundamentan en estos escenarios, el proceso RDM propone estrategias, las cuales identifican vulnerabilidades de las estrategias con base en las variables de incertidumbre profunda. En el análisis tradicional, las incertidumbres son subestimadas. Los pilares del método RDM se pueden identificar en 3: Considerar un gran número de escenarios futuros, política robusta y adaptativa y el diseño del marco iterativo e interactivo.

Para entender mejor como funciona esta herramienta podemos observar la figura 14, en la cual tenemos diferentes políticas (p_0, p_1, p_2), diferentes vulnerabilidades descritas en el experimento (a_0, a_1, a_2), métricas (m_1, m_2, m_3) y diferentes modelos (x_1, x_2, x_3). La simplicidad de esta herramienta es combinar todos estos elementos y obtener múltiples escenarios de la simulación exploratoria. RDM invierte el proceso ya que diseña estrategias cuyo desempeño son insensibles a las incertidumbres relevantes. Para esta investigación se utilizará RDM para simulaciones exploratorias debido a que, al intervenir en el modelo de manera pequeña, se tengan grandes efectos en el sistema. Esto sirve para obtener nuevas formas de visualización del comportamiento de un sistema. Es importante señalar que RDM provee un marco de referencia en el que tanto la incertidumbre estructural y paramétrica se consideran de manera simultánea.

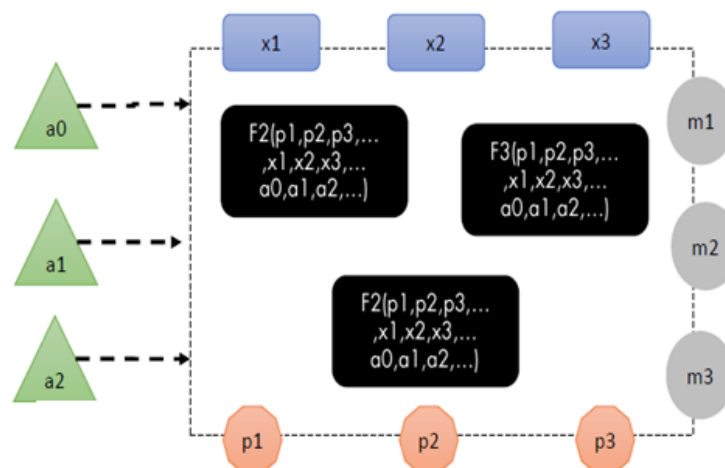


Figura 13 Estructura RDM

El muestreo Latín Hyper Cube(LHC) es utilizado para un gran número de incertidumbres. Este muestreo funciona utilizando la función de densidad de probabilidad, considerando las funciones de probabilidad marginal. Sin embargo, una desventaja es que la precisión es menor a medida que el número de dimensiones incrementa. La importancia de utilizar un muestreo LHC en RDM es que nos permite explorar de manera eficiente espacios de incertidumbre con un gran número de dimensiones.

Es importante señalar que todo este conjunto de herramientas se realizara en el lenguaje de programación estadístico R.

CAPITULO 4 ANALISIS

En esta sección se presentará el estudio completo de RDM que se enfocará en analizar la importancia de la incertidumbre profunda de las variables económicas dentro de la estructura del modelo de la adopción de vehículos alternativos. En la sección de análisis de incertidumbres, se describirá el comportamiento de cada incertidumbre por separado en relación con el mejor escenario de política (Política actual + Incentivos estructurales + Incentivos fiscales). En la sección análisis de políticas se describirá el comportamiento de los dos escenarios de política que se proponen en conjunto con las tres variables de incertidumbre profunda. En la sección de métricas, se visualizará el efecto de la participación de vehículos alternativos en función de las emisiones de CO₂ equivalente. Para el caso de la sección de métricas, la visualización de participación de mercado no será necesaria ya que esa es la métrica establecida tanto para las incertidumbres como para las políticas.

Por otro lado, se explicará más detalladamente por qué se eligieron las políticas, métricas y variables de incertidumbre (Tabla 3).

| Incetidumbres | Alternativas de política |
|--|---|
| GDP per cápita Precio Combustible Gasolina Precio electricidad | 1.-Política Actual 2.-Política Actual + Incentivos estructurales 3.-Política Actual + Incentivos estructurales + Incentivo fiscales |
| Modelo del sistema | Métricas de desempeño |
| Modelo Adopción Vehicular | 1.-Participacion de mercado de Plataformas vehiculares alternativas 2.- Niveles de CO ₂ |

Tabla 3 Matriz XLRM

INCERTIDUMBRES

El termino incertidumbre profunda se usa para describir condiciones, definidas como la situación en la que los tomadores de decisiones no saben ni se ponen de acuerdo en cómo el modelo relaciona las acciones con las

consecuencias, las probabilidades previas de los parámetros del modelo o la función del valor que clasifica las consecuencias (Groves & Lempert, 2007). Para el análisis de las incertidumbres se realizó simulación exploratoria en busca de entender cómo se comporta cada variable con relación a los escenarios de política de los parámetros que se proponen.

Para las tres variables de incertidumbre se tomaron sus medias y desviaciones estándar. Para el GDP per cápita se tomó como referencia los valores del año 2000 al 2017, para el precio del combustible se tomó como referencia los valores del año 2000 al 2017; estos valores fueron obtenidos del banco mundial. En el caso del precio de la electricidad se tomaron valores de la CFE desde el año 2007 a noviembre del 2017. Para cada variable de incertidumbre se presentarán los resultados más significativos que se encontraron.

GDP PER CÁPITA

La importancia de esta variable es la relación que tiene con el crecimiento poblacional y el desarrollo del país. Además, se puede inferir la cantidad de bienes y servicios que las personas pueden adquirir. Sin embargo, no es una variable que se pueda predecir de manera exacta. Depende de muchos factores económicos, tanto nacionales como internacionales. Este indicador permite medir el desarrollo económico del país, sin embargo, no se considera como una medida de distribución del ingreso. Algunas estimaciones predicen que la economía mexicana pueda llegar al lugar número 7 de la economía mundial²² en términos del GDP per cápita. Para esta investigación el GDP per cápita tiene relevancia ya que, el mercado potencial de vehículos depende tanto del ingreso per cápita y de su población. También recordemos que la comparación del precio de cada tecnología está en función de la división del costo del vehículo/GDP per cápita.

La Figura 14 muestra la interacción de los múltiples escenarios de GDP per cápita en relación con la tasa de crecimiento de GDP anual, en conjunto con una reducción en el precio de las plataformas tanto híbrida (30%) como eléctrica (30%) en un periodo de 7 años y un incremento de la infraestructura al igualar el número de electrolineras y puntos de carga con el número de gasolineras que existen actualmente en el país en un periodo de 10 años. Además de que la tecnología de combustión interna sigue teniendo un 70% de preferencia(Wtc) por parte de los consumidores. Además, tanto la eficiencia de combustible, las emisiones de CO₂ y la vida promedio de las plataformas (8 años) permanecen constantes. La plataforma que tuvo mayor penetración fue la eléctrica, sin embargo, la suma de la penetración de híbridos y eléctricos no supera el 40% de mercado total.

Esto significa que, el decremento del incentivo fiscal, 5% anual, partiendo del año 2019 en 30% al año 2025 llegando a 0%, más los 10 años de crecimiento de la infraestructura no son suficientes bajo las condiciones de los parámetros establecidos. Se observa como en un principio el incremento de la participación de mercado

²² Dato obtenido de <https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf>

por parte de los vehículos eléctricos aumenta, pero cuando se termina el incentivo fiscal y solo se deja el crecimiento de la infraestructura sigue creciendo de manera más lenta. Y cuando deja de tener el incremento de la infraestructura en el año 2030, la participación de mercado sigue, pero de forma más lenta hasta estabilizarse. Podemos observar como en el periodo de 2019 a 2030 el incremento de los vehículos eléctricos es de casi 12% de la participación de mercado y como del 2030 al 2040 crece menos de 7%.

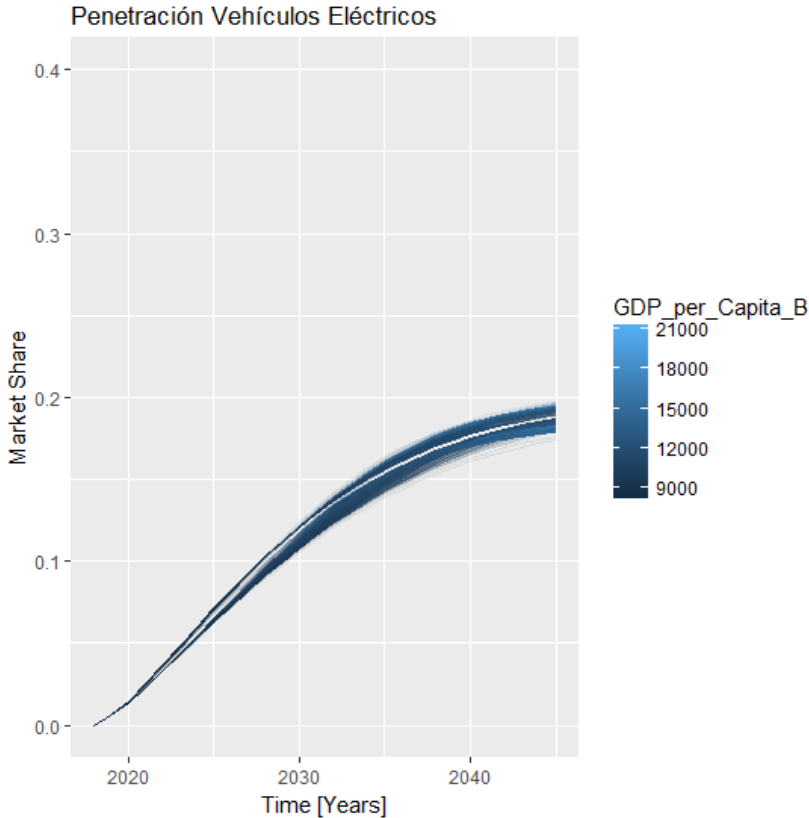


Figura 14 Vehículos Eléctricos, GDP per Cápita en dólares

En contrastes, la figura 15 muestra la participación de mercado con la misma reducción del precio del vehículo alternativo (30% para ambas plataformas) y la igualación del número total de gasolineras. Sin embargo, la voluntad de cambiar de plataforma vehicular por parte de los consumidores es más alta. La preferencia de mercado por parte de los vehículos de combustión interna se ubica en 60%. Se observa que la participación de mercado tiene un aumento alrededor de 4% en la participación de mercado.

Ambas figuras 14 y 15, muestran la participación de mercado de la plataforma que más crece con esta variable. El máximo obtenido es de casi 25% de la participación de mercado de todos los futuros posibles, cuando la población tiende a optar por los vehículos alternativos en un 40% repartido en ambas plataformas alternativas. Tomando en consideración que la actual participación de mercado es de menos del 1% de los

vehículos alternativos, se infiere que el aumento de la economía en la población crea un nicho de mercado eléctrico, donde se preferiría la eficiencia de combustible sobre el precio del vehículo y rango de manejo.

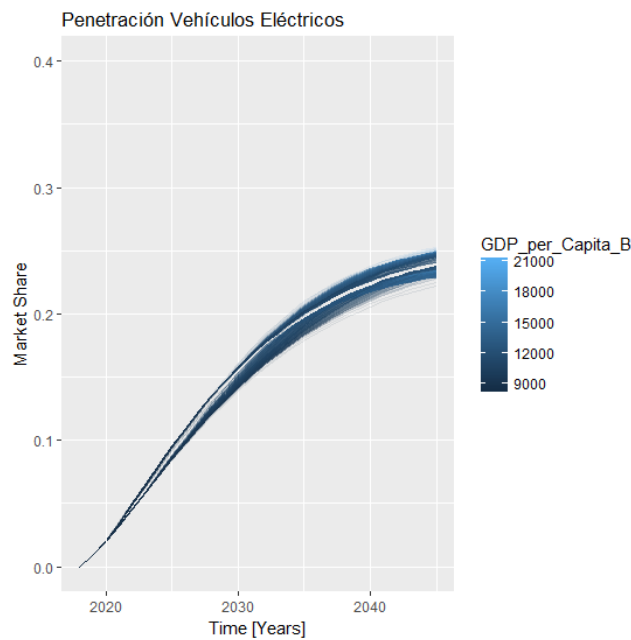


Figura 15 GDP per Cápita en dólares

PRECIO COMBUSTIBLE GASOLINA

Como pudimos apreciar, el precio del combustible fósil ya sea magna o premium, depende de factores tanto internos como externos. Por un lado, tenemos el precio de la gasolina importada, el costo de logística y distribución, además, el tipo de cambio entre el peso y el dólar. Por lo cual, no podemos predecir cuál será el futuro de este combustible. Por ejemplo; si las industrias enfocadas en el reparto y venta de combustible mejoran su distribución, se podría prever una minimización del costo de la gasolina, pero si en ese mismo tiempo aumenta el consumo de gasolina en el país, aumentaría la importación de la misma. En este entendido, el precio del combustible es una variable difícil de cuantificar ya que depende de muchos factores ajenos al modelo. El sector bursátil mexicano está encaminando el rumbo hacia el beneficio sustentable y ecológico, esto es debido a que en el 2016 se empezaron a emitir los bonos verdes, con la finalidad de revertir el impacto del crecimiento del alza de precios en la gasolina. A pesar de que los bonos verdes están empezando, la aceptación de este tipo de instrumentos podría acelerar la reducción del precio.

La figura 16 muestra la interacción de múltiples escenarios del precio de la gasolina con incentivos fiscales en retroceso de un 30% a 0% en hasta el 2025 para ambas plataformas alternativas, además, de un aumento en la infraestructura (electrolineras y puntos de carga pública) en el periodo de 2019-2030. Lo que resulta importante del experimento es la voluntad de la gente de cambiar hacia las plataformas híbridas (20% Wtc) y eléctrica (10% Wtc). En contraste con la variable GDP per cápita, los múltiples escenarios del precio de la

gasolina aumentan la participación de mercado de la plataforma eléctrica de manera pequeña. Podemos observar en la figura 16, el grueso de los futuros está por debajo del 25% de mercado de los vehículos híbridos. Vemos como el escenario del incentivo fiscal aumenta de forma rápida la adopción de estos vehículos hasta en un 15% al 2025. y podemos observar como al 2030 baja la adopción, aunque la infraestructura siga, para después estabilizarse en menos de 25% de participación de mercado.

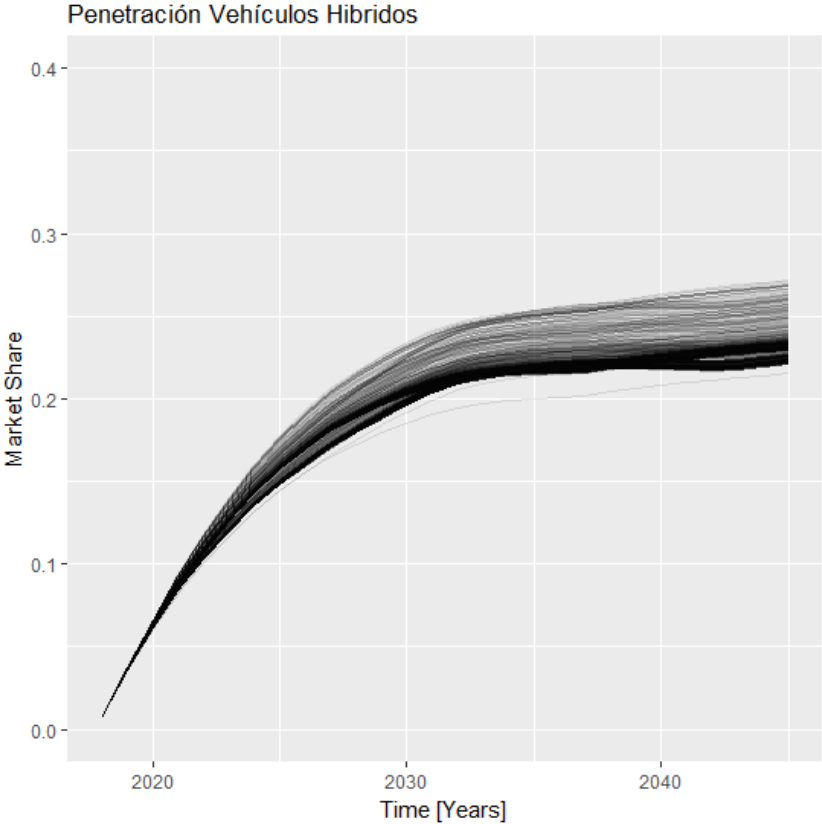


Figura 16 Datos en función de la variabilidad del precio de la gasolina(dólares)

En contraste, la figura 17 muestra la interacción múltiples escenarios con la misma consideración de adoptar las plataformas alternativas(Wtc) de la misma forma que la figura 16, sin embargo, la adopción vehicular eléctrica tiene un número mayor de futuros que casi alcanzan el 25% de participación de mercado. Lo interesante radica en que a pesar de que la voluntad de cambiar a los vehículos híbridos es mayor, los vehículos eléctricos superan mínimamente a los híbridos, a pesar de tener un menor gusto por parte de los conductores.

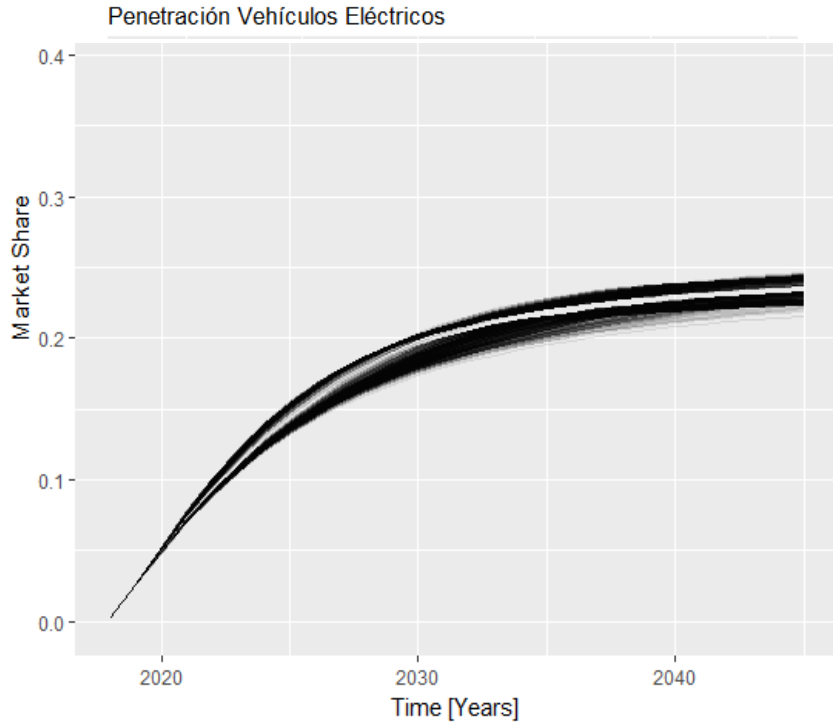


Figura 17 Datos en función de la variabilidad del precio de la gasolina(dólares)

PRECIO ELECTRICIDAD

En México, el precio de la electricidad esta dado por muchos factores dentro de los cuales destacan el precio del combustible (Combustóleo, Gas natural, Carbón y Diesel), la eficiencia de la distribución, inflación y economías de escala. Por otro lado, el tema de las nuevas formas de generación de energía eléctrica es otro factor que aumenta la incertidumbre del precio de la electricidad, porque a medida que estas energías se desarrollen, producirá un efecto positivo (reducción del precio) siempre y cuando la distribución y concentración de esta también mejor, de lo contrario podría no ser tanta la reducción o inclusive un aumento del precio. Aunque, la generación de energía al 2040 se espera se concentre en hidrocarburos y gas natural, según pronósticos de (IEA, 2012) se espera que para el 2050 la energía solar y del viento superen al gas natural y al combustible. También, el incremento de la población aumentara la demanda de energía por lo cual el factor de crecimiento en la producción de energía afectara los costes del precio Kwh. Por lo tanto, el precio de la electricidad para el abastecimiento de los vehiculos alternativos mantiene una incertidumbre profunda.

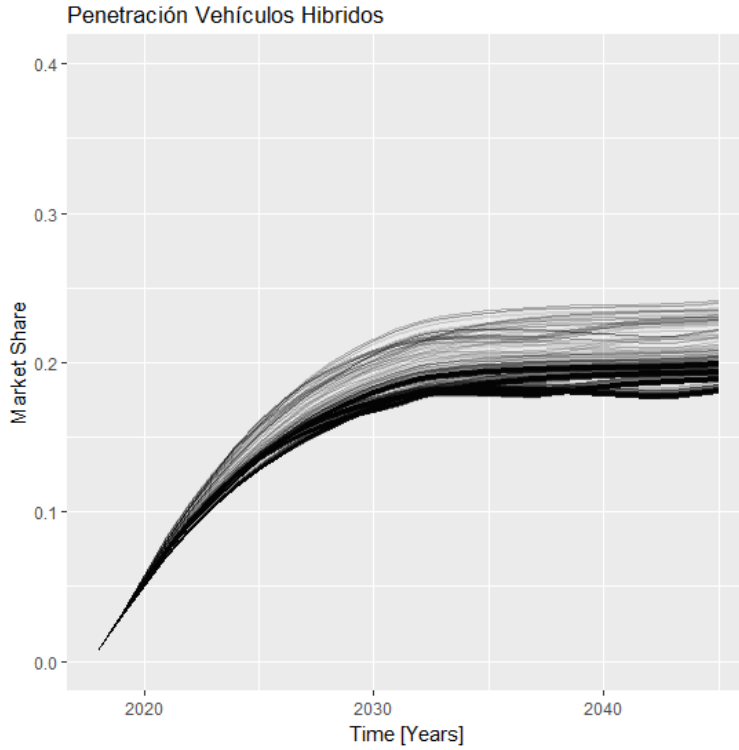


Figura 18 Variabilidad del precio de electricidad(dólares)

En la figura 18 se observa como el incentivo fiscal decreciente aumenta la adopción de forma rápida hasta el año 2025, posteriormente la infraestructura sigue aumentando lo que genera una adopción más lenta hasta el año 2030. El incremento por el incentivo fiscal es de casi 14% en comparación con continuo incremento de la infraestructura que radica en 4%. Para este caso, el WtC es de 15% para ambas plataformas alternativas,

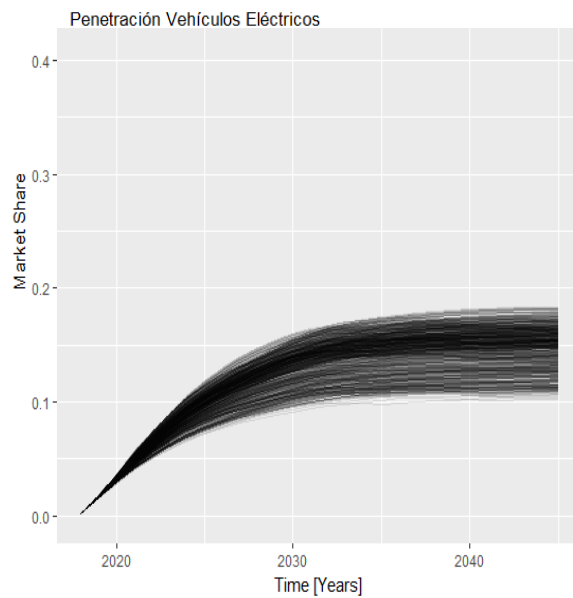


Figura 19 Variabilidad de precio de la energía eléctrica kwh

sin embargo, los futuros de la plataforma eléctrica son muy dispersos y la mayoría tiende a tener una participación de mercado menor al 17%(Figura 19). En este caso las personas prefieren los híbridos ante la diferente variabilidad del precio de la electricidad.

Además, se puede observar como los futuros de la plataforma híbrida a pesar de tener dispersión, siempre tienden a ir a una mayor participación de mercado, esto es que parten de una base de adopción alta en comparación con los vehículos eléctricos.

ANÁLISIS DE POLÍTICAS

En esta sección se entenderá más a fondo la estructura de los escenarios de políticas y que factores podrían ser modificados en función de optimizar la adopción tecnológica de los vehículos. En el capítulo 2 se establecen diferentes artículos relacionado con las políticas públicas y el impacto de ellas bajo diferentes condiciones. Se establecieron dos escenarios de políticas, tomando en consideración los resultados de las diferentes investigaciones antes mencionadas. Lo que se pretende es entender como reacciona la participación de mercado en función de la variabilidad de las tres incertidumbres y los escenarios de las políticas (Se compararan las 3 incertidumbres de manera simultánea).

El escenario de política actual (P0) se describe como la exención fiscal del pago del ISAN, además, del número de gasolineras y electrolineras o sitios de carga actuales. Estatus actual del sistema de vehículos alternativos.

El escenario de política estructural(P1) está relacionada con mantener los mismos incentivos fiscales, pero mejorar de forma sustancial la infraestructura pública. En los resultados de los estudio de (Silvia & M.Krause, 2016) y (Sierzchula, Bakker, Maat, & Van Wee, 2014) señalan que la mejor opción de adopción de vehículos alternativos es incrementar el número de estaciones de carga eléctrica, siendo el último artículo, en el cual, evidencia que la variable de infraestructura en la de mayor injerencia en la adopción. Además, en Estados Unidos los puntos de carga para vehiculos eléctricos pasaron de 746 en el 2006 a 44,000 en el 2016, lo cual nos habla de una importancia centrada en el rango de operación, es decir, de qué manera te puedes mover dentro del territorio y no solo ver el automóvil alternativos como una opción de traslado para recorrer un número limitado de kilómetros.

El escenario de política fiscal(P2) tiene como base el escenario de política estructural, pero con decremento del precio del vehículo eléctrico e híbrido al año 2025(30%). En el estudio de (John Paul Helveston, 2015) queda demostrado como subsidios a los vehículos alternativos mejoran su incremento, además de esto, este estudio relaciona las economías emergentes y avanzadas. Además, en el artículo de (V.Gass, J.Schmidt, & Schmid, 2014) se recopilan una serie de incentivos tanto fiscales y subsidios para la adopción, pero lo importante es como señala que un periodo corto de reducción en el precio, aumenta la proporción de adoptar un vehículo alternativo debido a que los conductores pretenden aprovechar ese incentivo antes de que se

acabe. En Estados Unidos se dan incentivos fiscales federales que van de 2000-8000 dólares para la adquisición de este tipo de vehículos. Un 30% de reducción del costo del vehículo es prudente ya que, si comparamos con los precios de los vehículos alternativos en Estados Unidos, la media de estos vehículos es mucho menor a los recabados en la base de datos.

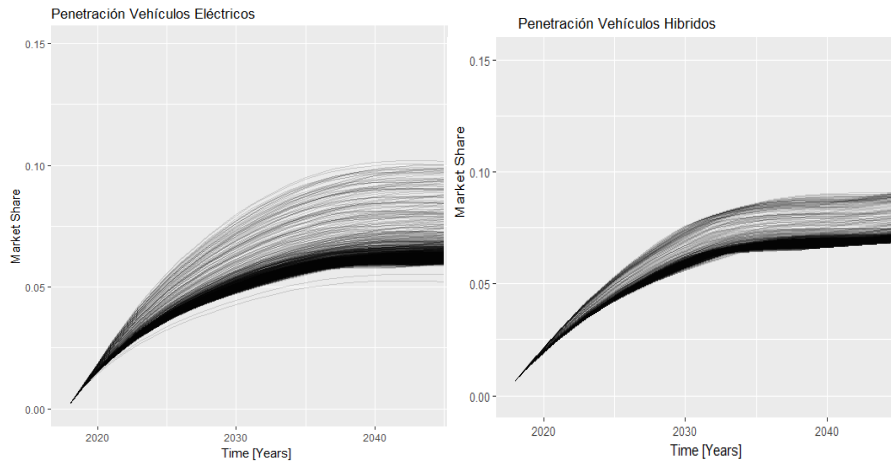


Figura 20 Participación de mercado de en conjunto con las tres variables de incertidumbre con escenario de política 1.

La figura 20 muestra los diferentes futuros de las plataformas en función de las tres variables de incertidumbre antes descritas, donde la infraestructura se aumenta de forma gradual al año 2030. Además, el W_{tc} es de 15% para cada una de las plataformas. Podemos observar como la penetración de vehículos híbridos en el año 2040 es mayor y sus futuros están menos dispersos. En cambio, los vehículos eléctricos tienen una penetración menor y su rango es mayor. Esa dispersión mayor de los vehículos eléctricos se puede explicar debido a que se tienen futuros donde el GDP per cápita ha aumentado y los precios de la electricidad pudieron haber disminuido o mantenido constante y el precio del combustible fósil aumento.

La figura 21 muestra el comportamiento de los diferentes futuros en relación con los escenarios de política 2, con W_{tc} de 20% para los vehículos eléctricos y 15% para vehículos híbridos. Se visualiza un aumento de forma rápida con el incremento de 30% el primer año y la reducción de 0% en el año 2025. A pesar de que los vehículos alternativos los vehículos eléctricos tienen mayor preferencia por parte de los consumidores, el aumento de los vehículos híbridos es mayor. Tan solo en el periodo de incentivos fiscales, los vehículos híbridos logran alcanzar el 10%, mientras que los vehículos eléctricos solo llegan al 8%. Los futuros de los vehículos eléctricos siguen siendo más dispersos que los vehículos híbridos. Si embargo después de que se termina la infraestructura en el año 2030, la velocidad de crecimiento de los vehículos híbridos es mayor que los eléctricos, la gente termina por adoptar este tipo de vehículos de mejor manera. Esto supondría que los consumidores, después del incentivo fiscal, vuelven a tener gusto por el precio del vehículo híbrido, tomando en consideración que no se modifiquen los precios a partir del año 2030.

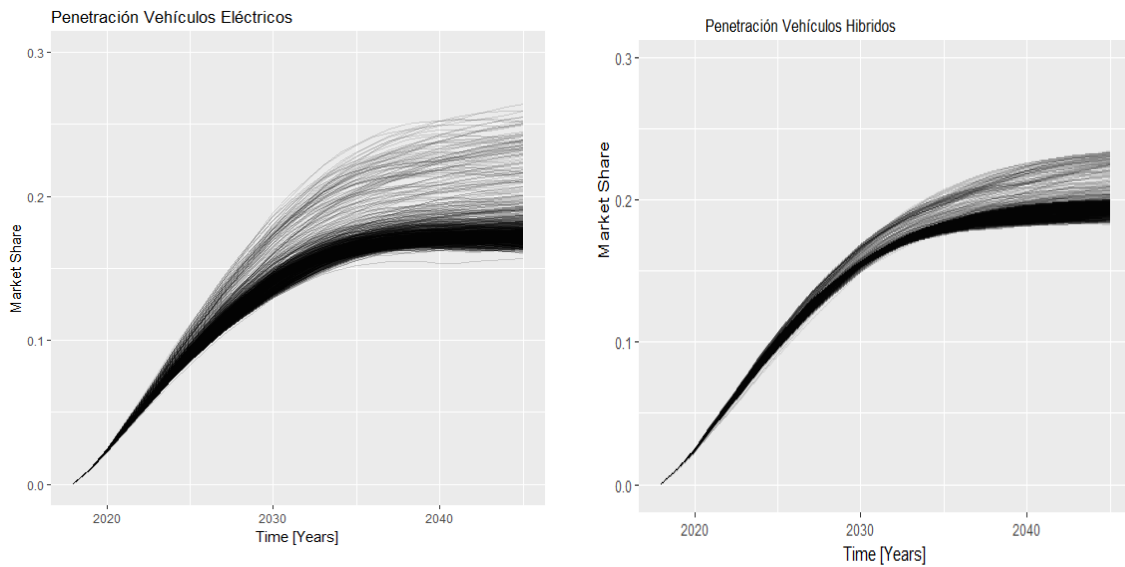


Figura 21 Participación de mercado de ambas con la política 2.

En la figura 22 se observa el comportamiento del escenario de la política 2, cuando los consumidores le dan mayor importancia al precio del vehículo. Se puede observar como en comparación con la figura 21 su ritmo de crecimiento en los años del incentivo fiscal aumenta de forma importante. Por otro lado, los futuros de los vehículos eléctricos se vuelven más dispersos. Sigue siendo la tecnología híbrida la dominante. En el caso de esta figura se mantuvo la consideración de optar por los vehículos de la misma forma que la figura 21. Lo interesante es que los futuros se empiezan a dispersar en los vehículos eléctricos antes de que acabe el incentivo fiscal. En este caso estamos observando como algunos futuros donde los vehículos eléctricos tienen mejor precio y tal vez mejor capacidad de compra por parte de los consumidores, no son adoptados. En contra parte, los vehículos híbridos son mejor vistos en función del precio.

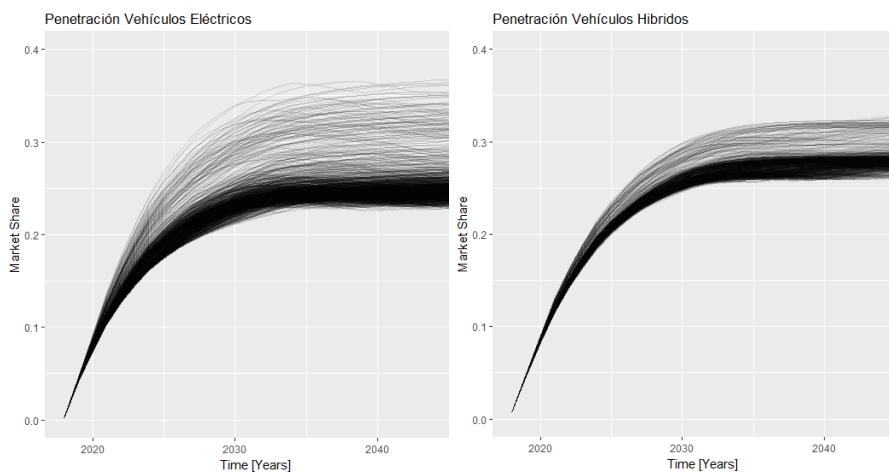


Figura 22 Participación de mercado de las plataformas alternativas con relación a la política 2 con importancia en el precio

En la figura 23 se le dio importancia al rango de manejo dentro del escenario de política 2. Como se puede observar, lo interesante es como el crecimiento es prolongado, aun despues de acabar el incentivo fiscal, se nota como el crecimiento es estable hasta el año 2030 donde termina el desarrollo de infraestructura. Sigue dominando la tecnología híbrida. El Wtc sigue siendo de 20% electricos y 15% hhibridos. Inclusive despues del periodo de infraestructura, se sigue creciendo de manera mas lenta en ambas plataformas.

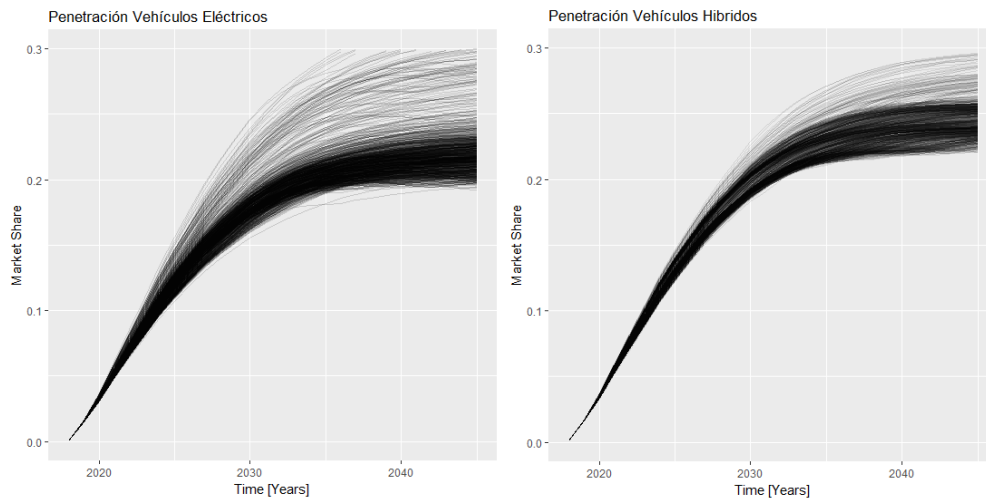


Figura 23 Escenario de Política 2 con importancia en el rango de manejo

METRICAS

Se usaron dos métricas para evaluar el comportamiento de las políticas y comparar el atractivo de los diferentes escenarios. Comparando futuros escenarios de incertidumbres con la aplicación de diferentes escenarios de políticas. La métrica de participación de mercado fue usada en el desarrollo del análisis de las incertidumbres y de las políticas, por lo cual en esta sección se enfocará en la métrica del CO2.

Podemos observar que la mejor política es la número 2. La importancia radica más en la tecnología híbrida más que en la eléctrica. Si se siguiera escenario de política actual, tendríamos un incremento de casi 50,000 Giga gramos de CO2, en comparación con la política 2 la cual muestra un incremento de 30,000 Giga gramos de Co2. Tenemos que recordar que el valor inicial de esta medición se obtuvo de los 29,000,000 de vehiculos ligeros que manejan las estadísticas del INEGI. Por otro lado, SEMARNAT maneja cifras al 2015 de 156,000 Giga gramos de CO2 en función del total de vehiculos que es aproximadamente de 42,000,000. Con lo cual se hizo una conversión en favor de estimar el valor más real posible.

Dado que los vehiculos eléctricos no son adoptados de buen modo, la reducción del CO2 no es tanta. Lo esperado seria que el vehículo eléctrico se adoptara de forma más rápida que el híbrido para que tuviera un impacto positivo en las emisiones de estos gases.

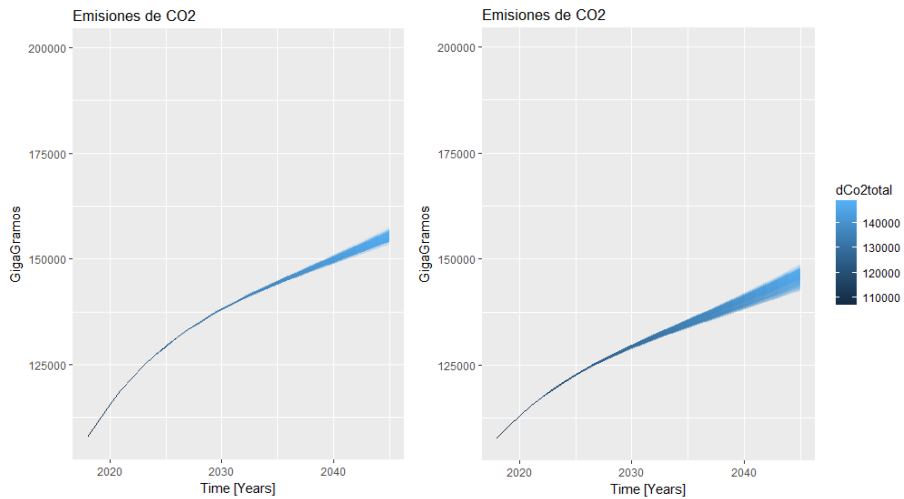


Figura 24 De la izquierdo política base, lado derecho política de infraestructura.

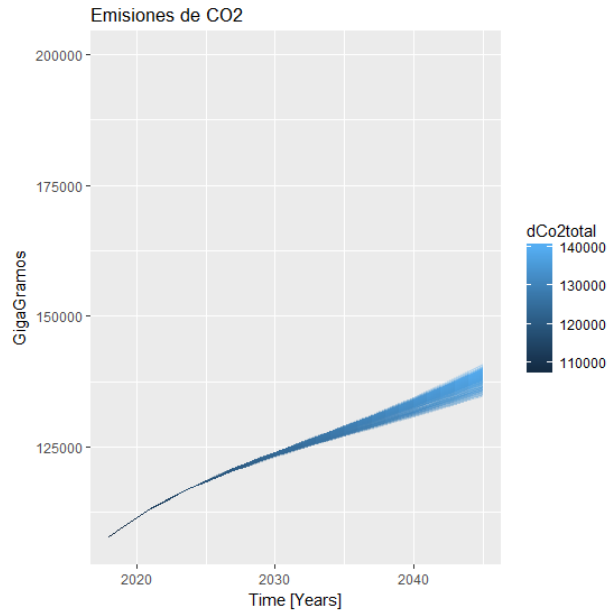


Figura 25 CO2 relacionada con la política 2

Por otro lado, un punto a parte son las emisiones indirectas de CO2 que se tendrían debido a la generación de energía para alimentar a los vehiculos híbridos y eléctricos. Las emisiones de este gas en función de la quema de hidrocarburos para la generación de energía al 2015 eran de .454 Toneladas de CO2/Mwh. Considerando que un vehículo promedio eléctrico consume 20kwh/100 kilómetros, estamos hablando de un incremento de 10% en emisiones de CO2 indirectas en función de los vehiculos híbridos y eléctricos.

CAPITULO 5 CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Después de todos los experimentos, las conclusiones a las que se llega son que los vehículos híbridos tendrán mayor participación de mercado que los vehículos eléctricos. De pasar de menos de 1% de participación de mercado de ambos vehículos alternativos, las proyecciones en función de los alcances del modelo están en casi un 40% de participación de mercado para ambas tecnologías vehiculares.

Se identificó que el GDP per cápita y el precio de la gasolina son variables que aumentan los vehículos eléctricos, mientras que el precio de la electricidad aumenta los vehículos híbridos. Con respecto a los escenarios de políticas, el incremento gradual de la infraestructura tiene un crecimiento de menos del 10% en los vehículos híbridos, mientras que combinando los incentivos fiscales se obtiene un incremento de casi 20% de la participación de mercado. Cuando los conductores o actores del sistema les importa más el precio del vehículo se tiene un crecimiento más rápido en el periodo de reducción del costo del vehículo. Y cuando, a los conductores les importa más el rango de operación del vehículo, hablamos de un crecimiento constante dentro del periodo del crecimiento de infraestructura combinado con la reducción del costo del vehículo.

Dentro de esta investigación se descubrieron diferentes tipos de política que ayudan a mejorar la adopción de tecnologías alternativas. Los escenarios de política que se optaron estuvieron en función de la teoría y los artículos encontrados. Sin embargo, existen políticas como incrementar la flota vehicular del gobierno, subsidios para crear tomas de corriente en casa, estacionamientos gratuitos públicos para los conductores que utilicen tecnologías alternativas, dejar de pagar impuestos en el precio de la electricidad para la carga de vehículos.

Con respecto a la última pregunta de esta investigación, la reducción posible del CO₂ es de alrededor de un 30% en función del mejor escenario con respecto al escenario base. Sin embargo, el aumento de la generación de CO₂ por la creación de energía es del 10%, considerando que la generación de energía en el país es 84% por hidrocarburos y para el futuro al año 2040 se espera que sea por gas natural, con lo cual la reducción neta será de 20% de CO₂ equivalente.

Como conclusión personal, creo que la verdadera variable que pudiese maximizar la adopción de tecnologías alternativas tiene que ver con la educación. Si bien, para la investigación se tomó la voluntad de considerar a cambiar de plataforma como un parámetro, sería prudente entender hasta qué punto la gente entiende el funcionamiento de los vehículos alternativos. Aunado a esto, también se tiene que visualizar mejores políticas por parte del gobierno, las armadoras y los concesionarios. Recordemos que México tiene los objetivos de reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero en un 50% al 2050.

También debemos considerar las tendencias que existen en el mundo y las cuales están tomando fuerza. La reducción en el costo de las baterías eléctricas y el aumento del rango las mismas supondrá una adopción mayor y posiblemente una reducción del precio del vehículo. Sin embargo, algunos países tienen la propuesta de cancelar la producción de vehículos que solo funcionan por combustión interna, lo que generaría un aumento en el inventario de esta tecnología, por lo cual podrían ser distribuidos a menor precio en países emergente como México.

HALLAZGOS

Dentro de la investigación se encontraron temas muy importantes. En lo referente a las políticas, la adopción por parte del gobierno mexicano en las flotas vehiculares oficiales es muy importante para que la gente empiece a visualizar este tipo de vehículos. Algunos estudios que se recabaron señalan la importancia de este tema. Siguiendo con el tema de la política pública, ahí artículos que hacen referencia a incentivar la inversión por parte de las armadoras de vehículos alternativos, la cual ayudaría a mejorar la producción y sobre todo la visualización de este tipo de tecnología, además de la reducción del precio del vehículo.

Otra situación importante que tendría relevancia es el tema de la información de los vehículos alternativos, algunos artículos hacen referencia al tema de la educación y la relación de mayor educación, mayor adopción, sin embargo, para el caso de México, sería importante discutir el tema de la información como cultura, esto es, hasta qué punto está informada la población y los posibles compradores entienden el funcionamiento de los vehículos alternativos. Algunos estudios refieren la falta de información como una limitante para adoptar el vehículo, concretamente los vehículos eléctricos funcionan de manera similar a una licuadora en el sentido de la potencia, en comparación con la explosión del combustible por parte de los vehículos de combustión interna. Además, del tema de la regeneración de la energía por parte de los vehículos alternativos.

En lo referente a las emisiones de CO₂, algo muy importante que tenemos que visualizar son los sectores en los cuales crecerán estas emisiones. La reducción de costos de los vehículos alternativos y el incremento de las políticas en pro del medio ambiente, generaran a la larga una disminución de contaminantes, sin embargo, esta disminución se trasladará al sector de generación de energía debido al incremento de la población y la demanda de servicios por parte de la misma. Estimaciones de la agencia internacional de energía señalan que México necesitara cubrir una demanda de un aumento de 85% al 2040. Se espera que gracias a los 120 GW al 2040 que generaran las energías renovables se pase de 450 gco₂/Kwh a 220 gco₂/kwh. Además, se espera que la generación de energía por renovables sea de un 35% al 2024 y se reduzcan emisiones de Co₂ en un 25% al 2030.

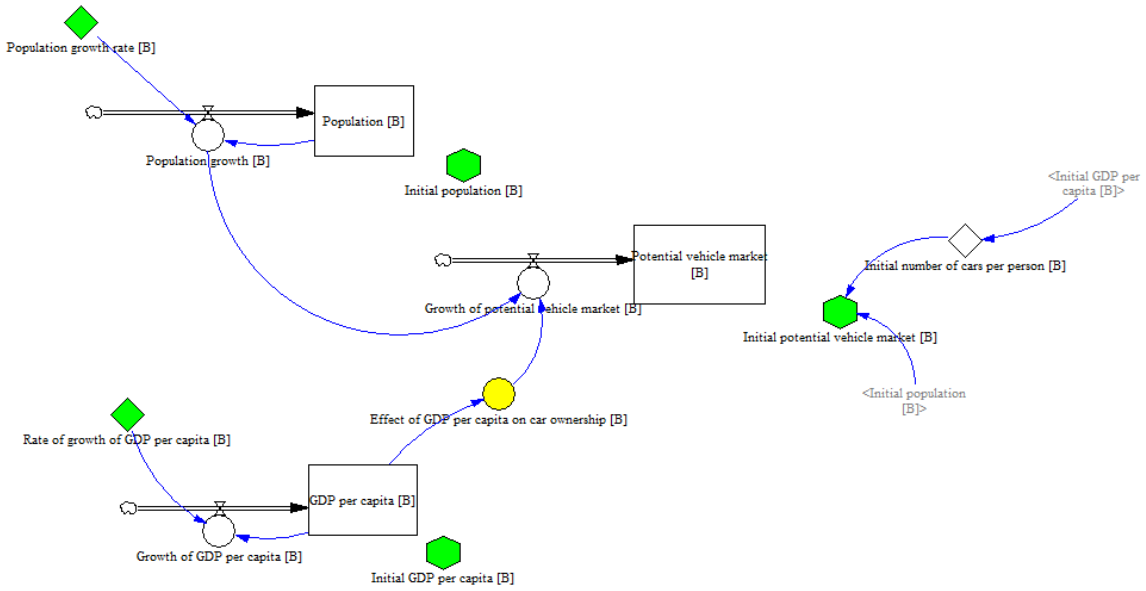
BIBLIOGRAFÍA

- Agency, I. E. (2017). *Energy Policies Beyond IEA Countries: México*. IEA.
- Agency, I. E. (2017). *Global EV Outlook*. Clean Energy Ministerial. Obtenido de <https://www.iea.org/topics/transport/evi/>
- Bankes, R. J., Popper, S. W., & C., S. (2003). *Shaping the Next One hundred Years, New Methods for Quantitative, Long-Term Policy Analysis*. The RAND PARDEE CENTER.
- Becker, T. A., (PI), I. S., & Tenderich, B. (2009). *Electric vehicles in the United States: a new model with forecasts to 2030*. California: Center for Entrepreneurship & Technology, University of California, Berkeley.
- Bryant, B. P., & Lempert, R. J. (2010). Thinking inside the box: A participatory, computer-assisted approach to scenario discovery. *Technological Forecasting & Social Change*, 34-49.
- CONAPO. (s.f.). *CONAPO*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos
- Cornish, E. (2004). *Futuring: The exploration of the future*. Bethesda, Maryland: World Future Society.
- Creswell, J. (2013). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, California: SAGE.
- Defence, U. K. (2014). *Global Strategic Trends - Out to 2045*. Ministry of Defence.
- Degirmenci, K., & H.Breitner, M. (2017). Consumer purchase intentions for electric vehicles: Is green more important than price and range? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 250-260. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.01.001>
- Egbue, O., & Long, S. (2012). *Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions*. Energy Policy. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.06.009>
- EIA. (2016). *U.S. Energy Information Administration, International Energy Statistics*. Obtenido de <https://www.eia.gov/beta/international/>
- Energy, A. I. (2017). *CO2 Emissions from fuel combustion*. International Energy Agency. Obtenido de <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustion2017Overview.pdf>
- Energy, U. D. (2015). *Vehículos eléctricos, híbridos y enchufables*. Energy Efficiency & Renewable Energy.
- Garza, A., & Limon, A. (2017). *Cambio Climático y el Acuerdo de París: Implicaciones en México y el mundo*. Ciudad de México: Centro de investigación Económica y Presupuestaria, A. C.
- Gélves, J. A., Mojica, C. H., Kaul, V., & Isla, L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*. BID.
- Groves, D. G., & Lempert, R. J. (2007). A new analytic method for finding policy-relevant scenarios. *Global Environmental Change*, 73-85.

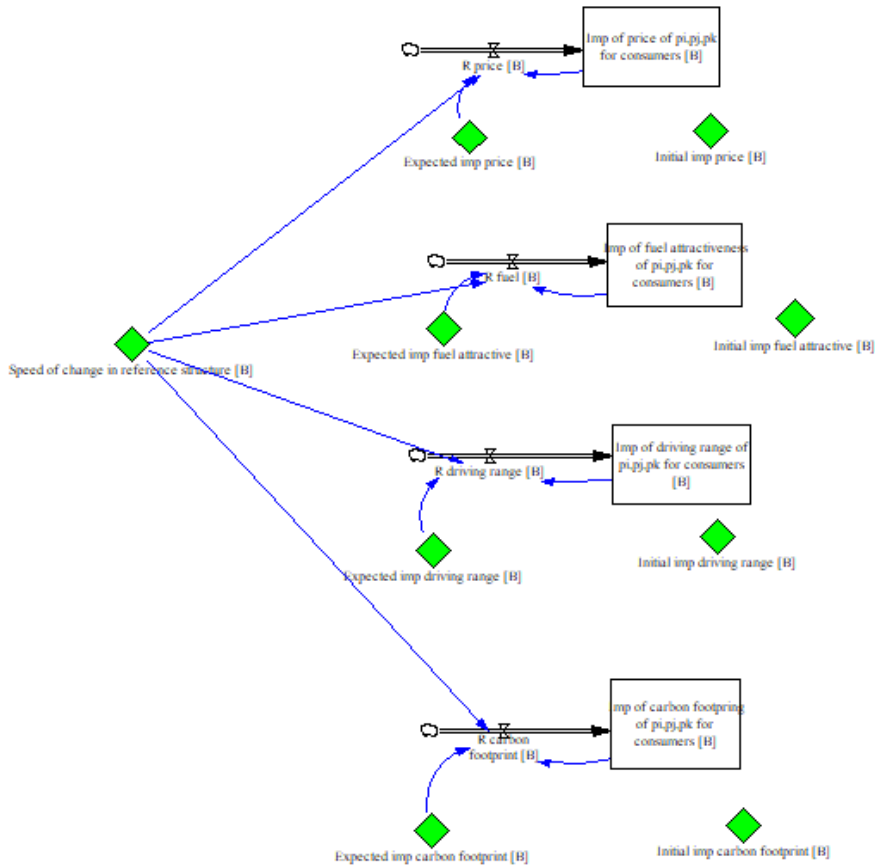
- Hackbarth, A., & Madlener, R. (2013). Consumer preferences for alternative fuel vehicles: A discrete choice analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 5-17. doi:10.1016/j.trd.2013.07.002
- Høyer, K. G. (2008). The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrids cars. *Utilities Policy*, 63-71.
- IEA. (2012). *Energy Technology Perspectives*. IEA. Obtenido de http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ETP2012_free.pdf
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers*. . Ippcc. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- John Paul Helveston, Y. L. (2015). Will subsidies drive electric vehicle adoption? Measuring consumer preferences in the U.S. and China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 96-112.
- Lempert, R. J., Groves, D. G., Popper, S. W., & Bankes, S. C. (2006). A General, Analytic Method for Generating Robust Strategies and Narrative Scenarios. *Management Science*, 52(4):514-528. Obtenido de <https://doi.org/10.1287/mnsc.1050.0472>
- Liu, X., Roberts, M. C., & Sioshansi, R. (2017). Spatial effects on hybrid electric vehicle adoption. *Transportation Research Part D journal*, 85-97. doi:10.1016/j.trd.2017.02.014
- Mendoza-Vizcaino, J., Sumper, A., Sudria-Andreu, A., & J.M.Ramirez. (2016). *Renewable technologies for generation systems in islands and their application to Cozumel Island, Mexico*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.014>
- Molina, E. (2011). *ANALYZING THE TRANSITION TOWARDS ALTERNATIVE VEHICLES IN ADVANCED AND EMERGING ECONOMIES*. Holanda: Delft.
- OECD/IEA. (2017). *International Comparison of Light-duty Vehicle Fuel Economy 2005-2015 Ten years of fuel economy benchmarking*. International Energy Agency. Paris, France: International Energy Agency .
- Petschnig, M., Heidenreich, S., & Spieth, P. (2014). Innovative alternatives take action - Investigating determinants of alternative fuel vehicle adoption. *Transportation Research Part A*, 68-83. doi:10.1016/j.tra.2014.01.001
- Pruyt, E. (2013). *Small System Dynamics Models for Big Issues: Triple Jump towards Real-World Complexity*. The Netherlands: TU Delft Library, Delft.
- Públicas, C. d. (11 de Enero de 2017). <http://www.cefp.gob.mx/>. Obtenido de <http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/nota/2017/notacefp0012017.pdf>
- Rezvani, Z., Jansson, J., & Bodin, J. (2015). Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 122-136. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.10.010>
- Rodríguez, R. G. (2017). *La simple aritmética de la nueva política de precios*. Ciudad de Mexico: Economía Informa.

- Shafiei, E., Thorkelsson, H., Ásgeirsson, E. I., Davidsdottir, B., & Raberto, M. &. (2012). An agent-based modeling approach to predict the evolution of market share of electric vehicles: A case study from Iceland. *Technological Forecasting and Social Change*, 79, 1638-1653.
- Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & Van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 183-194.
- Silvia, C., & M.Krause, R. (2016). Assessing the impact of policy interventions on the adoption of plug-in electric vehicles: An agent based model. *Energy Policy*, 105–118.
- Sterman, J. D. (2000). System Thinking and Modeling for a Complex World. *Management*, (Vol. 6). Obtenido de . <https://doi.org/10.1108/13673270210417646>
- Sterman, J. D., & Struben, J. (2008). Transition challenges for alternative fuel vehicle and transportation system. *Environment and planning B: Planning and Design*, 35(6), 1070–1097. Obtenido de <https://doi.org/10.1068/b33022t>
- Sullivan., F. &. (2015). *Strategic Analysis of the Electric Passenger Car Market in Latin America: A Market Outlook to Desing Policy Guidelines for Electric Vehicle Adoption in the Region*. Washington, D.C., Estados Unidos.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- T.Taefi, T., Kreutzfeldt, J., Held, T., & Fink, A. (2016). Supporting the adoption of electric vehicles in urban road freight transport – A multi-criteria analysis of policy measures in Germany. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 61-79. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.003>
- V.Gass, J.Schmidt, & Schmid, E. (2014). Analysis of alternative policy instruments to promote electric vehicles in Austria. *Renewable Energy*, 96-101. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.012>
- Virginia, U. o. (2018). *Weldon Cooper Center*. Obtenido de <https://demographics.coopercenter.org/national-population-projections>

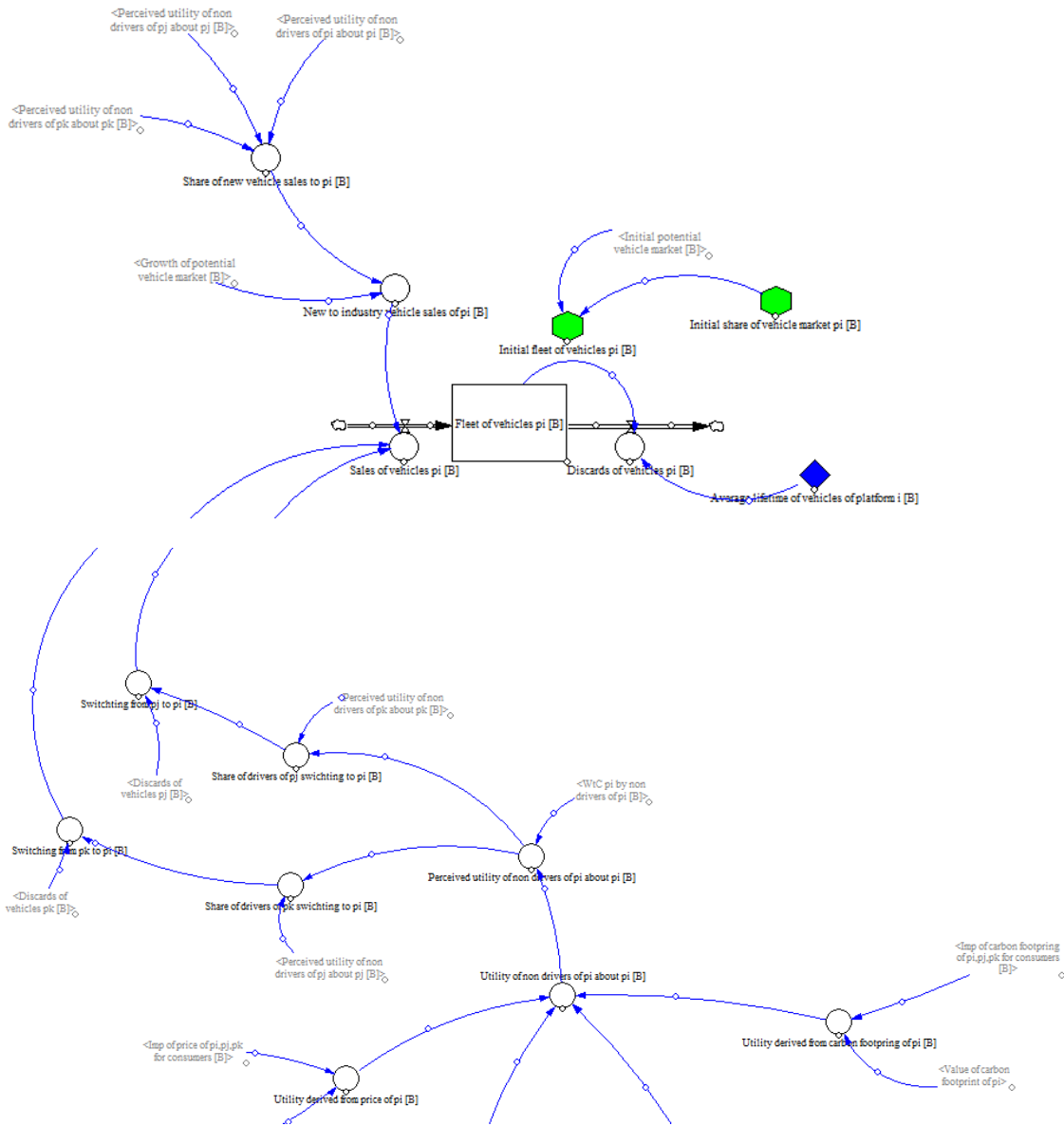
Sistema de vehículos potenciales

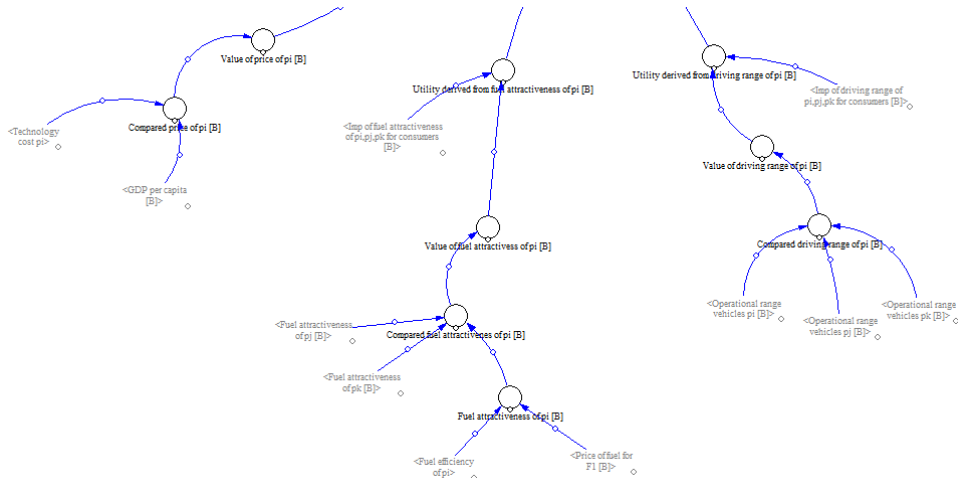


Sistema de Mejora de precio, combustible, rango y huella de carbono para todas las plataformas

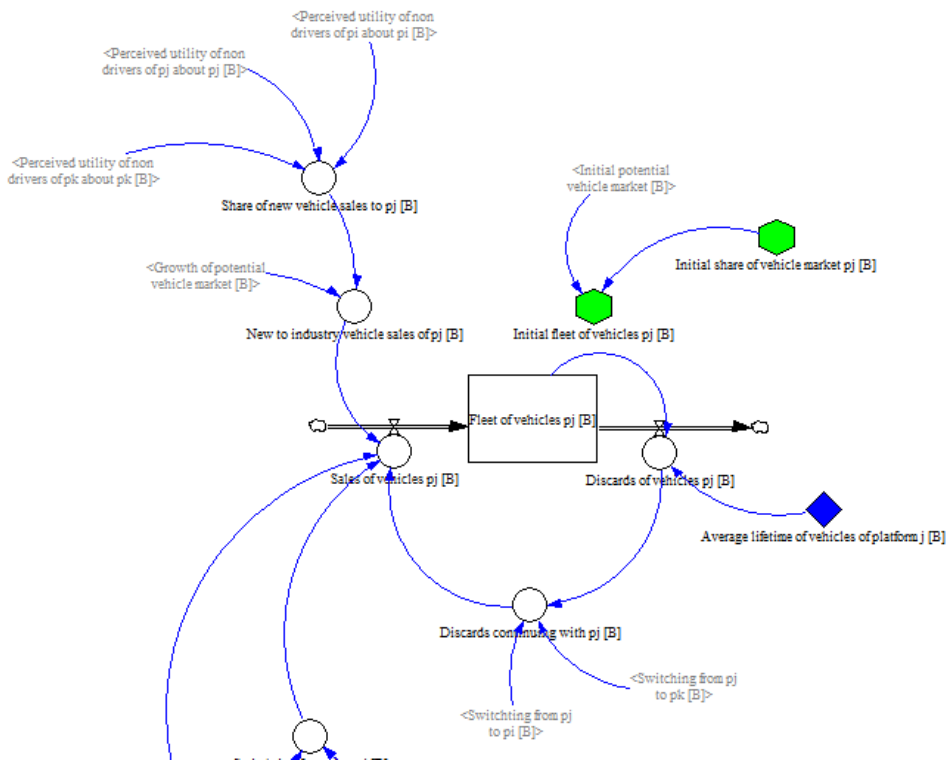


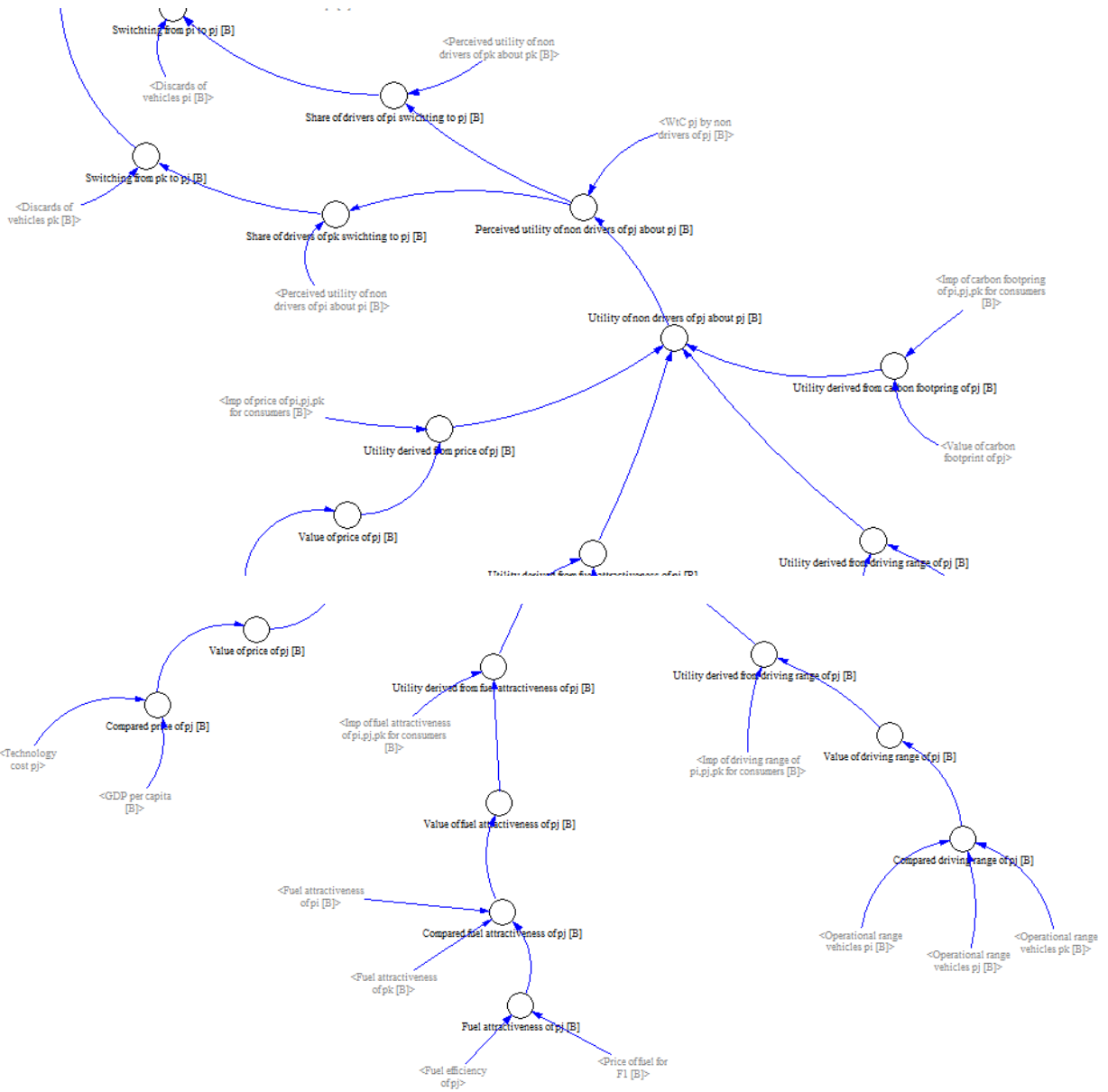
Sistema de flota vehicular de combustión interna



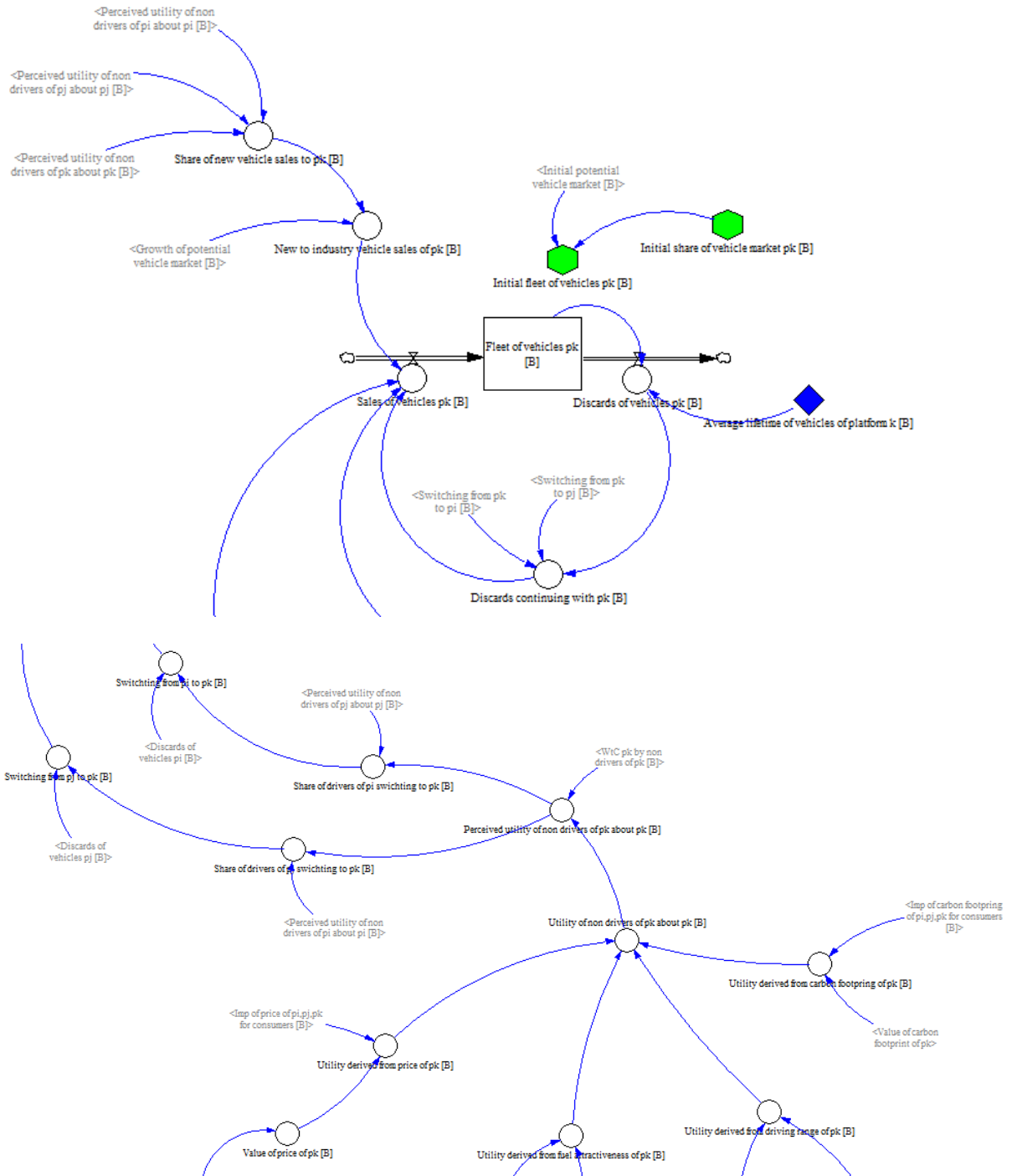


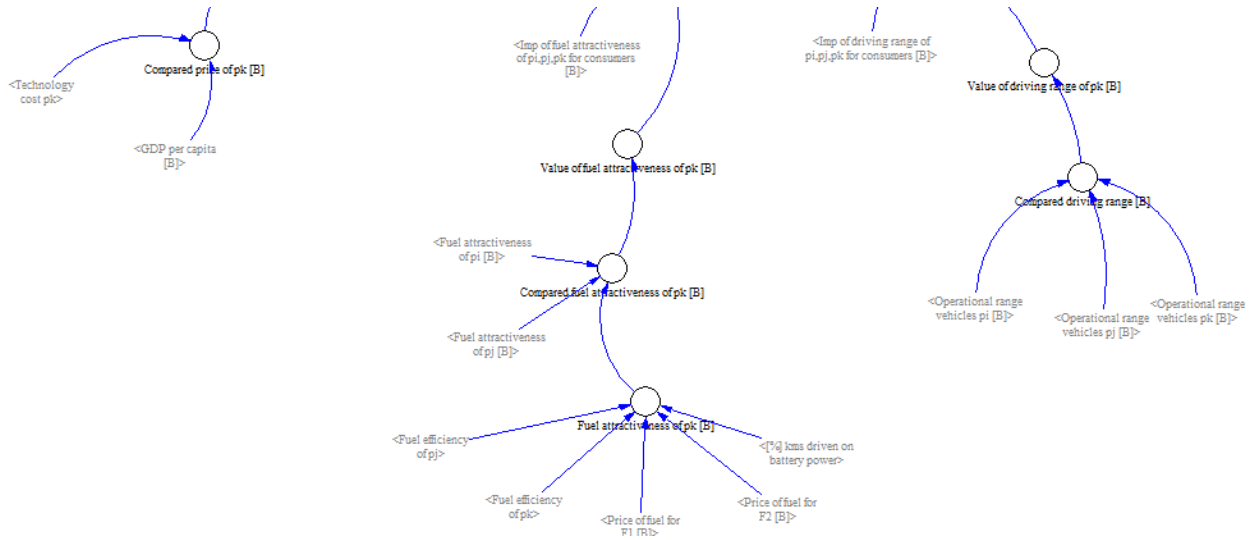
Sistema de flota vehicular híbridos





Sistema de flota vehicular eléctrica





Código Modelo Adopción

```

1. #libreria
2. library("deSolve")
3.
4. Adoption_and_Demographics_Region_B<- function(t, state, parameters)
5. {
6. with(as.list(c(state,parameters)), {
7.
8. #Variables auxiliares
9.
10.     Effect_of_GDP_per_Capita_on_Car_Ownership_B<-
11.     approx(c(0.0, 5000, 10000, 15000, 20000, 25000, 30000, 35000),
12.           c(0.0, .05, .15, .3, .42, .49, .51,
13.             .51), xout = GDP_per_Capita_B)$y
14.
15.     #variable de flujo
16.     Population_Growth_B<-Population_Growth_Rate_B*Population_B
17.     Growth_of_Potential_Vehicle_Market_B<-
18.     Effect_of_GDP_per_Capita_on_Car_Ownership_B*Population_Growth_B
19.     Discards_of_Vehicles_pk_B<-
20.     Fleet_of_Vehicles_pk_B/Average_Lifetime_of_Vehicles_of_Platform_k_B
21.     Discards_of_Vehicles_pj_B<-
22.     Fleet_of_Vehicles_pj_B/Average_Lifetime_of_Vehicles_of_Platform_j_B
23.     Discards_of_Vehicles_pi_B<-
24.     Fleet_of_Vehicles_pi_B/Average_Lifetime_of_Vehicles_of_Platform_i_B
25.
26.     #-----
27.     -----
28.
29.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pK_B
30.     Fuel_Attractiveness_of_pk_B<-
31.     (Price_of_Fuel_for_F2_B/Fuel_Efficiency_of_pk)*Percentage_Kms_Drive
32.     n_on_Battery_Power+(Price_of_Fuel_for_F1_B/Fuel_Efficiency_of_pj)*
33.     (1-Percentage_Kms_Driven_on_Battery_Power)
34.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pj_B

```

```

25.     Fuel_Attractiveness_of_pj_B<-
Price_of_Fuel_for_Fl_B/Fuel_Efficiency_of_pj
26.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pi_B
27.     Fuel_Attractiveness_of_pi_B<-
Price_of_Fuel_for_Fl_B/Fuel_Efficiency_of_pi
28.
29.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pK_B
30.     Compared_Fuel_Attractiveness_of_pk_B<-
max(Fuel_Attractiveness_of_pk_B/min(Fuel_Attractiveness_of_pi_B,Fue
l_Attractiveness_of_pj_B),1)
31.     Compared_Driving_Range_B<-
min(Operational_Range_Vehicles_pk_B/max(Operational_Range_Vehicles_
pj_B,Operational_Range_Vehicles_pi_B),1)
32.     Compared_Price_of_pk_B<-Technology_Cost_pk/GDP_per_Capita_B
33.
34.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pj_B
35.     Compared_Fuel_Attractiveness_of_pj_B<-
max(Fuel_Attractiveness_of_pj_B/min(Fuel_Attractiveness_of_pi_B,Fue
l_Attractiveness_of_pk_B),1)
36.     Compared_Driving_Range_of_pj_B<-
min(Operational_Range_Vehicles_pj_B/max(Operational_Range_Vehicles_
pi_B,Operational_Range_Vehicles_pk_B),1)
37.     Compared_Price_of_pj_B<-Technology_Cost_pj/GDP_per_Capita_B
38.
39.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pi_B
40.     Compared_Fuel_Attractiveness_of_pi_B<-
max(Fuel_Attractiveness_of_pi_B/min(Fuel_Attractiveness_of_pj_B,Fue
l_Attractiveness_of_pk_B),1)
41.     Compared_Driving_Range_of_pi_B<-
min(Operational_Range_Vehicles_pi_B/max(Operational_Range_Vehicles_
pj_B,Operational_Range_Vehicles_pk_B),1)
42.     Compared_Price_of_pi_B<-Technology_Cost_pi/GDP_per_Capita_B
43.
44.
45.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pK_B
46.     Value_of_Fuel_Attractiveness_of_pk_B<-
approx(c(0.0, 1.40673, 2.62997, 3.73089, 4.89297, 5.99388, 7.03364,
7.82875, 9.11315, 9.90826, 10.5199,
47.     11.0092, 11.682, 12.2936, 12.9052, 13.578, 14.5566, 15.2905,
16.6972, 18.2875, 20),
48.     c(1, 0.982456, 0.969298, 0.938596,
0.912281, 0.885965, 0.850877, 0.811404, 0.75, 0.666667, 0.583333, 0
.495614, 0.394737,
49.     0.307018, 0.258772, 0.210526, 0.1
57895, 0.127193, 0.0745614, 0.0307018, 0), xout = Compared_Fuel_Att
ractivenes_of_pk_B-1)$y
50.
51.     Value_of_Driving_Range_of_pk_B<-
approx(c(0.0, 0.672783, 1.22324, 1.89602, 2.44648, 2.9052, 3.24159,
3.57798, 4.0367, 4.31193, 4.77064, 5,
52.     5.35168, 5.68807, 6.02446, 6.4831
8, 6.81957, 7.15596, 7.5841, 8.04281, 8.34862, 8.92966, 10),
53.     c(0.0,
0.0131579, 0.0307018, 0.0526316, 0.0964912, 0.144737, 0.184211, 0.2
2807, 0.280702, 0.346491, 0.429825, 0.5, 0.574561,

```



```

54.                                                                 0.644
   737, 0.710526, 0.780702, 0.850877, 0.912281, 0.934211, 0.969298, 0.
   97807, 0.991228, 1), xout = Compared_Driving_Range_B)$y
55.
56.   Value_of_Price_of_pk_B<-Value_of_Price_of_pk_B<-
   approx(c(0.0, 0.140673, 0.262076, 0.385321, 0.385321, 0.48318, 0.59
   633, 0.669725, 0.730887, 0.785933, 0.834862, 0.911315,
57.                                                                 1.02752, 1.16514, 1.3211, 1.52
   294, 1.69725, 1.9633, 2.15596, 2.3578, 3, 3.13367, 3.21137, 2.41239
   , 3.53456, 4.11230, 4.57083, 4.72072, 4.91710, 5),
58.                                                                 c(1, 0.982456, 0.972456, 0.969298
   , 0.957368, 0.94614, 0.92614, 0.885263, 0.856263, 0.814283, 0.75392
   , 0.719298, 0.65823, 0.61252, 0.58291, 0.54386,
59.                                                                 0.43782, .40172, 0.364035, 0.31
   627, 0.29761, .25647, .20920, .197368, 0.118421, 0.0570175, 0.02192
   98, 0.0175439, 0.0131579, 0), xout = Compared_Price_of_pk_B)$y
60.
61.
62.   #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pj_B
63.   Value_of_Fuel_Attractiveness_of_pj_B<-
   approx(c(0.0, 1.40673, 2.62997, 3.73089, 4.89297, 5.99388, 7.03364,
   7.82875, 9.11315, 9.90826, 10.5199,
64.   11.0092, 11.682, 12.2936, 12.9052, 13.578, 14.5566, 15.2905,
   16.6972, 18.2875, 20),
65.                                                                 c(1, 0.982456, 0.969298, 0.938596,
   0.912281, 0.885965, 0.850877, 0.811404, 0.75, 0.666667, 0.583333, 0
   .495614, 0.394737,
66.                                                                 0.307018, 0.258772, 0.210526, 0.1
   57895, 0.127193, 0.0745614, 0.0307018, 0), xout = Compared_Fuel_Att
   ractiveness_of_pj_B-1)$y
67.
68.
69.   Value_of_Driving_Range_of_pj_B<-
   approx(c(0.0, 0.672783, 1.22324, 1.89602, 2.44648, 2.9052, 3.24159,
   3.57798, 4.0367, 4.31193, 4.77064, 5,
70.   5.35168, 5.68807, 6.02446, 6.4831
   8, 6.81957, 7.15596, 7.5841, 8.04281, 8.34862, 8.92966, 10),
71.                                                                 c(0.0,
   0.0131579, 0.0307018, 0.0526316, 0.0964912, 0.144737, 0.184211, 0.2
   2807, 0.280702, 0.346491, 0.429825, 0.5, 0.574561,
72.                                                                 0.644
   737, 0.710526, 0.780702, 0.850877, 0.912281, 0.934211, 0.969298, 0.
   97807, 0.991228, 1), xout = Compared_Driving_Range_of_pj_B)$y
73.
74.   Value_of_Price_of_pj_B<-
   approx(c(0.0, 0.140673, 0.262076, 0.385321, 0.385321, 0.48318, 0.59
   633, 0.669725, 0.730887, 0.785933, 0.834862, 0.911315,
75.                                                                 1.02752, 1.16514, 1.3211, 1.52
   294, 1.69725, 1.9633, 2.15596, 2.3578, 3, 3.13367, 3.21137, 2.41239
   , 3.53456, 4.11230, 4.57083, 4.72072, 4.91710, 5),
76.                                                                 c(1, 0.982456, 0.972456, 0.969298
   , 0.957368, 0.94614, 0.92614, 0.885263, 0.856263, 0.814283, 0.75392
   , 0.719298, 0.65823, 0.61252, 0.58291, 0.54386,
77.                                                                 0.43782, .40172, 0.364035, 0.31
   627, 0.29761, .25647, .20920, .197368, 0.118421, 0.0570175, 0.02192
   98, 0.0175439, 0.0131579, 0), xout = Compared_Price_of_pj_B)$y
78.

```

```

79.
80.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pi_B
81.     Value_of_Price_of_pi_B<-
      approx(c(0.0, 0.140673, 0.262076, 0.385321, 0.385321, 0.48318, 0.59
633, 0.669725, 0.730887, 0.785933, 0.834862, 0.911315,
82.         1.02752, 1.16514, 1.3211, 1.52294, 1.69725, 1.9633, 2.
15596, 2.3578, 3, 3.13367, 3.21137, 2.41239, 3.53456, 4.11230, 4.57
083, 4.72072, 4.91710, 5),
83.         c(1, 0.982456, 0.972456, 0.969298, 0.957368
, 0.94614, 0.92614, 0.885263, 0.856263, 0.814283, 0.75392, 0.719298
, 0.65823, 0.61252, 0.58291, 0.54386,
84.         0.43782, .40172, 0.364035, 0.31627, 0.29761, .2
5647, .20920, .197368, 0.118421, 0.0570175, 0.0219298, 0.0175439, 0
.0131579, 0), xout = Compared_Price_of_pi_B)$y
85.
86.     Value_of_Fuel_Attractiveness_of_pi_B<-
      approx(c(0.0, 1.40673, 2.62997, 3.73089, 4.89297, 5.99388, 7.03364,
7.82875, 9.11315, 9.90826, 10.5199,
87.         11.0092, 11.682, 12.2936, 12.9052, 13.578, 14.5566, 15.29
05, 16.6972, 18.2875, 20),
88.         c(1, 0.982456, 0.969298, 0.93
8596, 0.912281, 0.885965, 0.850877, 0.811404, 0.75, 0.666667, 0.583
333, 0.495614, 0.394737,
89.         0.307018, 0.258772, 0.21052
6, 0.157895, 0.127193, 0.0745614, 0.0307018, 0), xout = Compared_Fu
el_Attractiveness_of_pi_B-1)$y
90.
91.
92.     Value_of_Driving_Range_of_pi_B<-
      approx(c(0.0, 0.672783, 1.22324, 1.89602, 2.44648, 2.9052, 3.24159,
3.57798, 4.0367, 4.31193, 4.77064, 5,
93.         5.35168, 5.68807, 6.02446, 6.48318, 6.81957, 7.15596, 7.5841,
8.04281, 8.34862, 8.92966, 10),
94.         c(0.0, 0.0131579, 0.0307018, 0.0526
316, 0.0964912, 0.144737, 0.184211, 0.22807, 0.280702, 0.346491, 0.
429825, 0.5, 0.574561,
95.         0.644737, 0.710526, 0.780702, 0.8
50877, 0.912281, 0.934211, 0.969298, 0.97807, 0.991228, 1), xout =
Compared_Driving_Range_of_pi_B)$y
96.
97.
98.
99.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pK_B
100.    Utility_Derived_from_Fuel_Attractiveness_of_pk_B<-
      Imp_of_Fuel_Attractiveness_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Fue
l_Attractiveness_of_pk_B
101.    Utility_Derived_from_Driving_Range_of_pk_B<-
      Imp_of_Driving_Range_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Driving_R
ange_of_pk_B
102.    Utility_Derived_from_Price_of_pk_B<-
      Imp_of_Price_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Price_of_pk_B
103.    Utility_Derived_from_Carbon_Footpring_of_pk_B<-
      Imp_of_Carbon_Footpring_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Carbon
_Footprint_of_pk
104.    #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pj_B

```

```

105.     Utility_Derived_from_Fuel_Attractiveness_of_pj_B<-
        Imp_of_Fuel_Attractiveness_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Fue
        l_Attractivess_of_pj_B
106.     Utility_Derived_from_Driving_Range_of_pj_B<-
        Imp_of_Driving_Range_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Driving_R
        ange_of_pj_B
107.     Utility_Derived_from_Price_of_pj_B<-
        Imp_of_Price_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Price_of_pj_B
108.     Utility_Derived_from_Carbon_Footpring_of_pj_B<-
        Imp_of_Carbon_Footpring_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Carbon
        Footprint_of_pj
109.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pi_B
110.     Utility_Derived_from_Fuel_Attractiveness_of_pi_B<-
        Imp_of_Fuel_Attractiveness_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Fue
        l_Attractivess_of_pi_B
111.     Utility_Derived_from_Driving_Range_of_pi_B<-
        Imp_of_Driving_Range_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Driving_R
        ange_of_pi_B
112.     Utility_Derived_from_Price_of_pi_B<-
        Imp_of_Price_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Price_of_pi_B
113.     Utility_Derived_from_Carbon_Footpring_of_pi_B<-
        Imp_of_Carbon_Footpring_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B*Value_of_Carbon
        Footprint_of_pi
114.
115.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pK_B
116.     Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B<-
        exp(Utility_Derived_from_Carbon_Footpring_of_pk_B+Utility_Derived_f
        rom_Driving_Range_of_pk_B+Utility_Derived_from_Fuel_Attractiveness
        of_pk_B+Utility_Derived_from_Price_of_pk_B)
117.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pj_B
118.     Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B<-
        exp(Utility_Derived_from_Carbon_Footpring_of_pj_B+Utility_Derived_f
        rom_Driving_Range_of_pj_B+Utility_Derived_from_Fuel_Attractiveness
        of_pj_B+Utility_Derived_from_Price_of_pj_B)
119.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pi_B
120.     Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B<-
        exp(Utility_Derived_from_Carbon_Footpring_of_pi_B+Utility_Derived_f
        rom_Driving_Range_of_pi_B+Utility_Derived_from_Fuel_Attractiveness
        of_pi_B+Utility_Derived_from_Price_of_pi_B)
121.
122.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pK_B
123.     Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B<-
        Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B*WtC_pk_by_non_Drivers_of_pk
        _B
124.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pj_B
125.     Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B<-
        Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B*WtC_pj_by_non_Drivers_of_pj
        _B
126.     #variables auxiliares de Fleet_of_Vehicles_pi_B
127.     Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B<-
        Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B*WtC_pi_by_non_Drivers_of_pi
        _B
128.
129.     #-----
        -----
130.

```

```

131.     Share_of_Drivers_of_pj_Swichting_to_pk_B<-
        Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B/
132.     (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B+Perceived
        Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B+exp(1))
133.
134.     Share_of_Drivers_of_pi_Swichting_to_pk_B<-
        Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B/
135.     (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B+exp(1)+Per
        ceived_Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B)
136.
137.     #-----
        -----
138.
139.     Share_of_Drivers_of_pk_Swichting_to_pj_B<-
        Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B/
140.     (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B+Perceived
        Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B+exp(1))
141.
142.     Share_of_Drivers_of_pi_Swichting_to_pj_B<-
        Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B/
143.     (exp(1)+Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B+Per
        ceived_Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B)
144.
145.     #-----
146.     Share_of_Drivers_of_pj_Swichting_to_pi_B<-
        Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B/
147.     (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B+exp(1)+Per
        ceived_Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B)
148.
149.     Share_of_Drivers_of_pk_Swichting_to_pi_B<-
        Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B/
150.     (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B+Perceived
        Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B+exp(1))
151.
152.     #-----
153.
154.     #variables auxiliares
155.     Switching_from_pi_to_pk_B<-
        Share_of_Drivers_of_pi_Swichting_to_pk_B*Discards_of_Vehicles_pi_B
156.     Switching_from_pj_to_pk_B<-
        Share_of_Drivers_of_pj_Swichting_to_pk_B*Discards_of_Vehicles_pj_B
157.
158.     #variables auxiliares
159.     Switching_from_pi_to_pj_B<-
        Discards_of_Vehicles_pi_B*Share_of_Drivers_of_pi_Swichting_to_pj_B
160.     Switching_from_pk_to_pj_B<-
        Share_of_Drivers_of_pk_Swichting_to_pj_B*Discards_of_Vehicles_pk_B
161.
162.     #Variables auxiliares
163.     Switching_from_pk_to_pi_B<-
        Share_of_Drivers_of_pk_Swichting_to_pi_B*Discards_of_Vehicles_pk_B
164.     Switching_from_pj_to_pi_B<-
        Discards_of_Vehicles_pj_B*Share_of_Drivers_of_pj_Swichting_to_pi_B
165.     #-----
166.     #Discards_Continuing_with_pi_B<-Discards_of_Vehicles_pi_B-
        Switching_from_pi_to_pj_B-Switching_from_pi_to_pk_B

```

```

167.      #Discards_Continuing_with_pj_B<-Discards_of_Vehicles_pj_B-
Switching_from_pj_to_pk_B-Switching_from_pj_to_pi_B
168.
169.      #Discards_Continuing_with_pk_B<-Discards_of_Vehicles_pk_B-
Switching_from_pk_to_pj_B-Switching_from_pk_to_pi_B
170.      #-----
171.      Share_of_new_Vehicle_Sales_to_pk_B<-
Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pk_About_pk_B/
172.      (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B+Perceived_
Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B+Perceived_Utility_of_non_Dr
ivers_of_pj_About_pj_B)
173.      New_to_Industry_Vehicle_Sales_of_pk_B<-
Share_of_new_Vehicle_Sales_to_pk_B*Growth_of_Potential_Vehicle_Mark
et_B
174.
175.      Share_of_new_Vehicle_Sales_to_pj_B<-
Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B/
176.      (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B+Perceived_
Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B+Perceived_Utility_of_non_Dr
ivers_of_pk_About_pk_B)
177.      New_to_Industry_Vehicle_Sales_of_pj_B<-
Share_of_new_Vehicle_Sales_to_pj_B*Growth_of_Potential_Vehicle_Mark
et_B
178.
179.      Share_of_new_Vehicle_Sales_to_pi_B<-
Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B/
180.      (Perceived_Utility_of_non_Drivers_of_pi_About_pi_B+Perceived_
Utility_of_non_Drivers_of_pj_About_pj_B+Perceived_Utility_of_non_Dr
ivers_of_pk_About_pk_B)
181.      New_to_Industry_Vehicle_Sales_of_pi_B<-
Share_of_new_Vehicle_Sales_to_pi_B*Growth_of_Potential_Vehicle_Mark
et_B
182.
183.      #variable de flujo
184.
185.      R_Carbon_Footprint_B<-(Expected_Imp_Carbon_Footprint_B-
Imp_of_Carbon_Footprint_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B)/Speed_of_Chang
e_in_Reference_Structure_B
186.      R_Price_B<-(Expected_Imp_Price_B-
Imp_of_Price_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B)/Speed_of_Change_in_Refere
nce_Structure_B
187.      R_Driving_Range_B<-(Expected_Imp_Driving_Range_B-
Imp_of_Driving_Range_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B)/Speed_of_Change_i
n_Reference_Structure_B
188.      R_Fuel_B<-(Expected_Imp_Fuel_Attractive_B-
Imp_of_Fuel_Attractiveness_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B)/Speed_of_Ch
ange_in_Reference_Structure_B
189.
190.      Growth_of_GDP_per_Capita_B<-
Rate_of_Growth_of_GDP_per_Capita_B*GDP_per_Capita_B
191.      Sales_of_Vehicles_pj_B<-
Switching_from_pk_to_pj_B+Switching_from_pi_to_pj_B+New_to_Industr
y_Vehicle_Sales_of_pj_B##Discards_Continuing_with_pj_B
192.      Sales_of_Vehicles_pi_B<-
Switching_from_pk_to_pi_B+Switching_from_pj_to_pi_B+New_to_Industr
y_Vehicle_Sales_of_pi_B##Discards_Continuing_with_pi_B

```

```

193.   Sales_of_Vehicles_pk_B<-
      Switching_from_pj_to_pk_B+Switching_from_pi_to_pk_B+New_to_Industr
      y_Vehicle_Sales_of_pk_B##Discards_Continuing_with_pk_B
194.
195.   #Co2rate<-
      (abs(dFleet_of_Vehicles_pi_B*((Value_of_Carbon_Footprint_of_pi*15)/
      1000000)))+(abs(dFleet_of_Vehicles_pj_B*((Value_of_Carbon_Footprint
      _of_pj*15)/1000000)))+(abs(dFleet_of_Vehicles_pk_B*((Value_of_Carbo
      n_Footprint_of_pk*15)/1000000)))
196.   #variables de estado
197.   dPopulation_B<-Population_Growth_B
198.   dGDP_per_Capita_B<-Growth_of_GDP_per_Capita_B
199.   dPotential_Vehicle_Market_B<-
      Growth_of_Potential_Vehicle_Market_B
200.
201.   dImp_of_Carbon_Footpring_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B<-
      R_Carbon_Footprint_B
202.   dImp_of_Price_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B<-R_Price_B
203.   dImp_of_Driving_Range_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B<-
      R_Driving_Range_B
204.   dImp_of_Fuel_Attractiveness_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B<-
      R_Fuel_B
205.
206.   dFleet_of_Vehicles_pi_B<-Sales_of_Vehicles_pi_B-
      Discards_of_Vehicles_pi_B
207.   dFleet_of_Vehicles_pj_B<-Sales_of_Vehicles_pj_B-
      Discards_of_Vehicles_pj_B
208.   dFleet_of_Vehicles_pk_B<-Sales_of_Vehicles_pk_B-
      Discards_of_Vehicles_pk_B
209.   #se multipla por 15 debido a que la unidad esta en Gigagramos
210.   dCo2total<-
      (abs(Fleet_of_Vehicles_pi_B*((Value_of_Carbon_Footprint_of_pi*1500)
      /1000000)))+(abs(Fleet_of_Vehicles_pj_B*((Value_of_Carbon_Footprint
      _of_pj*1500)/1000000)))+(abs(Fleet_of_Vehicles_pk_B*((Value_of_Carb
      on_Footprint_of_pk*1500)/1000000)))
211.
212.
213.   list(c(dPopulation_B,
214.         dGDP_per_Capita_B,
215.         dPotential_Vehicle_Market_B,
216.         dImp_of_Carbon_Footpring_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B,
217.         dImp_of_Price_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B,
218.         dImp_of_Driving_Range_of_pi_pj_pk_for_Consumers_B,
219.         dImp_of_Fuel_Attractiveness_of_pi_pj_pk_for_Consumers_
      B,
220.         dFleet_of_Vehicles_pi_B,
221.         dFleet_of_Vehicles_pj_B,
222.         dFleet_of_Vehicles_pk_B,
223.         dCo2total),
224.         pk_ms = Fleet_of_Vehicles_pk_B/(Fleet_of_Vehicles_pi_B
      +Fleet_of_Vehicles_pj_B+Fleet_of_Vehicles_pk_B),
225.         pj_ms = Fleet_of_Vehicles_pj_B/(Fleet_of_Vehicles_pi_B
      +Fleet_of_Vehicles_pj_B+Fleet_of_Vehicles_pk_B),
226.         pi_ms = Fleet_of_Vehicles_pi_B/(Fleet_of_Vehicles_pi_B
      +Fleet_of_Vehicles_pj_B+Fleet_of_Vehicles_pk_B)
227.
228.

```

```

229.     )
230.   })
231.   }
232.   Exp.table$Run.ID<-1:nrow(Exp.table)
233.
234.   #run the experiment
235.
236.   out.exp<-apply(Exp.table, 1 , function(x)
237.                 {
238.                   #Parametros
239.                   parameters<-c(
240.                     Population_Growth_
Rate_B=as.numeric(x['Population_Growth_Rate_B']),
241.                     Rate_of_Growth_of_
GDP_per_Capita_B=as.numeric(x['Rate_of_Growth_of_GDP_per_Capita_B']
),
242.                     Speed_of_Change_in_
Reference_Structure_B=as.numeric(x['Speed_of_Change_in_Reference_S
tructure_B']),
243.                     Expected_Imp_Carbo
n_Footprint_B=as.numeric(x['Expected_Imp_Carbon_Footprint_B']),
244.                     Expected_Imp_Drivi
ng_Range_B=as.numeric(x['Expected_Imp_Driving_Range_B']),
245.                     Expected_Imp_Fuel_
Attractive_B=as.numeric(x['Expected_Imp_Fuel_Attractive_B']),
246.                     Expected_Imp_Price
_B=as.numeric(x['Expected_Imp_Price_B']),
247.                     Average_Lifetime_o
f_Vehicles_of_Platform_i_B=as.numeric(x['Average_Lifetime_of_Vehicl
es_of_Platform_i_B']),
248.                     Average_Lifetime_o
f_Vehicles_of_Platform_j_B=as.numeric(x['Average_Lifetime_of_Vehicl
es_of_Platform_j_B']),
249.                     Average_Lifetime_o
f_Vehicles_of_Platform_k_B=as.numeric(x['Average_Lifetime_of_Vehicl
es_of_Platform_k_B']),
250.                     Technology_Cost_pk
=as.numeric(x['Technology_Cost_pk']),
251.                     Technology_Cost_pj
=as.numeric(x['Technology_Cost_pj']),
252.                     Technology_Cost_pi
=as.numeric(x['Technology_Cost_pi']),
253.                     Price_of_Fuel_for_
F2_B=as.numeric(x['Price_of_Fuel_for_F2_B']),
254.                     Price_of_Fuel_for_
F1_B=as.numeric(x['Price_of_Fuel_for_F1_B']),
255.                     Fuel_Efficiency_of
_pk=as.numeric(x['Fuel_Efficiency_of_pk']),
256.                     Fuel_Efficiency_of
_pj=as.numeric(x['Fuel_Efficiency_of_pj']),
257.                     Fuel_Efficiency_of
_pi=as.numeric(x['Fuel_Efficiency_of_pi']),
258.                     Percentage_Kms_Dri
ven_on_Battery_Power=as.numeric(x['Percentage_Kms_Driven_on_Battery
_Power']),
259.                     Operational_Range_
Vehicles_pi_B=as.numeric(x['Operational_Range_Vehicles_pi_B']),

```

```

260.                                     Operational_Range_
  Vehicles_pj_B=as.numeric(x['Operational_Range_Vehicles_pj_B']),
261.                                     Operational_Range_
  Vehicles_pk_B=as.numeric(x['Operational_Range_Vehicles_pk_B']),
262.                                     WtC_pk_by_non_Driv
  ers_of_pk_B=as.numeric(x['WtC_pk_by_non_Drivers_of_pk_B']),
263.                                     WtC_pj_by_non_Driv
  ers_of_pj_B=as.numeric(x['WtC_pj_by_non_Drivers_of_pj_B']),
264.                                     WtC_pi_by_non_Driv
  ers_of_pi_B=as.numeric(x['WtC_pi_by_non_Drivers_of_pi_B']),
265.                                     Value_of_Carbon_Fo
  otprint_of_pi=as.numeric(x['Value_of_Carbon_Footprint_of_pi']),
266.                                     Value_of_Carbon_Fo
  otprint_of_pj=as.numeric(x['Value_of_Carbon_Footprint_of_pj']),
267.                                     Value_of_Carbon_Fo
  otprint_of_pk=as.numeric(x['Value_of_Carbon_Footprint_of_pk'])
268.                                     );
269.     #run the model
270.     out <- data.frame(
271.       ode(y = InitialConditions,
272.         times = times,
273.         func = Adoption_and_Demographics_Region_B,
274.         parms = parameters,
275.         method =intg.method)
276.     )
277.     #assign Run.ID
278.     out$Run.ID<-x['Run.ID']
279. #
280.     return(out)
281.   }
282. )
283.
284. out.exp<-do.call("rbind",out.exp)
285.
286.
287. library(ggplot2)
288.
289. #Penetración pk
290. p1<-
  ggplot(out.exp, aes(time,pk_ms,group=Run.ID, color=GDP_per_Capita_B
  ))
291.   p1+geom_line(linetype=1, alpha= .15)+
292.   ggtitle("Penetración Vehículos Eléctricos")+
293.   scale_x_continuous(name="Time [Years]") +
294.   scale_y_continuous(name="Market Share",limits=c(0, 1))
295.
296. #Penetración pj
297. p2<-
  ggplot(out.exp, aes(time,pj_ms,group=Run.ID, color=GDP_per_Capita_B
  ))
298.   p2+geom_line(linetype=1, alpha= .15)+
299.   ggtitle("Penetración Vehículos Híbridos")+
300.   scale_x_continuous(name="Time [Years]") +
301.   scale_y_continuous(name="Market Share",limits=c(0, 1))
302.
303. #Penetración pi
304.

```



```

305.     p3<-
        ggplot(out.exp, aes(time,pi_ms,group=Run.ID, color=GDP_per_Capita_B
        ))
306.     p3+geom_line(linetype=1, alpha= .15)+
307.     ggtitle("Penetración Vehículos Combustion Interna")+
308.     scale_x_continuous(name="Time [Years]" ) +
309.     scale_y_continuous(name="Market Share",limits=c(0, 1))
310.
311.     #co2
312.     p4<-
        ggplot(out.exp, aes(time,dCo2total,group=Run.ID, color=GDP_per_Capi
        ta_B))
313.     p4+geom_line(linetype=1, alpha= .15)+
314.     ggtitle("Emisiones de CO2")+
315.     scale_x_continuous(name="Time [Years]" ) +
316.     scale_y_continuous(name="GigaGramos",limits=c(107000,150000
        ))

```