

Evaluación de factores socioeconómicos y técnicos que afectan la aplicación del vehículo eléctrico en Colombia

Juan Manuel Ángel Reinemer

**Tutor:
Álvaro Turriago Hoyos Ph.D.**

Universidad de La Sabana

**Facultad de Ingeniería
Maestría en Gerencia de Ingeniería**

**Área de profundización
Chía, abril 1 de 2018
Presentación de trabajos de grado
Protocolos e informes finales**

Resumen

En la actualidad los problemas generados por los vehículos de combustión interna son cada vez más evidentes. Los niveles de contaminación en las grandes ciudades parecen no disminuir pese a los múltiples esfuerzos de los gobiernos locales y el gobierno nacional. Los vehículos eléctricos son una alternativa de solución a esta problemática, y el mundo parece entender eso; muchos países han comenzado a incentivar su uso mediante decisiones económicas, legales o políticas. Contrario a las tendencias mundiales, Colombia no parece estar trazando una ruta hacia esta transformación, por lo cual urge conocer cuáles son los factores, hasta ahora desconocidos, que no permiten la masificación de estos vehículos en el país para determinar cuál debe ser la estrategia por seguir para estar a la vanguardia en este importante medio de transporte. Mediante el uso de las metodologías PESTEL, el modelo de las cinco fuerzas competitivas de Porter y la matriz DOFA, se lograron identificar los factores que van desde el interés del Gobierno en el proceso, pasando por costo de adquisición de los vehículos y el conocimiento tecnológico de los consumidores, para posteriormente evaluarlos mediante un modelo de difusión de Bass, el cual permite modelar el comportamiento del sistema con el fin de analizarlo y poder finalmente plantear estrategias para la masificación de los vehículos eléctricos en el país a través de un proceso de matriz de cambio. La utilización de un modelo como el modelo de difusión de Bass, permitió tener una aproximación cuantitativa adecuada para entender el comportamiento del mercado de vehículos eléctricos en el país con respecto a cada factor, y por ende poder construir una estrategia en la cual se desarrolló un plan de trabajo para actuar sobre cada uno de los factores identificados en pro de acelerar el proceso de adopción de esta tecnología en el país.

Palabras Clave: Contaminación, vehículos eléctricos, tendencias, transformación, Colombia, factores que afectan la difusión del vehículo eléctrico.

Contactos

Germán Cardona
Ministro de Transporte

Federico Hoyos
Representante a la Cámara
contacto@federicohoyos.com

Alejandro Trujillo
Presidente Rentandes
gerencia@rentandes.com

Jose Cloptofsky
Director Revista Motor
josclo@eltiempo.com

Ruben Vargas
Taxista Eléctrico
300-302-5545

Norberto Salamanca
Médico Pediatra
315-3334200

Leila Ternera
Enfermera Perfusionista
315-352-0775

Contenido

Introducción.....	6
1. CAPÍTULO 1. Marco Teórico.....	7
1.1. Revisión de la bibliografía sobre la temática de la adaptación del Vehículo Eléctrico	7
1.2. El vehículo eléctrico	9
1.2.1. Actualidad del vehículo eléctrico en el mundo	10
1.3. Mercado Automotriz en Colombia	12
1.4. Modelo de Bass	14
2. CAPÍTULO 2. Identificación de los factores que afectan la aplicación del vehículo eléctrico en Colombia	15
2.1. Aplicación de metodologías a utilizar	15
2.1.1. Encuestas realizadas.....	15
2.1.1.1. Resultados encuesta.....	16
2.1.1.2. Análisis de resultados de la encuesta.....	23
2.1.2. Entrevistas realizadas.....	26
2.1.2.1. Entrevista al sector Gobierno.....	26
2.1.2.2. Entrevista a experto	30
2.1.2.3. Entrevista a sector privado	33
2.1.2.4. Entrevista a usuario de vehículo a combustión	35
2.1.2.5. Entrevista a usuario de vehículo eléctrico.....	36
2.1.3. PESTEL	39
3. CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LOS FACTORES.....	43
3.1. Análisis cualitativo de los factores	43
3.1.1. Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter	43
3.1.2. Matriz DOFA	46
3.1.3. Matriz de Priorización	48
3.2. Análisis cuantitativo de los factores.....	53
3.2.1. Simulación con factores invariantes.....	64
3.2.1.1. Análisis de los resultados.....	65
3.2.2. Simulación con suposiciones.....	66
3.2.2.1. Análisis de los resultados.....	68
3.2.3. Simulación de comparación de impacto factores	73
4. CAPÍTULO 4. DEFINICIÓN DE ESTRATEGIA PARA ACELERAR EL PROCESO DE ADOPCIÓN DE VEHÍCULO ELÉCTRICOS	77
4.1. Matrices de Cambio	78

4.1.1.	Matriz de Cambio Sector Gobierno.....	78
4.1.2.	Matriz de Cambio Sector Privado	83
4.1.3.	Matriz de Cambio Usuarios	87
4.2.	Consolidación de estrategia	92
5.	CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
5.1.	Conclusiones.....	93
5.2.	Recomendaciones.....	95
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	97
7.	ANEXOS	101
7.1.	Anexo i. Encuesta.....	101
7.2.	Anexo ii. Código de Regresión.....	105
7.3.	Anexo iii. Resultados de Simulación	107

Introducción

Uno de los problemas globales que va en constante aumento que no parece tener pronta solución es el calentamiento global debido al aumento significativo en la producción de gases invernadero como el CO₂ (Nullis, 2015). La principal fuente de este tipo de gases es la quema de combustibles fósiles. Aparte de las termoeléctricas, los mayores productores de CO₂ son los vehículos de combustión interna, los cuales abundan en las ciudades de nuestro planeta, teniendo no solo repercusiones en la atmósfera sino en la salud de sus habitantes (OMS, 2016).

Cerca de 1.1 billones de vehículos de combustión interna ruedan por el planeta (Smith, 2016) y anualmente este número aumenta en un 5% anual (OMS, 2015). No es difícil sacar conjeturas respecto a este hecho; a medida que el tiempo pasa el aumento en el número de vehículos de combustión llevará a un aumento de las producciones de CO₂ y por tanto de la contaminación (Organización Mundial de la Salud, 2016). A pesar de esto, la gente necesita transportarse y aunque el uso de servicio público y de bicicletas reducen el número de vehículos, el número de estos usuarios no aumenta en la misma proporción que lo hacen los usuarios de vehículos.

La situación es más crítica en países emergentes, como es el caso de Colombia, porque no tienen ni las políticas ni la infraestructura para incentivar los medios de transporte alternativos, razón por la cual las personas prefieren seguir usando su vehículo. Esta verdad golpea más que a ningún otro país a Colombia. La contaminación en las principales ciudades va en aumento a diario y el aumento de bicicletas en las calles y los intentos de sistemas organizados de transporte no parecen dar solución (Semana, 2016).

Urge entonces, encontrar una salida a este problema diferente a las ya intentadas en el país. Como sería el caso de incentivar el uso de transportes alternativos, el pico y placa para la restricción de movilidad de vehículos o los días sin carro. Las naciones más desarrolladas han llegado a la conclusión que, aunque muchos de sus habitantes hagan el esfuerzo de movilizarse en transporte público, a pie o en bicicleta, la gran mayoría desea seguir usando su vehículo particular (Gössling, 2017). Y finalmente han concluido que la solución que más se acomoda a cada una de las variables involucradas es incentivar el uso del vehículo eléctrico.

Países como Holanda ya han planteado legislaciones para prohibir el vehículo de combustible fósil y permitir los vehículos eléctricos como único tipo de vehículos en años venideros. Y son cada día más las naciones desarrolladas que se unen a Holanda en busca de aliviar los problemas climáticos y proteger la salud de sus habitantes (Dockrill, 2017).

A diferencia de estos países donde la tasa de venta de vehículos eléctricos aumenta vertiginosamente, en Colombia esta tasa decrece con los años. ANDEMOS (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores ANDEMOS, 2017), por ejemplo, cuestiona ¿cómo es posible que el país vaya en contravía del avance del mundo? Ya que no debería ser así. He ahí donde surge la problemática de saber por qué, durante ya varios años, los números de ventas de este tipo de vehículos no aumentan como lo hacen los de los vehículos a combustión.

1. CAPÍTULO 1. Marco Teórico

1.1. Revisión de la bibliografía sobre la temática de la adaptación del Vehículo Eléctrico

Es claro que el primer paso para solventar una problemática es identificarla y caracterizarla, y el primer paso en un trabajo como el que aquí se va a realizar es determinar qué tanto se ha investigado acerca de la problemática en cuestión. En ese orden de ideas, se adelanta en este trabajo una revisión de las bases de datos más relevantes de artículos científicos. Las bases consultadas para este fin fueron las siguientes:

Tabla 1. Bases de datos consultadas

Base de Datos	Palabras Claves de Búsqueda	Filtros Aplicados	Resultados Totales	Resultados Útiles
Science Direct	Electric Cars	Review articles	3193	-
	Electric Cars Adoption	Review articles	477	3
	Electric Cars Colombia	Review articles	58	1
EBSCOHost	Electric Cars	-	10554	-
	Electric Cars AND Adoption	-	147	1
	Electric Cars AND Colombia	-	2	0
Scopus	Electric Cars	Article	6612	-
	Electric Cars Adoption	-	500	1
	Electric Cars AND Colombia	-	33	2

Fuente: Elaboración del autor

El estudio más similar a lo que se va a trabajar, encontrado en estas bases, fue un *Paper* desarrollado en la Universidad de La Sabana de autoría de Andrés Villamizar, Jairo Montoya y Javier Faulín titulado “*Impact of the use of electric vehicles in collaborative urban transport networks: A case study*” (Muñoz A., Montoya J., Faulin J., 2016). En este *paper* los autores profundizan en la problemática de los modelos urbanos de transporte masivo con el fin de estudiar el impacto que tendría involucrar vehículos eléctricos en este sistema.

Un segundo artículo, al que se pudo acceder a través de la base de Scopus, estudia esta problemática, pero desde un punto de vista técnico: evaluar la eficiencia y el rendimiento de los vehículos eléctricos en Bogotá. Cortés, Parra y Rosero, autores de este último trabajo para el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional, estudian qué tan eficiente es utilizar un vehículo eléctrico en la capital de Colombia teniendo en cuenta las diferentes condiciones que afectan la movilidad: tráfico, geografía, cultura y clima, pero se alejan del problema de masificación del mismo (Cortes M., Ramirez J.E., Rosero, J., 2013).

A pesar de no tener el enfoque específico del trabajo propuesto y no dar a conocer los factores que impactan en la masificación y venta de los vehículos eléctricos en Colombia, estos estudios pueden ser un excelente soporte para entender las problemáticas de transporte del país, las cuales finalmente también impactarán en el modelo de mercado de los vehículos eléctricos que se propone estudiar.

Ahora bien, investigando en las diferentes universidades del país, se encontró un trabajo de grado desarrollado en la Universidad Nacional de Colombia, el cual sí investiga más a fondo la problemática de los vehículos eléctricos, pero reduciendo el análisis al caso particular de Bogotá. Blas Morales Quintana, en su trabajo de grado para Magíster de Ingeniería Eléctrica titulado “*Modelo De Masificación De Vehículos Eléctricos En Bogotá D.C*” (Morales, 2014), estudia la problemática de masificación de vehículos eléctricos para la ciudad de Bogotá. Su enfoque más allá de entender los factores que inciden en el proceso, busca plantear un modelo de masificación del producto basados en las características propias de los vehículos y las necesidades de los usuarios. Morales plantea un modelo en el cual la infraestructura de redes de distribución eléctrica y estaciones de carga de vehículos, juegan un papel muy importante en la masificación del vehículo.

Este último trabajo de grado se constituye en base teórica importante para el desarrollo de la propuesta hecha en este trabajo. Lo ideal es lograr ir más allá y entender el comportamiento del mercado respecto a cada uno de los factores identificados, en un ambiente más amplio como es el ambiente nacional colombiano.

Saliendo del entorno nacional, en la investigación que se ha realizado no se ha encontrado documentación explícita sobre las barreras para este tipo de vehículos en países emergentes, aunque si existen una serie de estudios acerca de la realidad actual de los vehículos en el mundo, de las barreras o resistencia al cambio del sistema automotriz, de las ventajas y desventajas de los vehículos eléctricos y de cuál es el camino que los vehículos eléctricos deberían recorrer para lograr entrar de manera masiva al mercado.

Uno de estos artículos de investigación es aquel que escribió Stefan Gössling titulado “*Barriers to Automobile Change*” (Gössling, 2017). En este trabajo el autor plantea todas las problemáticas del sector automotriz y las consecuencias del actual sistema en la sociedad global. Para Gössling la principal barrera de resistencia al cambio radica en la propiedad de los vehículos: pues todas las personas quieren tener vehículo propio y desde que no se eliminé esta barrera muy poco es lo que se podrá hacer.

La manera como Gössling ve la realidad no está lejos de lo que está ocurriendo en la vida real, pero a diferencia de lo que este último autor plantea, existen soluciones intermedias a la eliminación de la propiedad del vehículo, como es por ejemplo el uso de vehículos alternativos.

Las otras investigaciones consideradas se enfocan en la adaptación de la sociedad y de la industria al vehículo eléctrico. Camilla Barbarossa en su investigación “*Personal Values, Green Self-identity and Electric Car Adoption*” (Barbarossa C., De Pelsmacker P., Moons I., 2017) plantea cómo la adaptación al cambio debe nacer desde la identidad de las personas, desde su espíritu y sensibilidad a los temas del medio ambiente (espíritu verde) y su moral, e incluso desde la cultura, para entender la situación global en cuanto a los problemas de polución.

También existen otros puntos de vista, es el caso de una aproximación industrial; la investigación realizada por Phillip Borgstedt (Borgstedt P., Neyer B., Schewe G., 2017) analiza el efecto en la

industria de la transformación automotriz y el camino que está debe seguir para adaptarse al cambio de tecnología.

Una temática intermedia entre las anteriores investigaciones es aquella desarrollada por Hensley, Knupfer y Krieger, quienes consideran que el camino más rápido para la adaptación de la sociedad a los vehículos eléctricos es aquel que cobija temáticas tanto desde el componente social de adopción como la del componente industrial. Exponen que las bases para acelerar el proceso deben ser en primer lugar educar al consumidor, proponer incentivos para la adquisición de los vehículos y un cambio a nivel macro de la infraestructura (Hensley R., Knupfer S., Krieger A, 2011).

Sin embargo, hay quienes no opinan a favor de los vehículos eléctricos, es el caso de Dudenhöffer, quien desarrolla un artículo en el cual expone que los vehículos eléctricos han fracasado (Dudenhöffer, 2013), basando sus afirmaciones en el Modelo de Aceptación de Tecnología (Chuttur, 2009), sostiene que el principal problema del fracaso, según Dudenhöffer, de este tipo de vehículos se debe a la poca información a la que tienen acceso los usuarios.

Estos enfoques y visiones, muy opuestos en algunos casos, de la realidad actual de la industria automotriz en el mundo son una excelente base de conocimiento para emprender el camino de este trabajo y permiten ver que aún hay mucho campo para la investigación sobre este tema y mucho conocimiento por adquirir en pro del beneficio de la sociedad.

1.2. El vehículo eléctrico

Los medios de transporte tuvieron su cúspide de evolución luego de la Revolución Industrial en 1750, y de hecho evolucionan año tras año, sin embargo, el uso de combustibles no ha evolucionado pues desde hace más de 100 años se siguen utilizando combustibles fósiles. Junto con el aumento de la población, el aumento de vehículos en el mundo ha ido creciendo año tras año y por ende la contaminación producto de la combustión interna de los motores.

No es un secreto que los principales culpables por esta debacle, que consume cada vez más las ciudades en nubes de *smog*, la tienen principalmente las grandes empresas petroleras que incentivan el uso de este tipo de transporte y demeritan y dificultan la masificación de otros medios de transporte, dentro de los cuales se encuentran los vehículos eléctricos (Perez, 2015).

Yendo un poco atrás en el tiempo, el primer vehículo eléctrico, contrario a lo que muchos piensan, se construyó a finales de los 1800 (Matulka, 2014), es decir que no es nada nuevo y no es una tecnología naciente. Solo en los últimos años esta industria parece estar resurgiendo y dejando atrás los temores del petróleo y los altos costos, y comenzando a calar en los consumidores que no ven el vehículo eléctrico como algo futurista, sino como una realidad cada día más palpable y necesaria. Y no son los usuarios los que se han dado cuenta de esta realidad, sino la misma industria y los gobiernos. Anteriormente, eran empresas especializadas las que se encargaban de la producción limitada de vehículos eléctricos, hoy en día casi todas las marcas cuentan con al menos una línea de vehículo eléctrico en su portafolio.

A pesar de estas noticias positivas, aún parece lejano el mundo en el que la mayoría de vehículos sean eléctricos y no de combustión como en la actualidad. Los países desarrollados están más cerca de la realidad, ya sea por el esfuerzo gubernamental, por los adelantos tecnológicos o por el mayor poder adquisitivo de sus habitantes. En cambio, en los países emergentes esta realidad global aún no se plasma como realidad y se sigue vislumbrando cómo podría ser a futuro.

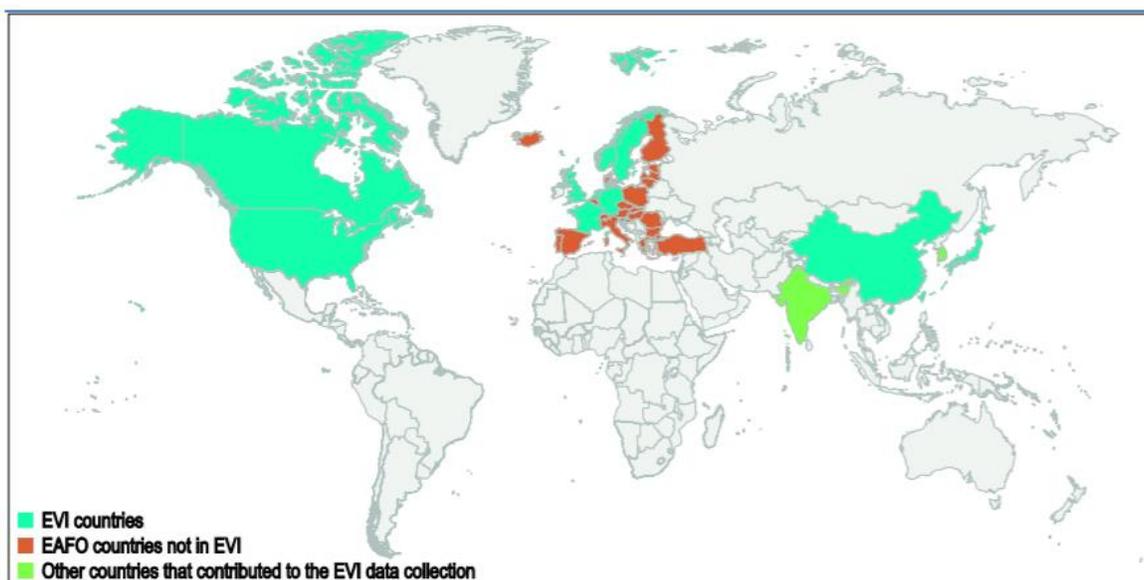
En cuanto a la tecnología de vehículos eléctricos, es también de suma importancia entender que no siempre es la mejor solución ambiental. ¿Cómo así? ¿No lo es siempre? No. Es cierto que los vehículos eléctricos tienen una producción de “cero gases” contaminantes, pero ¿qué hay de la fuente de energía que se requiere para su carga? ¿Es totalmente limpia? He ahí otra variable que es importante evaluar para la implementación de un sistema de vehículos eléctricos. No es lo mismo tener una población de vehículos eléctricos en un país que basa su producción de energía (de la cual se alimentarán los vehículos) en energía limpias (solar, eólica, hidroeléctricas), que alimentar los vehículos con energía contaminantes (petróleo, gas, carbón). Un ejemplo claro es China. China es un país que basa su producción de energía en centrales termoelectricas y actualmente tiene las ciudades más contaminadas del mundo (Forbes, 2017) (Organización Mundial de la Salud, 2016). ¿Qué pasaría si requerimos aún más energía para alimentar los vehículos eléctricos? Simplemente necesitaremos más combustibles para alimentar las centrales y no estará llevando a cabo ninguna solución ambiental, y por el contrario, puede que esté empeorando.

Todos estos factores son los que se deben evaluar a la hora de pensar en vehículos eléctricos, pero si hay algo claro es que en el vehículo eléctrico se tiene una de las soluciones más factibles a los problemas de contaminación de las grandes ciudades en el mundo.

1.2.1. Actualidad del vehículo eléctrico en el mundo

A nivel mundial, el vehículo eléctrico ha tenido gran acogida, en especial en los países más desarrollados: los más comprometidos con la transformación del parque automotor (International Energy Agency, 2017). Desde 2009 se fundó la EVI (*Electric Vehicles Initiative*), la cual es una política internacional que tiene como fin dedicarse a la aceleración de la expansión de los vehículos eléctrico en el mundo. Viendo un mapa de los países promotores de esta iniciativa, se puede corroborar como se mencionaba, son los más desarrollados los interesados en el cambio:

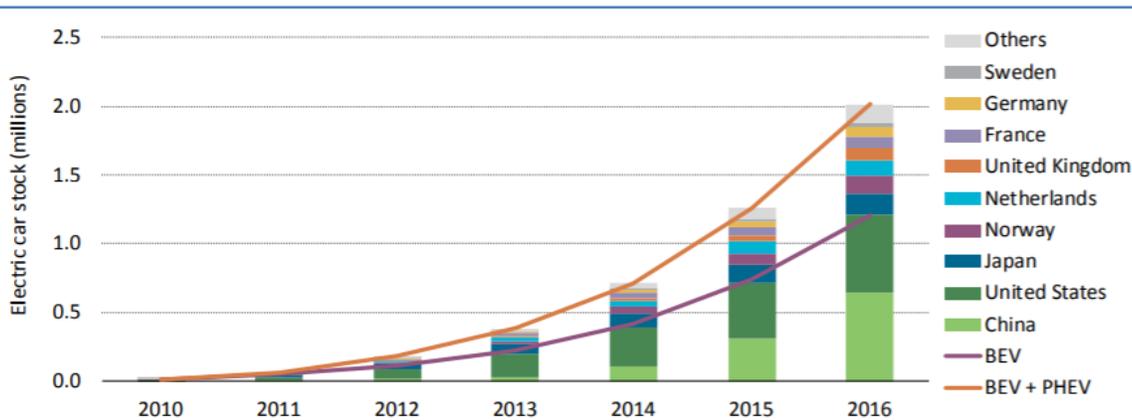
Gráfico 1. Países pertenecientes a la EVI



Fuente: (International Energy Agency, 2017)

En estos países el crecimiento de los vehículos eléctricos ha sido exponencial desde la última década. Países como Noruega tienen tasas de crecimiento cercanas al 164% en las ventas de este tipo de vehículos. En las siguientes gráficas se puede observar cómo ha sido el crecimiento de este mercado a nivel global:

Gráfico 2. Inventario de vehículos eléctricos en el mundo



Fuente: (International Energy Agency, 2017)

Tabla 2. Crecimiento en ventas de vehículos eléctricos en países pertenecientes a EVI

País	Crecimiento en Ventas 2015 vs. 2016		Ventas 2016	
	BEV	PHEV	BEV	PHEV
China	75%	30%	257000	79000
E.U	22%	70%	86731	72885
Noruega	6%	164%	29520	20660
Reino Unido	4%	45%	10509	27403
Francia	26%	36%	21758	7749
Japón	48%	-34%	15461	9390
Alemania	-6%	20%	11322	13290
Hoanda	47%	-50%	3737	20740
Suecia	0%	8%	2951	10464
Canadá	19%	147%	5220	6360
Dinamarca	-71%	-49%	1218	182
Korea	75%	-40%	5099	164

BEV > Vehículo Eléctrico de Baterías

PHEV > Vehículo Híbrido

Fuente: (International Energy Agency, 2017)

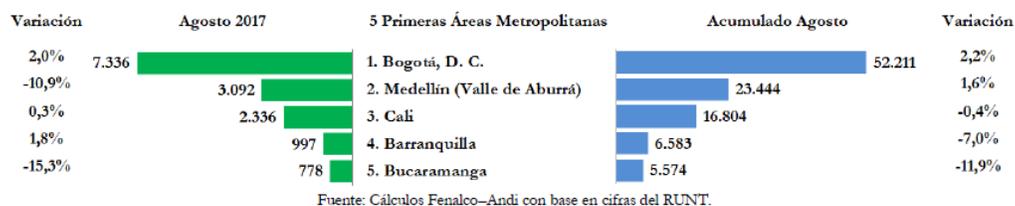
Viendo estas cifras, surge la inquietud: ¿qué están haciendo estos países que no está haciendo Colombia? Para responder la pregunta basta con mirar algunas de las diferentes acciones que están tomando estas naciones en pro de la transformación:

- En China, el gobierno continúa auspiciando políticas tanto financieras como no financieras en pro de la adquisición de vehículos eléctricos. La excepción de impuestos de adquisición y rodamiento de los vehículos varían entre los USD 5.000 y USD 8.000. En cuanto a lo no financiero, en algunas ciudades chinas se están colocando restricciones para la generación de licencias para vehículo que no son eléctricos. El alto número de ventas en este país (340.000), permite que los vehículos eléctricos sean más asequibles.
- En Noruega, la adquisición de vehículos eléctricos está libre de impuestos, que ascienden a una cifra anual cercana a los USD 12.000. Junto a este incentivo, el gobierno ha puesto a disposición de los ciudadanos incentivos como parqueaderos gratuitos, no cobro de peajes y mejora de la infraestructura para el abastecimiento de energía a los vehículos.
- En Japón, los subsidios de compra de estos vehículos ascienden a los USD 8.000.
- En Suecia, aunque los subsidios han disminuido, siguen existiendo subsidios para la adquisición de vehículos eléctricos (USD 4.000). Sin embargo, la amplia gama de vehículos que se ofrecen en el mercado ha facilitado la venta de los mismos al ofrecer más opciones a los usuarios finales.

1.3. Mercado Automotriz en Colombia

El Mercado automotriz en Colombia se reduce prácticamente a las grandes ciudades capitales como Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla. Los mercados de las demás ciudades son relativamente pequeños:

Gráfico 3. Ventas de automotores por ciudad 2017



Fuente: (FENALCO, ANDI, 2017)

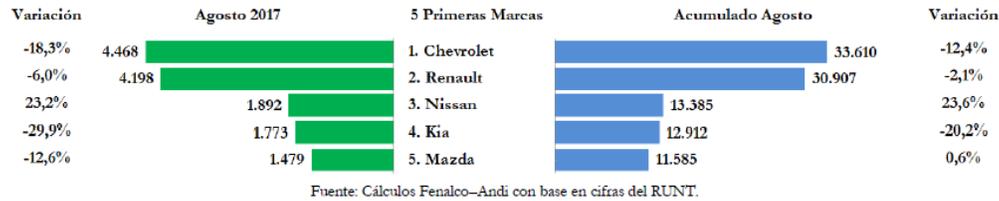
De acuerdo con la Asociación Colombiana de Vehículos Automotores, el índice de motorización en Colombia es de 5,2 (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores, 2016). Si comparamos esta cifra con Latinoamérica (9,6), Colombia queda bastante relegada, pero, aun así, el tráfico en estas principales ciudades es inmenso, con lo que fácilmente se puede concluir que los problemas de movilidad radican en la infraestructura de esas ciudades, pero por el momento esto no es objeto de esta discusión.

En Colombia se matriculan en promedio al mes 20.000 vehículos (FENALCO, ANDI, 2017). Cuando se revisan los informes oficiales del mercado automotriz en el país, los vehículos eléctricos no alcanzan a aparecer en las gráficas. Esto se debe a que en el año 2016 se matricularon solamente 176 vehículos eléctricos (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores ANDEMOS, 2017), una cifra minúscula comparada con las ventas de vehículos de combustión.

Como la ciudad más poblada, Bogotá tienen el número más alto de ventas con 52.211 vehículos en lo que va de 2017, seguida por Medellín y Cali. La mayoría de vehículos que se venden en el país son de gama media o baja, cifra acorde al poder adquisitivo de los colombianos.

Revisando estas cifras, es claro que el mercado automotriz en Colombia no es un mercado que se caracterice por autos lujosos y por grandes ventas. Más a grandes rasgos es un mercado estático en el cual se venden las mismas marcas y las mismas gamas año tras año, ya sea por comodidad del consumidor o por la poca evolución tanto económica como social de los habitantes:

Gráfico 4. Venta de Vehículos por marca



Fuente: (FENALCO, ANDI, 2017)

Cuando se hace referencia a vehículos eléctricos, la situación es aún menos prometedora, el número de vehículos eléctricos matriculados es minúsculo frente a los vehículos de combustión. Y la situación es más grave aun cuando la tendencia es que el porcentaje de vehículos eléctricos vendidos en 2017 sea menor que en 2016 (disminución de 30%), hasta el momento solo se han matriculado 126 vehículos. Siendo Bogotá y Medellín, las ciudades en las que más se matricularon vehículos eléctricos.

Tabla 3. Comparación de vehículos eléctrico e híbridos matriculados a agosto 2016/2017

MARCA	2016	2017	Variación
BMW	7	43	514%
Renault	82	35	-57%
BYD	-	22	1%
KIA	-	10	100%
Mitsubishi	19	6	-68%
Rariro	3	2	-33%
Hyundai	-	2	100%
Hino	-	1	100%
Scania	-	1	100%
JAC	-	1	100%
Porsche	3	1	-67%
Nissan	10	-	-100%
Volvo	50	-	-100%
TOTAL	174	124	-29%

Fuente: (Asociación Colombiana de Vehículos Automotores ANDEMOS, 2017)

Este es el panorama de los vehículos de uso particular, es importante también lograr conocer cuál es la situación actual de los demás segmentos del mercado, en especial el segmento de vehículos de uso público.

En esta índole, la proporción de vehículos eléctricos o híbridos es mayor, principalmente debido al esfuerzo de los gobiernos de incentivar el desarrollo de sistemas de transporte masivo sostenibles. Esto

no quiere decir que la cifra sea aceptable, la proporción es mejor pero el número de vehículos eléctricos sigue siendo mínimo comparado a los vehículos de combustión.

A muy grandes rasgos, ésta es la realidad actual del mercado automotriz en Colombia, un mercado estático y muy poco avanzado tecnológicamente. Se pretende entender el comportamiento de este mercado y su adaptación frente a la masificación de los vehículos eléctricos, por ello es de primordial necesidad entender los factores que lo impactan, las barreras que tienen las nuevas tecnologías y plantear una estrategia para que la adaptación del vehículo eléctrico sea más rápida y fructífera.

1.4. Modelo de Bass

Identificar los factores no sería del todo útil si no se evalúa su impacto en el proceso de masificación de los vehículos eléctricos, resultado que permitirá plantear una estrategia para la consecución de este fin último. Todo proceso de evaluación de factores debe pasar primero por una evaluación cualitativa para al final complementarse con una evaluación cuantitativa de los mismos. El ideal de este trabajo de grado es poder utilizar dinámica de sistemas aplicando el Modelo de Difusión Bass (1994), para modelar los factores identificados y medir numéricamente su impacto en el sistema que se llama mercado automotriz, con el fin de entender el comportamiento que este tendría ante el ingreso de los vehículos eléctricos.

A través del modelo matemático Bass, es posible modelar sistemas y entender cómo es su adaptación a nuevas tecnologías que aparecen en el mercado, tecnologías innovadoras para el mercado. Este modelo tiene dos componentes principales, ambos representando los consumidores finales; los innovadores y los imitadores, a través de la siguiente ecuación (Bass F., Krishnan T., Jain D., 1994):

$$\frac{f(T)}{1-F(T)} = p + qF(T) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde $f(T)$ es la función de densidad, $F(T)$ es la función acumulativa, ' p ' el coeficiente de innovación, ' q ' el coeficiente de imitación y T el periodo total del proceso.

Los innovadores son aquellos usuarios que se atreven o “arriesgan” a adquirir un producto una vez ingresa al mercado. Los imitadores, son aquellos que a medida que el producto se va estableciendo, difundiendo y más personas lo adquieren, empiezan a seguir a los innovadores, imitando su comportamiento, ya sea por presión del mercado, por presión social o por necesidad.

El modelo, basado en ecuaciones diferenciales, permite evaluar cómo los innovadores impactan el comportamiento de los imitadores, y cómo el producto impacta la adquisición de los innovadores. Este es el comportamiento básico de los agentes de un mercado ante la entrada de productos nuevos; por esta razón, este modelo facilita medir la adaptación de los agentes del sistema del mercado automotriz colombiano frente a la entrada de vehículos eléctricos.

Sin embargo, el modelo en su forma original no contempla factores externos que afecten el comportamiento del mercado, por lo cual es necesario utilizar una variante generalizada del modelo original para poder modelar el impacto de los factores que se van a identificar en este trabajo de grado. En esta variante, se incluye en la ecuación una nueva variable que representa el factor externo de la siguiente manera:

$$\frac{f(T)}{1-F(T)} = [p + qF(T)][x(T)] \quad \text{Ecuación 2}$$

En esta generalización del modelo se incluye la función $x(T)$, la cual representa cada uno de los factores externos que impactan el modelo. Bass, Krishnan y Jain (1994) llaman a esa función “esfuerzo actual del mercado”, y dicen que representa el efecto actual de las variables dinámicas del mercado en la probabilidad condicional de adaptación del producto en el tiempo T.

Esta variación ya se ha utilizado para modelar diferentes sistemas, incluso sistemas que contemplan el ingreso de nuevos vehículos a un mercado automotriz. Por ejemplo, Massiani utilizó este modelo para pronosticar la adaptación a nuevas tecnologías automotrices (Massiani, 2015). En este último documento, Massiani utiliza el modelo de Bass para medir la adaptación de los vehículos eléctricos en el mercado alemán.

Teniendo en cuenta los alcances de este trabajo de grado, se puede concluir que esta segunda versión del Modelo de Bass se ajusta muy bien a los objetivos planteados, pues se puede medir el impacto del vehículo eléctrico, no en el mercado alemán, sino con las características propias del mercado nacional colombiano. De igual manera Ismail y Abu (Ismail Z., Abu N., 2013), confirman que el modelo de difusión Bass es útil para la modelación de la adaptabilidad de cualquier mercado a nuevos productos, como en su estudio lo fue para la adaptación del vehículo de protones en Malasia.

Esta investigación de la aplicabilidad del modelo de difusión Bass, permite entender y confirmar que esta aproximación cuantitativa al problema es apropiada para poder obtener conclusiones certeras en cuanto al proceso de masificación del vehículo eléctrico en Colombia.

2. CAPÍTULO 2. Identificación de los factores que afectan la aplicación del vehículo eléctrico en Colombia

2.1. Aplicación de metodologías a utilizar

El primer paso para identificar los factores involucrados en el proceso de la aplicación del vehículo eléctrico en Colombia es entender la realidad actual del sistema automotor en el país. Para este fin es importante primero entender cualitativamente las condiciones actuales, los pensamientos de los agentes involucrados y el conocimiento que estos tengan acerca de la problemática.

Con este objetivo en mira, la metodología aplicada se desplegó en tres importantes actividades: En primer lugar, se realizó una encuesta a individuos que pueden tener o no relación con la problemática. En segundo lugar, se realizaron una serie de entrevistas, en este caso acotando los entrevistados en personas involucradas directamente con la problemática. Finalmente, con este conocimiento cualitativo se sintetizaron los resultados a través de un modelo PESTEL, el cual arrojó los primeros resultados de factores identificados.

A continuación, se expone el proceso que tomó cada una de estas etapas hasta llegar a los resultados finales del PESTEL.

2.1.1. Encuestas realizadas

Como se mencionaba anteriormente, el primer paso que se dio para la identificación de los factores que impactan la masificación de vehículos eléctricos fue la realización de una encuesta en la cual se busca conocer la opinión del encuestado con respecto a los problemas de contaminación y el vehículo eléctrico como solución a esta problemática.

La población encuestada fue una población aleatoria y anónima, es decir, pueden ser individuos que estén o no involucrados con el tema, esto con el fin de percibir el pensamiento común acerca de la problemática. El tamaño de la población fue de 200 individuos, entrevistados a través de redes sociales, correos electrónicos y entrevistas personales.

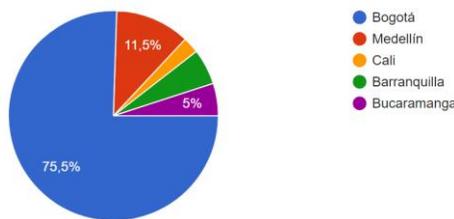
La encuesta consistió en 22 preguntas, que indagan acerca de la problemática ambiental de las grandes ciudades de Colombia, las posibles soluciones a la misma y el conocimiento acerca de vehículos eléctricos de los encuestados, aparte de datos demográficos como género, edad, ciudad y estrato social. En el Anexo i se puede visualizar la encuesta completa.

2.1.1.1. Resultados encuesta

Se encuestó un total de 200 individuos de manera digital. La encuesta consistió en un total de 19 preguntas cerradas de selección múltiple (incluyendo ciudad de residencia y género) y 6 preguntas abiertas. Para entender más claramente los resultados de la encuesta, se presentan a continuación todos los gráficos de las preguntas de selección múltiple. Posteriormente se presentan la síntesis de respuestas a cada una de las preguntas abiertas. En ese orden de ideas, los resultados fueron los siguientes:

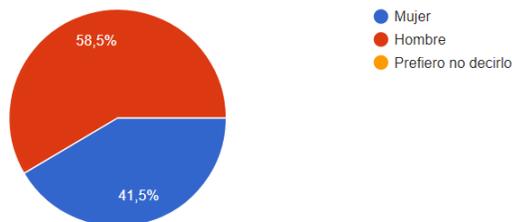
Ciudad donde reside:

200 respuestas



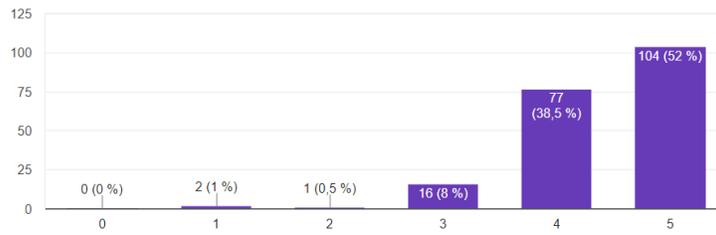
Género

200 respuestas



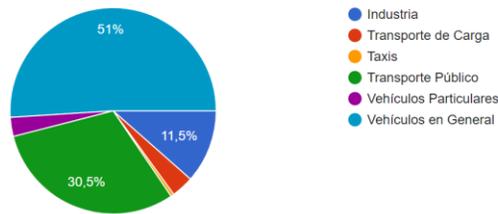
En una escala de 0 a 5 (siendo 0 menos grave y 5 más grave) ¿qué tan grave considera la problemática de contaminación del aire en las ciudades principales de Colombia?

200 respuestas



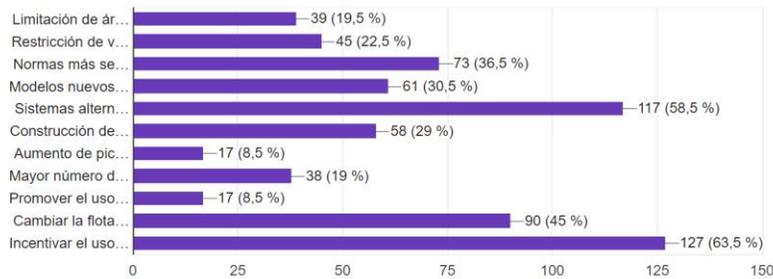
¿Cuál considera que es la principal fuente de contaminación del aire en las ciudades de Colombia?

200 respuestas



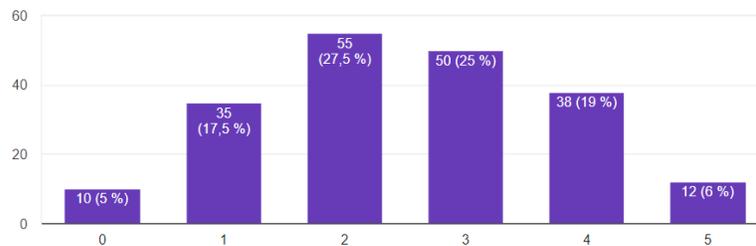
De las siguientes opciones, ¿cuáles son las posibles soluciones para esta problemática?

200 respuestas



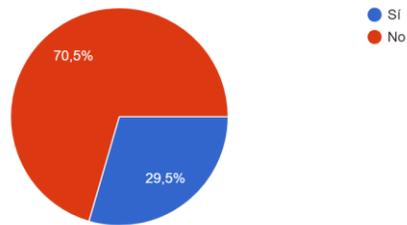
Las últimas opciones de la pregunta anterior hablan acerca de los vehículos eléctricos. En una escala de 0 a 5 (siendo 0 mínimo y 5 máximo) ¿Qué tanto cree conocer acerca de este tipo de vehículo?

200 respuestas



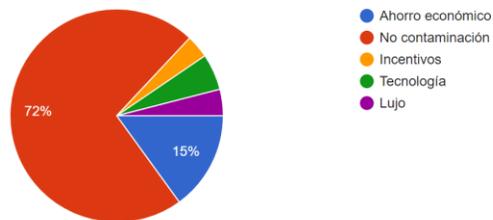
¿Conoce si el Gobierno brinda incentivos para este tipo de vehículos?

200 respuestas



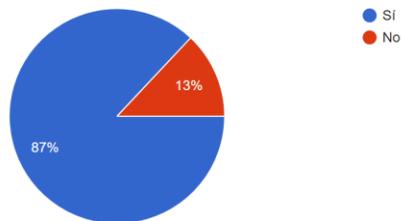
¿Cuál considera que es la principal razón para adquirir un vehículo eléctrico?

200 respuestas



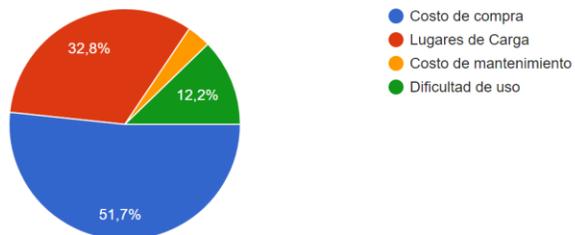
¿Adquiriría un vehículo eléctrico?

200 respuestas



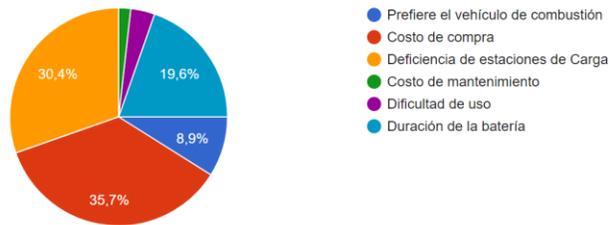
Si su respuesta es positiva, ¿Cuál es su principal limitación para adquirirlo?

180 respuestas



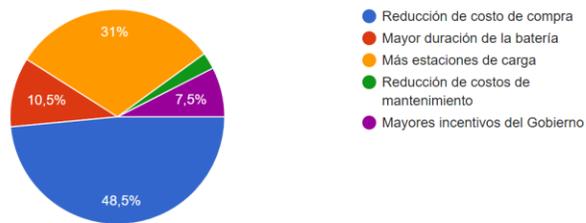
Si su respuesta es negativa, ¿por qué no lo adquiriría?

56 respuestas



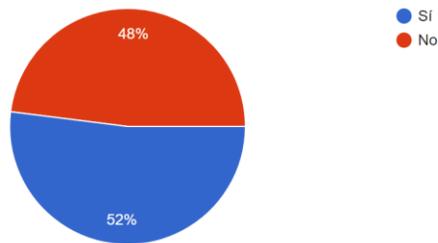
¿Qué tendría que cambiar para que lo adquiera?

200 respuestas



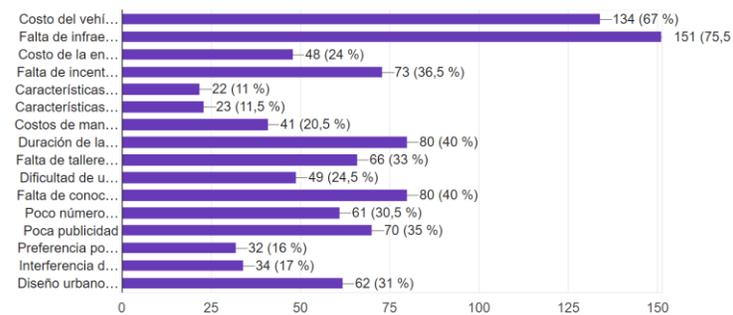
¿Cree que en el futuro el parque automotor colombiano estará compuesto mayoritariamente por vehículos eléctricos?

200 respuestas



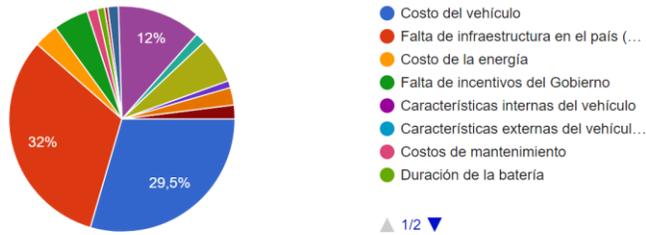
Contrario a la tendencia mundial, las ventas de vehículo eléctricos disminuyen anualmente en Colombia, ¿cuáles considera que sean las causas? Seleccione todas las que considere.

200 respuestas



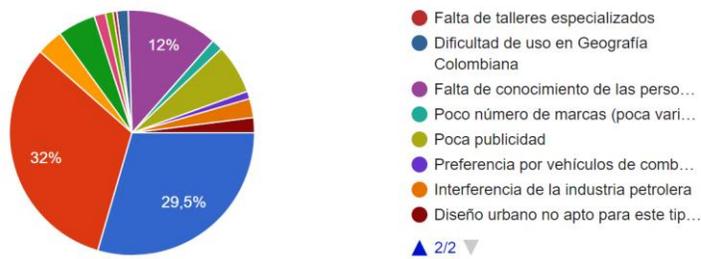
Entre las causas que seleccionó, ¿cuál considera que es la principal?

200 respuestas



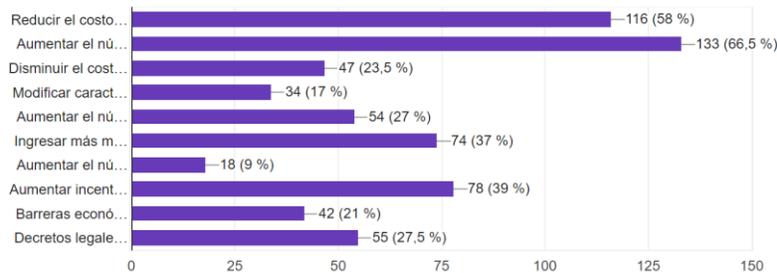
Entre las causas que seleccionó, ¿cuál considera que es la principal?

200 respuestas



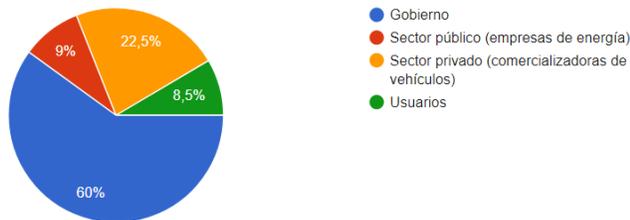
De las siguientes, ¿cuáles son soluciones apropiadas para resolver la problemática?

200 respuestas



¿Quién es entonces el responsable o quién tiene el papel más importante para que el vehículo eléctrico acelere su masificación en el país?

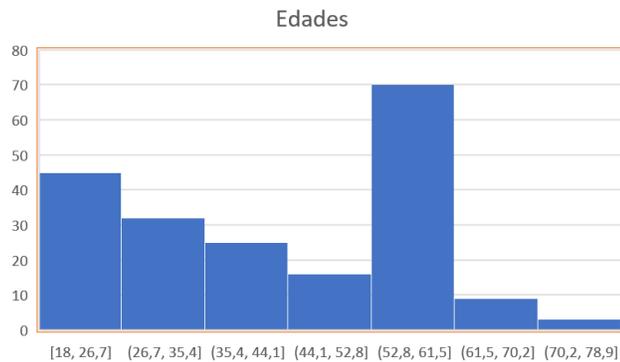
200 respuestas



Las preguntas abiertas fueron las siguientes (a razón que son 200 respuestas, se sintetizará el contenido de las respuestas de los encuestados, en el Anexo i se pueden visualizar todas las respuestas):

- Pregunta 1.
Edad

En cuanto a la edad se obtuvo un rango de respuestas muy variado, desde los 18 años hasta los 73. Siendo 55 años el valor que más veces se repitió con un total de 25 individuos.



- Pregunta 2.
¿Qué marca de vehículos eléctricos conoce que estén en Colombia?

En cuanto a marcas, las marcas de vehículos más reconocidas por los encuestados estas fueron:

- Renault/Twizy – 113
 - No sé/Ninguno/Ninguna - 50
 - BMW – 48
 - BYD – 25
 - Mitsubishi - 18
 - Nissan – 16
- Pregunta 3
¿Cuáles incentivos conoce que brinde el Gobierno?
 - Impuestos – 63
 - Pico y placa – 54
 - Pregunta 4
¿Cuál considera que debería ser el camino a seguir para acelerar el ingreso del vehículo eléctrico a Colombia?

Luego de leer las respuestas a esta pregunta en la encuesta, es claro que la mayoría de respuestas apuntan a disminución del costo, aumento de la infraestructura y leyes. En cuanto al costo se hacen varias propuestas en múltiples ocasiones como son mayor número de incentivos, tanto económicos (impuestos) como de uso (peajes, parqueaderos), mejores planes de pago (ayuda de los concesionarios), créditos preferenciales por parte de los bancos, bonos de compra, como opciones principales.

En cuanto a la infraestructura se realizan aportes muy valiosos como el construir estaciones de gasolina con puntos de recarga eléctrica, disminuir el costo de la energía, políticas públicas para el cambio de la infraestructura.

En cuanto a la parte legal, es claro que la barreras de vehículos de combustión es la respuesta que más se resalta, así como lindar los incentivos a los vehículos eléctricos a través de leyes.

Otras respuestas hablan acerca de la falta de información de los usuarios, las pocas marcas que hay y la falta de publicidad de las empresas con respecto a sus vehículos eléctricos.

- Pregunta 5
¿Qué debería hacer el Gobierno?

Las respuestas de todos a esta pregunta se pueden resumir en los siguientes claros ejemplos de lo que piensan los encuestados:

- Decretar mayores beneficios e incentivos para su adquisición, subsidios a los consumidores para reducir costos y facilitar la adquisición de estos vehículos. Además, el gobierno debe presentar un proyecto de ley para el Congreso para que exima de impuestos, impuestos de rodamiento, de estos vehículos. Por su parte, la política de este gobierno y de los demás debe ser la de enfocar en la construcción de carreteras y carreteras, con estos vehículos.
- Lo único que puede hacer, que es mucho: ejecutar política pública favorable para los nuevos vehículos. Ejemplo: exigir y subsidiar parcialmente vehículos eléctricos en el transporte público (taxis eléctricos, Transmilenios eléctricos, entre otros). Acompañado de una inversión en infraestructura de carga.
- Dar subsidios para la compra y la infraestructura, generar leyes que obliguen a las ciudades a invertir en transporte público eléctrico en un porcentaje de sus parques automotrices
- Ser más severo en la chatarrización, pero ofrecer alternativas y descuentos que lleven a los autos eléctricos, modificar reglamentaciones que permitan acceder a parqueaderos con carga, más estaciones, y promover la capacitación de mecánicos en el tema.
- Traer a Colombia energía limpias, directamente de fabricación, y no usar intermediarios políticos
- Atraer fabricantes a Colombia
- Ordenar la implementación de estaciones de carga eléctrica, bajar los impuestos para esa clase de vehículos, incentivar los cursos del SENA para mecánicos de los mismos, facilitar líneas de crédito para talleres que los atiendan
- Promover, mediante un espacio televisivo: "Un minuto de aire" -en horario prime time-, el uso de los vehículos eléctricos explicando sus beneficios, al tiempo que convoca a las Universidades para que generen ideas, proyectos y productos -mediante un concurso nacional- que permitan aprovechar el viento y el sol, para generar energía eléctrica para mover ese tipo de vehículos.

- Pregunta 6
¿Qué deberían hacer las empresas (públicas y privadas)?

Las respuestas a esta pregunta se enfocaron sobretodo en el uso del vehículo eléctrico más que en la adquisición del mismo. La mayoría de respuestas hacen referencia a que las empresas tanto públicas como privadas deben priorizar alianzas con el fin de aumentar el número de estaciones de carga, desarrollar nuevas tecnologías para batería de mayor duración e informar y publicitar de manera más efectiva este tipo de vehículos al usuario final.

También las respuestas sugieren hacer por ejemplo “Lobby” en el Congreso con el fin de acelerar las políticas públicas en pro de la transformación del parque automotor, a la vez que se incentiva la inversión extranjera en este sector, trayendo más marcas, más modelos y más cantidad de vehículos.

También se sugiere que las empresas, tanto las públicas como las privadas, deben incentivar y premiar a los empleados que utilicen vehículos eléctricos.

- Pregunta 7
¿Qué deberíamos hacer nosotros como usuarios?

Las respuestas de los encuestados con respecto a esta pregunta giran en torno a lo mucho que le queda por aprender al usuario final acerca de esta nueva tecnología y el impacto que tienen en la vida de todos.

Algunas de las sugerencias de los encuestados fueron: comprar vehículos eléctricos, no comprar vehículos a combustión, aprender e informarnos acerca de esta tecnología, aumentar conciencia ambiental, promocionar socialmente el uso de estos nuevos vehículos, exigir transporte público eléctrico, y usar menos vehículos para transportarse.

2.1.1.2. *Análisis de resultados de la encuesta*

Con base a los resultados obtenidos, se puede hacer el siguiente análisis de información y síntesis de resultado de la encuesta realizada:

A través de la encuesta se entienden las percepciones de las personas del común en cuanto a los vehículos eléctricos y su presencia en el país. Como se ha mencionado anteriormente el objetivo de esta encuesta fue poder tener una imagen global de cómo las personas perciben la realidad de esta problemática.

En cuanto a resultados la encuesta arrojó resultados muy contundentes en cuanto a los problemas de contaminación, las posibles soluciones y los problemas actuales del vehículo eléctrico en el país.

La primera pregunta de la encuesta consistía en conocer qué tan grave consideran los problemas de contaminación las personas encuestadas, esto con el fin de observar si la población está consciente de que es un problema con importancia de solución. En este caso la mayoría de encuestados (104 de 200, es decir un 53,2%) consideran que es un problema importante al colocarle una calificación de 5 en una escala de 0 a 5, incluso del total de encuestados el 98,5% le dio al problema un valor entre 3 y 5. Este

resultado nos indica que las personas entienden la importancia de esta problemática y asimismo la urgencia por solucionarlo.

Las siguientes preguntas buscaban que los encuestados concertaran cuál es la principal causa de este problema y cuál en su criterio es la mejor solución. En cuanto a la causa, la mayoría de las personas concuerda en que la contaminación del aire de las principales ciudades viene dada por la contaminación móvil, es decir la producida por vehículos (88,5%), teniendo en cuenta que para los encuestados el sector que más contamina es el del transporte público con un 30,5% de los encuestados escogiendo esta opción como la más importante.

Con base a estos resultados, la respuesta a la pregunta acerca de cuáles son las posibles soluciones a la problemática tienen que ver directamente con la causa del problema. La mayoría de las personas concuerda en que las principales soluciones son aquellas que involucren sistemas alternativos de transporte, las tres respuestas con mayor porcentaje en este orden fueron: Incentivar el uso de vehículos eléctricos, sistemas alternativos de transporte público (metro, tranvía) y cambiar la flota de transporte público por vehículos eléctricos. Un poco más lejos, pero no menos importantes, se encuentran las respuestas como tener normas más severas de chatarrización y ampliar las vías para tener menos congestión.

Teniendo en cuenta los resultados de la encuesta en cuanto a la problemática de contaminación, fue claro que las personas consideran que este es un problema grave y que la principal solución está en utilizar medios de transporte diferentes a los vehículos de combustión. Las siguientes preguntas de la encuesta apuntaron a conocer qué tanto los participantes conocen acerca de estos medios de transporte, en particular del vehículo eléctrico y por ende como perciben los problemas de éste en el país.

De acuerdo con los resultados, es claro que los colombianos no conocen mucho acerca de esta nueva tecnología, la mayoría de encuestados (27,5%) dijeron conocer muy poco de los vehículos eléctricos, seleccionando el valor de 2 en una escala de 0 a 5. Consecuentemente, cuando se les preguntó si consideraban que el número de ventas aumentó con respecto al año anterior, la mayoría (55,5%) respondieron que sí, contrario a lo que ocurrió realmente en el mercado nacional, en el cual las ventas disminuyeron en un 30%.

Complementando estas preguntas, para poder seguir indagando acerca del conocimiento de las personas con respecto a esta tecnología, se preguntó acerca de cuáles marcas de vehículos que estén presentes en el país conoce y si conoce incentivos que se brinden para adquirir y usar estos vehículos. Nuevamente se comprobó a través de las respuestas a estas preguntas que las personas aún tienen deficiencia de conocimiento en cuanto a esta temática. En respuesta a la primera pregunta la mayoría de personas solo identificó una marca (Renault) y el siguiente grupo grande de respuestas fueron no sé o ninguna. Aún más increíble fue ver que el 70.5% de los encuestados dijeron no conocer si el Gobierno brinda incentivos para la adquisición y uso de estos vehículos, un porcentaje muy alto, sabiendo que los incentivos existen y son bastante útiles (cero aranceles de importación y no Pico y Placa en las ciudades).

Este último grupo de preguntas permite empezar a construir conclusiones respecto a una razón muy importante de la lenta masificación de los vehículos eléctricos en el país: la falta de conocimiento de las personas con respecto a esta tecnología, junto a la falta de publicidad de las distintas marcas; ¿cómo es posible que la mayoría no conozca si hay incentivos del Gobierno? Y ¿cómo es posible que cuando se pregunte por una marca, la mayoría solo conozca una? ¿Qué está pasando con el mercadeo de las

demás marcas? He ahí preguntas que empiezan a servir para entender los motivos de este problema en el país.

La siguiente gran sección de preguntas de la encuesta se enfocó en entender el mercado del vehículo eléctrico y conocer directamente cuáles son las causas de la lenta masificación de los vehículos eléctricos en Colombia. La mayoría de las personas considera que la principal razón para adquirir un vehículo eléctrico es la cero contaminación que se genera con su uso, más allá de otras ventajas como los incentivos o el lujo. Junto a esta respuesta, otro detalle muy positivo con base a los resultados es ver que el 87% de los encuestados está dispuesto a comprar un vehículo eléctrico, y un 52% considera que el futuro del parque automotor colombiano estará compuesto mayoritariamente por vehículos eléctricos.

Pero entonces ¿Por qué no lo han comprado? O ¿Por qué no lo comprarían aquellos que respondieron no? Dos respuestas sobresalen sobre las demás: costo del vehículo y poco número de estaciones de carga, y por ende al preguntar qué tendría que cambiar para que lo adquirieran, las respuestas apuntan a reducir el valor de este tipo de vehículos y ampliar la infraestructura para poder contar con más estaciones a lo largo del país.

Tratando de ir un poco más allá, se consultó sobre cuáles son las causas que los encuestados consideran generan que la venta de vehículos eléctricos en el país vaya en contravía a las tendencias mundiales. Como ya se pudo observar en los resultados de la encuesta se brindaron 16 posibles opciones, de las cuáles las principales razones que dan los encuestados, en orden de preferencia, fueron las siguientes:

- Falta de infraestructura en el país (número de estaciones)
- Costo del vehículo
- Falta de conocimiento de las personas
- Duración de la batería
- Falta de incentivos del gobierno
- Poca publicidad
- Poco número de marcas
- Costo de la energía

Los encuestados consideran que el principal responsable, o al menos a quien tiene la mayor responsabilidad para resolver esta problemática es el Gobierno; y en segundo lugar, las empresas privadas. Esto tiene sentido si, al recordar la síntesis que se hizo de las respuestas a las preguntas abiertas, se percibe que la mayoría de personas considera que el Gobierno es el responsable de colocar incentivos para vehículos eléctricos y crear barreras para los vehículos de combustión, es el responsable también de modificar los medios de transporte público actuales, es un gran responsable en modernizar la infraestructura para acoger los vehículos eléctricos y en parte es el responsable de la inversión extranjera en la industria automotriz del país. Por el lado de la empresa privada, ésta también ocupa una parte importantísima en la cadena siendo el importador y distribuidor del bien en el país.

Como conclusión a esta encuesta se puede decir que los colombianos son conscientes de la gravedad de la problemática ambiental en las principales ciudades del país. Saben que los vehículos eléctricos son una gran solución, pero saben muy poco de esta tecnología y de su aplicación, lo que limita su expansión en Colombia, junto a costos muy altos y falta de infraestructura. Por ende, para los encuestados es vital reducir los costos, aumentarlas estaciones, brindar incentivos y prohibir vehículos contaminantes para poder pensar en una sociedad donde el parque automotor esté compuesto mayoritariamente por vehículos eléctricos.

2.1.2. Entrevistas realizadas

A diferencia de la encuesta, las entrevistas tuvieron un enfoque más específico con respecto a la problemática que se está estudiando, es decir, que los entrevistados tienen una relación particular con los vehículos eléctricos en Colombia, y en este caso se identifica un amplio espectro que va desde lo puramente político, hasta lo meramente comercial.

En ese orden de ideas se realizaron un total de cinco entrevistas con el fin de obtener cinco puntos de vista diferentes respecto a la problemática en cuestión que permitan tener la capacidad de entender cómo se ve el problema desde varias perspectivas y obtener el mayor número de factores de impacto posibles.

La problemática se abordó desde estas cinco perspectivas: Gobierno, Sector privado, Experto en vehículos, Usuario de vehículo no eléctrico y Usuario de vehículo eléctrico.

De esta manera, cada persona entrevistada habrá vivido el problema de una manera distinta y tendrá los conceptos claros de cómo su sector afecta el problema de investigación sobre el uso del automóvil eléctrico aquí planteado.

A continuación, se profundiza el temario de cada una de las entrevistas realizadas, sobre el *background* de los entrevistados y las percepciones de la charla con cada uno de ellos.

2.1.2.1. Entrevista al sector Gobierno

El Gobierno es sin duda el actor más importante en el proceso, debido al poder de decisión y acción que tiene. Del Gobierno depende la normatividad y la parte legal/política del proceso de masificación del vehículo eléctrico. El propósito inicial de esta entrevista es entender cómo el Gobierno colombiano percibe la problemática y qué está haciendo al respecto para la solución de la misma.

Con este fin se logró obtener contacto directo con el Ministro de Transporte de Colombia, quien sugirió que el contacto apropiado para conocer acerca de las políticas actuales acerca de los vehículos eléctricos no era él, sino el Representante a la Cámara Dr. Federico Hoyos. Con base a esta referencia se procedió a contactarlo, y él muy amablemente concedió la entrevista en su despacho en el Congreso de La República para el 20 de noviembre del 2016.

Antes de entrar a considerar la entrevista es importante conocer más acerca del entrevistado (lo que aquí es llamado su *background*), y entender así su importancia como experto en esta temática. El Dr. Federico Hoyos es Representante a la Cámara por el departamento de Antioquía para el periodo 2014-2018. Politólogo de la universidad EAFIT, columnista del diario Portafolio y ha concentrado su esfuerzo político en impulsar iniciativas en pro de la movilidad sostenible radicando proyecto acerca de incentivos para propietarios y usuarios de vehículos eléctricos en el país.

En agosto de 2016 radicó el Proyecto de Ley “por medio de la cual se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones” (Hoyos, 2017), el cual tiene el objetivo promover el uso de vehículos eléctricos a través de incentivos y beneficios para propietarios, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

A grandes rasgos, a través del proyecto presentado, el representante hace referencia la gravedad de la problemática ambiental en el país y de cómo la contaminación atmosférica está afectando la buena salud de los colombianos. Este proyecto de ley busca aumentar los incentivos otorgados a los propietarios y usuarios de vehículos eléctricos, a continuación, se listan los mismos:

- La tarifa de impuesto para los vehículos eléctricos no podrá ser superior al 1% del valor comercial del vehículo.
- Descuento del 50% en revisión tecnomecánica: Desde la entrada en vigor de la Ley hasta el año 2040, esto en razón a que los vehículos no necesitan ser sometidos a revisión de emisión de gases contaminantes.
- Descuento sobre el registro vehicular: A partir de la entrada en vigor de la Ley propuesta y hasta el año 2050, el valor que se cobre para el registro de vehículos eléctricos no podrá ser superior al 50% del valor que se cobre a los vehículos de combustión.
- Tasas diferenciadas de estacionamiento: Este beneficio se basa en indicar que los vehículos eléctricos tendrán una tasa preferencial de estacionamiento en todo el territorio nacional, que no podrá ser superior al 50% de lo que habitualmente pagan los usuarios de vehículos de combustión.
- Exención de impuestos vinculados con reducción de contaminación.
- Exención de restricción de circulación vehicular.
- Parqueaderos preferenciales.
- Las entidades públicas deben tener una cuota mínima de 10% de vehículos eléctricos en los vehículos comprados o contratados para el uso.
- Estaciones de carga rápida públicas: Dentro de los tres años de entrada en vigor de la Ley, los municipios de categoría especial deben garantizar la existencia de como mínimo cinco estaciones de carga rápida completamente funcionales. En el caso de Bogotá deben ser diez. La baja oferta de vehículos no exime a los entes regionales de cumplir con lo anterior. Los Gobiernos deben instalar las estaciones, pero el funcionamiento de las mismas debe ser garantizado por los proveedores de energía de cada uno de los municipios.
- Disposiciones urbanísticas: En este caso la Ley obliga a las autoridades de planeación de los distritos y municipios a garantizar que los edificios tanto residenciales como comerciales, cuenten con acometidas a 220V para la recarga de vehículos eléctricos en como mínimo el veinticinco por ciento de los sitios de parqueo construidos, con todas las medidas de seguridad necesarias.

Sin profundizar mucho en cada una de las propuestas de la ponencia del Representante Hoyos, es claro no solo su conocimiento y experiencia en el tema de vehículos eléctricos, sino también de su interés por promover la masificación de los mismos en Colombia. En razón a esto, el tener la oportunidad de conversar con él acerca del tema fue una oportunidad enriquecedora y supremamente útil para cumplir los objetivos de este trabajo de grado, ya que brinda la visión política de la problemática en el país.

Ya conociendo el *background* del primer entrevistado, se procede a continuación a adentrarse en los pormenores de la reunión que se llevó a cabo, en la cual se tocaron temas desde quienes son los principales actores en la masificación del vehículo eléctrico, que está haciendo el Gobierno de Colombia actualmente en pro de este proceso; quién está promoviendo la causa, cuáles son los factores que lo impactan; y cuáles son las expectativas a futuro. Para poder percibir de manera más sencilla la entrevista se indicarán las preguntas realizadas y las respuestas del Representante.

Inicio entrevista:

1. ¿De dónde nace la idea de trabajar en pro de los vehículos eléctricos?

El Dr. Hoyos mencionó que tuvo la oportunidad de visitar Europa y Estados Unidos y allí darse cuenta de lo rápido que los vehículos eléctricos están copando los mercados de estos países, y cómo la transformación del parque automotor va creciendo considerablemente, siendo hoy en día una realidad palpable y global. Al regresar a Colombia se dio cuenta de que aún el país está relegado en este aspecto. Este hecho sumado a percibir la problemática de contaminación ambiental en carne propia en su natal Medellín, lo incentivó a investigar más allá y entender que más del 80% de la contaminación atmosférica viene dada por polución móvil. Combinando estos dos criterios quiso trabajar en pro de la transformación de los vehículos de combustión en Colombia en vehículos eléctricos con el fin de brindar una mejor calidad de vida a todos los habitantes.

2. ¿Es algo primordial para el Gobierno masificar este tipo de vehículos?

Lamentablemente, comenta el Dr. Hoyos, que la problemática ambiental y la masificación de los vehículos eléctricos no es para nada una prioridad para el Gobierno Nacional. Es una realidad que no aparece ni en el Top 20 de prioridades a atender por la Nación, a pesar de ser una problemática de importancia nacional y que afecta directamente a los colombianos.

Hacía mención que incluso, ni siquiera los medios están interesados en ella, y es un tema del que nadie habla o por el que nadie trabaja. A duras penas, los incentivos que ha puesto el Gobierno en pro de la transformación se quedan en exenciones de impuestos para la importación de los primeros tres mil vehículos eléctricos por año, y la no aplicabilidad de pico y placa. Incentivos a que criterio del Dr. Hoyos, se quedan cortos.

3. Entonces ¿Qué se está haciendo en pro de conseguir este objetivo? ¿Quién está empujando estas iniciativas?

Todo el proceso se está empujando desde abajo, no hay por el momento ninguna clase de apoyo en las altas esferas políticas. Quienes están empujando las iniciativas son los Representantes como el Dr. Hoyos, quienes buscan a través de proyectos de Ley aumentar los incentivos a los vehículos eléctricos o a través de conversaciones directas con el Gobierno y el Ministerio de Transporte tramitar estas iniciativas de manera más rápida.

Aparte de la esfera política, quien está empujando el avance de la transformación es el sector público. Empresas como EPM principalmente, están desarrollando proyectos para que a corto plazo ciudades como Medellín aumenten drásticamente el número de estaciones de carga a lo largo del caso urbano, teniendo en cuenta todos los aspectos que esto conlleva (aumento de redes eléctricas y producción de energía). El plan inicial es que EPM llevé la batuta, como lo está haciendo, y esto incentive a CODENSA a hacer el mismo plan en la capital.

4. En su criterio, ¿Cuáles son los factores o barreras que más influyen en la no masificación de los vehículos eléctricos?

Para el Dr. Hoyos está claro que el factor o barrera más importante que influye en la no acelerada masificación del vehículo eléctrico es el precio de venta del mismo, el cual aún sigue siendo muy elevado para el poder adquisitivo de los colombianos.

En segundo lugar, coloca la falta de infraestructura (falta de estaciones de carga, de capacidad de las redes eléctricas y de generación de energía), pero indica que es el problema que tiene una solución más palpable, ya que Colombia es un país rico energéticamente hablando.

Y, en tercer lugar, coloca la conciencia ambiental de los colombianos. El Dr. Hoyos indica que para que el vehículo eléctrico tenga un lugar en el país, el colombiano debe entender que este tipo de vehículos no es una solución de movilidad, ni una solución de ahorro económico, sino una solución a la problemática ambiental. La transformación del parque automotor no va a disminuir el tráfico, ni va a aliviar los costos del combustible, pero va a brindar un aire limpio y una mejor salud para todos. Entonces si el colombiano entiende esto, y tiene esta conciencia ambiental, seguramente el número de ventas aumentará.

5. ¿Cuál debe ser el camino para acelerar la transformación del parque automotor?

Para el Dr. Hoyos, la transformación del parque automotor debe empezar por los grandes vehículos, que, dicho sea de paso, son los que más contaminan, particularmente los vehículos de carga. Con la entrada de la nueva “tractocamiión Tesla” al mercado, se espera que la industria del transporte de carga tenga una transformación gigantesca, y es ahí donde Colombia tiene que aprovechar y empezar a transformar sus vehículos.

En segundo lugar, el papel principal lo asumen los Gobiernos distritales y municipales en utilizar un 100% de vehículos eléctricos para sus sistemas de transporte público. Con buses y camiones eléctricos, la mayor parte de la contaminación móvil se elimina.

En tercer lugar, los taxis, algunos de los cuales ya han empezado a ser eléctricos, deben seguir esa tendencia, y el Gobierno es el que debe a nivel nacional incentivar a los conductores a cambiar su tipo de vehículos.

Y en último lugar, el Dr. Hoyos señala a los vehículos particulares, ya que considera que la decisión de promover el uso de vehículos eléctricos pasa de ser algo nacional o regional a ser una decisión de nivel personal, la cual se ve influida por el precio del vehículo y por la conciencia ambiental del propietario.

En síntesis, el camino para el Dr. Hoyos es claro, se debe seguir incentivando económicamente la adquisición de vehículos eléctricos, a la par que Gobierno y sector público deben garantizar la modernización de la infraestructura para el funcionamiento adecuado de los vehículos.

6. ¿Quiénes son los principales actores para garantizar este proceso?

Los principales actores son: en primer lugar, el Gobierno, quien es el encargado de brindar una cubierta y un panorama favorables a los vehículos eléctricos. Las empresas públicas quienes son, junto al Gobiernos, quienes pueden trabajar en adecuar la infraestructura del país y en aumentar el uso de estos vehículos en entidades y transporte público. En tercer lugar, el sector privado, ya que la única manera de disminuir el precio de los vehículos es aumentar el número de importaciones. Es ahí donde las empresas privadas deben confiar en un futuro de

transformación de parque automotor y poner su granito de arena de esa manera. Y por último los usuarios, quienes son quienes como usuarios finales tienen la potestad de decidir la compra de los vehículos.

7. ¿Cuáles son las expectativas a futuro respecto a esta problemática?

Ante esta pregunta, Dr. Hoyos tiene una respuesta muy positiva. Dr. Hoyos considera que a pesar de las barreras que actualmente existen y que el proceso de masificación sea lento, Colombia tiene un potencial inmenso para convertirse en líder regional en cuanto a transformación de parque automotor. Dr. Hoyos hace esta afirmación teniendo en cuenta que Colombia es un productor privilegiados de energía renovable y limpia como son las hidroeléctricas.

Si Colombia aumentase su capacidad de producción, sin duda tendría la cantidad de energía para autoabastecer un parque automotor de vehículos eléctricos, alimentar las ciudades y aun así exportar energía. Este hecho compromete a Colombia a ser el líder de la región, y Dr. Hoyos lo ve de esa manera, cree que, aunque se avance lento, el proceso va por buen camino.

2.1.2.2. *Entrevista a experto*

Poder contar con la opinión de un experto acerca de automotores es vital para entender la problemática desde el punto de vista técnico y aumentar de esta forma la identificación del espectro de los factores que pueden estar impactando en la masificación del vehículo eléctrico. Los factores técnicos o tecnológicos que impactan el proceso suelen ser los más difíciles de comprender, y por ende los más ignorados de todos, de ahí la importancia de poder contar con el punto de vista de un experto acerca del tema.

En ese orden de ideas, se tuvo la fortuna de poder contactar a una de las personas que más conocen acerca de automotores en Colombia, como lo es José Clopatofsky, una autoridad en el tema de vehículos. No se logró realizar una entrevista directa con él, pero sí muy amablemente contestó las preguntas que se le enviaron vía correo electrónico. José Clopatofsky es la persona más importante en cuanto al mundo del automóvil en Colombia, no solo por ser el director de la revista más leída del país, *Revista Motor* (Revista Motor, 2018), sino porque lleva en esta posición desde su creación hace más de treinta años.

La *Revista Motor* es el estandarte de la industria automotriz en el país, por ella se rigen los precios de los automóviles, es consultada por aficionados y también expertos en el tema y no hay nada en el país en esta temática en la que la revista o la opinión del Dr. Clopatofsky no sea tomada en cuenta. Más de 50 años de experiencia en el periodismo y en el automovilismo, dan crédito del conocimiento de esta leyenda de la industria en el país.

Considerando este *background* del Dr. Clopatofsky, es más que claro que si hay alguien que sepa del tema en Colombia es él, y por ende su opinión más allá de algo muy valioso es una afirmación muy cercana a la realidad del parque automotor nacional. Teniendo esto en cuenta se realizó la entrevista con el fin de indagar que opina un experto acerca de la masificación de los vehículos eléctricos en Colombia, cuáles son sus principales pros y contras, y cómo ve el futuro del parque automotor del país.

A continuación, se exponen las preguntas realizadas y las respuestas de José Clopatofsky:

1. ¿Cuál es su opinión acerca del vehículo eléctrico?

Hay que definir dos cosas. El vehículo existe con gasolina, gas, ACPM, alcohol, u otro combustible. Para la industria de vehículos cambiar la planta motriz será una gran oportunidad de negocios, una vez se lograra el punto de equilibrio entre la inversión que implican la investigación y desarrollo de baterías y demás accesorios de un carro eléctrico funcional al 100%. De momento, se calcula que tomará unos diez años para llegar a unas cifras de producción que sean rentables y que son proporcionales a la demanda que no crece al ritmo necesario en este momento. Es una alternativa de movilidad limpia, muy urbana que tendrá su lugar en la industria, calculada en el mejor momento y en el largo plazo en un 10% del mercado mundial que el año pasado debió ser de los 95 millones de unidades. Eso daría en un plazo no muy cercano un potencial de unos 10 millones de eléctricos.

2. ¿Considera que el vehículo eléctrico es el reemplazo del vehículo a combustión?

Negativo. El suministro de la energía eléctrica no es competitivo con el de combustibles fósiles que están en todas partes. Las limitaciones de autonomía y costo de los eléctricos, además de la red de recarga y los tiempos de detención de los vehículos hacen que estos sean una alternativa, pero nunca un reemplazo definitivo salvo en puntos urbanos muy precisos.

3. ¿Por qué no vemos aumentar el número de vehículos eléctricos en las calles de Colombia en comparación de Europa o Estados Unidos?

Por las mismas razones del mundo entero: caros, limitados, sin autonomía y muy restringidos. Las figuras de California o algunos países europeos son para estudiar puntualmente pues no son fruto de la demanda sino de imposiciones de ley que no son viables globalmente.

4. ¿Cuáles son las problemáticas que enfrentan aún este tipo de vehículos?

Precio, autonomía, funcionalidad, universalidad y soporte de los gobiernos.

5. ¿Qué factores están impidiendo una masificación más acelerada?

Sus características técnicas y que no son necesarios en la mayor parte del mundo. Hay que tener en cuenta los enormes progresos que hay en emisiones por parte de los motores térmicos.

6. ¿Le conviene al país acelerar este proceso?

Todo es conveniente pero no se puede manejar de manera dogmática e ignorante como ha pasado. Fíjese como el alcalde Petro un día hizo un decreto obligando a que a partir del año pasado todos los taxis debían ser eléctricos, lo cual era perfectamente inviable. Mientras el gobierno piense así, eso no va a funcionar.

7. ¿Cuál debe ser el camino por seguir para acelerar la masificación de este tipo de vehículos y quienes son los responsables?

Los responsables son los gobiernos. El carro eléctrico existe y está a la venta, pero se requiere que el país tenga la infraestructura eléctrica para soportarlos. Toda nueva construcción debería tener obligatoriamente puntos para eventualmente conectar los carros en las noches (suponiendo que haya energía suficiente para pensar en que hipotéticamente un millón de carros se conecten simultáneamente). Las ciudades en los estacionamientos y las calles deben tener puntos de recarga con el correspondiente mecanismo de pago (y la vigilancia ¡!!) Las empresas nuevas que tengan parqueos deben estar obligadas a poner esos puntos desde su construcción, etc. Mientras los gobiernos no se electrifiquen no pueden pretender que haya una flota de vehículos que rueda sin soporte y más con su precaria autonomía.

Hay que hacer planes piloto, punto a punto, con flotas de alquiler pues la propiedad del eléctrico no se justifica y empezar por el servicio público que es el mayor contaminante y en sitios concentrados de las ciudades con vehículos como los trolleys, tranvías y similares que trabajan entre sitios determinados y debe ser con redes de tendido y no con estaciones de recarga pues reponer la energía de un supuesto Transmilenio eléctrico tomaría muchas horas y eso hace completamente impagable el sistema por el tiempo muerto del bus y el costo del sitio de estacionamiento. Por eso, no sirven tampoco los de gas.

Imposible pensar en vehículos de carga eléctricos ni tampoco en el transporte intermunicipal así sea en particulares. ¡Un eléctrico no hace Bogotá – Girardot sin parar varias horas a recargar!

Total, primero un país eléctrico y luego, sí, vendamos bombillos.

Las respuestas del Dr. Clopatofsky son bastante claras y concisas en cuanto a cuál es el panorama actual del vehículo eléctrico en el país, cuáles son sus limitantes y cuál es el futuro y el propósito que el experto ve en este tipo de tecnología.

Para el Dr. Clopatofsky, el vehículo eléctrico es sin duda una solución ambiental y es necesario para el país estar a la vanguardia de la tecnología en este sentido, pero, sin embargo, no ve en esta tecnología un reemplazo para los vehículos de combustión, en especial por la capacidad de energía de los mismos y porque ambientalmente los motores a combustión han venido evolucionando rápidamente.

En cuanto a los limitantes, considera que el precio, el poco apoyo de los gobiernos y la autonomía son las principales problemáticas, siendo el Gobierno el principal responsable de facilitar su masificación. El Dr. Clopatofsky considera un futuro en el que el parque automotor de vehículos eléctricos sí aumentará, aunque no tan rápido como se esperaría, pero lo limita a ser un vehículo para ciudad, considerando que la autonomía de estos vehículos no permite hacer viajes de medias distancias sin tener que recargar por algunas horas (no son útiles por ejemplo para ningún tipo de transporte intermunicipal).

A pesar de ello, considera que son una solución para las ciudades, pues alivia los problemas ambientales, y considera que el primer paso es que los Gobiernos se preocupen por el tema viendo en el transporte público la oportunidad de introducir esta tecnología en sistemas alternativos de transporte.

Se puede concluir de esta valiosa intervención del Dr. Clopatofsky, que él considera que los vehículos eléctricos sí tienen un futuro, pero es limitado, limitado a las ciudades y limitado al avance de la tecnología, y mientras tanto serán los vehículos a combustión los que seguirán con el dominio del parque automotor en el mundo.

2.1.2.3. Entrevista a sector privado

El sector privado juega también un papel vital en la comercialización y masificación de los vehículos eléctricos, ya que son realmente los proveedores de la tecnología como tal, y quienes tienen la última palabra a la hora de importar vehículos al país. Tener una impresión de cómo este sector visualiza la problemática hoy en día, y cómo la visualiza en los años venideros es de suma importancia para seguir ampliando el ámbito global del problema y poder identificar cuáles son los factores que realmente tienen un peso a la hora de masificar un producto como es el vehículo eléctrico.

Con este fin en mente, se logró entrevistar al Dr. Alejandro Trujillo, quien fuera presidente de Volvo Colombia unos años atrás y es el actual gerente de *Rentandes* (RENTANDES, 2018), compañía del sector comercial automotriz que enfoca su *core* de negocio en el renting de vehículos a empresas y particulares. El Dr. Trujillo es una persona que ha desarrollado su carrera profesional en el sector automotriz y conoce de primera mano desde la perspectiva del entorno sector privado, la dinámica del sector automotriz en Colombia, por esta razón se constituye en una fuente de información invaluable para la problemática propuesta en esta investigación.

Durante la reunión con el Dr. Trujillo, se abordaron temas como por qué el portafolio de vehículos eléctricos es tan pequeño aún en Colombia, qué tan rentable son estos productos para las empresas, cómo ve el sector privado el futuro del vehículo eléctrico en Colombia y cuáles son las principales problemáticas que aún enfrenta esta tecnología. A continuación, se ilustran a grandes rasgos el contenido de la entrevista.

La entrevista con el Dr. Trujillo transcurrió de la mejor manera, durante la cual me expuso su punto de vista acerca de los vehículos eléctricos no solo en Colombia sino en general. Como punto de partida, el Dr. Trujillo comentaba que para entender mejor la problemática de los vehículos eléctricos en el país es necesario tener en cuenta que la primera gran limitación que tienen los vehículos eléctricos en Colombia es la cultura de los colombianos. Para ello colocaba un ejemplo muy sencillo: Uno de sus clientes se encarga de instalar estaciones de carga para vehículos eléctricos a nivel mundial, este cliente le comentó al Dr. Trujillo que, en España, *Parking International* los contrataba para instalar de 40 a 100 puntos de carga por Parqueadero (solamente en Madrid), y que le causó mucha curiosidad que al entrevistarse con el alcalde de Medellín, éste le comentará que, como “gran suceso”, Medellín contaría para el 2018 con 32 estaciones de carga.

El Dr. Trujillo comentaba que ahí radica la primera gran diferencia con los países desarrollados, la cultura como tal. En esos países se preparan para la llegada de las nuevas tecnologías, en Colombia adaptamos el ambiente a las tecnologías una vez estas ya han ingresado. Esa es para él una de las razones por las cuales el vehículo eléctrico no ha logrado entrar completamente a mercado colombiano.

Entrando a hablar ya directamente de su negocio, el Dr. Trujillo explicó que su proceso de negocio se basa principalmente en rentar flotas de camiones y vehículos de carga a grandes empresas, y en este sentido para él, los vehículos eléctricos no son una opción. Esto último lo describió muy claramente con un ejemplo: “si un cliente mío necesita 1000 camiones para distribuir su producto 24/7, donde 24/7 significa que los motores de los camiones prácticamente no se apagan, sino que cargan, descargan, cambian de conductor y vuelven y cargan y repiten el ciclo constantemente, eso quiere decir que los 1000 camiones estarán en uso continuamente. Los vehículos eléctricos no pueden cumplir esta demanda aún. Me tocaría decirle al cliente, en vez de 1000 camiones, debo alquilarle 1200 porque los camiones solo pueden usarse un 80% del tiempo, ya que requieren de 4 a 5 horas de carga por día para cumplir los recorridos. El cliente fácilmente me dirá, no gracias, usaré los camiones a combustión”. A

través de este ejemplo, el Dr. Trujillo indicaba que los vehículos eléctricos aún no están preparados para todos los sectores del parque automotor y que sin duda les falta mucho tiempo para que sean útiles, por ejemplo, para este tipo de servicios.

Donde el Dr. Trujillo ve un poco más despejado el camino para los vehículos eléctricos en Colombia es el parque automotor particular y en el del transporte público. El transporte público en especial porque es el Gobierno quien pone el dinero y es “dueño” de una flota muy grande. Para el Gobierno no es complicado poner a circular 100 buses de Transmilenio eléctrico y dejar 20 cargando e irlos alternando por rutas, es mucho más asequible. En cuanto a los vehículos particulares, aunque el Dr. Trujillo confiesa que no es bueno para su negocio de *renting*, ya que una de las ventajas de los vehículos eléctricos es la disminución de necesidad de mantenimiento, por la cual *Rentandes* cobra y dejaría de recibir ingresos, comentaba que aún para él existen tres problemáticas claras en este tipo de tecnología, las cuales se exponen a continuación:

En primer lugar, es claro para el Dr. Trujillo que el vehículo eléctrico es un vehículo con “cero emisiones contaminantes”, pero él comentaba que muy pocas personas han pensado en el impacto ambiental que tiene el uso de las baterías, las cuales tienen que reemplazarse cada tres años aproximadamente y tienen componentes altamente contaminantes. Para él, esto último es un problema global y muchos de los países desarrollados no han pensado en este impacto a futuro, por lo cual también considera que poner caducidad, como lo ha hecho Noruega u Holanda es un completo error. El Dr. Trujillo hacía la siguiente reflexión respecto a este tema: “En el mundo hay casi dos billones de vehículos, qué va a pasar cuando cada tres años debamos desechar dos billones de baterías de litio, el problema ambiental es gravísimo”. Este punto es altamente válido a la hora de la escogencia de los vehículos eléctricos.

En segundo lugar, la infraestructura aún no es la apropiada para usar este tipo de vehículos en el país, para el Dr. Trujillo no es posible realizar un viaje de ida a Santa Marta en un solo trayecto sin tener que para 4 o 5 horas a recargar en una ciudad intermedia, teniendo casi por seguro que en las ciudades intermedias no hay estaciones de carga tampoco. Entonces mientras esto no cambie, para el usuario común es muy poco tentador adquirir un vehículo eléctrico. Este hecho también aplica al transporte público interdepartamental que usualmente realiza trayectos directos sin paradas.

Por último, pero no menos importante, para el Dr. Trujillo, el costo del vehículo en el país es muy elevado para el poder adquisitivo promedio de los colombianos. Para aterrizar su punto de vista pone como ejemplo al Renault Twizy, el carro eléctrico más popular en Colombia como se vio en el resultado de la encuesta: “El Twizy de Renault es un carro incómodo, con cero lujos, poca autonomía, sillas de plástico, sin espacio para equipaje, pero tiene el costo de un sedan full equipo a combustible, en ese orden de ideas el usuario prefiere evidentemente el vehículo a combustión”. Por esa misma razón es que el vehículo eléctrico no es llamativo para los importadores, porque mientras los precios sigan siendo altos, el mercado no va a aumentar.

Estos son las tres problemáticas principales por las que el Dr. Trujillo considera que el vehículo eléctrico en Colombia aún le queda mucho camino por recorrer. Pero entonces, para él ¿cuáles son las posibles soluciones?

Para el Dr. Trujillo la solución está en tener soluciones intermedias, es decir no tener vehículos ciento por ciento no contaminantes como el vehículo eléctrico, pero si soluciones más amigables con el medio ambiente pero que no cambien radicalmente el modo en el que las personas están acostumbradas a movilizarse. Es claro que las personas no toleran tan fácilmente el cambio tecnológico, y les cuesta

adaptarse a nuevas tecnologías, entonces dar un paso intermedio es el mejor camino en el momento, y en especial para un país en vía de desarrollo como Colombia. Pensar en vehículos a gas natural es una solución completamente viable para él por simples razones: es económico, los vehículos actuales pueden funcionar (no tocaría pensar en chatarrizar dos billones de vehículos) y no es tan contaminante como los vehículos a combustión. Incluso pensar en vehículos como los camiones utilizado en el Cerrejón, los cuales tienen una tecnología totalmente diferente, ya que cuentan con cuatro motores eléctricos y un generador a combustible central, regulado que genera menor contaminación. Estas soluciones intermedias son mejores y se pueden aplicar más fácilmente a nuestro entorno según el Dr. Trujillo.

Finalmente, como conclusión, el Dr. Trujillo comentaba que a futuro espera que los vehículos eléctricos si surjan, incluso en nuestro país, pero con condiciones diferentes: mayor duración de las baterías, baterías menos contaminantes (o saber qué hacer con los desperdicios), eliminación de la propiedad privada de vehículos y flotas gigantescas de vehículos públicos. Es decir, una sociedad donde el transporte sea completamente público. En ese momento los vehículos eléctricos para él serían la solución.

Luego de tener una entrevista con el Dr. Alejandro Trujillo, se puede percibir cómo pueden existir muchos diferentes puntos de vista respecto a esta problemática y de ahí la importancia de la caracterización adecuada para entender cómo proceder ante un cambio de paradigma que parece cada día más inminente.

2.1.2.4. Entrevista a usuario de vehículo a combustión

Más allá de los diferentes conceptos que se puedan tener sobre la problemática, la mayoría de veces el concepto más importante es de los usuarios. Para ello se entrevistó tanto a un usuario de vehículo a combustión como a un usuario de vehículo eléctrico, con el fin de obtener puntos de vista de perspectivas contrarias.

En ese orden de ideas se realizó la entrevista a Norberto Salamanca, Médico Pediatra residente en Bogotá, quien toda la vida ha utilizado vehículo a combustión y usa a diario su vehículo para movilizarse por la ciudad, junto a su esposa Leila Ternera, quien también utiliza su vehículo todos los días para movilizarse hasta su lugar de trabajo como enfermera perfusionista. Al tener la oportunidad de conversar con Norberto y Leila, se realizaron las siguientes preguntas para conocer su punto de vista con respecto al vehículo eléctrico y su comparación con el vehículo que conduce a diario:

1. ¿Qué opina acerca del vehículo eléctrico?

La respuesta a esta pregunta por parte de ambos es clara, consideran que los vehículos eléctricos son una alternativa a los problemas de contaminación de las ciudades y para ellos son una alternativa de movilidad en el momento que no haya combustibles fósiles

2. ¿Estaría dispuesto a cambiar su vehículo por un vehículo eléctrico?

Ambos respondieron positivamente a esta pregunta, sin embargo, hicieron énfasis en que el vehículo eléctrico debe brindarle las mismas comodidades y servicios del actual vehículo a combustión que tienen.

3. ¿Por qué si o por qué no?

Leila considera que la principal razón para comprar un vehículo eléctrico es tener una conciencia ambiental en cuanto a mejorar las condiciones ambientales, sin embargo, hace énfasis en que la falta de servicio y puntos de recarga le preocupan, en caso de que llegase a adquirir un vehículo eléctrico. Para Norberto, adquirir un vehículo eléctrico le brinda la posibilidad de contar con un vehículo que a futuro va a ser más útil que un vehículo a combustión, entonces considera que es una buena inversión a largo plazo.

4. Si su respuesta es positiva, ¿qué le impide adquirirlo?

Para Leila falta de conocimiento es la principal variable que le impide adquirir un vehículo eléctrico, porque a diferencia de los vehículos a combustión, no conoce acerca de las características que debe buscar o cuáles opciones hay en el mercado. Respuesta que se completa con la brindada por Norberto, en la cual indica que su principal razón para comprar es que no ve oferta en el mercado y por consiguiente los precios también deben ser muy elevados.

5. ¿Qué tendría que cambiar para que lo adquiriera?

La respuesta de ambos es consecuente a la pregunta anterior. Para Leila y Norberto debe haber más oferta en el mercado, lo que motivaría el conocimiento y disminuiría los costos.

6. Contrario a la tendencia mundial, el número de vehículos eléctricos en Colombia no parece aumentar, ¿Qué factores considera que impiden la masificación más acelerada de este tipo de vehículo en el país?

Para Leila la falta de mercadeo por parte de las empresas, la falta de publicidad termina convirtiéndose en falta de conocimiento de los posibles compradores, lo que afecta sin duda el número de ventas. Para Norberto, el problema radica más en la falta de voluntad política por parte del Gobierno que incentiva el aumento de ventas de vehículos eléctricos.

7. ¿Qué ventajas considera que tiene el vehículo eléctrico sobre su vehículo?

Ambos coinciden en que la principal ventaja de los vehículos eléctricos es que son vehículos cero contaminantes durante su uso.

8. ¿Qué desventajas?

De igual manera coinciden ambos entrevistados en que la poca autonomía de estos vehículos, junto con la falta de estaciones de recarga es la principal limitación que los aqueja.

Luego de haber realizado esta entrevista a usuarios de vehículos a combustión, se puede percibir que una de las principales razones es la falta de conocimiento del comprador del común acerca de la tecnología y las ofertas de vehículos eléctricos en el país. También se puede concluir que si las personas perciben que hay falta de mercadeo, es porque realmente no hay una publicidad fuerte acerca de los vehículos eléctricos en Colombia. Sin embargo, el deseo por ayudar al medio ambiente y el deseo por adquirir esta tecnología está presente en este tipo de usuarios.

2.1.2.5. Entrevista a usuario de vehículo eléctrico

Ante la poca cantidad de vehículos eléctricos que ruedan por el país, lograr encontrar un entrevistado para esta sección no fue tarea fácil. Sin embargo, en el 2013 se gestó un proyecto en Bogotá con el

propósito de poner a circular taxis netamente eléctricos, como un proyecto piloto para a futuro reemplazar la flota de taxis a combustión. Cincuenta conductores de taxi se arriesgaron y apostaron por el proyecto impulsado por la Alcaldía de Bogotá. A través del proyecto pudieron adquirir vehículos eléctricos de la marca BYD y convertirse en propietarios de los mismos.

El proyecto que se hizo realidad durante la administración de Gustavo Petro, más específicamente puesto en marcha por Clara López, pero que fue planeado desde el último mandato de Antanas Mockus, inicialmente planteaba la posibilidad de que este modelo de taxis eléctricos fuera expandible hasta el punto de reemplazar todos los taxis a combustión por los nuevos taxis eléctricos.

Fueron muchas las promesas realizadas por el Distrito y muchas los incentivos que motivaron a los taxistas a apostarle a esta idea. Sin embargo, aunque todavía siguen rodando por las calles de Bogotá, este proyecto ha sido, más que una innovación y una transformación, un mundo de desilusión y problemas para estos trabajadores, resumido en la falta de compromiso del Distrito Capital de Bogotá con el proyecto y la no realización de ninguna de las promesas iniciales y el total abandono distrital al proyecto, por lo cual los mismos trabajadores llaman a esto un proyecto que nació muerto.

Entrevistar a uno de estos taxistas es muy fructífero para el trabajo, porque nada más fiable que conocer el punto de vista de alguien que ha vivido la problemática en su día a día. Esta oportunidad se dio, y se pudo entrevistar al señor Rubén Vargas, quien ha conducido taxi durante toda su vida y fue uno de los cincuenta “arriesgados” que en 2013 adquirió un vehículo eléctrico confiando en el proyecto: hoy en día lo sigue conduciendo. La entrevista con Rubén fue muy positiva y muy constructiva en cuanto a entender la problemática que enfrenta y enfrentarían futuros compradores de vehículos eléctricos.

Durante la entrevista no se hicieron preguntas particulares o específicas, fue más una conversación acerca del tema, en la cual se pudo conocer el origen del proyecto, los problemas que enfrenta, que esperan este gremio y cómo ven el futuro de los vehículos eléctricos. A continuación, se ilustra a manera de relato, la entrevista con Rubén Vargas.

La estación más grande de carga de los taxis eléctricos se encuentra ubicada en el parqueadero de la Unidad Deportiva el Salitre, fue allí entonces donde se realizó la entrevista. Rubén Vargas, presente en la iniciativa desde su inicio muy amablemente relató cómo ha sido el proceso desde principio a fin.

Empieza recalando en que los vehículos son muy buenos, de excelente calidad y cumplen con las expectativas que se tienen, pero hace énfasis en que así los vehículos sean excelentes, si no existe una voluntad política para facilitar su uso es muy difícil que lleguen a masificarse. Rubén hace referencia a la voluntad política porque fueron muchas las promesas que el Distrito les hizo al momento de arrancar el proyecto, como por ejemplo ampliar el número de estaciones (actualmente solo están cuatro en funcionamiento, inicialmente eran cinco), estaciones domiciliarias (para que los taxistas pudieran recargar en casa), no cobro del impuesto de contaminación de 21% (es lógico, son vehículos cero contaminantes) y el no cobro del IVA sobre la carga (19%). Estos beneficios sin duda facilitarían el uso de los vehículos y la prestación del servicio. Sin embargo, ninguna de estas promesas se cumplió.

Y acá escuchando esto es que nace la pregunta, ¿cómo es posible que el Distrito no cumpla? ¿Qué cobré algo tan absurdo como el impuesto de contaminación? Y la respuesta es sencilla: no hay interés de los funcionarios públicos y tampoco hay seguimiento del proyecto. Desde su inicio no hay un acompañamiento por parte del Distrito (habiendo funcionarios que no conocen del proyecto y no conocen los vehículos eléctricos). Esta es la razón del abandono del proyecto y de las estaciones de carga, que no reciben mantenimiento alguno.

Y es que para los taxistas no es rentable, para ellos son vehículos muy costosos para el servicio que se presta. El tiempo muerto para las recargas es un tiempo de trabajo (hay que estar pendiente del vehículo) pero sin remuneración. Los vehículos están diseñados para recorrer 300km, pero las vías y el tráfico solo les permite recorrer 200km entre recargas, recorrido insuficiente para un día de trabajo normal. Por eso Rubén opina que los taxis tradicionales, en los cuales trabajó, eran mucho más rentables e incluso podían tener un tiempo de esparcimiento mayor. Este proyecto se ha convertido en un martirio para estos taxistas.

Rubén también afirma en que parte del problema está en el desconocimiento, no solo por parte del Distrito, sino también de los usuarios y clientes potenciales, tanto acerca del servicio como de la nueva tecnología. Pero a la vez culpa al Gobierno por no dar a conocer de manera masiva el proyecto y la tecnología; “no crea cultura del eléctrico”. Y mientras las personas no conozcan es muy difícil que utilicen el servicio. Pone como ejemplo los días sin carro en Bogotá, días en los cuales está prohibida la circulación de motos y vehículos particulares, día que surge como una gran oportunidad de promocionar estos vehículos, de que los taxistas tengan trabajo y que los usuarios conozcan del proyecto y la tecnología. Sin embargo, esto no ocurre, no hay publicidad para ellos, no se les tiene en cuenta, y por tanto la gente continúa en la ignorancia. Tanto es el desinterés del Distrito que, al iniciar el proyecto, se había creado un decreto para masificar los vehículos, y en especial los taxis, pero el decreto se derogó en el último Gobierno del alcalde Peñalosa.

Finalmente, Rubén identifica que la principal causa para que esto sea, como ellos lo llaman, un “proyecto muerto”, es la falta de interés y de compromiso de las entidades públicas originarias del mismo, que son las que deberían velar por la difusión de la idea. Idea que ha sido exportada a varios países latinoamericanos, en los cuales el apoyo es mayor. O incluso, para no ir tan lejos, en Medellín EPM va a inaugurar 15 estaciones de carga y el Distrito de Medellín va a poner a rodar 500 taxis eléctricos. Entonces sin duda, el interés del Gobierno es la variable principal en la masificación de esta tecnología, y la debacle de los taxistas en Bogotá es fundamentalmente debido a esto.

De igual manera, Rubén brinda otras causas de la problemática; en primer lugar, indica que el número de estaciones es insuficiente. Esto sumado a la falta de vías, al mal estado de las mismas y al tráfico, llevan a que la autonomía de los vehículos sea menor a la especificada (300km) ya que solo recorren alrededor de 200km. También los altos precios de la energía, la inversión en la batería nueva (están en actuales negociaciones para recibir ayuda al respecto), lo costoso de los repuestos y servicio (los únicos talleres son aquellos de los concesionarios de la marca). Como causa final, Rubén indica que la falta de conocimiento de personas sobre el servicio y la tecnología es junto a la falta de interés del Gobierno, el mayor factor para no ver a los eléctricos rodando por en las calles.

Finalmente, Rubén considera que el servicio de taxis eléctricos no tiene futuro en el país, o por lo menos como ellos dicen, no en la actual administración. Consideran que tal vez si otra administración llegase y se interesase en el proyecto, este podría tomar el rumbo que inicialmente se les prometió. Por ahora los taxistas esperan terminar los diez años iniciales planteados del proyecto y volver a conducir sus taxis convencionales.

Como conclusión a esta entrevista, se puede afirmar que es preocupante la situación de apoyo de las entidades públicas a esta innovación en el país, más aún conociendo las problemáticas ambientales y las ventajas que trae el transformar el parque automotor en este sentido. Sin duda el interés del Gobierno en la masificación de estos vehículos es un factor primordial a la hora de acelerar el proceso, al igual que brindarle publicidad a la nueva tecnología y ampliar el conocimiento de los ciudadanos ante esta innovación.

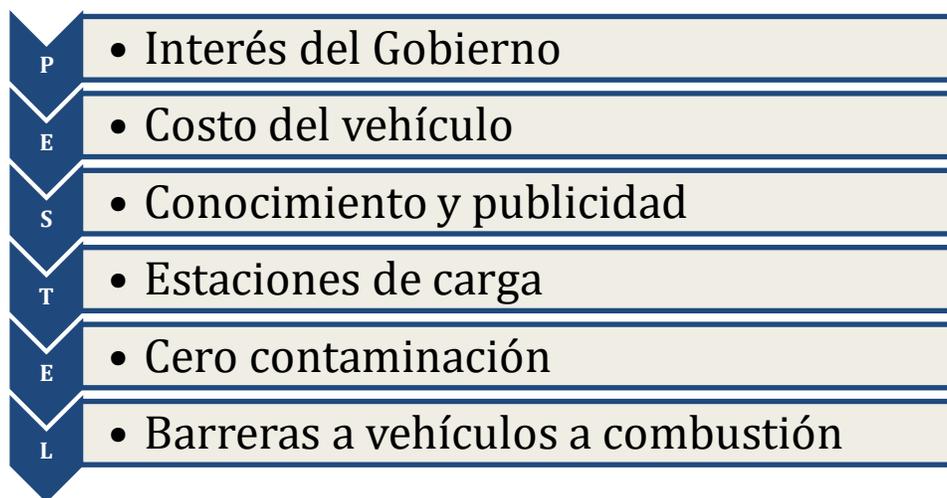
2.1.3. PESTEL

El objetivo principal de las encuestas y las entrevistas era poder divergir en cuanto a las muchas posibles causas que genera la problemática de vehículos eléctricos en el país. Este proceso permitió entender la problemática de una manera global y tener un panorama más amplio sobre por qué en Colombia la masificación de vehículos eléctricos no ha sido tan acelerada como en otros países.

El siguiente paso consiste en buscar una convergencia de todos los resultados obtenidos para poder identificar cuáles son los factores más importantes que impactan el proceso de masificación de vehículos eléctricos en el país de acuerdo con los entrevistados a la encuesta realizada. En ese orden de ideas la metodología utilizada es un PESTEL, en la cual se pueden enunciar y caracterizar los factores encontrados, así categorizándolos desde lo político hasta lo legal.

El objetivo de utilizar esta metodología es poder identificar un factor por cada variable del modelo, el factor seleccionado para cada una de las mismas depende de las opiniones registradas en la encuesta y de lo recogido a través de las entrevistas. Para poder determinar cuáles fueron los factores mayoritariamente identificados tanto por encuestados como por entrevistados, se tuvieron en cuenta las preguntas directamente relacionadas con este hecho; en la encuesta las preguntas 14 a 17. Y en cada una de las entrevistas, las causas que cada entrevistado identificó como razón a esta problemática. En ese orden de ideas, luego de haber realizado el análisis de la encuesta y haber desarrollado cada una de las entrevistas el PESTEL (Político, Económico, Sociocultural, Tecnológico, Ecológico, Legal) de la masificación de vehículos eléctricos es el siguiente:

Diagrama 1. Análisis PESTEL



Fuente: Análisis del autor

Con base a los factores identificados, es prudente definir cada uno de los factores que se exponen en el PESTEL y describir la relación que tiene con la problemática de los vehículos eléctricos en Colombia y porqué son los factores más importantes en cada una de sus categorías. Más adelante en el momento de plantear la estrategia se estudian más a fondo cada uno de los factores, con el fin de entender cómo se comportan actualmente y cómo utilizarlos a favor de la masificación del vehículo eléctrico.

- Interés del Gobierno
El componente político es sin duda uno de los factores más relevantes en cualquier proceso, sobre todo en países como Colombia en donde la clase política tiene una alta influencia en las

demás esferas de la sociedad. El Gobierno es quien puede impulsar planes a gran escala tanto en inversión como en infraestructura, los cuales son finalmente los que pueden facilitar el ingreso del vehículo eléctrico al país. Por esta razón y por el peso que tiene la influencia del Gobierno, en lo económico, tecnológico y social. El interés del Gobierno en la problemática es vital para su éxito.

Lo anterior sumado a que, como el Dr. Hoyos mencionaba en la entrevista, la contaminación ambiental y el vehículo eléctrico no hace parte de las prioridades del Gobierno, hacen de este factor algo vital para el proceso.

Incentivar la compra de vehículo eléctricos o prohibir los vehículos de combustión, depende únicamente de la voluntad del Gobierno, ya que es el ente regulador del país en cuanto a Legislación, junto con el Congreso.

- Costo del Vehículo

-

El costo del vehículo eléctrico en Colombia contra el poder adquisitivo promedio de los colombianos fue un factor mencionado en cada una de las entrevistas y es el segundo factor de importancia de acuerdo con la encuesta realizada.

Mirando que el PIB per Cápita de Colombia es de aproximadamente USD5800 (Banco Mundial, 2018) y el vehículo eléctrico más económico del mercado tiene un costo de USD15000 (Renault, 2018). Entonces cabe la pregunta, ¿puede el colombiano promedio aspirar a tener un vehículo de este precio? Además, partiendo que el de USD15000 es el Renault Twizi, que es más “una motocicleta” con 4 ruedas que un automóvil, y el vehículo más económico a combustión cuesta la mitad, USD8000, el Chevrolet Spark (Chevrolet, 2018), la decisión del colombiano es bastante predecible y lógica: comprarse un vehículo a combustión.

Es claro que el precio de los vehículos eléctricos está muy lejos de ser competitivo con respecto a los demás vehículos, y esto sin duda toca el factor más importante en cualquier relación de oferta demanda, el costo. Por esta razón el valor del vehículo en el mercado es un factor definitivo a la hora de tener o no demanda del producto.

- Conocimiento y publicidad

Es verdad que una cosa es publicidad y otra es conocimiento. Sin embargo, son dos factores que están ligados en el caso del vehículo eléctrico. Las personas del común no se preocupan mucho en general por aprender de las nuevas tecnologías o son adictos al conocimiento, entonces no van a investigar por su cuenta acerca de los avances tecnológico, esto lo hace un grupo de individuos reducido.

¿Cómo entonces aumentar el aprendizaje de la mayoría de personas acerca de nueva tecnología? A través de la publicidad. La publicidad es un motor grandísimo de curiosidad, y aunque muchas veces no brinda información del todo verídica si da a conocer la nueva tecnología e incita a aprender de la misma. La publicidad con un buen enfoque de conocimiento es una herramienta vital para el éxito de las nuevas tecnologías.

Como se pudo ver en la encuesta la mayoría de personas reconocen una sola marca y un solo modelo: Renault Twizy. ¿Por qué? Publicidad. Renault ideó una campaña muy agresiva para la comercialización de este vehículo, cosa que no han hecho las demás empresas en Colombia (Lopez, 2016). Y por esa razón, sin ser un vehículo ideal, es el vehículo eléctrico más vendido en el país.

Muchas personas aún ni siquiera entienden el funcionamiento de un vehículo cotidiano de combustión, y por ende el vehículo eléctrico es un reto a la imaginación y al riesgo de usar tecnologías que no se conocen. Depende entonces de una publicidad sana y a consciencia de introducir de manera adecuada al consumidor la nueva tecnología de vehículos eléctrico, de hacer conocer sus ventajas y desmentir sus mitos. ¿Qué tanto esto va a contribuir a la transformación del parque automotor? Seguramente mucho, pero esta consideración será analizada más adelante.

- Estaciones de carga

Al realizar la encuesta, este factor fue el que obtuvo mayor porcentaje en las preguntas 14 y 15, y recopilando lo mencionado en las entrevistas, es claro que cuando se hace referencia la categoría de tecnología, la principal variable es la infraestructura que necesitan los vehículos eléctricos para su adecuado funcionamiento.

Junto con el costo del vehículo, la infraestructura es de vital importancia para masificar el uso del vehículo eléctrico y son dos variables totalmente complementarias, se puede pensar lo siguiente: Independiente de si existe la infraestructura, si el precio del vehículo es muy alto, la demanda seguirá siendo pequeña porque el poder adquisitivo es pequeño. De igual manera, así el precio disminuya, si la infraestructura no evoluciona para adaptarse a estos vehículos, la demanda será igual, porque será un bien muy poco útil para los usuarios, prácticamente inútil.

De esta manera se puede explicar la relación primaria entre estos dos factores. Pero es importante aclarar qué se entiende por estaciones de carga y qué se entiende por infraestructura en general, y qué tanto tecnológicamente hablando abarcan las estaciones de carga.

Cuando se hace referencia a estaciones de carga, no solo se hace referencia al sitio como tal donde los vehículos eléctricos pueden recargar sus baterías, sino también a todo lo necesario para que estos lugares funcionen correctamente: fuentes de energía limpias (hidroeléctricas, solares, eólicas), redes de distribución de energía a las estaciones, cargadores y como tal la zona de carga.

De igual manera otro componente agregado a este factor, son las estaciones de carga privadas, es decir, la que cada usuario tiene en su vivienda. Para los usuarios que viven en casa, suele ser más sencillo, porque tienen la libertad de conectar su vehículo a la línea directamente en su parqueadero. Sin embargo, la mayoría de persona en las grandes ciudades de Colombia ya no viven en casa, sino en apartamento, donde los parqueaderos son áreas “comunes” del edificio. Igual ocurre con los edificios de oficinas. En ambas situaciones, los viejos edificios e incluso los nuevos no han sido diseñados para tener áreas de parqueaderos, donde cada parqueadero tenga un punto de carga, lo cual es vital para que utilizar vehículos eléctricos sea mucho más fácil para todos.

Estos puntos hablan acerca de las ciudades, pero qué hay de las carreteras; el usuario no adquiere un vehículo solo para moverse en la ciudad, el usuario quiere un vehículo que lo pueda llevar a cualquier lado, ya que es una inversión muy alta. En ese orden de ideas, al hablar de estaciones de carga, no se puede pensar en estaciones de carga únicamente en las ciudades, sino que se debe también pensarse en estaciones en las carreteras del país, debido a que el vehículo, para que sea atractivo a un usuario, debe poder utilizarse en cualquier lugar y momento. Es aquí donde entran a jugar toda la parte de planeación distrital, normas de construcción, normas eléctricas, normas de vehículos y normas de parqueaderos.

Estaciones públicas, de vivienda y empresa, junto a todo lo necesario para su funcionamiento al ciento por ciento, es un factor vital para pensar en masificar este tipo de vehículos.

- Cero contaminaciones

Como se pudo percibir en la encuesta, los usuarios son conscientes que la principal ventaja de utilizar este tipo de vehículos es que son vehículos cero contaminantes (suponiendo que la fuente de energía para la carga es energía limpia), por la cual es un factor positivo que impacta la decisión de compra de los usuarios de manera positiva, y por ende suele ser el principal gancho a la hora de motivar a las personas a adquirir vehículos eléctricos.

El factor ecológico es sin duda muy importante en el modelo de adaptación a esta nueva tecnología, porque es uno de los factores que más influencia la manera de pensar de los consumidores a la hora de adquirir el vehículo, qué tanto la influencia es una de las dimensiones que se busca averiguar en esta investigación.

- Barreras a vehículos a combustión

La presencia de vehículos de combustión, aún muy atractivos en el mercado y a mucho mejor precio, es un factor que sesga la preferencia de los usuarios por este tipo de automóvil, antes que por los eléctricos.

Prohibir el uso de este tipo de vehículos no solo debe tener como motivo facilitar la venta de los eléctricos, sino que se debe entender que los vehículos de combustión son realmente una fuente de contaminación muy grande y su uso debe prohibirse en el mundo, al ser un agente contaminante del ambiente.

Muchos países en el mundo, como se mencionaba en el marco teórico han optado por ir prohibiendo paulatinamente el uso de vehículo a combustión, lo que ha dado cabida a la disminución de las ventas de este tipo de vehículos y el aumento de la venta de vehículos eléctricos y la inclusión de otros medios alternativos de transporte. Mediante estas restricciones se obliga a las personas, incluso a aquellas con baja conciencia ecológica, a “cambiar el *chip*” en cuanto a la problemática relacionadas con la contaminación y la carencia de respaldo gubernamental y legal que soporten el cambio o transformación de los parques automotores. El factor legal es sin duda un factor muy importante, ya que lamentablemente es el camino más rápido y sencillo de promover la transformación que se busca.

3. CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LOS FACTORES

Una vez identificados los factores que impactan en el proceso de masificación del vehículo eléctrico en Colombia, el siguiente paso es evaluarlos, con el fin de conocer cuál de ellos son los principales y los que generan más impacto en el proceso, y por ende los prioritarios sobre los que hay que trabajar a la hora de darle solución a la problemática. Para poder realizar una evaluación completa de los mismos se realizaron dos tipos de análisis: un análisis cualitativo y un análisis cuantitativo, en ese mismo orden.

3.1. Análisis cualitativo de los factores

Al hacer un análisis cualitativo de los factores es posible hacer un primer filtro de relevancia de cada uno de ellos y, por ende, darles un peso respecto a los demás en el impacto en el proceso de masificación de los vehículos eléctricos. Para poder darle el peso a estos actores se hará uso de tres metodologías: Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter, Análisis de Matriz DOFA y Matriz de Priorización.

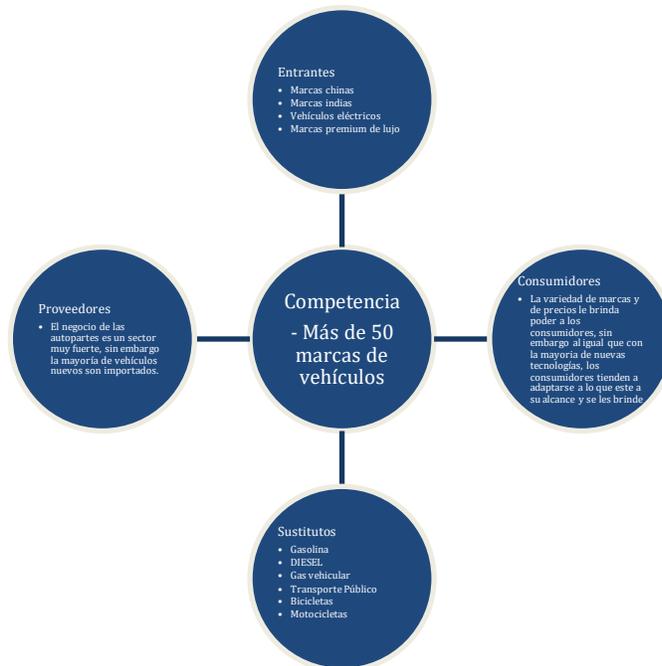
Al seguir este orden en la metodología, se podrá tener una matriz de priorización que arrojará finalmente cuáles son los factores que cualitativamente más impactan en el proceso. Una vez alcanzado este resultado se procede a modelarlo cuantitativamente, para entender cómo se comportará el sistema ante los factores identificados y el peso asignado a cada uno de ellos.

3.1.1. Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter

El primer método cualitativo por utilizar es el análisis de las Cinco Fuerzas de Porter (Porter, 2008) del mercado automotriz en Colombia. A través de esta metodología se puede entender el comportamiento del mercado en cuanto a los competidores, a los nuevos entrantes, a los proveedores, a los sustitos y a los usuarios, esto con el fin de percibir cuáles son las fuerzas que más pesan a la hora de estar dentro del mercado automotriz, y por ende cuál es el lado más vulnerable del mercado y cuál es el más difícil a la hora de introducir una nueva tecnología como son los vehículos eléctricos.

De esta manera, al entender cómo se comporta el mercado con respecto a sus diferentes integrantes, se puede empezar a tener una visión de cuáles de los factores encontrados son las que tienen más peso a la hora de impactar en la masificación del producto en cuestión. En ese orden de ideas a continuación se expone la aplicación del modelo de las Cinco Fuerzas de Porter del mercado automotriz en Colombia.

Diagrama 2. Cinco Fuerzas de Porter



Fuente: Análisis del autor

Una vez realizado el diagrama de las Cinco Fuerzas de Porter, y habiendo sido estudiados los componentes de cada una de estas fuerzas, es prudente explicar cada uno de los hallazgos y determinar el impacto de cada fuerza sobre el balance del mercado. En ese orden de ideas, a continuación, se explican los hallazgos:

- **Competencia:** En el mercado colombiano actualmente hay más de cincuenta marcas diferentes de vehículos, lo que lo hace un mercado sumamente competitivo. La diferencia entre las diferentes marcas radica en el los rangos de precio y el nombre de las mismas. Estos dos factores son el factor diferenciador en el mercado. Al haber tanta competencia y regirse por parámetros tan radicales como son costo y *goodwill*, esta fuerza es FUERTE en el mercado.
- **Sustitutos:** Como se puede ver en el diagrama, el número de sustitutos a los vehículos eléctricos es muy alto, siendo los vehículos a combustión el gran sustituto de los eléctricos. De igual manera el Gas Vehicular surge como un gran sustituto, como también mencionaba el Dr. Trujillo en la entrevista realizada, ya que es una opción muy atractiva en cuanto al factor económico y ecológico; el gas vehicular es muy económico en cuanto al valor del combustible, ya que cualquier vehículo común puede adaptar su motor a funcionar con este combustible. Y en cuanto a lo ecológico es un combustible poco contaminante.

De igual manera el hecho de tener transportes alternativos como el transporte público, las bicicletas, por las cuales los distritos hacen especial esfuerzo por incentivar, hacen que esta fuerza de mercado, según Porter sea MUY FUERTE en el balance.

- **Consumidores:** Al existir tanta variedad de precios, marcas y gustos, el consumidor tiene infinitas posibilidades de escoger el vehículo que quiere adquirir, es decir tiene mucha libertad para la escogencia. Sin embargo, al incluir el vehículo eléctrico en el panorama, y por ende

incluir el factor “nueva tecnología” en el radar, el consumidor se convierte un poco en un consumidor dependiente de lo que las marcas le pueden ofrecer, al igual que como pasa con los teléfonos inteligentes y demás innovaciones tecnológicas.

Entonces, desde que el número de marcas que ofrezcan vehículo eléctrico no es muy grande, el poder del consumidor será menor, sin embargo, al tener tanta libertad de decisión, los consumidores ejercen una fuerza MEDIA sobre el mercado automotriz colombiano.

- Entrantes: El número de entrantes al mercado automotriz colombiano no es muy amplio, esto en razón que es un mercado altamente competitivo ya hoy en día. En ese orden de ideas, entrar al mercado se ha vuelto muy complicado para nuevas marcas, más aún si no tienen el renombre de marcas ya bastante conocidas y confiadas en Colombia. Al tener barreras de entrada grandes como son marca, costo, confiabilidad, economías de escala, prestigio y servicio, entrar al mercado es una fuerza FUERTE en el mercado colombiano automotriz.

Por esta razón la manera más sencilla para que los vehículos eléctricos ingresen al mercado automotor en Colombia es haciendo parte de las grandes marcas en el país, que éstas sean los principales distribuidores de esta nueva tecnología. Por eso no es extraño encontrar que los eléctricos más vendidos son de Renault o de BMW, ya que son marcas muy conocidas y de la confianza de los colombianos.

- Proveedores: La mayoría de vehículos en Colombia son importados, son muy pocos los que se ensamblan en el país y mucho menos los que utilizan parte de producción en Colombia. De esta manera los proveedores del mercado son una fuerza DEBIL en el balance de la industria automotriz en el país. Sin embargo, vale la pena incluir en esta fuerza, todo el sector de servicios de taller y autopartes, el cual cambia un poco el panorama del mercado respecto a esta fuerza.

El sector de autopartes y servicios es un sector con mucha fuerza tanto social como económica en el país; tiene la capacidad de ejercer una alta influencia en las marcas y el servicio post compra de las mismas. Al estar hablando de la llegada de una nueva tecnología, que a futuro desplazará o al menos disminuirá el número de vehículos de combustión, este sector se verá muy afectado. Los trabajadores y empresarios de esta industria tendrán dos caminos que tomar: adaptarse al cambio y prestar servicio a estos nuevos vehículos (el cual es mucho menor, los vehículos eléctricos requieren menos mantenimiento), o hacer oposición al cambio y finalmente ver como la demanda de su negocio se va reduciendo.

En el momento que esto ocurra, el impacto social sobre este sector, sobre las personas que viven de esta labor puede llegar a ser incalculable. Miles de personas en el país viven de esto, y eliminar su fuente de sustento al reemplazarla por vehículo eléctricos, sin duda va a afectar el proceso. El aumento del desempleo y a inconformidad social comenzarán a crecer, y como resultado los problemas sociales.

Esta es sin duda una variable que se debe tener en cuenta, el impacto de los vehículos eléctricos en este sector debe ser tenido en cuenta, porque dependiendo de cómo se maneje se puede tener un grupo muy grande aliados a los cuales se les apoye en el momento de la transformación a cambiar su negocio, o un inmenso grupo de detractores, que como es costumbre en Colombia, pueden llegar a detener de maneras no muy amables el avance de la transformación en el país.

Estas últimas consideraciones convierten a esta fuerza de Porter en una fuerza FUERTE, y a tener en cuenta en el mercado automotriz de Colombia.

3.1.2. Matriz DOFA

A través del modelo de las Cinco Fuerzas de Porter se pudo entender cómo se comporta el mercado automotriz colombiano. Ahora, a través del análisis DOFA se busca encontrar cuáles son las características propias de los vehículos eléctricos (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas), esto con el fin de conocer qué tan difícil va a ser para esta nueva tecnología entrar de manera masiva al mercado. Conociendo las propiedades del entrante y su comportamiento con respecto al mercado, se puede entender cuáles son los factores que priman a la hora de facilitar su masificación en el mismo.

En ese orden de ideas, a continuación, se expone la Matriz DOFA de los vehículos eléctricos en Colombia, que tiene como base principal las encuestas y entrevistas realizadas:

Diagrama 3. Análisis DOFA



Fuente: Análisis del autor

El propósito final de la matriz DOFA es caracterizar el producto a comercializar, con el fin de conocer cuáles son las debilidades que hay que superar, las fortalezas que lo mantendrán a flote, las amenazas a su éxito y las oportunidades que se deben aprovechar para tener un mayor impacto en el mercado.

Con base al análisis DOFA se pueden sacar las siguientes conclusiones respecto a los vehículos eléctricos:

- El número de Debilidades super el número de Fortalezas, es claro que son muchas las barreras y problemas que los vehículos eléctricos deben superar. El poder lograr un balance y hacer de las fortalezas una herramienta para superarlas, depende el éxito de los vehículos eléctricos en el país.

- El número de Amenazas es igual al número de Oportunidades. En ese orden de ideas el objetivo de la estrategia a plantear debe ser hacer uso de estas oportunidades para disminuir el impacto de las amenazas en el proceso de masificación de esta nueva tecnología.

Teniendo en cuenta tanto el modelo de Cinco Fuerzas como el DOFA, se puede concluir acerca de los factores identificados:

- De acuerdo con el modelo de las Cinco Fuerzas de Porter, la gran cantidad de competidores en el mercado hacen que el costo de adquirir el producto sea un factor determinante en la toma de decisiones del consumidor. Ahora bien, es claro que el costo elevado de los vehículos eléctricos es una debilidad para su expansión, lo cual convierte al costo en una de las variables primordiales en el sistema.
- La fuerza de Porter más influyente fueron los sustitutos, y en especial hay que hacer énfasis en los vehículos a combustión, ya sean de gasolina, diesel o gas natural, por ser los competidores directos del vehículo eléctrico. La más grande amenaza de acuerdo con el DOFA de los vehículos eléctricos, son la preferencia de los usuarios por lo convencional, los vehículos a combustión. Es evidente que la gente prefiere la comodidad de lo conocido y además de lo más económico. Entonces si se incluye el precio en este dilema y si se considera adicionalmente la preferencia cultural por los vehículos a combustión, se llega a la conclusión que la presencia de vehículos a combustión en el mercado afecta radicalmente el aumento de ventas de los vehículos eléctricos.
- Tanto la metodología DOFA como la consideración del modelo de las cinco fuerzas de Porter, permitieron encontrar un factor nuevo muy importante, y que no surgió ni de las entrevistas ni de las encuestas, que es el factor social respecto al sector de autopartes y talleres. Es una fuerza importante en el mercado, que ejerce presión y que debe manejarse de manera adecuada para que, junto con el parque automotor, el trabajo de estas personas se vaya adaptando a los nuevos vehículos para no quitarles el sustento al dejar de existir paulatinamente los vehículos de combustión. Este factor puede ser tanto una oportunidad como una amenaza, dependiendo de cómo se maneje. Las personas en este sector pueden ser aliadas a la causa de la transición tecnológica o unos muy fuertes y poderosos detractores.
- Una de las principales debilidades identificadas en el DOFA es la falta de apoyo gubernamental para la utilización de vehículos alternativos, como son los vehículos eléctricos. De acuerdo con la encuesta, la intercesión del Gobierno en esta temática es vital para poder masificar el producto en el país, porque es el Gobierno quien tiene el alcance real de hacer de la transformación del parque automotor una política de Estado. Ahora bien, es una debilidad porque el apoyo del Estado a esta iniciativa es casi nulo, como lo mencionaba el Dr. Hoyos en la entrevista realizada. Falta aún mucho camino por recorrer, y el Gobierno debe ser protagonista del cambio.
- Los usuarios o consumidores ejercen una fuerza media sobre el mercado de vehículos en el país, sin embargo, tienen un papel vital en la aceptación de la tecnología. Es evidente que la falta de conocimiento hacia algo limita la capacidad y deseo de los consumidores de adquirirlo. Por ende, si no hay conocimiento, si no hay publicidad que incite a los consumidores a aprender y a conocer la nueva tecnología de un nuevo producto, es muy difícil que el producto se expanda en

el mercado. Entonces, los usuarios ejercerán una fuerza en el mercado, y deberán hacer uso de esta para presionar por conocimiento y soslayar esta debilidad de los vehículos eléctricos.

- Sin duda la fortaleza más grande de este tipo de vehículos es que son vehículo “cero contaminantes” durante su uso, en un mundo necesitado por soluciones ambientales, los vehículos eléctricos tienen una ganancia por adelantado en este sentido. La globalización ha permitido que las nuevas tecnologías se expandan más rápidamente, lo que es una ventaja para estas tecnologías nacientes, porque garantiza que, de cierta manera, la transformación global, obligue a los países a adaptarse a la nueva realidad.
- Colombia tiene ventajas en comparación a otros países de la región para adaptarse a los vehículos eléctricos. Su alta producción de energía limpia y la posibilidad de extender la capacidad de sus hidroeléctricas, tal como lo decía el representante a la Cámara Hoyos, es una oportunidad para convertirse en líder de la región en transformación del parque automotor. Esta oportunidad debe convertirse en una política de Estado, donde las alianzas público – privadas para desarrollar infraestructura puedan llegar a ser vitales para agilizar el proceso. Es ahí donde el Gobierno debe tomar la batuta para sacar adelante esta oportunidad teniendo como primer objetivo modernizar el transporte público a transporte público eléctrico.

Todo este análisis del mercado y de las características propias del producto, serán tenidos en cuenta en la Matriz de Priorización, a través de la cual se ordenarán jerárquicamente los factores en orden de importancia en el impacto sobre el proceso de masificación de los vehículos eléctricos.

3.1.3. Matriz de Priorización

La Matriz de Priorización es la última herramienta cualitativa por utilizar (José Francisco Vilar Barrio, 1997) (Deusto, 2018) (Adejebi B. Badiru, 2007), a través de la cual se busca sintetizar lo analizado anteriormente, dando un peso a cada uno de los factores identificados en el impacto sobre la masificación de los vehículos eléctricos.

Al dar un peso a cada factor y comprender su importancia con respecto a los demás, se podrá modelar el sistema a través de dinámica de sistemas para así conocer cómo se comportaría la masificación de vehículos eléctricos con respecto a cada uno de los factores.

La Matriz de Priorización tiene cinco etapas básicas para su desarrollo: Definir el objetivo, Identificar las opciones, Elaborar los criterios de decisión, Ponderar los criterios y Comparar las opciones. En ese orden de ideas y de acuerdo con los análisis anteriores se tiene lo siguiente:

- **Objetivo:** Masificar el vehículo eléctrico
- **Opciones:** Son los factores identificados que afectan el proceso de masificación (el número entre paréntesis es la convención que se utilizará en las matrices).
 - Interés del Gobierno (1)
 - Costo del vehículo (2)
 - Conocimiento (3)
 - Publicidad (4)
 - Estaciones de carga (5)
 - Cero contaminación (6)
 - Barreras vehículo a combustión (7)

- Sector autopartes y servicio (8)
- Criterios:
 - Impacto ambiental
 - Facilidad de uso
 - Facilidad de adquisición
 - Adaptación al cambio
 - Gusto
 - Impacto social
- Ponderar los criterios

Para ponderar los criterios los valores de ponderación son los siguientes:

- 1 indica que los criterios tienen igual importancia
- 2 indica que un criterio es más importante que otro
- 5 indica que un criterio es significativamente más importante que otro

Tabla 4. Matriz de Priorización de Criterios

	Impacto ambiental	Facilidad de uso	Facilidad de adquisición	Adaptación al cambio	Gusto	Impacto Social	TOTAL	Ponderación
Impacto ambiental		0.5	0.2	0.5	5	2	8.2	0.148
Facilidad de uso	2		0.5	2	5	5	14.5	0.262
Facilidad de adquisición	5	2		2	5	5	19	0.343
Adaptación al cambio	2	0.5	0.5		5	2	9	0.162
Gusto	0.2	0.2	0.2	0.2		0.5	1.3	0.023
Impacto Social	0.5	0.2	0.2	0.5	2		3.4	0.062
TOTAL	9.7	3.4	1.6	5.2	22	14.5	55.4	1.00

Fuente: Cálculos del autor

- Comparar las opciones

Una vez se han ponderado los criterios de evaluación de las opciones, se comparan las opciones con base a cada criterio.

Tabla 5. Matriz de Priorización de Impacto Ambiental

Impacto Ambiental	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	Ponderación
Interés del Gobierno		2	5	5	0.5	0.5	1	5	19	0.19
Costo del vehículo	0.5		0.5	2	0.5	0.2	0.2	2	5.9	0.06
Conocimiento	0.2	2		2	0.5	0.5	0.5	5	10.7	0.11
Publicidad	0.2	0.5	0.5		0.2	0.2	0.2	1	2.8	0.03
Estaciones de Carga	2	2	2	5		0.5	0.5	5	17	0.17
Cero contaminación	2	5	2	5	2		1	5	22	0.22

Barreras vehículo a combustión	1	5	2	5	2	1		5	21	0.21
Sector autopartes y servicio	0.2	0.5	0.2	1	0.2	0.2	0.2		2.5	0.02
TOTAL	6.1	17	12.2	25	5.9	3.1	3.6	28	100.9	1.00

Fuente: Cálculos del autor

Tabla 6. Matriz de Priorización de Facilidad de Uso

Facilidad de Uso	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	Ponderación
Interés del Gobierno		2	1	2	0.5	5	5	2	18	0.18
Costo del vehículo	0.5		1	2	0.5	5	5	0.5	14.5	0.15
Conocimiento	1	1		2	0.5	5	5	2	16.5	0.17
Publicidad	0.5	0.5	0.5		0.2	2	5	0.5	9.2	0.09
Estaciones de Carga	2	2	2	5		5	5	2	23	0.23
Cero contaminación	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2		1	0.5	2.8	0.03
Barreras vehículo a combustión	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1		0.2	2.2	0.02
Sector autopartes y servicio	0.5	2	0.5	2	0.5	2	5		12.5	0.13
TOTAL	4.9	7.9	5.4	13.7	2.6	25	31	7.7	98.2	1.00

Fuente: Cálculos del autor

Tabla 7. Matriz de Priorización de Facilidad de Adquisición

Facilidad de Adquisición	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	Ponderación
Interés del Gobierno		0.5	5	2	2	5	2	5	22	0.20
Costo del vehículo	2		5	2	5	5	2	5	26	0.24
Conocimiento	0.2	0.2		0.5	2	5	1	2	10.9	0.10
Publicidad	0.5	0.5	2		2	5	2	5	17	0.16
Estaciones de Carga	0.5	0.2	0.5	0.5		5	1	2	9.7	0.09
Cero contaminación	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		0.2	0.2	1.4	0.01
Barreras vehículo a combustión	0.5	0.5	1	0.5	1	5		5	13.5	0.12
Sector autopartes y servicio	0.2	0.2	0.5	0.2	0.5	5	0.2		6.8	0.06
TOTAL	4.1	2.3	14.2	5.9	12.7	35	8.4	24.2	106.8	1.00

Fuente: Cálculos del autor

Tabla 8. Matriz de Priorización de Adaptación al Cambio

Adaptación al Cambio	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	Ponderación
Interés del Gobierno		1	0.5	0.5	0.5	1	1	1	6	0.08
Costo del vehículo	1		1	1	0.5	2	0.5	0.5	6.5	0.09
Conocimiento	2	1		0.5	0.5	2	1	0.5	7.5	0.10

Publicidad	2	1	2		0.5	2	1	1	9.5	0.13
Estaciones de Carga	2	2	2	2		5	2	2	17	0.23
Cero contaminación	1	0.5	0.5	0.5	0.2		0.2	0.2	3.1	0.04
Barreras vehículo a combustión	1	2	1	1	0.5	5		1	11.5	0.16
Sector autopartes y servicio	1	2	2	1	0.5	5	1		12.5	0.17
TOTAL	10	9.5	9	6.5	3.2	22	6.7	6.2	73.1	1.00

Fuente: Cálculos del autor

Tabla 9. Matriz de Priorización de Gusto

Gusto	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	Ponderación
Interés del Gobierno		0.5	0.5	0.2	0.5	0.2	1	0.5	3	0.04
Costo del vehículo	2		0.5	0.5	1	0.5	1	2	7.5	0.09
Conocimiento	2	2		0.5	2	0.5	2	5	14	0.18
Publicidad	5	2	2		2	0.5	0.2	0.2	11.9	0.15
Estaciones de Carga	2	1	0.5	0.5		0.5	1	1	7	0.09
Cero contaminación	5	2	2	2	1		1	1	14	0.18
Barreras vehículo a combustión	1	1	0.5	5	1	1		1	10.5	0.13
Sector autopartes y servicio	2	0.5	0.2	5	1	1	1		10.7	0.14
TOTAL	19	9	6.2	13.7	8.5	4.7	7.2	10.7	79.0	1.00

Fuente: Cálculos del autor

Tabla 10. Matriz de Priorización de Impacto Social

Impacto Social	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	Ponderación
Interés del Gobierno		0.5	5	2	0.5	0.5	1	0.2	10	0.12
Costo del vehículo	2		2	1	1	0.5	0.5	0.2	7.2	0.09
Conocimiento	0.2	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	2.9	0.04
Publicidad	0.5	1	2		1	0.5	0.5	0.2	5.7	0.07
Estaciones de Carga	2	1	2	1		0.5	0.5	0.2	7.2	0.09
Cero contaminación	2	2	2	2	2		1	0.5	11.5	0.14
Barreras vehículo a combustión	1	2	2	2	2	1		0.5	10.5	0.13
Sector autopartes y servicio	2	5	5	5	5	2	2		26	0.32
TOTAL	9.7	12	20	13.5	12	5.5	6	2.3	81	1.00

Fuente: Cálculos del autor

- Finalmente, con base a la evaluación de los factores contra cada uno de los criterios, se puede hacer una última matriz resumen donde se determine cuál es la jerarquía de los factores y por ende cuánto pesa cada uno en el impacto sobre el proceso de masificación del vehículo eléctrico.

Tabla 11. Ponderación de factores

Criterio	Factor								
	Peso del criterio	1	2	3	4	5	6	7	8
Impacto ambiental	0,148	0,19	0,06	0,11	0,03	0,17	0,22	0,21	0,02
Facilidad de uso	0,262	0,18	0,15	0,17	0,09	0,23	0,03	0,02	0,13
Facilidad de adquisición	0,343	0,2	0,24	0,1	0,16	0,09	0,01	0,12	0,06
Adaptación al cambio	0,162	0,08	0,09	0,1	0,13	0,23	0,04	0,16	0,17
Gusto	0,023	0,04	0,09	0,18	0,15	0,09	0,18	0,13	0,14
Impacto social	0,062	0,12	0,09	0,04	0,07	0,09	0,14	0,13	0,32
TOTAL	1	0.165	0.153	0.118	0.112	0.161	0.063	0.114	0.108

Fuente: Cálculos del autor

De acuerdo con lo registrado en la matriz anterior, el proceso de Matriz de priorización arrojó los siguientes resultados en cuanto a la jerarquía de los factores y el peso que tienen sobre el proceso de masificación de vehículo eléctrico.

1. Interés del Gobierno
 - Peso: 0.165 = 16.5%
2. Estaciones de carga
 - Peso: 0.161 = 16.1%
3. Costo del vehículo
 - Peso: 0.153 = 15.3%
4. Conocimiento
 - Peso: 0.118 = 11.8%
5. Barreras del vehículo a combustión
 - Peso: 0.114 = 11.4%
6. Publicidad
 - Peso: 0.112 = 11.2%
7. Sector autopartes y servicio
 - Peso: 0.108 = 10.8%
8. Cero contaminación
 - Peso: 0.063 = 6.3%

Los resultados del proceso cualitativo de evaluación de los factores identificados indica que el factor que más tiene relevancia en el proceso de masificación de los vehículos eléctricos es el interés del Gobierno, es decir que contar con la participación del Gobierno en el proceso es vital para acelerar el proceso. Muy cerca se encuentra el factor las estaciones de carga y el costo del vehículo, los cuales son barreras claras para la expansión de esta nueva tecnología.

Un poco más lejos están los factores de conocimiento de tecnología publicidad y barreras del vehículo a combustión, no dejando de ser factores importantes en el análisis, al igual que el sector de autopartes y servicios.

Finalmente, el hecho de que los vehículos sean cero contaminantes no pesa mucho en el sistema, esto puede pasar por múltiples razones, como por ejemplo la falta de conciencia ambiental en los usuarios.

Con base a esta jerarquía definida, el siguiente paso es proceder a modelar el sistema del mercado automotriz colombiano, incluyendo la interacción de las variables encontradas, para de esta forma observar en la simulación, cómo se comporta el sistema en cada una de ellas, y cómo el cambio en el comportamiento de ellas puede influenciar a acelerar o desacelerar el proceso de masificación.

3.2. Análisis cuantitativo de los factores

Como se ha indicado anteriormente, el fin de identificar y evaluar cualitativamente los factores que impactan el proceso de masificación del vehículo eléctrico es poder modelar el sistema del mercado automotriz en Colombia para poder observar cómo se comporta al ingreso de una nueva tecnología como esta y cómo impacta cada uno de los factores identificados en las ventas de estos nuevos vehículos.

Es claro que no todos los mercados se comportan o se adaptan de la misma manera ante el ingreso de nuevas tecnologías, razón por la cual es necesario modelar el mercado colombiano para entender completamente cómo debe atacarse la problemática y cuál debe ser el norte de la estrategia a plantear para el particular.

La Dinámica de Sistema es una metodología que permite modelar sistemas y entender su comportamiento ante distintas variables. Mediante el uso de este proceso y el modelo Bass, el cual se introdujo en el marco teórico, que permite modelar la adopción de nuevas tecnologías, se modeló la adopción del mercado colombiano al ingreso del vehículo eléctrico.

Conociendo ya la metodología utilizada, a continuación, se procede a adentrarse más en la construcción del modelo como tal.

El modelo Bass se introdujo anteriormente, pero vale la pena revisar ahora qué representa cada uno de los componentes de la ecuación generalizada del modelo que aplicada. La ecuación es la siguiente:

$$\frac{f(t)}{1-F(T)} = [p + qF(T)][x(T)] \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- Probabilidad de compra en el instante t
- $f(t)$ representa la probabilidad de compra del producto en el instante t
- p es el coeficiente de innovación
- q es el coeficiente de imitación
- $x(T)$ es la función que representa el impacto de las variables externas (factores identificados)
- $F(T)$ es la función de probabilidad acumulada de que los compradores compren el producto en el tiempo T , convirtiéndose en distribución acumulada de $f(t)$.

Es importante aclarar que el tiempo de simulación será medido anualmente, por eso mismo el potencial de compradores es el potencial anual en el país, el cual tiene un promedio de ventas anuales de vehículos de 170.000 unidades de vehículo particulares (ANDEMOS, ANDEMOS CIFRAS Y ESTADÍSTICAS, 2018) (Transporte, Cifras Ministerio de Transporte, 2018) (Transporte, Transporte en Cifras, Estadísticas 2016, 2016). Se modelarán únicamente la venta de vehículos particulares de 4

ruedas, excluyendo motocicletas, por ejemplo. El número se mantendrá fijo dado que la variación en ventas es negativa en ciertos años y positivas en otros, razón por la cual se trabaja sobre un promedio esta cifra.

De igual manera, es importante tener en cuenta que el número de compradores potenciales es acumulativo, es decir, que se venden 170.000 unidades se venden anualmente, las que no sean eléctricas se acumulan para el año siguiente, debido a que son potenciales compradores que compraron, pero no compraron eléctrico.

Una variable adicional a tener en cuenta es la tasa de chatarrización o de salida de circulación de vehículos en Colombia. Para este grupo de vehículo es del 0.5% anual (Transporte, Cifras Ministerio de Transporte, 2018) (Transporte, Transporte en Cifras, Estadísticas 2016, 2016).

Habiendo indicado qué representa cada función, el modelo Bass se puede entender de la siguiente manera:

$$\text{Número de compradores en el instante } t = (p \times \text{Potencial restante} \times \text{Factor externo}) + (q \times \text{Adoptantes} \times \text{Potencial restante} \times \text{Factor externo})$$

Siendo:

$$\text{Efecto innovadores} = (p \times \text{Potencial restante} \times \text{Factor externo})$$

&

$$\text{Efecto imitadores} = (q \times \text{Adoptantes} \times \text{Potencial restante} \times \text{Factor externo})$$

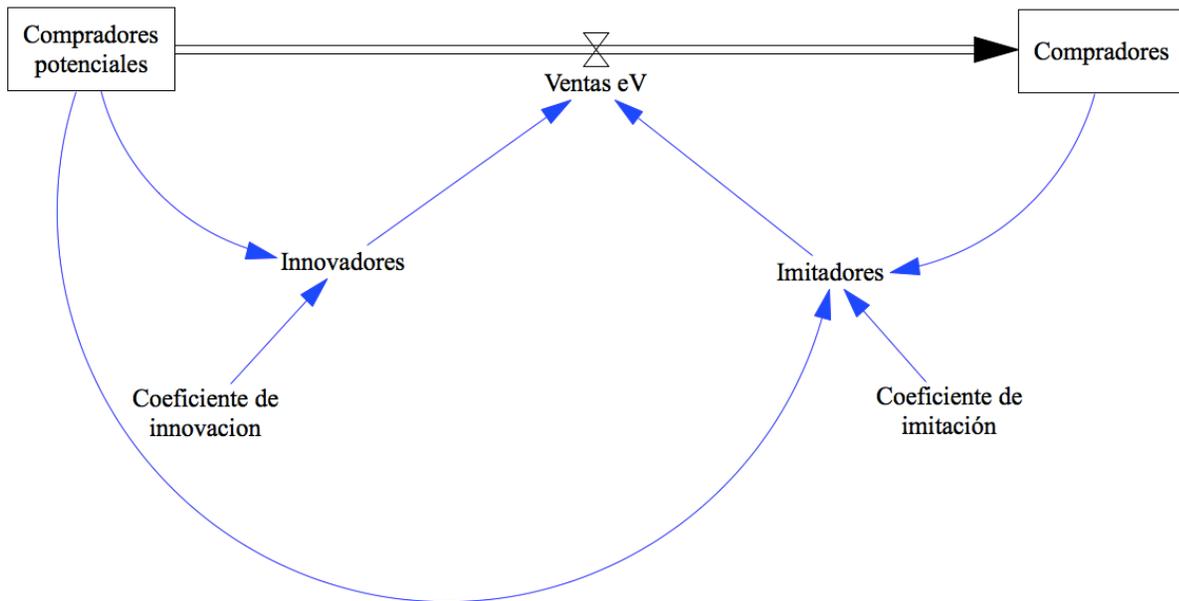
Para finalmente tener la forma simplificada:

$$\text{Compradores en el instante } t = \text{Efecto innovadores} + \text{Efecto imitadores}$$

Como se pudo observar anteriormente, el factor externo afecta tanto a innovadores como a imitadores y por lo tanto al total de compradores en el instante t . La ecuación se reduce a conocer qué tanto impacto tienen los innovadores y qué tanto los imitadores en las ventas del nuevo producto. Como se precisaba antes, el potencial total de compradores es de 170.000, el cual debe irse reduciendo anualmente. El modelo busca plasmar qué tantos de esos 170.000 posibles compradores van a comprar vehículo eléctrico, a los cuales se les llamará “adoptantes”.

Teniendo ya clara la matemática del modelo, resta ahora poder plasmarlo en un sistema que pueda ser simulado. Es ahí donde entra la Dinámica de Sistema como la metodología apropiada para poder realizar la simulación del sistema de adopción de tecnología. Para realizar toda la simulación de la dinámica de sistemas se utilizará el Software VENSIM. A través de la Dinámica de Sistemas, el modelo original de Bass puede ser plasmado gráficamente en un sistema como el siguiente:

Modelo 1. Modelo de Bass Original



Fuente: Construcción en Vensim del autor

Como se puede observar en el gráfico anterior el Modelo de Difusión de Bass consiste en un ciclo, en el cual dependiendo del comportamiento tanto de los innovadores como de los imitadores los compradores potenciales se van convirtiendo en compradores (adoptantes de la nueva tecnología). Al modelar el sistema de esta manera se puede comprender cómo el mercado se va adaptando al ingreso de una nueva tecnología y cuál será el éxito que tenga.

En este modelo original no se tienen en cuenta factores externos que puedan afectar el número de ventas anuales de vehículos eléctricos. Justamente el propósito de desarrollar este modelo y hacer la simulación del mismo es observar el comportamiento del sistema ante la variación de los factores externos que han sido anteriormente identificados. El modelo generalizado permite tener en cuenta el impacto de estos factores externos mediante la multiplicación de la ecuación por la función $x(T)$. Pero ¿cómo es esa función $x(T)$? ¿Cómo se representa matemáticamente y cómo en el modelo? A continuación, se expone el desarrollo de esta función.

La función $x(T)$ expone el impacto de cada uno de los factores que afectan el proceso anteriormente identificados. La forma general de esta función en el modelo de Bass es la siguiente (Mohammad Lavasani, 2015):

$$x(T) = 1 + \beta_1 x_1(T) + \beta_2 x_2(T) + \beta_3 x_3(T) + \dots + \beta_n x_n(T) \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo:

- El entero 1 indica que cuando los demás valores son 0, el efecto sobre el modelo original de Bass es irrelevante al multiplicar el modelo por 1, es decir, si no hay factores externos que afecten el modelo, el valor de la función externa es 1, dejando la forma del modelo como la forma original. De igual manera, si el efecto de los factores externos es positivo, la suma de impacto tanto de innovadores como imitadores va a verse multiplicada por un factor y las

ventas aumentaron. Por el contrario, si $x(t)$ es menor a 1, el factor $x(T)$ reducirá el número de ventas.

- β representa el coeficiente de impacto en la función $x(T)$ con respecto a los demás factores. Es decir que este coeficiente representa el peso de cada factor externo con respecto al otro.
- n representa el número máximo del último factor a evaluar.
- $x(t)$ representa el cambio en el tiempo de cada uno de los factores, es decir como estos van variando a lo largo del proceso de simulación. Por ejemplo, seguramente el costo del vehículo eléctrico no es el mismo en el año 1 que en el año 5. Por eso el factor costo es una función del tiempo.

Teniendo ya claros cada uno de los componentes de la ecuación de Bass y de función de variables externas. El siguiente paso es identificar el valor de cada una de las variables en el sistema, o en el caso de los factores cuál es la función que lo representa en el tiempo. Se puede empezar mencionando que los valores conocidos son los de los posibles compradores y el valor de cada uno de los coeficientes β de los factores externos, que son los valores arrojados por la matriz de priorización en el análisis cualitativo. Resta identificar cuáles son los valores de los coeficientes p y q , así como cuáles son las funciones que representan cada uno de los factores y cuál es su valor en el tiempo. De esta manera se tienen los siguientes valores:

- *Compradores potenciales* = 170.000 anuales
- Coeficiente de factores externos (provenientes de la Tabla 12):
 - $\beta_1 = 0.165$
 - $\beta_2 = 0.161$
 - $\beta_3 = 0.153$
 - $\beta_4 = 0.118$
 - $\beta_5 = 0.114$
 - $\beta_6 = 0.112$
 - $\beta_7 = 0.108$
 - $\beta_8 = 0.063$
- *Razón entre compradores potenciales y compradores* = $\frac{\text{Compradores Potenciales}}{\text{Compradores Potenciales} + \text{Compradores}}$

En cuanto a las funciones $x(t)$ de cada uno de los factores, se debe tener en cuenta en su concepción que deben ser funciones que representen cómo el factor se va a comportar con respecto al tiempo en cuanto a que entre el valor sea más positivo y más grande, va a tener repercusiones más positivas y mayores también en las ventas. Y por el contrario si el valor de la función en el tiempo es pequeño, su peso en la función $x(T)$ va a ser poco para ampliar las ventas.

En ese orden de ideas se plantean las siguientes funciones y se explican para cada uno de los factores identificados.

- **Interés del Gobierno:** El interés del Gobierno en los vehículos eléctricos o en la problemática de contaminación es una variable cualitativa a la cual es muy difícil asignarle un valor numérico para la simulación. Sin embargo, puede ser representado como un porcentaje entre el 0% y el 100%. De esta manera el valor de esta variable es una función del tiempo que varía entre 0 y 1. La función que representa este factor es la siguiente:

$$x_1(t) = 0 \text{ a } 1 \qquad \text{Ecuación 4}$$

- Estaciones de recarga: Este factor es un factor completamente numérico, por lo cual se puede incluir sin ningún inconveniente al modelo. Pero para poder medir el impacto no solo basta con tener en cuenta el número de estaciones de recarga de vehículos eléctricos en el país, sino que hay que poder tener un punto de comparación con el número de estaciones de gasolina, entendiendo que si la razón entre el número de electrolinerías y el número de estaciones de gasolina se acerca a 1, esto va a significar que el nivel de acceso a este servicio es el mismo tanto para usuarios de vehículo a combustión como de usuarios a vehículos eléctricos. Lo ideal es que, si se piensa en un escenario futuro con un parque automotor eléctrico, la relación sea mayor a 1. Teniendo esto en cuenta, la función que representa este factor es la siguiente:

$$x_2(t) = \frac{\text{Número de electrolinerías en Colombia (t)} - \text{Número de estaciones de gasolina en Colombia (t)}}{\text{Número de estaciones de gasolina en Colombia (t)}}$$

Ecuación 5

- Costo del vehículo: Al igual que el factor de estaciones de carga, para poder medir el impacto del costo del vehículo en el tiempo, es necesario tener un punto de comparación para saber cómo la variación del costo impacta el sistema. La manera de hacer esta comparación es conocer la razón entre el precio del vehículo a combustión más vendido en el país y el precio de un vehículo eléctrico con funcionalidades equivalentes. De esta manera si el precio de los dos es el mismo, el valor de la razón es unitario, por lo cual no afecta de ninguna manera el coeficiente β respectivo. De esta manera la función para este factor es:

$$x_3(t) = \frac{\text{Precio de venta vehículo a combustión (t)} - \text{Precio de venta vehículo eléctrico equivalente (t)}}{\text{Precio de venta vehículo eléctrico equivalente (t)}}$$

Ecuación 6

- Conocimiento: De igual manera que como con el interés del Gobierno, el conocimiento de los usuarios acerca de la nueva tecnología de vehículos eléctrico es una variable cualitativa que no tiene parámetros numéricos precisos. La mejor manera de medir este parámetro es mediante un valor entre 0% y 100%, en cuanto al porcentaje de la población que dice ser conocedor de los vehículos eléctricos, utilizando como base inicial la encuesta realizada. Entonces la función es la siguiente:

$$x_4(t) = 0 \text{ a } 1 \qquad \qquad \qquad \textbf{Ecuación 7}$$

- Barreras vehículo de combustión: La mejor manera de cuantificar este criterio es aclarar el término barreras y entender cuál es el alcance de las mismas. Pueden existir diferentes tipos de barreras para los vehículos a combustión, tales como: barreras arancelarias, barreras de adquisición, barreras de movilización o incluso barreras de importación. Pero ¿cómo cuantificar el impacto de las barreras en el sistema? La mejor manera es que, al igual que con los demás criterios cualitativos, se asigna un rango de valor entre el 0% y 100%, en donde 0% represente no barreras para los vehículos de combustión interna y 100% represente la total prohibición de adquisición y circulación de este tipo de vehículos. De esta manera la función es:

$$x_5(t) = 0 \text{ a } 1 \qquad \qquad \qquad \textbf{Ecuación 8}$$

- Publicidad: De igual manera que los anteriores factores cuantitativos, la publicidad puede ser medida económicamente. En este caso se debe encontrar la razón entre la inversión en

publicidad para vehículos eléctricos en el país y la inversión en publicidad para vehículos a combustión. Así, la función es la siguiente:

$$x_6(t) = \frac{\text{Inversión en publicidad de vehículos eléctricos en Colombia } (t) - \text{Inversión en publicidad de vehículo a combustión en Colombia } (t)}{\text{Inversión en publicidad de vehículo a combustión en Colombia } (t)}$$

Ecuación 9

- Talleres especializados: La razón entre el número de talleres especializados para atender vehículos eléctricos y el número de talleres para atender los vehículos tradicionales, brinda la información de cómo el servicio impacta en el sistema. En el momento en que la relación sea unitaria, ambos tipos de usuarios tendrá acceso a los mismos servicios, por el contrario, si la razón es menor a 1, el impacto será negativo en el sistema. La función es esta:

$$x_7(t) = \frac{\text{Número de talleres para vehículos eléctricos en Colombia } (t) - \text{Número de talleres para vehículos a combustión en Colombia } (t)}{\text{Número de talleres para vehículos a combustión en Colombia } (t)}$$

Ecuación 10

- Cero contaminación: El peso de la variable ambiental es un arma de doble filo, ya que puede ser un gran motivador para la compra de vehículos eléctrico, pero a medida que la contaminación disminuya con la ampliación del parque automotor eléctrico, puede que deje ser importante en el sistema. La mejor manera de entender la variable de manera cuantitativa es comprender que el impulso ambiental va disminuyendo con el tiempo, teniendo un valor inicial del 88%, arrojado por la encuesta realizada. Por ende la función que mejor representa el cambio es aquella que evalúa el cambio en la contaminación del aire de la siguiente manera:

$$x_8(t) = 0.88 + \frac{\text{Contaminación del aire } (t) - \text{Contaminación del aire en el instante } (t_0)}{\text{Contaminación del aire en el instante } (t_0)}$$

Ecuación 11

Una vez definidas las funciones que representan el cambio en el tiempo de los factores, resta por definir cuáles son los valores iniciales de cada una y cuáles son los supuestos para el cambio de cada una de ellas (supuestos iniciales). Luego de definir el modelo inicial se analizará cómo debería comportarse cada factor para poder obtener un mayor número de ventas en menor tiempo. En ese orden de ideas, los valores iniciales y supuestos para cada función son los siguientes:

- Tiempo de simulación: El modelo se simulará por un período de 10 años, plazo considerado suficiente para adoptar una tecnología nueva en el mercado.
- Interés del Gobierno: El interés Gobierno, de acuerdo con las entrevistas y la encuesta realizada en este momento es nulo, por lo que el valor inicial para la simulación debe ser de cero. Ahora bien, a partir del instante cero de la simulación, la suposición propuesta en cuanto al interés del Gobierno es que este aumente de manera lineal durante un período de 10 años hasta alcanzar un valor del 100%.
- Estaciones de carga: Los valores iniciales tanto para el número de electrolinerías como para el número de estaciones de gasolina en el instante cero, es el número de estaciones registradas hasta finales del 2017. Bogotá cuenta con una sola estación de recarga pública a la fecha (CODENSA, 2017). La ciudad con más estaciones públicas de recarga es Medellín, que cuenta con 13 estaciones (EPM, 2017). De esta manera los valores son entonces:

- Número Inicial de Electrolineras: 14 estaciones de recarga
- Número inicial de Estaciones de Gasolina: 5378 estaciones certificadas

Para el modelo se supondrá que el número de estaciones de estaciones de gasolina se mantendrá estático, a diferencia del número de electrolineras que se supondrá aumenta 10 veces más rápido que la razón a la que suelen aumentar las estaciones de gasolina en el país actualmente (2% anual (Líquidos S. d., 2018) (Líquidos S. d., 2017) (Líquidos S. d., 2018)), y estas disminuirán a la razón que aumentan actualmente.

- Costo del vehículo: Los valores iniciales para esta variable son los precios actuales de los vehículos a comparar. El vehículo más vendido en Colombia es el Chevrolet Spark, sin embargo, no es útil para la comparación al no tener un vehículo eléctrico equivalente en el mercado. Los vehículos ideales para hacer esta comparación son los KIA Soul, que vienen tanto en versión gasolina como en versión eléctrica. El KIA Soul versión gasolina tiene un costo promedio de COP60.000.000 y el mismo Soul eléctrico tiene un valor de COP135.000.000 (KIA, 2018). Estos son los valores iniciales para la comparación de costos.
 - Precio inicial vehículo a gasolina: COP60.000.000
 - Precio inicial vehículo eléctrico: COP135.000.000

Para el modelo se supondrá que el precio del vehículo a gasolina aumenta anualmente el porcentaje de una inflación promedio de 3%. Para simular el precio del vehículo eléctrico se hará la suposición que el precio la misma inflación que aumenta el vehículo a combustión anualmente.

- Conocimiento: Para el valor inicial del conocimiento acerca del vehículo eléctrico de los posibles compradores se tendrá en cuenta lo arrojado por la encuesta en torno a qué tanto conoce el colombiano del común acerca de la nueva tecnología. Este valor es el siguiente:
 - Conocimiento inicial 2017: 50.7% de conocimiento en la población – 0.507

Se supondrá que los colombianos tendrán una curva de aprendizaje clásica (logarítmica) en la que en los primeros tres años el aprendizaje lineal hasta estancarse alrededor del 90% en un plazo de 10 años.

- Barreras vehículo a combustión: De acuerdo con la definición de esta variable, se supondrá que el valor inicial es del 7%, partiendo de que, en la ciudad más poblada, como lo es Bogotá, el vehículo a combustión solo se puede usar 154 de 168 horas a la semana debido a la medida de “pico y placa”. Y se supondrá que, a 10 años, las barreras a los vehículos a combustión habrán limitado su uso a un 70%.
- Publicidad: La publicidad es también un factor que puede ser medido de manera económica. Para el propósito de la simulación se tendrá en cuenta el valor invertido en medios digitales por el sector automotriz. Lo ideal es lograr que toda la inversión de publicidad sea en vehículos eléctricos (razón igual a 1) o incluso más a lo que se invierte hoy en día (razón mayor a 1) Actualmente, las ventas de vehículos eléctricos representan menos del 1% de las ventas anuales. Para esta simulación se supondrá que actualmente se invierte el 1% de publicidad en vehículos

eléctricos. Según IAB y PWC (Rios, 2017) (Colombia, 2018) (IAB y PWC, 2017), la inversión en publicidad por parte del sector automotriz en el 2016 fue de:

- Inversión en publicidad de vehículos eléctricos 2016: COP495.644.250
- Inversión en publicidad de vehículo a combustión 2016: COP49.564.425.097

En cuanto a la variación de este valor en el tiempo se supondrá que las inversiones evolucionan de manera opuesta; la inversión en publicidad de vehículos eléctricos tendrá un aumento del 15% anual y por el contrario la publicidad de vehículo a combustión tendrá una tasa de disminución del 5% anual, llegando a los valores contrarios a cada uno de los sistemas en un plazo de 10 años.

- Talleres especializados: Como valores iniciales para esta variable se tendrá en cuenta el número de talleres especializados, tanto de vehículos eléctricos como de vehículos a combustión registrados actualmente en el país. De acuerdo con una investigación llevada a cabo por Servinformación (Redacción El Tiempo, 2010) en el 2010, por cada taller hay 121 vehículos en Colombia. Manteniendo la misma proporción y teniendo en cuenta que según el RUNT hay en Colombia 5.500.000 vehículos (no motos) (Redacción Motor y RUNT, 2016). De estos 121 talleres por vehículo solo el 1% son certificados por las marcas. En cuanto a los vehículos eléctricos, los concesionarios de las marcas siguen siendo los talleres autorizados. En Colombia hay diecisiete marcas que distribuyen vehículos eléctricos (ANDEMOS, Informe Vehículos Híbridos y Eléctricos 2017, 2017). Los números son los siguientes:

- Número de talleres certificados en vehículos eléctricos 2017: 17
- Número de talleres certificados en vehículos a combustión 2017: 480

Para el modelo se supondrá que el número de talleres especializados comenzará aumentar con una tasa del 10% anual. El número de talleres a combustión tendrá el comportamiento inverso. Esto nace de suponer que con el tiempo el ideal es que los mismos trabajadores y pertenecientes a esta industria, transformen sus negocios y los adapten a la nueva tecnología.

- Cero contaminación: Los valores iniciales para esta variable, son los niveles actuales de contaminación promedio en las diferentes estaciones de monitoreo del país. De esta manera el valor inicial, a la función tener valor de cero, es del 88%. Así el valor de la contaminación atmosférica a 2015 (Instituto de Hidrología, 2016) es el siguiente:

- Contaminación atmosférica promedio en 2015: $22,6\mu g/m^3$

Se espera como resultado del proceso de adopción de tecnología, el número de ventas de vehículos eléctricos comience a aumentar de manera exponencial al pasar unos años. De la misma forma se debe comportar la variable contaminación al ser variables relacionadas.

Ya habiendo definido las funciones y valores de cada uno de los factores identificados en el tiempo, resta únicamente determinar cuáles son los valores de los coeficientes p y q para el sistema de adopción de vehículos eléctrico. Una vez obtenidos estos valores se puede proceder a correr el modelo y a analizar su comportamiento. Siendo así, se procede a continuación a determinar cuál es el valor que deben tener cada uno de estos coeficientes.

Para poder estimar los valores de los parámetros p y q , se debe regresar a la ecuación original del Modelo de Bass, de acuerdo a (Satoh, 2001):

$$\frac{f(T)}{1-F(T)} = [p + qF(T)]x(t) \quad \text{Ecuación 2}$$

En este caso el valor de la función $x(t)$ será el que arrojen los valores iniciales de los factores externos (0.66 basado en el cálculo de la función $x(t)$ con los valores iniciales), esto con el fin de hallar los valores que, con base a las ventas actuales, modelan el comportamiento del mercado de vehículos eléctricos en el país.

Regresando a la ecuación, y siendo $F(T)$ la distribución acumulada de compra se puede definir lo siguiente:

$$F(T) = \frac{N(t)}{m} \quad \text{Ecuación 12}$$

Con base a esto, el modelo de Bass puede expresarse de la siguiente manera:

$$\frac{f(T)}{1-\frac{N(t)}{m}} = \left[p + \frac{q}{m} N(t) \right] x(t) \quad \text{Ecuación 13}$$

$$mf(t) = \left[p + \frac{q}{m} N(t) \right] (m - N(t)) [x(t)] \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

- m representa el número total de potenciales compradores.
- $N(t)$ representa el número total de adoptantes hasta el tiempo t .

De allí se puede llegar a la ecuación cuadrática:

$$n(t) = pmx(t) + (q - p)N(t)x(t) - \frac{q}{m}x(t)N^2(t) \quad \text{Ecuación 15}$$

Siendo:

- $n(t)$ la multiplicación entre el número total potenciales compradores en el tiempo t y la probabilidad que compran, dando como resultado el número de compradores en el instante t .

Para hallar cada uno de los parámetros, esta ecuación puede discretizarse de la siguiente forma:

$$N(t_i) - N(t_{i-1}) = pmx(t) + (q - p)x(t) N(t_{i-1}) - \frac{q}{m}N^2(t_{i-1})x(t) \quad \text{Ecuación 16}$$

Ya para poder solucionarla y hallar los parámetros:

$$X(i) = a + b N(t_{i-1}) - c N^2(t_{i-1}) \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

- $a = pmx$
- $b = (q - p)x(t)$
- $c = -\frac{q}{m}x(t)$

Se ha llegado a esta forma cuadrática de la ecuación de Bass con el fin de estimar los parámetros mediante el método de Mínimos Cuadrados ordinarios (*Ordinary Least Squares*) (Satoh, 2001), en el cual se utiliza la ecuación cuadrática para hacer una regresión no lineal que arroje los valores que buscamos.

Resta conocer los datos en lo que se va a basar la regresión. Para poder estimar los parámetros se requieren datos históricos de la venta del producto. En Colombia el producto se ha vendido desde hace poco, por lo que los datos históricos se reducirán a las ventas de los años 2014 a 2017 (Revista VEC, 2015) (ANDEMOS, Informe Vehículos Híbridos y Eléctricos 2017, 2017). En ese orden de ideas los números de ventas de vehículos eléctricos desde el 2014 son los siguientes (teniendo en cuenta únicamente particulares automoviles y utilitarios):

- 2014: 52 unidades
- 2015: 182 unidades
- 2016: 209 unidades
- 2017: 178 unidades

Para hacer la regresión no lineal del modelo se utilizó la herramienta RStudio, a través de la cual se puede correr la regresión que arroje los datos y simular el modelo para determinar qué tan preciso es con respecto a la realidad de las ventas. El código del modelo se puede observar en el Anexo ii. Luego de realizar la regresión no lineal para un periodo T de 4 años, el resultado del valor de los parámetros p y q es el siguiente:

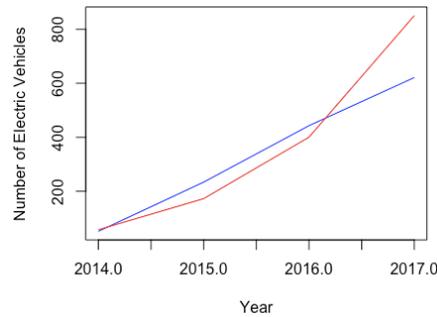
- $p = 0.00006205106$
- $q = 1.486323$

Utilizando estos parámetros, en la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento real (azul) versus el comportamiento de la predicción del modelo Bass (rojo) de las ventas acumuladas, con los valores de p y q hallados:

Gráfico 5. Ventas acumuladas de eléctrico de 2014 a 2017

Modelo OLS

Datos Reales

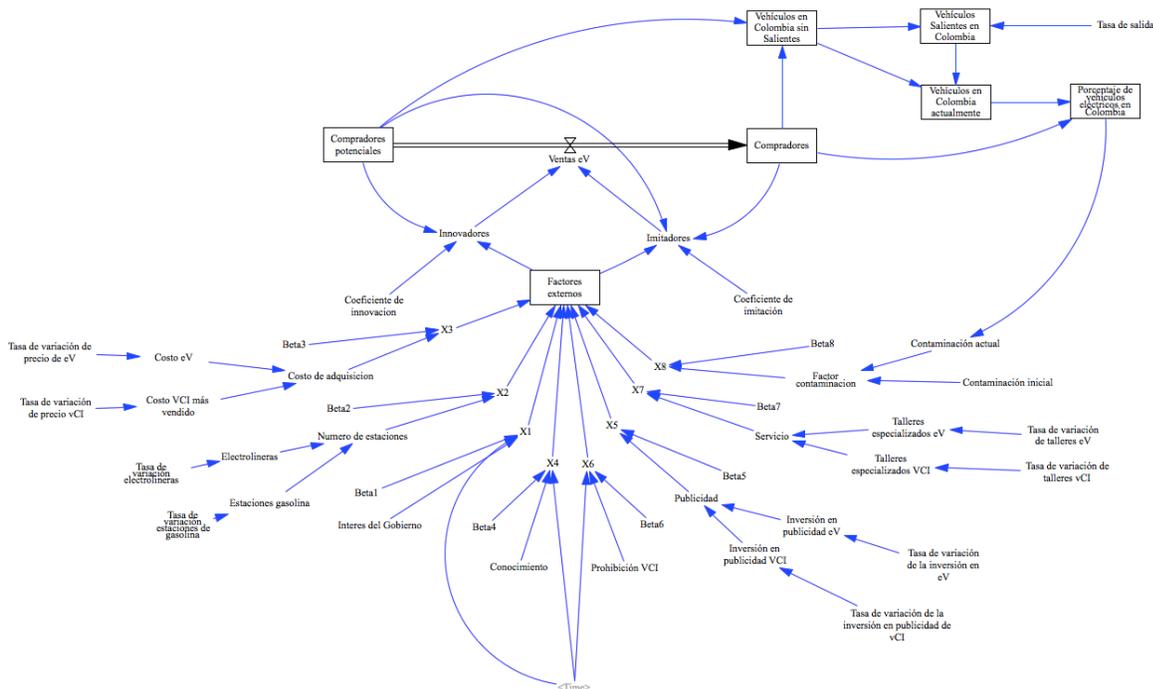


Fuente: Análisis del autor en RStudio

En la gráfica se puede observar que el modelo y el valor de los parámetros, representan de manera adecuado el comportamiento real de las ventas, por lo cual estos valores de p y q se utilizarán para modelar el sistema completo a través de dinámica de sistemas. Respecto al valor de estos factores se puede concluir que el país se caracteriza por tener compradores muy poco arriesgado, pero si muchos seguidores. Por lo cual la clave para mejorar el panorama es aumentar el número de innovadores en el sistema.

Luego del último análisis, ya se cuenta con todos los datos necesarios para modelar mediante Bass el mercado de vehículos eléctricos en Colombia representando el modelo en dinámica de sistemas. Con base a la ecuación 2, la ecuación de impacto externos, los valores iniciales de compradores y los parámetros p y q . El modelo de difusión de Bass que representa el mercado de eléctricos en el país es el siguiente:

Modelo 2. Modelo Bass con factores externos



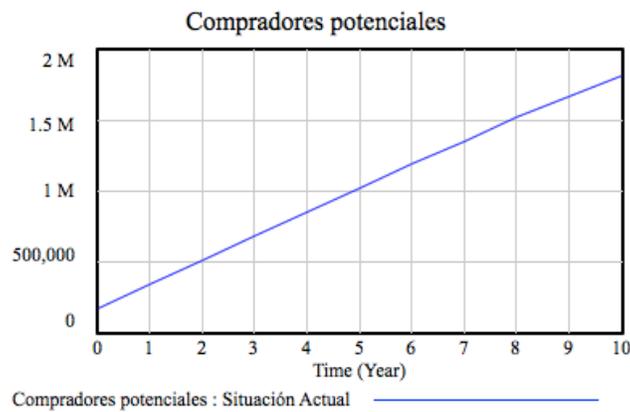
Fuente: Construcción del autor en Vensim

Habiendo ya desarrollado el modelo, resta únicamente simular. Se realizaron dos simulaciones: la primera consistió en simular el comportamiento con factores externos invariante. La segunda simulación consistió en plasmar en el modelo las suposiciones anteriormente definidas en el documento.

3.2.1. Simulación con factores invariantes

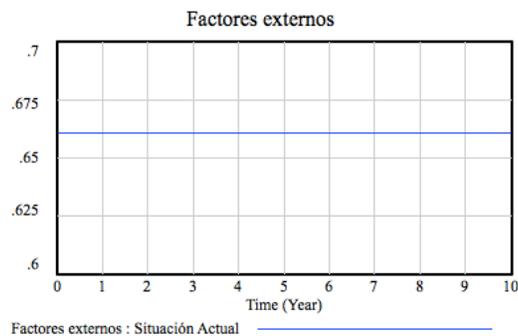
Para entender el comportamiento de manera adecuada, se realizó la simulación en primer lugar con factores externos invariantes, es decir, el valor de los factores externos siempre fue el valor inicial (planteado anteriormente en el documento). El objeto de esta simulación fue observar cómo se comportaría el mercado y la demanda a 10 años si el sistema no recibiera modificaciones ni mejoras, ver cómo sería el futuro si sigue el camino en el que actualmente se va.

De esta manera, las condiciones del modelo son las siguientes:



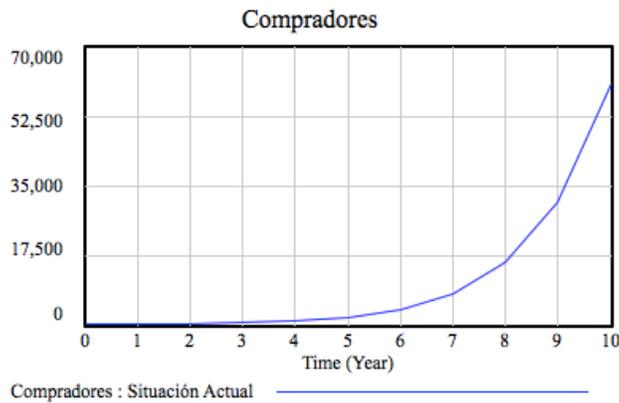
Fuente: Análisis del autor en Vensim

Como se puede ver en la gráfica anterior, el número de compradores potenciales es de 170.000 cada año, pero al no todos los 170.000 comprar vehículos eléctricos, los compradores potenciales se van acumulando. En cuanto a los factores externos, el valor de la función $x(t)$, al ser invariante en el tiempo, es el siguiente:



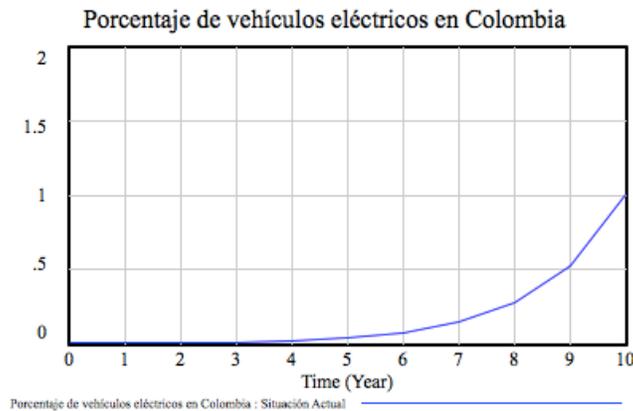
Fuente: Análisis del autor en Vensim

Corriendo el modelo bajo estas condiciones en Vensim, el número de compradores o adoptantes de la tecnología de vehículo eléctricos es el siguiente:



Fuente: Análisis del autor en Vensim

Finalmente, el porcentaje de parque automotor eléctrico a 10 años bajo estas condiciones será el siguiente:



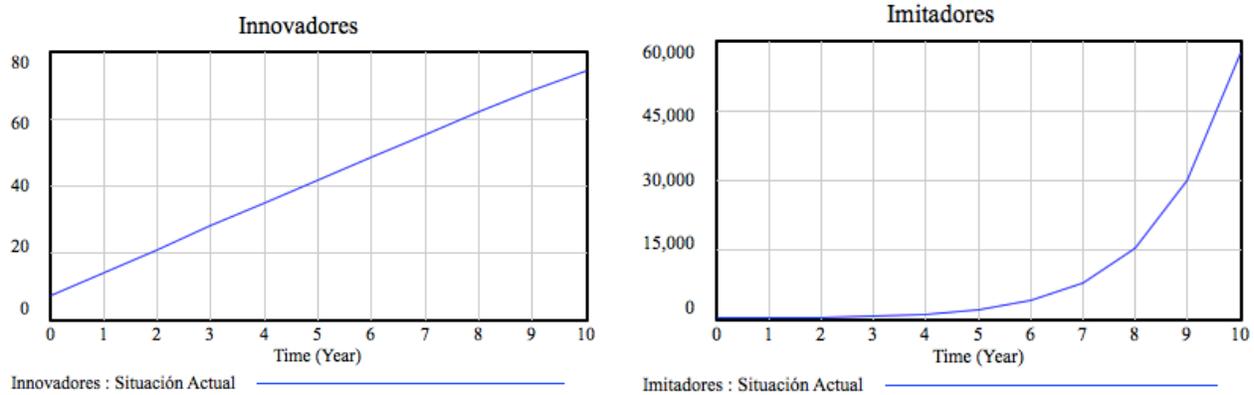
Fuente: Análisis del autor en Vensim

3.2.1.1. Análisis de los resultados

De acuerdo con los resultados de la simulación, en la cual los factores externos actúan como limitador del crecimiento de ventas (al tener un valor menor a 1), se puede concluir fácilmente que, siguiendo el crecimiento actual de las ventas, el número de vehículo eléctricos a 10 años, a pesar de ya contar con cerca de 70.000 individuos, no representaría ni siquiera el 1% del parque automotor nacional. Por lo cual se podría decir que la transformación tecnológica no se llevaría a cabo.

De igual manera, aunque el crecimiento de ventas es notorio con el paso del tiempo, este crecimiento está mayoritariamente sustentado por el número de imitadores (valor alto de q), pero la demora en

despegar el corto número total que alcanza tiene su razón en la poca cantidad de innovadores, como se puede ver en las siguientes gráficas.



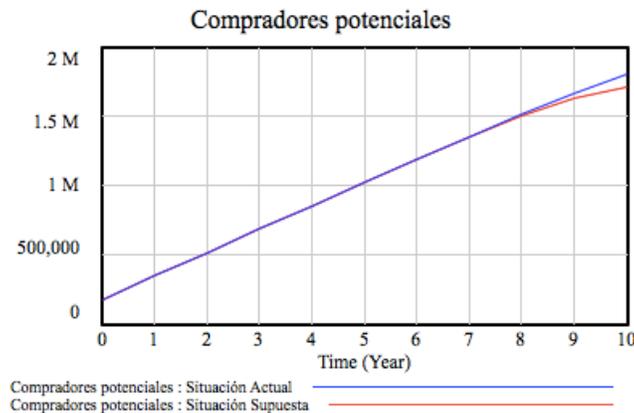
Fuente: Análisis del autor en Vensim

Al ser una sociedad seguidora, la primer gran conclusión a la que se puede llegar mediante el análisis de este modelo es la necesidad de aumentar el número de innovadores en el mercado. Aumentando este número, el hecho de tener tantos seguidores, las ventas empezarán a aumentar exponencialmente.

3.2.2. Simulación con suposiciones

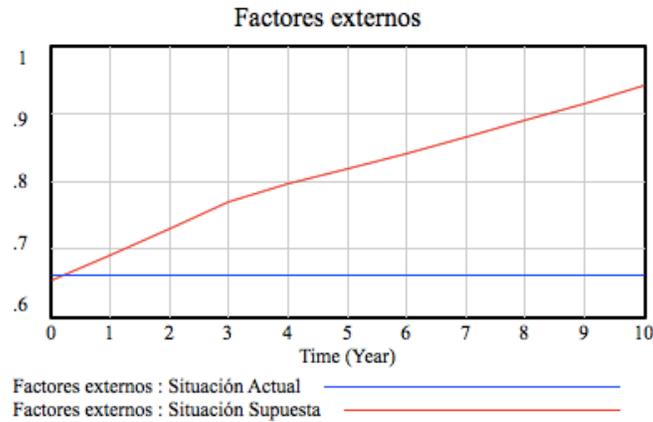
A través del modelo se busca entender el comportamiento del sistema ante el cambio en los distintos factores que lo afectan. El fin de esta primera situación supuesta es entender cómo varía la salida del sistema (adoptantes o compradores) ante cierta suposición planteada inicialmente. Esta suposición propone un comportamiento de cada uno de los factores externos en el tiempo de aquí a 10 años. Con base a los supuestos planteados en el aparte 3.2, los resultados fueron los siguientes (en las gráficas se puede comparar el valor supuesto con el valor de la situación actual estudiado anteriormente):

Los compradores potenciales, al haber más adoptantes, tienden a ser menores en el tiempo que los compradores potenciales para la situación actual:



Fuente: Análisis del autor en Vensim

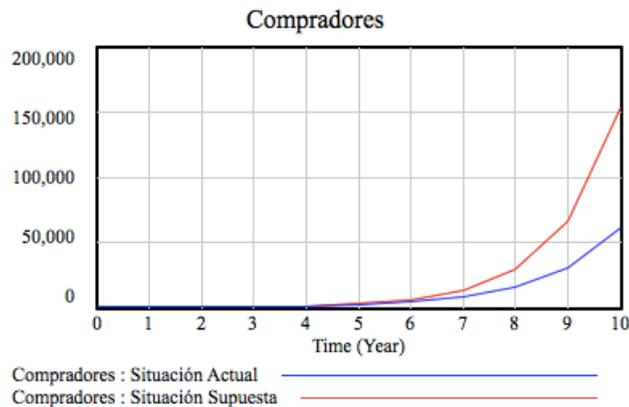
De igual manera el factor externo es diferente en esta simulación; a los factores varían en el tiempo, el factor dependiente de ellos varía también. Las suposiciones planteadas son positivas, en el sentido que proponen que los vehículos eléctricos tendrán mayores ventajas a futuro y los vehículos a combustión irán en retroceso en el mercado (por ejemplo, disminución del precio del vehículo eléctrico y aumento del precio de los vehículos a combustión). Por esta razón, el factor externo parte de la base del valor inicial y comienza a aumentar hasta hacerse mayor a uno, luego de 10 años. De esta manera el factor externo durante esta simulación tiene los siguientes valores:



Fuente: Análisis del autor en Vensim

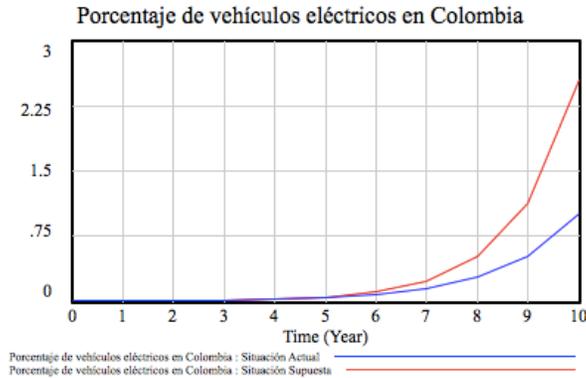
Con base a esta suposición, el factor externo en el año diez tiene un valor de casi 1. Lo que quiere decir que, a ese momento, al ser el valor de los factores externos unitario, no tiene efecto en el modelo de Bass y puede decirse que es el momento en que las tecnologías de combustión y eléctrica son equiparables en cuanto a ventaja competitiva en el mercado. Como se ha mencionado anteriormente, el ideal que se busca es lograr que este factor externo sea mucho más elevado para impulsar una adopción más rápida de la tecnología.

Teniendo estas variables de entrada, los resultados de la simulación supuesta son los siguientes:



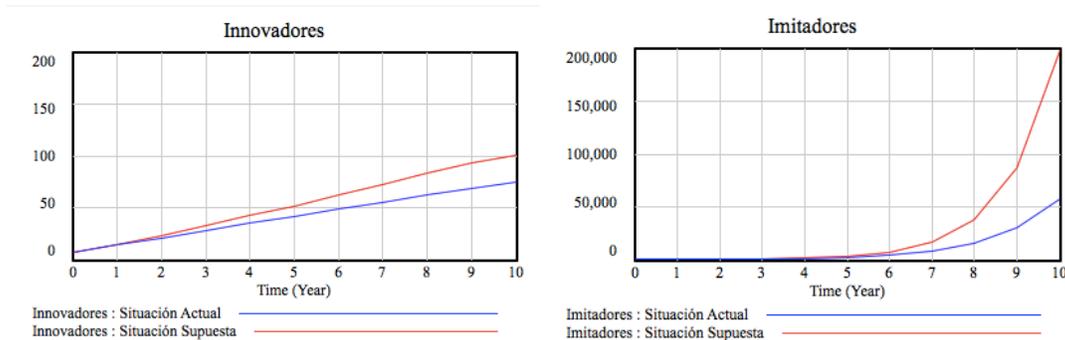
Fuente: Análisis del autor en Vensim

De esta manera, el porcentaje de vehículos eléctrico en el parque automotor colombiano también es superior, alcanzando casi un 3% del total:



Fuente: Análisis del autor en Vensim

Observar el número de innovadores e imitadores con esta simulación es importante con el fin de entender la relevancia que tiene el número de cada uno de ellos en el modelo. De esta manera se puede observar en las siguientes gráficas como, solo al aumentar un poco más de 20 innovadores, el número de imitadores aumenta en más de 200.000 compradores. El número de compradores es menor a los imitadores, es de cerca a 150.000, a razón que esta variable esta reflejando el acumulado hasta el principio de año, no el total de ventas. Reafirmando que, la base para que la tecnología se expanda más rápidamente es aumentar el número de innovadores en el sistema, que impulse a la sociedad a imitar su comportamiento.



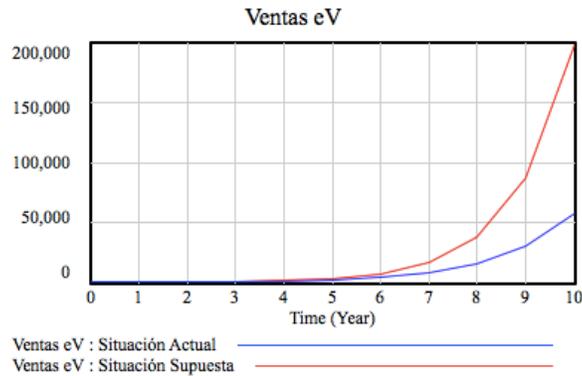
Fuente: Análisis del autor en Vensim

3.2.2.1. Análisis de los resultados

Teniendo dos simulaciones para comparar los resultados, se puede realizar un análisis mucho más profundo del comportamiento esperado del mercado. Como se mencionaba en el apartado anterior, lo primero que se puede reafirmar es que los innovadores son los encargados de promover el despegue de la tecnología en el mercado y que, al tener un alto coeficiente de imitación, solo con tener un poco más de innovadores, el número de imitadores se dispara y el aumento de vehículos eléctricos rodando en las calles es evidente.

La segunda conclusión que se puede sacar con respecto a esta simulación es que, tanto para la simulación de las condiciones actuales como la simulación supuesta, los primeros cinco años a partir de

hoy parecen ser tiempos muertos para la tecnología, donde el aumento de adoptantes es prácticamente nulo. Esto se debe a que el valor del coeficiente de innovación es muy pequeño en el país. Una tercera conclusión, sino la más importante de esta simulación se observa en la gráfica de ventas de vehículos eléctricos anuales:



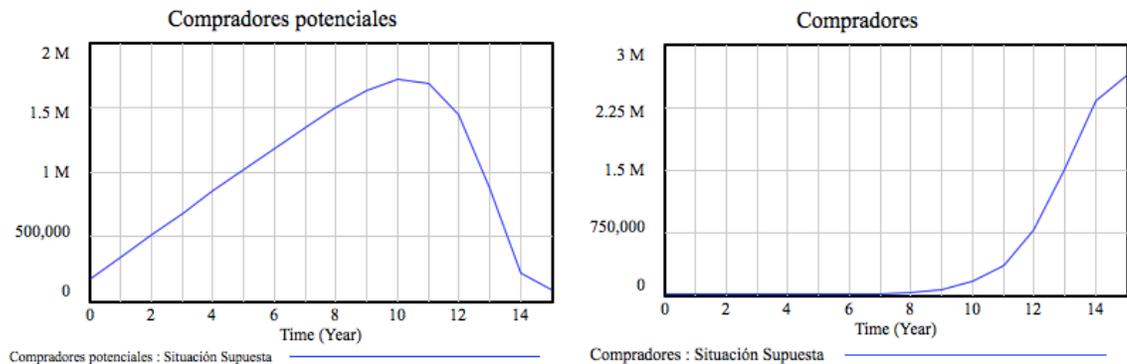
Fuente: Análisis del autor en Vensim

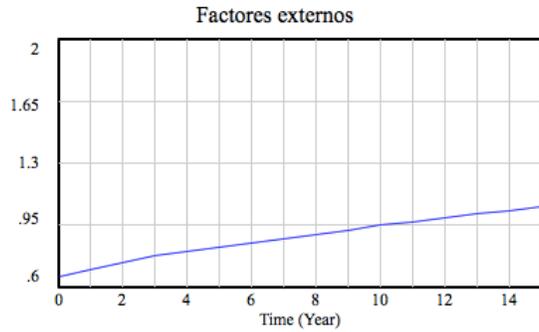
En esta gráfica se puede observar que entre el año número 9 y el año número 10, el número de ventas de vehículos eléctricos supera el número de compradores potenciales anuales (supuestos en 170.00 vehículos). Este comportamiento obedece al impulso del modelo y a los compradores potenciales restantes de otros años. De esta manera, este punto en el tiempo es el punto en el que todos los vehículos que se venden en el país pasan a ser eléctrico y ya no se venden vehículos a combustión.

Por otro lado, se puede observar, en especial en la simulación supuesta, que a partir del año 7-8, el aumento en el número de adoptantes (compradores) y del porcentaje de vehículos eléctricos comienza a aumentar estrepitosamente. Este hecho junto al aumento de ventas superior a los compradores potenciales plantea la inquietud de qué pasaría si simulara por más de 10 años, por ejemplo, a 15 o 25 años. ¿Cómo sería el comportamiento de estas variables?

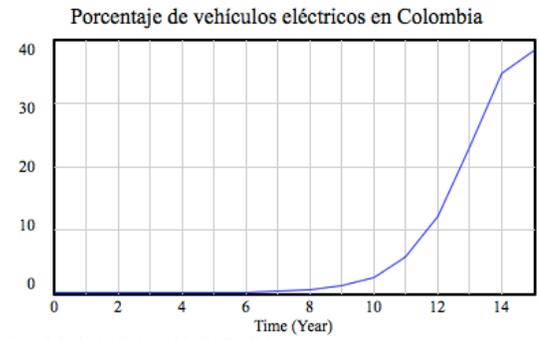
Para responder la inquietud se realizó la simulación a cada uno de estos periodos y los resultados fueron los siguientes:

- 15 años

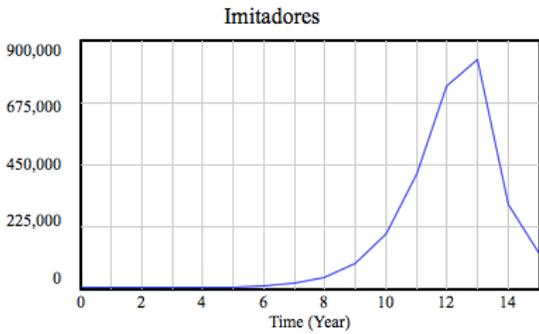




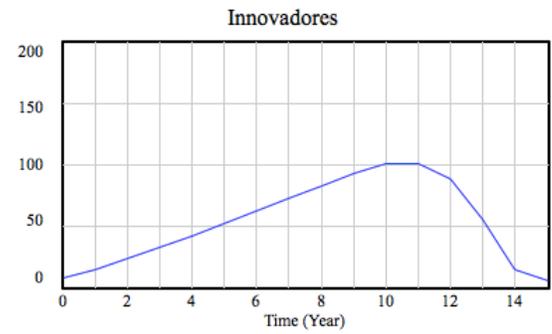
Factores externos : Situación Supuesta



Porcentaje de vehículos eléctricos en Colombia : Situación Supuesta



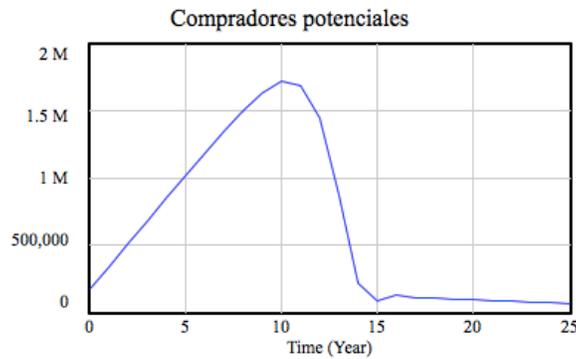
Imitadores : Situación Supuesta



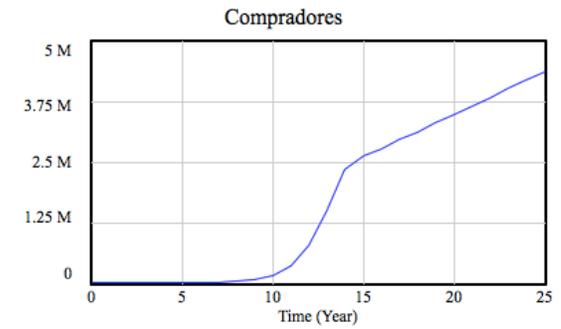
Innovadores : Situación Supuesta

Fuente: Análisis del autor en Vensim

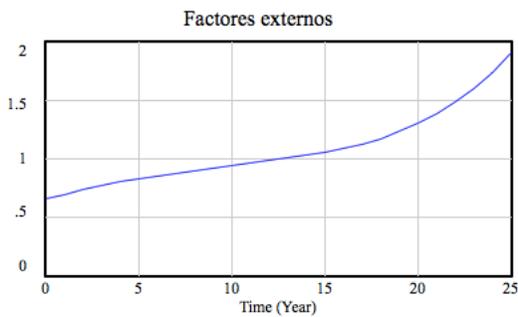
- 25 años



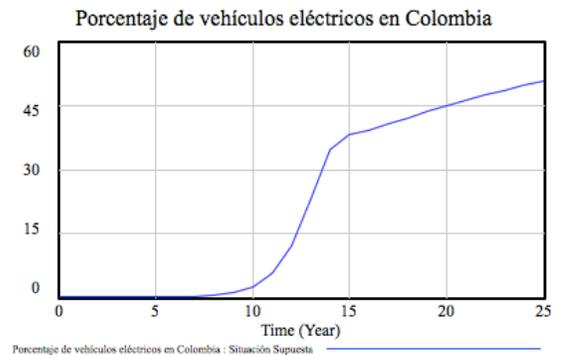
Compradores potenciales : Situación Supuesta



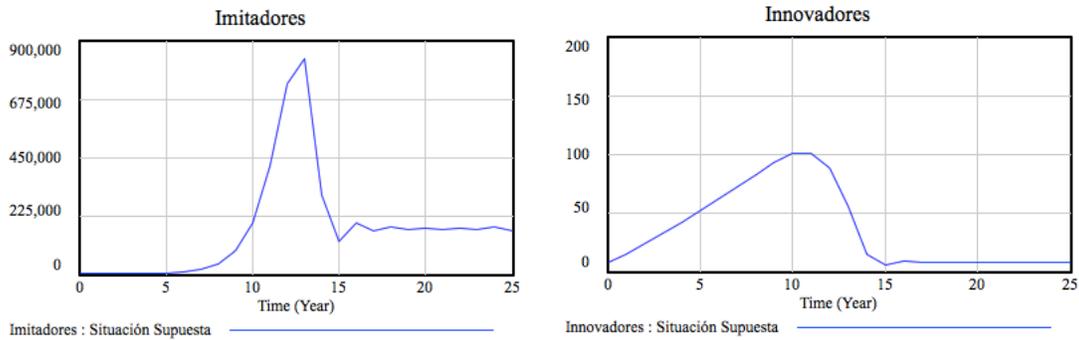
Compradores : Situación Supuesta



Factores externos : Situación Supuesta



Porcentaje de vehículos eléctricos en Colombia : Situación Supuesta

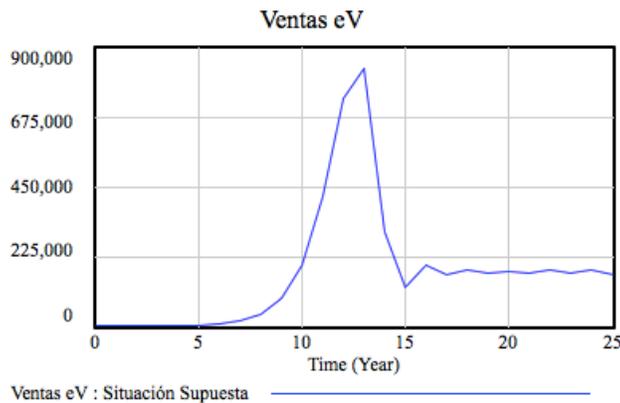


Fuente: Análisis del autor en Vensim

Simular a 15 y 25 años, brinda un panorama mucho más amplio sobre el comportamiento del sistema de mercado de vehículos eléctricos con el pasar de los años. Como se pensaba con base a la simulación de 10 años, entre el año 8 y 9, las ventas se disparan, hecho que lleva a que el porcentaje de vehículos eléctricos en Colombia para el año 2042 sea de cerca al 50%, un número para nada despreciable, claro siguiendo las suposiciones planteadas y no los parámetros actuales del mercado.

Si se observan las simulaciones hay dos puntos interesantes de analizar: Luego de los 10 primeros años, los compradores potenciales comienzas a disminuir, a la par de los innovadores. Este hecho genera que los compradores se estanquen luego del año 12 en alrededor de 2.5 millones. A partir del año 15, los innovadores son prácticamente 0 al igual que los compradores potenciales, pero los imitadores se establecen en valor “perpetuo” de 170.000. A razón de ello, el aumento de adoptante (compradores) comienza a aumentar, pero no de manera vertiginosa como entre el año 8 y 15, sino de manera lineal, a razón de 170.000 compradores anuales.

La explicación para este comportamiento es la siguiente: Durante los primeros años, cuando el número de adoptante es menor a los compradores potenciales, estos se van acumulando, es decir, fueron compradores de vehículos, pero no vehículos eléctricos, por lo cual siguen siendo compradores potenciales de eléctricos en el futuro, y de esta manera la gráfica crece hasta cerca de los 1.7 millones. Pero entonces, ¿por qué estos caen hasta 0 luego del año 15? Para ello es necesario observar el comportamiento de las ventas anuales de vehículos eléctricos.



Fuente: Análisis del autor en Vensim

En la gráfica es claro que entre el año 8 y el 12, las ventas aumentan estrepitosamente, esto se debe a que aquellos potenciales compradores que no compraron eléctricos comienzan a convertirse en

imitadores y a adquirir un eléctrico, por lo cual entre el año 8 y 15 se tiene el pico de ventas. Finalmente, se puede observar en la gráfica que las ventas luego del año 15 se establecen en alrededor de 170.000. Para ponerlo en palabras coloquiales, durante el período entre el año 8 y 15, los usuarios se desatrasan tecnológicamente y se cubre a los relegados tecnológicamente. Luego del año 15, todas las 170.000 compras anuales son vehículos eléctricos, por lo cual ya no hay compradores potenciales anuales, ya que todos pasan a ser adoptantes, y por ende, tanto el porcentaje de vehículos en el país, como los compradores comienza a aumentar linealmente.

Finalmente, es importante analizar la gráfica de factor externo. Se puede observar que esta aumenta con el tiempo, desde un valor inicial de 0.6 aproximadamente hasta 1.5. Esto quiere decir que los factores externos pasaron de afectar negativamente el modelo (valor menor a 1) a incentivar las ventas (factor mayor a 1). Vale la pena en este momento, que la variación en cada uno de los factores externos se puede observar en el Anexo iii.

Las conclusiones con base a estas simulaciones son las siguientes:

- A partir del 2042, todas las ventas de vehículos nuevos particulares serán de vehículos eléctricos.
- El mercado despega hasta el año 2025.
- Luego del año 14, el modelo ya no tiene innovadores, todo aquel que compre un vehículo eléctrico será un imitador (característica cultural colombiana).
- Nuevamente se concluye que el número de innovadores es muy pequeño, y el mercado solo despega a raíz del alto coeficiente de imitación.
- Hacia el año 2090, todo el parque automotor debería ser eléctrico.
- Si se quiere disminuir el tiempo de despegue del mercado debe incrementarse el número de innovadores.
- Los factores externos tienen un alto peso en la decisión de los colombianos, aumentar rápidamente este factor, facilitaría la disminución del tiempo de adopción de la tecnología.
- Con las variaciones planteadas en el factor externo, el número de adoptantes es mayor por 56454 millones, a los adoptantes si los factores externos no se mejoran (“seguir como vamos”).

El objetivo de este trabajo de grado es observar qué factores externos afectan la difusión tecnológica de vehículos eléctricos en el país. Este factor externo tiene la capacidad de tanto afectar el número de innovadores como el de imitadores. Con base a la evaluación de estos factores, es posible brindar un cambio de estrategia, a la actual de los vehículos eléctricos (gobierno, sector privado y usuarios) para hacer del aumento del factor externo, un aumento más prominente y veloz, y por ende disminuir el tiempo de adopción de la tecnología. Plantear esta estrategia es el tercer objetivo de este trabajo.

Con este fin en mente, se realizó una tercera simulación que permita entender cómo la variación de cada uno de los factores afecta el resultado final, es decir, una comparación de impacto de los adoptante a la variación de cada uno de los factores, manteniendo el resto constantes. Esto permite encaminar la estrategia por la vía correcta, por ejemplo, si el precio es más importante que la infraestructura, entonces la estrategia debe concentrar su foco más en la disminución del precio, que en el aumento de la infraestructura.

Una primera aproximación a entender el peso de cada uno de los factores fue la matriz de priorización, pero poder ver la variación de los resultados en el modelo con base a la variación de los factores, puede

reafirmar lo dicho por la matriz de priorización o brindar un enfoque diferente para la estrategia que se propondrá.

3.2.3. Simulación de comparación de impacto factores

Para poder hacer una comparación de impacto apropiada de los factores, se deben realizar variaciones en ellos de la misma proporción y observar como esta variación afecta el resultado final, el número de compradores (adoptantes). Sin embargo, la dificultad yace en la variación de los factores, al tener tan diferentes funciones y rango de valores.

Para poder realizar el análisis de sensibilidad se variaron de la siguiente manera los factores:

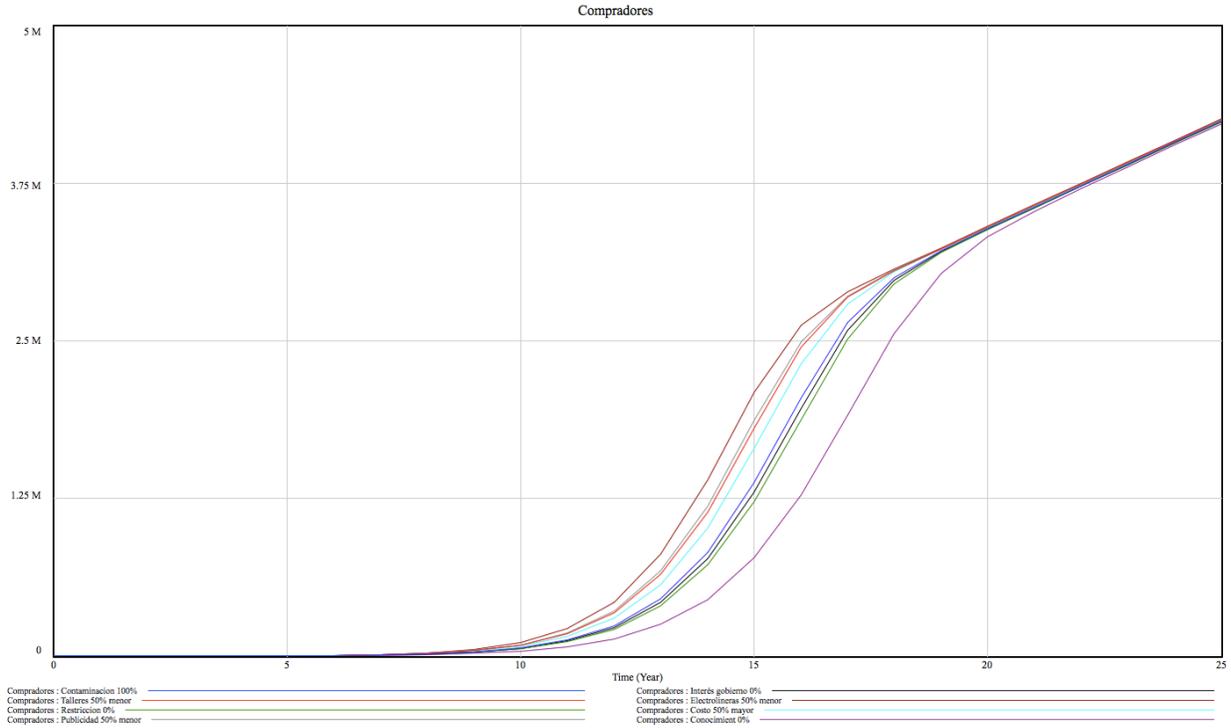
- Se realizaron cinco variaciones de valor por factor, y se simuló por 25 años para cada factor, dejando el valor constante inicial para el resto de factores.
- Los factores que tienen un rango entre 0 y 1 (interés del Gobierno, conocimiento, restricción del vehículo a combustión y factor ambiental), se simularon con los siguientes valores:
 1. 0
 2. 0.25
 3. 0.5
 4. 0.75
 5. 1
- En cuanto a los factores que tienen cifras como tal (se variaron las cifras correspondientes a los vehículos eléctricos de los factores: costo, inversión en publicidad, electrolinerías y talleres especializados) las variaciones de valores fueron las siguientes:
 1. Valor 50% menor al del vehículo a combustión
 2. Valor 25% menor al del vehículo a combustión
 3. Valor igual al del vehículo a combustión
 4. Valor 25% mayor al del vehículo a combustión
 5. Valor 50% mayor al del vehículo a combustión

Finalmente, lo que se realizó fue la comparación entre las variaciones 1,2,3,4 y 5. Siendo 1 la peor situación para los vehículos eléctricos y 5 la mejor. Teniendo en cuenta las dos siguientes aclaraciones:

- La mejor situación para los vehículos eléctricos es cuando el factor ambiental es 1, por eso para la comparación, los valores del factor ambiental van en sentido decreciente.
- La mejor situación para los vehículos eléctricos en cuanto al costo es que este sea lo menor posible con respecto al de los vehículos a combustión. Por esa situación este factor se compara inversamente con respecto a los demás también (al igual que el ambiental), teniendo en cuenta para la situación 1 el valor de 50% mayor.

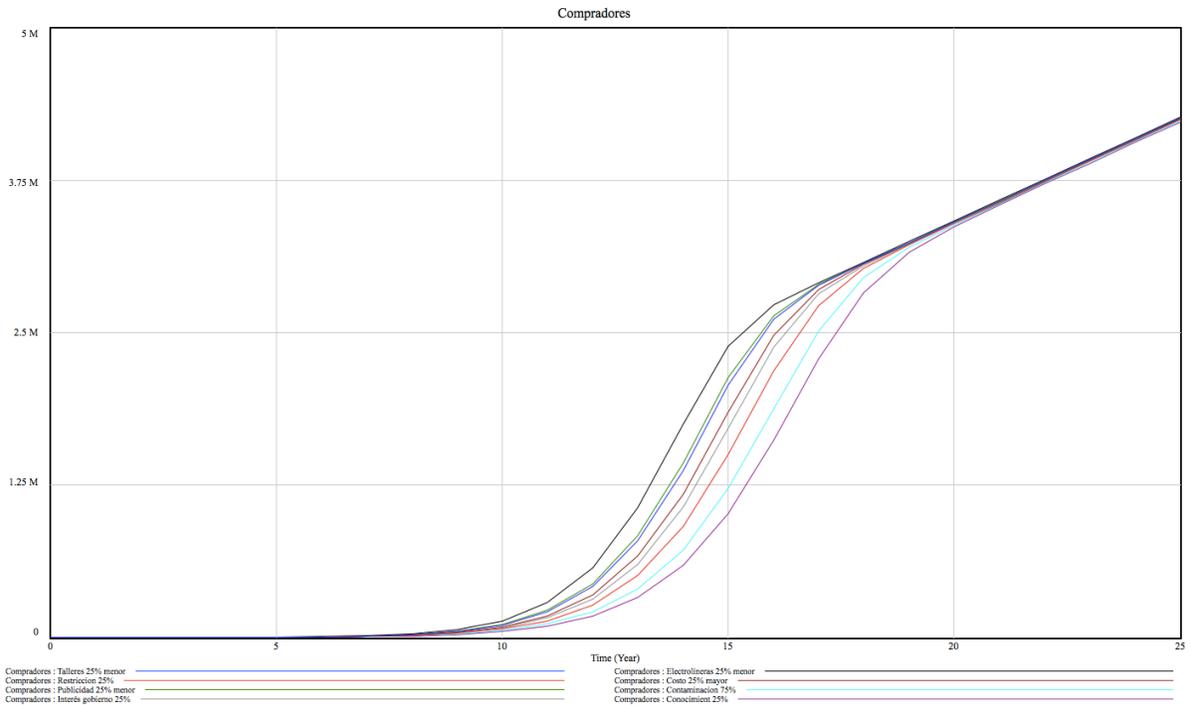
De esta manera, las siguientes gráficas ilustran el comportamiento del número de compradores con respecto a la variación de cada uno de los factores en un periodo de 25 años a partir del 2017.

Gráfico 6. Comparación variación 1



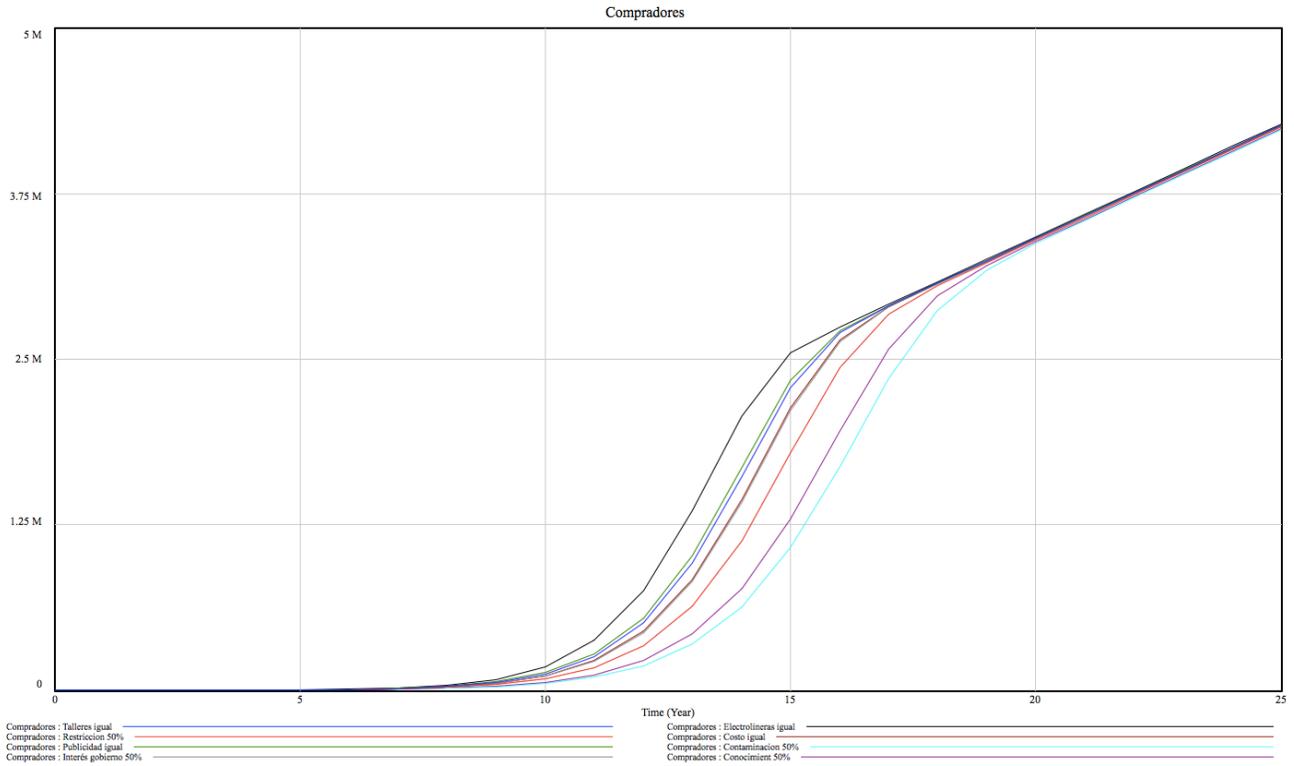
Fuente: Simulación del autor

Gráfico 7. Comparación variación 2



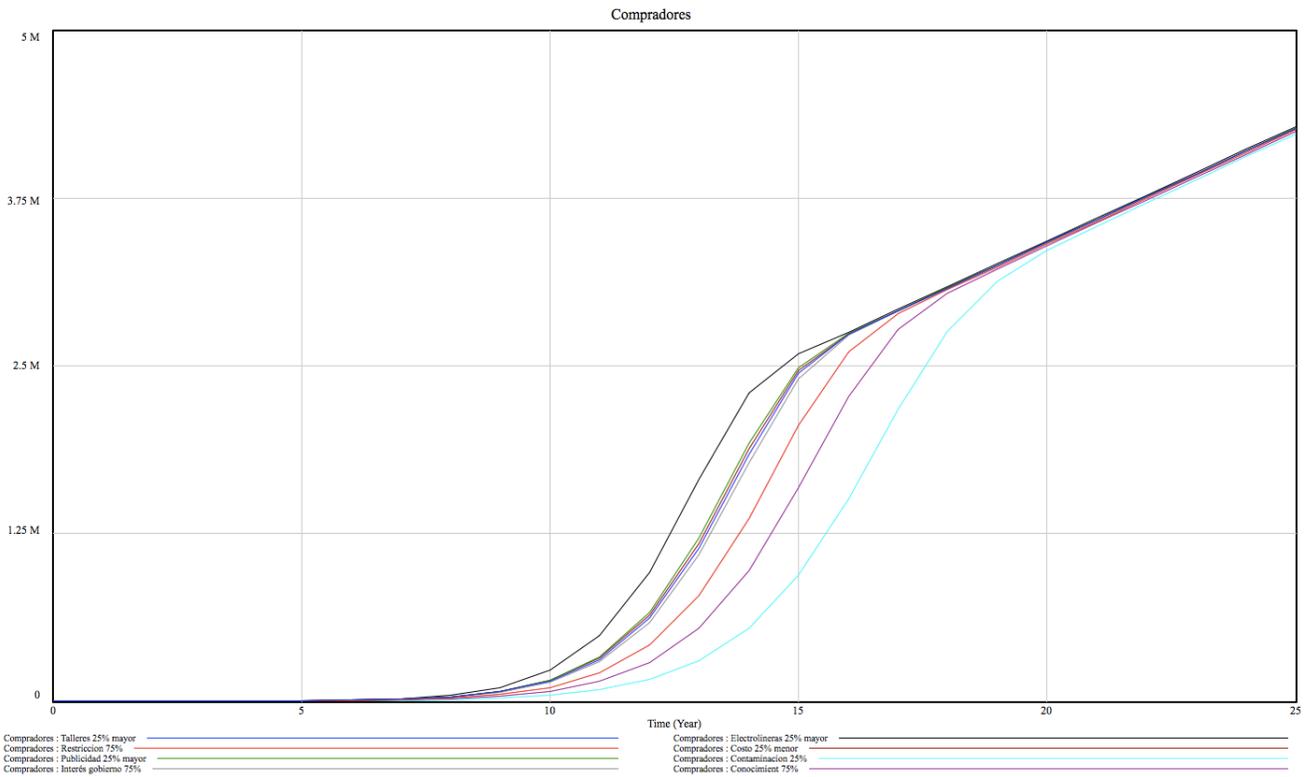
Fuente: Simulación del autor

Gráfico 8. Comparación variación 3



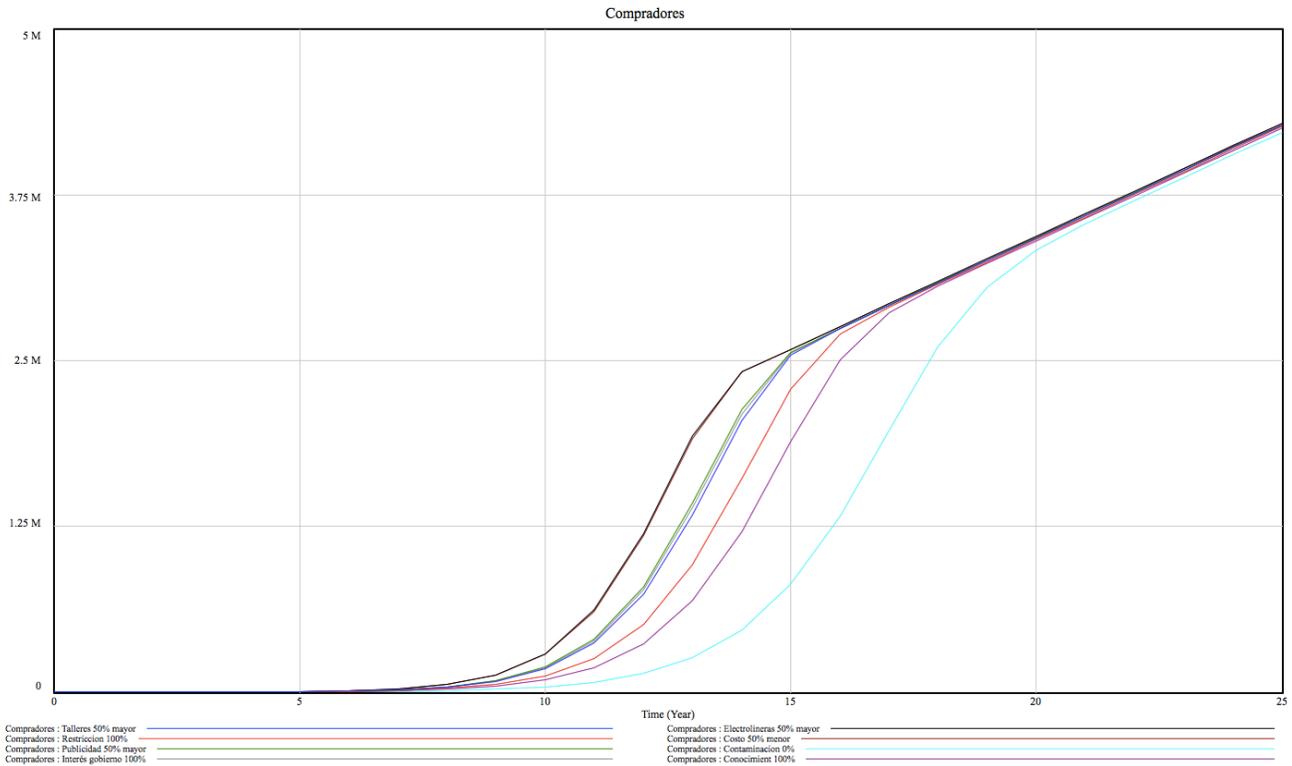
Fuente: Simulación del autor

Gráfico 9. Comparación variación 4



Fuente: Simulación del autor

Gráfico 10. Comparación variación 5



Fuente: Simulación del autor

Las anteriores gráficas indican, en qué situación (ante la variación de cuál factor), el tiempo de adopción de la tecnología es menor. Observando los resultados es claro que el factor más importante en cada una de las variaciones es el factor infraestructura (estaciones de carga y lo que conlleva a su instalación) y el factor menos relevante es el factor ambiental. De la matriz de priorización conocíamos que el factor ambiental era el menos relevante, pero el interés del Gobierno era el más importante contrario a la situación simulada. De acuerdo con las gráficas y haciendo una ponderación del orden de los factores en cada una de ellas, el orden de importancia de los factores es el siguiente:

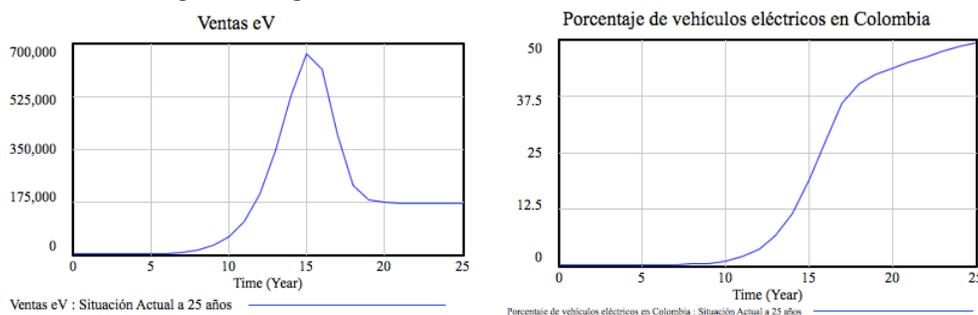
1. Estaciones de carga
2. Publicidad
3. Costo de adquisición
4. Talleres especializados
5. Interés del Gobierno
6. Restricción del vehículo a combustión
7. Factor Ambiental
8. Conocimiento

De este resultado, lo que más sorprende es que el interés del Gobierno ya no es tan relativamente importante, y es superado por los talleres, por la publicidad y por el costo. La explicación que se puede dar a esta situación es que la razón entre la diferencia con los vehículos a combustión es mucho mayor en cuanto a publicidad, talleres y costo, que, y el interés es una variable más independiente, por esta razón y de acuerdo a la matriz de priorización, el interés del Gobierno es una variable igualmente muy importante.

Cómo conclusión a esta simulación se puede indicar que es vital plantear un cambio de rumbo que se enfoque en tener una infraestructura preparada para el aumento de vehículo, en donde el Gobierno juega un papel vital e incentivar al sector privado para que aumente la publicidad y el servicio a los vehículos eléctricos, disminuyendo su costo de adquisición, con el fin de aumentar el conocimiento y el interés de los usuarios. Sin dejar atrás, que restringir el vehículo a combustión, es un factor clave en la toma de decisión de compra de vehículos eléctricos. En el siguiente capítulo se profundizará en la construcción de esta estrategia, desde el punto de vista gubernamental, privado y del usuario, bosquejando una hoja de ruta para acelerar la adopción de esta nueva tecnología.

4. CAPÍTULO 4. DEFINICIÓN DE ESTRATEGIA PARA ACELERAR EL PROCESO DE ADOPCIÓN DE VEHÍCULO ELÉCTRICOS

De acuerdo con los resultados de la simulación, el tiempo de adopción de la tecnología es de un poco más de 8 años, eso sí, si los factores externos evolucionan tal y como se plantea en las suposiciones iniciales plasmadas en el modelo. Pero, si no se hiciera nada, el tiempo de adopción de la tecnología puede que sea de 12 años (se alcanzan las 170.000 unidades vendidas anualmente), cuatro años más a la situación supuesta de acuerdo con la simulación de las condiciones actuales a 25 años, aunque sin embargo al 2042 el porcentaje de vehículo eléctricos en el país llegaría también a alrededor del 50%, como se puede ver en las siguientes gráficas.



Fuente: Análisis del autor en Vensim

Ahora bien, ¿cuál debe ser la estrategia por seguir para que la realidad sea más la del escenario supuesto que la del escenario actual? Incluso se puede pensar en una estrategia más agresiva que reduzca el tiempo de adopción de 8 años a un tiempo mucho más inmediato, sin demeritar que hablar de un porcentaje del 50% a 2042, es una meta para nada despreciable.

Para formular una estrategia apropiada, es primero necesario entender qué se está haciendo actualmente para solventar la problemática o más particularmente, cuál es la situación actual de los factores identificados y cómo deben estos cambiar en el tiempo con el fin de acelerar la adopción de la tecnología. La metodología utilizada para estudiar este cambio de estrategia y formulación de una mejora fue la Matriz de Cambio.

La Matriz de Cambio es una de las mejores herramientas para estudiar cambios de estrategia, a través de la cual es posible evaluar la situación actual y compararla con los cambios de estrategia propuestos. El resultado arrojado por la matriz permite determinar qué tan fácil o complicada será la adaptación al cambio. Estos resultados permiten ir modelando la estrategia, con el objetivo de finalmente arrojar una

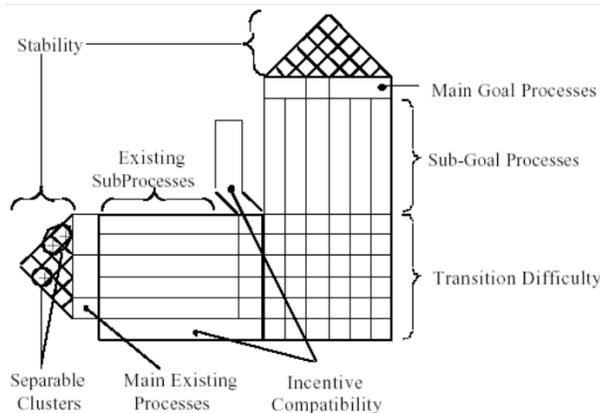
estrategia de mucha más fácil adopción y alto impacto, sin tener que hacer transformaciones traumáticas en el proceso.

De acuerdo con lo propuesto inicialmente, y a lo evidenciado a lo largo del trabajo, las dos partes que más tienen relevancia en el proceso de adopción de la tecnología son el Gobierno y el sector privado, incluyendo en el Gobierno todo el conglomerado de empresas públicas en el país. Los principales factores como son el interés político, el costo, la infraestructura y publicidad, dependen de estas dos partes. Una tercera parte involucrada en el proceso son los usuarios, quienes evidentemente son quienes determinan si el proceso es exitoso o no, comprando o no vehículos eléctricos. En ese orden de ideas, se realizó el análisis de matriz de cambio para cada una de estas tres partes, con el fin de plantear cuál debe ser el cambio de estrategia y la hoja de ruta desde el sector público, desde el sector privado y desde el colectivo de los consumidores, que permite disminuir el tiempo de adopción de la tecnología.

4.1. Matrices de Cambio

Como se mencionaba anteriormente, es claro que para que los vehículos eléctricos tengan un futuro en el país, debe haber un cambio de estrategia, especialmente en los factores identificados. Tanto Gobierno, como empresas y usuarios, tienen la responsabilidad de hacer que la adopción de estos vehículos se dé más rápidamente. El primer paso es entender qué está haciendo cada una de las partes en pro o en contra de cada uno de los factores, y con base a ello y a los resultados de la simulación, indicar dónde debe estar el enfoque del cambio de estrategia, para plantear una matriz de cambio por cada sector. La Matriz de Cambio tiene el siguiente aspecto:

Modelo 3. Matriz de Cambio



Fuente: (Erik Brynjolfsson, 2018)

De esta manera, se puede medir la estabilidad de los sistemas tanto el actual como el propuesto, y la dificultad de la transición entre ellos. A continuación, se realiza el análisis de matriz de cambio para cada uno de los sectores.

4.1.1. Matriz de Cambio Sector Gobierno

El Gobierno y las empresas públicas son sin duda el principal actor en el proceso, no solo porque son quienes tienen la capacidad de tomar decisiones y plantear soluciones nivel regional y nacional, sino también porque sus decisiones influyen, de manera positiva o negativa, el actuar de las demás partes.

De igual manera, muchos de los aspectos que impactan el proceso de difusión de la tecnología tienen como gestor principal al Estado, como son la legislación o los incentivos, y muchos otros los realiza el Estado a través de sus empresas públicas, como es el avance en infraestructura y la generación de energía.

En ese orden de ideas, lo primero es tener claro qué está haciendo el sector público respecto a cada uno de los factores identificados. De esta forma es posible plantear en la matriz cuál debe ser el cambio por realizar con respecto a cada factor. De esta manera, el papel del sector Gobierno en cada uno de los factores actualmente es:

- Estaciones de carga

Actualmente, la instalación y mantenimiento de las pocas estaciones de carga existentes está a cargo de las empresas públicas distritales, CODENSA en el caso de Bogotá y EPM en Medellín. Y son las empresas mismas quienes plantean los proyectos de aumento o instalación de estaciones públicas, con intervención de los Distritos. El Estado no hace presencia en estos proyectos, e incluso como se pudo evidenciar en la entrevista con los taxistas de eléctricos, muchos de los funcionarios públicos, tanto distritales como estatales no tienen conocimiento de la tecnología.

A parte de lo ideado por la alcaldía de Medellín y EPM, para inaugurar 15 estaciones de carga y traer 500 taxis eléctricos (BENAVIDES, 2017), y la posible alianza entre CODENSA y Terpel (TERPEL, 2016) para instalar estaciones de carga en las estaciones de servicio de la empresa, no se ven a la luz pública proyectos a gran escala para aumentar el número de estaciones públicas de carga en el país.

- Interés

Lo dicho por los taxistas eléctricos y reafirmado por el representante Hoyos, el interés del Gobierno en la difusión de los vehículos eléctricos es prácticamente nulo, inexistente. No hay un real interés del Gobierno en los proyectos de transformación tecnológica en el sector automotriz. Y como bien decía el representante Hoyos, las problemáticas ambientales y soluciones como son los vehículos eléctricos ni siquiera están en el “Top 20” de las prioridades del Gobierno.

- Publicidad

Aunque el sector público no tiene injerencia directa en la publicidad que realizan las marcas de vehículos, si puede hacer mucho en cuanto a publicitar la tecnología, sin necesidad de hacer referencia a una marca en particular. Actualmente esto no ocurre, el Gobierno no hace ningún tipo de anuncio o de alarde de estas nuevas tecnologías.

Un ejemplo claro de lo que podría hacer el Gobierno o Distrito y que actualmente no hace, es dar a conocer lo que actualmente existe en cuanto a tecnología eléctrica en el país. Para no ir muy lejos, los taxistas comentaban que, durante el día sin carro, a pesar de que ellos son una iniciativa distrital, no hubo ningún tipo de anuncio o de promoción que diera a conocer a los usuarios del servicio que prestan estos vehículos. La falta de este tipo de publicidad conlleva a que la mayoría de la población ni siquiera conozca que el servicio existe, y por eso llevan casi 4 años prácticamente en el anonimato.

- Talleres y Servicio

En cuanto a los talleres especializados, actualmente son las marcas como tal las que prestan el servicio de acuerdo con la entrevista con usuarios de vehículos eléctricos, externamente aún no hay servicio y tiene sentido si se tiene en cuenta que no hay una demanda alta ante la poca cantidad de vehículos eléctricos en el país. Entonces, en síntesis, el sector público en la actualidad no tiene injerencia en la apertura de centros de servicio para vehículos eléctricos.

- Costo de adquisición

En donde el Gobierno si tiene injerencia actualmente es sobre el costo final de adquisición de los vehículos eléctricos. El costo final al público de un vehículo importado tiene tres componentes principales: el precio de importación, los aranceles de importación y el impuesto de venta. El primer componente depende netamente de la marca, mientras el segundo y el tercero depende del Estado.

Actualmente, el Gobierno está brindando el incentivo de cero aranceles de importación a los primeros 1500 vehículos eléctricos importados al país y una reducción del 15% en el impuesto de venta (IVA) (DIAN, 2017). De cierta manera, el Gobierno hace bien en esto y motiva a los usuarios a aprovechar estos beneficios, pero falta publicidad de estas ventajas que actualmente se dan.

- Restricción vehículo a combustión

Hoy en día en las principales ciudades del país, existe el denominado “Pico y Placa”. El cual es una restricción de circulación a los vehículos de alrededor 2 días a la semana por periodos separados de 4 horas (caso particular de Bogotá), con el fin de disminuir la congestión de tráfico en las horas pico. El pico y placa aplica no solo para vehículos particulares, sino también para vehículos de servicio público como los taxis, además del pico y placa ambiental que aplica para los vehículos de carga.

Actualmente este es el único tipo de restricción para vehículos a combustión, no hay ningún tipo de restricción legal o económico para esta tecnología.

- Conocimiento

Conocer acerca del producto que se va adquirir es primordial a la hora de toma de decisiones de los consumidores, y si éstos no conocen al respecto, y más aún en algo tan costoso como un vehículo, la decisión siempre será fácil, comprar lo que se conoce. Actualmente, el desconocimiento sobre la tecnología asciende a casi el 50% de la población de acuerdo con la encuesta realizada, y esto impide que las ventas mejoren. Aunque no es responsabilidad del Estado dar a conocer productos de particulares, si tiene una responsabilidad social de dar a conocer a los colombianos las nuevas tecnologías de movilidad que llegan al país, lo cual no se está haciendo.

- Factor ambiental

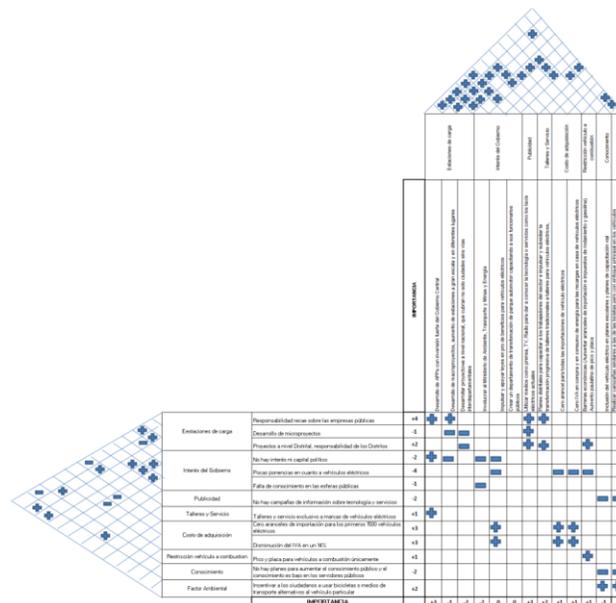
Al igual que los medios alternativos de transporte, los problemas ambientales no se encuentran entre las prioridades del Gobierno, y por tanto tampoco hay planes fuertes en cuanto a la

contaminación del aire en las ciudades, en especial, incentivando a los ciudadanos a tener una conciencia ambiental. Existen iniciativas como los días sin carro, en los que se busca disminuir la contaminación de las ciudades. Pero al hablar del factor ambiental, se hace énfasis en este trabajo en crear conciencia en los usuarios de cuidar el aire de las ciudades. Lo más cercano a esto que hacen los Distritos es incentivar el uso de medio alternativos como bicicletas o transporte público.

En ese orden de ideas, el Gobierno sí induce a los ciudadanos a ser responsables ambientalmente. Pero podría aumentar el impulso de éste a que la conciencia, en particular en el uso del vehículo particular, aumente y con esto incentivar la compra de vehículos eléctricos.

Ya habiendo definido el papel actual del sector público en cada uno de los factores identificados, es posible plantear cuál debe ser el cambio de comportamiento con respecto a cada uno de ellos. A continuación, se indica en la matriz de cambio, cuáles son los cambios sugeridos para cada uno de los factores, y se verificará la validez y dificultad de aplicación del cambio de estrategia planteado.

Diagrama 4. Matriz de Cambio Sector Gobierno



Fuente: Construcción y análisis del autor

En la anterior matriz se puede observar Horizontalmente la situación actual de cada uno de los factores, y Verticalmente las soluciones propuestas. Los triángulos sobre cada uno de los factores representan la estabilidad del sistema, entre más positivo mucho mejor, eso quiere decir que el sistema se comportará de manera estable (más +). Los (+) representan prácticas que fortalecen el sistema, y los (-) representan interferencias que dificultan con el buen desarrollo de las prácticas, por eso se habla de estabilidad. De igual manera ocurre con el centro de la matriz, donde los (+) representan prácticas que favorecen o fortalecen el cambio y los (-) representan práctica que interfieren negativamente con el cambio. Finalmente se realiza una suma de (+) y (-), tanto horizontal como verticalmente, esto indicará el grado de dificultad de cambio de cada uno de los factores.

Teniendo lo anterior en cuenta, se puede ahora analizar el resultado de la matriz con respecto al cambio de estrategia en cada uno de los factores:

- Estaciones de carga

De acuerdo con los resultados de la matriz, hay cosas que se están haciendo bien, como el involucrar a las empresas públicas en el proceso (valores positivos en las prácticas actuales). Pero tener planes distritales, limita el alcance de los proyectos en el país, los cuales deben enfocarse más en planes de capacitación y aprendizaje de talleres y usuarios. La clave para acelerar el proceso de las estaciones está en forjar Asociaciones Público-Privadas, para que estas inviertan en la masificación de las estaciones de carga. Este cambio no parece ser muy complicado, por el puntaje de +3 de la nueva práctica, sin embargo, el meollo del problema parece estar en desarrollar proyectos a nivel nacional, por el enfoque distrital actual, el cual debe cambiar.

- Interés del Gobierno

Es evidente que la falta de capital político, de conocimiento por parte de los funcionarios públicos y la falta de ponencias, generan que los procesos en la esfera pública no avancen de la manera apropiada. Esta falta de interés dificulta el llevar a cabo macroyectos a nivel nacional y al nacimiento de nuevas leyes y reglamentación en pro de los vehículos eléctricos, esta es la razón de valores negativos de las prácticas nuevas especificadas.

- Publicidad

En cuanto a publicidad, el cambio propuesto es uno de los más positivos y de los de mejor adaptabilidad (+3), comparado al (-2) inicial de la práctica actual. En ese orden de ideas, usar prensa, radio y TV, para publicitar la nueva tecnología eléctrica es un camino no solo para dar a conocer de manera masiva el producto, sino de crear conocimiento en los compradores potenciales.

- Talleres y Servicio

Los talleres de las marcas actuales son útiles en el cambio, ya que sus funcionarios o las mismas marcas pueden aportar conocimiento y capacitaciones en pro de la transformación de los trabajadores de los talleres no certificados, en pro de tener a disposición del cliente una red más amplia de servicio para los vehículos eléctricos.

- Costo de adquisición

Como se mencionaba anteriormente, las políticas actuales del Gobierno en cuanto a los aranceles y los impuestos de venta son muy buenas y van por buen camino, pero son susceptible de mejora como todo. Lo ideal es buscar que, mediante los alivios otorgados por el Gobierno, el precio neto de los vehículos eléctricos disminuya y ser asimile más al de los vehículos a combustión. La única dificultad es que, ante la falta de capital político, y por ende, de ponencias de ley en este sentido, mejorar estas condiciones no se ve tan posibles a futuro, pero es necesario.

- Restricción vehículo a combustión

Es necesario seguir restringiendo la presencia de vehículos a combustión rodando por las calles del país. Es claro, que la fuerza política en este sentido es una barrera al cambio. Hay que

buscar alternativas distritales como el pico y placa, para restringir poco a poco los vehículos a combustión, y que los usuarios vean en el vehículo eléctrico, una mejor posibilidad en cuanto a horas de uso a la semana con respecto a los vehículos a combustión.

- Conocimiento y factor ambiental

La propuesta para estos dos factores es incluir el vehículo eléctrico como parte de las campañas actuales para el cuidado del medio ambiente mediante el uso de medios de transportes alternativos. En la mayoría de ciudades del país, en especial en Bogotá, por intención del Distrito, las campañas en pro del medio ambiente y de la sana movilidad están enfocadas al uso de la bicicleta como medio de transporte limpio y rápido. La propuesta, es incluir a los vehículos eléctricos, como primera medida, en estas campañas, con el fin de crear conciencia entre los usuarios de lo que representa esta tecnología con respecto a los problemas ambientales.

4.1.2. Matriz de Cambio Sector Privado

La segunda parte con mayor responsabilidad en el proceso es sin duda el sector privado, quien es quien determina factores tales como el servicio, el costo como tal del vehículo y la inversión que se realiza en publicidad. En ese orden de ideas, el papel del sector privado (marca o empresas de vehículos) en el mercado del vehículo eléctrico actualmente con respecto a cada uno de los factores es el siguiente:

- Estaciones de carga

Actualmente las empresas no tienen incumbencia en la apertura e instalación de estaciones públicas de carga, es una decisión e inversión del sector público. Las marcas como tal (como es el caso de Renault con el Twizy) (Renault, 2018) ofrecen el cargador para poder cargar los vehículos en la propia casa de los propietarios.

Actualmente se está construyendo una alianza entre TERPEL y CODENSA (TERPEL, 2016) con el fin de colocar puntos de recarga en las estaciones de servicio de la marca, sin embargo, aún no se ha dicho algo concreto al respecto.

- Interés del Gobierno

Hoy en día, el sector privado no interviene ni ejerce presión sobre el sector público para impulsar medidas gubernamentales sobre el uso de vehículos eléctricos.

- Publicidad

Es tan pequeño el alcance de mercado que actualmente tienen los vehículos eléctricos que no son claras las cifras ni es muy evidente la publicidad que hacen las marcas acerca de estos vehículos. Basándose en los resultados de la encuesta realizada, la percepción de los consumidores apunta a que solo dos marcas destacan publicitariamente sus vehículos eléctricos; Renault y BMW. De resto, los encuestados no conocen con certeza una tercera marca, lo que habla muy mal de la publicidad que estas hacen.

Renault y BMW aprovechan la realización de vitrinas o ferias de vehículos para exhibir estos vehículos, y muchas de la publicidad que se realiza es publicidad indirecta, como por ejemplo colocar al Renault Twizy como premio por alguna lotería.

Por otro lado, los medios de televisión, radio y prensa están inundados con publicidad de vehículos a combustión, lo que acentúa aún más la diferencia entre los dos tipos de vehículos. Y es claro que el principal responsable de hacer publicidad a estos tipos de vehículos son los propios comercializadores.

- Talleres y Servicio

Tal como comentaba el señor Rubén Vargas, durante la entrevista con los taxistas eléctricos, el servicio, repuesto y talleres (de la parte eléctrica del vehículo) está únicamente manejado por las marcas y los concesionarios como tal. Para la parte mecánica (suspensión, frenos, dirección), el sistema sigue siendo el mismo que el de los vehículos a combustión, por lo cual puede ser revisado por cualquiera de los talleres actuales. Sin embargo, el inconveniente radica en la calidad del servicio y en las garantías que muchas veces no se sostienen por no haber sido los vehículos atendidos en lugares certificados.

- Costo de adquisición

Como se mencionaba en el análisis de matriz de cambio para el sector Gobierno, el costo de adquisición de un vehículo importado tiene tres componentes, de los cuales el Gobierno se encarga de dos. El tercer componente es el costo de venta bruto del vehículo; el precio que coloca la marca por el producto.

Actualmente, los vehículos eléctricos, no únicamente en el caso de Colombia, tienen precios más elevados que los vehículos a combustión, en especial por el costo de las baterías, el cual eleva el precio neto del producto. Entonces está en manos de las marcas disminuir los costos de fabricación y por ende el precio de venta.

De igual manera, es claro que la percepción de valor del producto depende del tipo de vehículo que se está adquiriendo. Y ese es otro punto de la problemática del costo de adquisición; actualmente el catálogo de vehículos eléctricos que comercializan las marcas en el país es bastante reducido, muy pocos modelos y muy poca variedad, pero precios altos, esto no gusta al consumidor. Un ejemplo claro es el Renault Twizy (Renault, 2018), el cual tiene un precio de alrededor cuarenta y cinco millones de pesos, pero es prácticamente una motocicleta que no tiene ni siquiera vidrio en sus ventanas. El consumidor puede adquirir un sedán Volkswagen de lujo por el mismo monto de dinero (Volkswagen, 2018). Entonces, el problema no es solo de precio, sino también del tipo de vehículo que se está ofreciendo.

- Restricción de vehículo a combustión

En cuanto a la restricción de uso o venta de vehículos de combustión, los comercializadores no tienen injerencia en la restricción a estos tipos de vehículos, ya que estas son decisiones netamente distritales o gubernamentales.

- Conocimiento

Como se ha mencionado en algunas ocasiones, el conocimiento es una variable primordial en el proceso de toma de decisiones por parte de los consumidores. Sin embargo, en la actualidad, y como lo mencionaban los entrevistados propietarios de vehículos a combustión, el conocimiento acerca de esta tecnología es limitado, entonces surge la pregunta quién es el principal responsable por enseñar al consumidor final acerca de la tecnología. Y la respuesta es claro, el vendedor del producto.

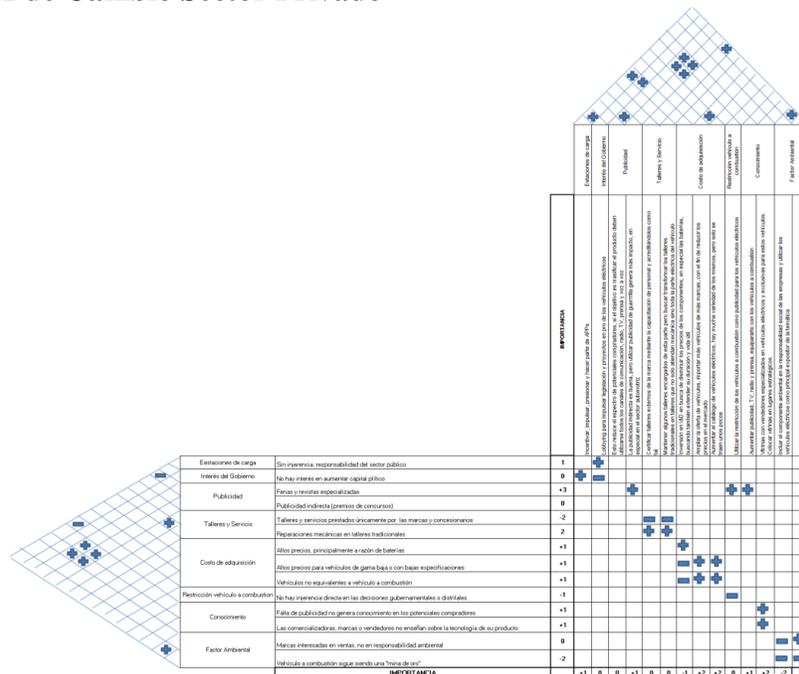
Y esto es lo que no están haciendo las marcas, la poca publicidad limita la transferencia de conocimiento hacia el consumidor final, quien finalmente se ilustra mediante lo que las marcas muestran y enseñar de sus productos. De esta manera este factor está directamente relacionado con la publicidad de las marcas, ya que es responsabilidad del vendedor enseñar sobre su producto a sus potenciales compradores, pero esto no está pasando.

- Factor Ambiental

Si la publicidad es reducida para los vehículos eléctricos, es más aún reducido el enfoque ambiental que dan las marcas. Es claro que, si las marcas venden vehículos, sin importar de qué tipo, la rentabilidad irá en aumento, por ende, no es factor que interese mucho a la hora de pautar o inducir al cliente a comprar un vehículo. Actualmente, las marcas no explican al cliente las ventajas ambientales de los vehículos eléctricos o inducen al comprador a preferir el eléctrico sobre un vehículo a combustión.

Con base al análisis anterior, en la siguiente matriz de cambio se pueden identificar los cambios en estrategia sugeridos para cada uno de los factores y el impacto en el proceso con el fin de determinar qué tan sencillo será llevar a cabo este cambio en el comportamiento estratégico del sector privado.

Diagrama 5. Matriz de Cambio Sector Privado



Fuente: Construcción y análisis del autor

Ya habiendo explicado cómo se entienden los resultados de la matriz de cambio, se puede decir que tanto las prácticas actuales como las propuestas hacen parte de sistemas estables, siendo el propuesto más estable. A continuación, se procede a hacer el análisis del resultado para cada uno de los factores estudiados:

- Estaciones de carga

Basándose en los resultados de la matriz, incluir a las marcas o privados en el proceso de masificación de estaciones de carga, es un cambio muy positivo y cuya dificultad de adaptabilidad es mínima, por lo cual hace que los privados participen en el proceso, es sin duda el camino a aumentar el número de estaciones.

- Interés del Gobierno

Hacer *lobbying* es la manera en que los privados pueden influenciar en las esferas políticas y buscar tener más apoyo para desarrollar proyectos en pro de los vehículos eléctricos. Sin duda, contar con el aval del estado favorece que tanto Gobierno como privados trabajen de la mano, en este caso en el aumento de masificación de las estaciones de carga. El (+) de esta práctica en la matriz indica lo importante que es este cambio en pro del desarrollo de las alianzas.

- Publicidad

En cuanto a publicidad, seguir utilizando medios especializados y ferias automotrices es muy útil como base a expandir la publicidad a otros medios como TV, radio y prensa. En ese orden de ideas, lo que necesitan las marcas es utilizar de manera masiva estos medios para llegar a un mayor número de potenciales compradores.

- Talleres y Servicios

El hecho de que actualmente el servicio sea brindado por las marcas y concesionarios, da cabida a que estos mismo utilicen esta capacidad en pro de la certificación de más lugares como actos para el servicio de vehículos eléctricos, incluso certificando aquellos que se dediquen solo a resolver problemas mecánicos y no del sistema eléctrico en general.

- Costo de adquisición

La parte más costosa de un vehículo eléctrico son las baterías, y también son la más problemática al ser la causante de limitar la autonomía de los vehículos. Aunque no es una solución que dependa como tal de las empresas del país, si depende de las marcas como tal, aumentar la inversión en Investigación y Desarrollo en pro de mejorar este aspecto de los vehículos eléctricos va a traer como consecuencia la mejora de la autonomía y la disminución del costo de venta. De igual manera, el hecho de tener variedad en el mercado y de no tener gamas similares a los vehículos de combustión, limita el número de ventas, por eso es de vital importancia que las empresas enfoquen sus esfuerzos en desarrollar batería más económica y con mayor autonomía, y en el caso particular de Colombia, importar más vehículos para disminuir el precio y traer más variedad para hacer más atractiva esta tecnología a los usuarios.

- Restricción vehículo a combustión

Los privados no tienen injerencia en este tipo de decisiones, pero eso no indica precisamente que no puedan aprovechar esta situación en pro de los vehículos eléctricos. El cambio propuesto en este sentido es de utilizar las restricciones impuestas por los distritos en pro de la publicidad de los vehículos eléctricos, resaltando este hecho como una ventaja para adquirir vehículos eléctricos como sustituto a los vehículos a combustión.

- Conocimiento

Ya se ha discutido de la importancia de la publicidad para generar conocimiento en los usuarios finales, los privados tienen falencias en este sentido. En ese orden de ideas, el cambio propuesto es invertir más en publicidad y en medios de llegar al cliente con el nuevo producto de una manera más eficiente. En este sentido, las marcas deben capacitar a sus vendedores para ofrecer los vehículos eléctricos como una alternativa interesante e incluso invertir en la apertura de vitrinas exclusivas para estos vehículos y en sectores estratégicos que ayuden a expandir el mensaje de los vehículos eléctricos.

- Factor Ambiental

Es claro que lo que realmente les interesa a las marcas y comercializadoras son los números de ventas, y mientras estos no se vean afectados por los problemas ambientales, no se esforzarán por promover la venta de vehículos eléctricos, si los de combustión cumplen con la meta económica. En ese sentido, la propuesta de cambio para los privados es hacer de los vehículos eléctricos un instrumento de responsabilidad social empresarial en pro del medio ambiente. Incluso, podrían gestarse acuerdos públicos en donde las marcas se vean beneficiadas, ya sea en impuestos o en recursos destinados a responsabilidad social empresarial, siempre y cuando sus números de ventas de vehículos eléctricos vaya en aumento. De esta manera, las marcas se verán motivadas más a vender vehículos eléctricos que vehículos de combustión.

4.1.3. Matriz de Cambio Usuarios

La tercera parte principal implicada en el proceso de masificación de los vehículos eléctricos son los usuarios como tal, que son los consumidores finales del producto para el que se busca acelerar la masificación, y quienes tienen el poder principal en el mercado, la toma de decisión de compra. Es claro, que lo que se busca mediante la intervención de tanto el sector público como el sector privado es generar mejoras en cada uno de los factores identificados y de esa manera incentivar y de esa manera inducir a los clientes a tener una preferencia de comprar por los vehículos eléctricos. Aunque, el desarrollo de mejoras en los factores identificados no depende directamente de los usuarios, si pueden ejercer cierto tipo de presión sobre el sector público como hacia el sector privado. De esta manera a continuación, se describe no propiamente lo que pueden hacer los usuarios para mejorar los factores, pero si lo que esperarían, de acuerdo con las entrevistas y a las encuestas, por mejorar en cada uno de los factores.

- Estaciones de carga

Es claro que una de las principales problemáticas de los vehículos eléctricos, no en Colombia, sino a nivel global aún, es la autonomía de estos vehículos. Cuando el usuario necesita recorrer grandes distancias, estos vehículos aún no pueden cubrir distancias mayores a los 400km, y los que llegan al país están cerca de los 300km o 200 km (KIA, 2018). Si el objetivo es masificar

este tipo de vehículos y que a nivel país se reemplace el uso de los vehículos de combustión por esta nueva tecnología, es necesario que la distancia a recorrer ya sea dentro de las ciudades o en carreteras, sea cubierta sin ningún problema por los vehículos eléctricos.

En ese orden de ideas, y teniendo en cuenta la autonomía máxima de estos vehículos, se debería garantizar tener estaciones de recarga al menos cada 200km en todas las vías nacionales, y en cuanto a las ciudades al menos una estación pública por barrio.

A parte de ello, las viviendas deben tener la posibilidad de instalar puntos de carga en los parqueaderos, y esto debe ser por normatividad para obligar a las constructoras a dejar estos puntos a futuro.

- Interés del Gobierno

Del interés del Gobierno depende mucho los incentivos que se brinden a los consumidores por adquirir un vehículo eléctrico. Y lo que esperan los consumidores, es que no solo el sector público se enfoque en el aumento de infraestructura para los nuevos vehículos, sino que incida en los precios para hacer de la adquisición algo mucho más asequible para todos.

- Publicidad

La publicidad es el camino en que las marcas llegan a la mente de los consumidores, y la manera de estos de relacionarse y aprender de los nuevos productos. Con respecto a este factor los consumidores pueden ejercer una presión hacia las marcas para exigir conocer más acerca del nuevo producto o aumentando el número de inquietudes, ya sea presenciales o en la web sobre los nuevos vehículos que traiga al país cada una de las marcas.

De esta manera las marcas pueden empezar a darse cuenta del interés que tengan sus compradores sobre los vehículos eléctricos, y también los usuarios van a tener más acceso a conocer acerca de los nuevos productos.

- Talleres y Servicio

En cuanto a los talleres, ocurre algo similar que con las estaciones de carga; los usuarios esperan tener servicio en cualquier momento de necesidad y a precios razonados, y no altos como suele ocurrir con los concesionarios. De igual manera, se puede ejercer presión sobre los dueños de talleres desde el consumidor para motivar e inducir la transformación tecnológica en este sector.

- Costo de adquisición

En este aspecto es claro lo que los usuarios esperan de este factor; precios similares a los de los vehículos tradicionales y tener vehículos de las mismas características, es decir si por un sedán full equipo pagan 60 millones, esperan por un monto similar obtener un sedán eléctrico con características parecidas.

Uno de los principales problemas del país en cuanto a este factor no es el costo únicamente sino la poca variedad en el catálogo de vehículos eléctricos que se ofrece, los usuarios pueden

presionar en este sentido para tener más opciones en el mercado y además ampliar la oferta que por normas económicas bajará los precios.

- Restricción de vehículo a combustión

En este sentido, los vehículos eléctricos representan un alivio en cuanto a los permisos de movilidad, a razón que están exentos de la medida de pico y placa en las principales ciudades. Los usuarios en general no esperan que sus vehículos sean restringidos de alguna manera, por eso para este punto esperarían que, si el número de vehículos eléctricos aumenta, igual sigan siendo exentos de restricción de movilidad.

- Conocimiento

Conocer acerca de la tecnología no depende únicamente del sector público a través de sus planes de educación o de las marcas a través de la publicidad, es una responsabilidad de cada uno de los colombianos que se interesen por los vehículos eléctricos. Es mucha la información en la web acerca de la tecnología, y depende de cada uno de prepararse para el cambio tecnológico que viene.

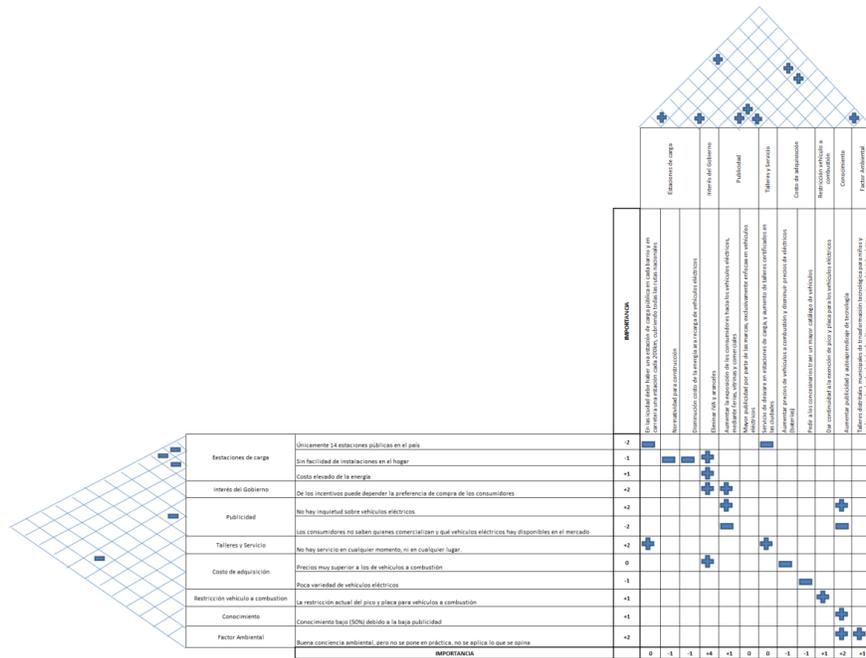
- Factor Ambiental

Al igual que con el conocimiento, tener una conciencia ambiental no solo se genera por programas gubernamentales o sociales, sino que es algo que depende mucho de cada una de las personas. Depende, entonces de cada uno entender la problemática ambiental y entender como esta afecta a toda la sociedad, y ver en el vehículo eléctrico una solución a estos problemas.

En ese sentido es interesante y a la vez gratificante ver los resultados de la encuesta y saber que la mayoría de los colombianos (en la muestra), entiende la importancia de la problemática y considera o ve en los vehículos eléctricos una alternativa de solución a esta.

De igual manera que con el sector público y el sector privado, a continuación, se ilustra la matriz de cambio para el comportamiento de los usuarios con respecto a la tecnología y en particular con respecto a cada uno de los factores identificados.

Diagrama 6. Matriz de Cambio Sector Usuario



Fuente: Construcción y análisis del autor

En la matriz se puede observar como el sistema actual de mercado de vehículos eléctricos no es estable, y por ende no coherente para los usuarios, lo que reduce su interés por adquirir esta nueva tecnología. Por el contrario, las prácticas propuestas establecen un sistema estable, en el cual es actuar en cada uno de los factores es coherente y impulsa el desarrollo en los demás factores. De acuerdo con la facilidad de adaptación al cambio, los resultados por factor son los siguientes:

- Estaciones de carga

La efímera cantidad de estaciones públicas de recarga en el país es una clara barrera para que los usuarios prefieran adquirir vehículos eléctricos sobre los vehículos a combustión. Los usuarios en este sentido necesitan poder estar seguros de que hacia cualquier destino que vayan, pueden utilizar un vehículo eléctrico porque en caso de necesidad podrán recargarlo. El cambio propuesto radica en buscar abrir estaciones al menos cada 200km en las carreteras del país y en los barrios de las ciudades. Pensar en esto, partiendo de solo 14 estaciones, es un cambio muy agresivo, y como lo indica la matriz de cambio (-) no es de fácil adopción.

De igual forma, un cambio necesario es hacer que las instalaciones para recarga en las viviendas sean obligatorias para las constructoras, con el fin que no se siga construyendo de manera errónea y no preparada para afrontar el cambio de tecnología.

- Interés del Gobierno

Para los usuarios es de suma importancia que el Gobierno se involucre más en el proceso, porque éste permitirá que los incentivos sean mayores, en especial en el sentido económico mediante la reducción de impuestos sobre la compra de vehículos y sobre la venta de energía para las recargas. Este es sin duda el cambio de más fácil adopción, ya que no requiere una gran inversión, sino mucha voluntad en cuanto a ofrecer incentivos por parte del sector público.

- Publicidad

Como se ha indicado anteriormente, la publicidad es el conector entre el producto, la marca y los potenciales compradores. El cambio propuesto no es ni difícil de implementar, ni genera problemas de difícil adopción, solo requiere un cambio de foco en el sector privado hacia generar más publicidad para los vehículos eléctricos, que den a conocer al público las distintas opciones que hay en el mercado.

- Talleres y Servicio

Al igual que con las estaciones de carga, los usuarios esperan poder desvararse en cualquier lugar donde hayan tenido una emergencia en el vehículo. Se espera que, junto con la masificación de estaciones de recarga, también el número de servitecas aumente e incluso puede haber sitios de desvare en las estaciones, con el fin de construir una red de servicio que de garantía de uso a los compradores de vehículos eléctricos.

- Costo de adquisición

El hecho de que el precio de los vehículos a combustión sea mucho menor y se ofrezcan mejores especificaciones en ellos, sigue siendo un factor determinante a la hora de preferir adquirir esta tecnología sobre la tecnología eléctrica. Es necesario que el cambio gire en torno a reducir la brecha de precios y ampliar no solo la oferta, sino la gama de vehículos que se ofrecen. De esta manera, el cliente va a dejar de pensar en el precio como un factor relevante y se va a sentir atraído por las diferentes opciones que brinda el mercado.

- Restricción del vehículo a combustión

El cambio en este factor debe ser nulo para los usuarios, actualmente no hay restricción para los vehículos eléctricos (pico y placa), y la sugerencia en este sentido es que este incentivo debe continuar y extenderse en el tiempo, para que sea un atractivo para los potenciales compradores a la hora de elegir entre los vehículos a combustión y los eléctricos.

- Conocimiento

Los usuarios se verán beneficiados en este aspecto con el aumento de la publicidad, pero también depende de ellos mismo el adentrarse en el cambio tecnológico y comenzar a aprender y conocer de la tecnología por sí mismos. La conciencia ambiental y el compromiso social con el cambio debe estar presente en cada ciudadano y lo debe impulsar al autoaprendizaje de la tecnología.

- Factor ambiental

De acuerdo con la encuesta realizada, los colombianos son conscientes del problema ambiental y de los problemas de calidad de aire en el país. A pesar de que la conciencia existe, en práctica esto no se ve aplicado en la venta de vehículos eléctricos. Por eso es necesario capacitar y dar a conocer a las personas que el vehículo eléctrico hace parte de las alternativas en cuanto a los problemas ambientales, y de esta manera buscar la aplicación de la buena conciencia ambiental de los colombianos.

4.2. Consolidación de estrategia

Ya habiendo desglosado los cambios de prácticas en cada uno de los sectores, es necesario consolidarlos todos en una sola estrategia en pro de la masificación de los vehículos eléctricos. En este sentido, se utilizó el Modelo CANVAS, para plantear un modelo de estrategia en pro de la aceleración de masificación de los vehículos eléctricos. A continuación, se expone el modelo basado en las prácticas propuestas en las matrices de cambio del capítulo anterior, en el cual se sintetiza cual es el proceso por seguir en pro de la masificación de esta te

Diagrama 7. CANVAS Vehículo Eléctrico en Colombia

SOCIOS CLAVE	ACTIVIDADES CLAVE	PROPUESTA DE VALOR	RELACIÓN CON CLIENTES	SEGMENTOS DE CLIENTE
<ul style="list-style-type: none"> - Gobierno Central - Gobiernos Distritales - Gobiernos Departamentales - Gasolineras privadas - Concesionarios - Marcas - Empresas públicas de energía - Empresas de construcción - Empresas de construcción vial - Concesionarios viales - Talleres tradicionales - Talleres certificados - Entidades viales - Colegios - Usuarios - Empresas instaladoras de estaciones - Ministerio de Minas y Energía - Ministerio de Transporte - Ministerio del Medio Ambiente - Canales de TV, radio - Prensa y revistas - Entidades privadas (patrocinadores) 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de APPs para aumentar masivamente la apertura de estaciones de carga - Desarrollar macroproyectos de aplicación de infraestructura (estaciones y redes) - Ponencia y leyes en pro de incentivos y beneficios para los usuarios de vehículos eléctricos - Campañas publicitarias en pro de la tecnología y en pro de los productos - Diminuir a cero el arancel a vehículos eléctricos y a cero el impuesto de venta - Disminuir a cero el impuesto de venta sobre la energía - No pico y placa para vehículos eléctricos - Aumentar barreras económicas y de movilidad para vehículos a combustión - Certificar talleres para atender vehículos eléctricos - Ampliar el número de talleres - Importar mayor cantidad de vehículos - Importar un catálogo más amplio de vehículo eléctricos - Aumentar capital político 	<p>Transformar al vehículo eléctrico en un agente de la protección ambiental, brindando al ciudadano la posibilidad de adquirir este tipo de vehículos a un precio razonable y con las mismas características de los vehículos tradicionales, garantizándoles que sus costos de uso serán iguales o menores a los de vehículos a combustión y podrán contar con el mismo servicio y atención que actualmente cuentan, y asegurándoles que donde quieran que vayan en el país, podrán tener la certeza de recargar su batería sin el temor de quedarse sin carga en algún recorrido, para que de esta manera el vehículo eléctrico se convierta en el sucesor de los vehículos a combustión limpiando el aire de las ciudades y carreteras del país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estaciones de carga - Capacitaciones acerca de la tecnología - Servicio en estaciones de carga - Talleres y servicio certificado - Talleres tradicionales para parte mecánica 	<p>La publicidad, infraestructura, innovaciones e incentivos deben estar dirigidos a todos los potenciales compradores de vehículos en el país, en especial aquellos que aún no han adquirido un vehículo eléctrico.</p>
<p>RECURSOS CLAVE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estaciones de carga públicas cada 200 km en carreteras nacionales y 1 por barrio en las ciudades - Construcciones con lugar para estaciones de carga - Vitrinas especializadas en vehículos eléctricos - Talleres certificados en las ciudades - Talleres en algunas estaciones de carga fuera de las ciudades - Redes eléctricas 			<p>CANALES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Publicidad a través de TV, radio y prensa para dar a conocer tecnología (Gobierno) - Publicidad a través de TV, radio y prensa para dar a conocer productos (Marca) - Vitrinas especializadas en vehículos eléctricos 	
<p>ESTRUCTURA DE COSTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inversión en I&D para mejorar autonomía de las baterías y disminuir su costo - Incentivos económicos: cero IVA en venta y energía y cero aranceles - Importar más unidades para tener mayor oferta - Importar diferentes tipos de vehículos, mas series y opciones 		<p>FUENTES DE INGRESOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estaciones de carga - Venta de vehículos - Talleres y servicio - Capacitaciones - Talleres certificados 		

Fuente: Construcción y análisis del autor

5. CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De principio a fin, este trabajo ha plasmado la importancia de entender que la transformación tecnológica del parque automotor en el mundo no es algo más que está apareciendo, sino que es una realidad a la que el mundo se está enfrentando en la actualidad, y en la cuál el vehículo eléctrico es el principal agente. Los países más desarrollados, como ocurre usualmente, llevan la delantera en cuanto a esta transformación, porque han entendido que el mundo está urgido a presentar soluciones no solo de movilidad sino también soluciones ambientales que enfrenten los problemas globales de contaminación. Como se ha expuesto anteriormente, la motivación más grande para realizar este trabajo es acercar a Colombia, como país emergente, a esta transformación, empezando por el entendimiento de la problemática a la que se enfrenta para poder plantear un camino que le permita prepararse y adaptarse de manera más rápida al cambio ya palpable.

En ese orden de ideas, a lo largo de esta investigación se utilizaron una serie de metodologías, tanto cualitativas como cuantitativas, buscando identificar y evaluar cuáles son los factores que impactan el proceso de masificación de una nueva tecnología en el país, como lo son los vehículos eléctricos. A través de encuestas, entrevistas y un modelo como el modelo PESTEL, se pudo identificar cuales son los factores críticos en el proceso de masificación. Esta lista de factores es entonces la primera gran conclusión del trabajo de grado. De esta manera se puede concluir que los factores que impactan el proceso de masificación de los vehículos eléctricos en Colombia, en primer lugar, son ocho, y son los siguientes:

- Interés del Gobierno en el proceso
- Costo de adquisición del vehículo
- Número de estaciones de carga
- Conocimiento de los consumidores
- Publicidad de los vehículos
- Talleres y servicio
- Restricción de los vehículos a combustión
- Factor de motivación ambiental

Teniendo ya claros cuales son los factores del proceso, el siguiente paso para profundizar en la solución de la temática, fue evaluarlos de manera tanto cualitativa como cuantitativa, con el propósito de comprender la relevancia de cada uno de los factores identificados en el proceso. Con este fin en mente y haciendo uso de metodologías de Cinco Fuerza de Porter, DOFA y Matriz de Priorización, se asignó un peso de relevancia a cada uno de los factores, para finalmente modelar el sistema del mercado de vehículos eléctricos en Colombia a través de un modelo de difusión de Bass simulado a través de Dinámica de Sistemas, el cual determinó el orden de importancia de estos factores en el proceso de difusión de la nueva tecnología. Este proceso arrojó la segunda gran conclusión del trabajo, el orden de relevancia de los factores, los cuales se listan a continuación en el orden encontrado:

1. Número de estaciones de carga
2. Interés del Gobierno en el proceso
3. Publicidad de los vehículos
4. Talleres y servicio

5. Costo de adquisición del vehículo
6. Restricción del vehículo a combustión
7. Conocimiento de los consumidores
8. Factor de motivación ambiental

La simulación permitió, aparte de ordenar la relevancia de los factores, pronosticar cuál es el futuro del mercado de vehículos eléctricos en el país y más técnicamente, cómo se comportará la difusión de la tecnología en los próximos años. Por ende, la siguiente conclusión que arroja el trabajo indica que de seguir como en la actualidad le tomaría a Colombia 12 años, a partir de ahora, convertir a todos los compradores de vehículos en compradores de vehículos eléctricos; y por tanto alrededor de 70 años en transformar todo el parque automotor actual en un parque automotor eléctrico. Durante los primeros 7 u 8 años, el número de ventas no aumentará de manera exponencial, sino que seguirá con la tendencia plana que ha tenido hasta ahora, sin un incremento notorio de año a año. Solo hasta después de estos años, las ventas comenzarán a crecer de manera significativa.

También se puede concluir gracias al ejercicio de simulación, que las ventas se comportarán de una manera muy particular en cuanto a cambio de tecnología se refiere. Lo que se pudo observar al realizar la simulación es que, durante los primeros años, el número de potenciales compradores se acumula, al no todos comprar vehículos eléctricos en un principio, y luego este acumulado genera un pico de ventas, que en este caso particular dura 8 años, en el cual las ventas superan ampliamente las ventas promedio anuales. Esto se debe a que es el periodo de “desatraso” tecnológico, como se le puede denominar, de los usuarios, en el cual todos aquellos relegados se ponen al día con la tecnología.

Toda esta simulación y estos resultados, así como la regresión lineal que se hizo de las ventas reales de vehículos eléctricos, permitió también concluir que Colombia es un país de imitadores, es decir, un país que se caracteriza por ser un imitador de tecnología más que un innovador. El bajo coeficiente de innovación del modelo, así como el poco número de innovadores en consecuencia, indica que los colombianos suelen tener un comportamiento más bien precavido en cuanto a nuevas tecnologías se refiere. Pero, por el contrario, el alto coeficiente de imitación, así como el inmenso número de imitadores, indica que los ciudadanos del país se caracterizan por imitar el comportamiento de sus conciudadanos, y se sienten más motivados y seguros a comprar cuando ya los demás lo han hecho. Es importante también indicar que luego del pico de ventas, ya cuando todos los potenciales compradores acumulados adquieren el nuevo producto, las ventas vuelven a su promedio anual y todos los compradores pasan a ser imitadores, ya el periodo de innovación en adquisición del producto termina y todo nuevo comprador es un imitador más, llevando a los innovadores a cero.

El último paso en el trabajo consistió en utilizar la metodología de Matriz de Cambio para plasmar qué cambios a nivel Gobierno, privados y consumidores, deben aplicarse para acelerar el tiempo de adopción de la tecnología, basado en la relevancia de cada uno de los factores identificados y el comportamiento observado en la simulación del sistema. Estos cambios se sintetizaron luego en un modelo CANVAS, el cual sirve como hoja de ruta modelo para acelerar la transformación tecnológica.

En cuanto a este proceso se puede concluir, que la base para que un real cambio se lleve a cabo es tener un buen grupo de aliados, tanto en el sector público como en el sector privado, lo cual permita el desarrollo de asociaciones público-privadas que desarrollen macroproyectos a nivel nacional en cuanto a avances de infraestructura, como sería el caso de las redes eléctricas y las estaciones de carga, que deben hacer presencia en todas las carreteras del país y en todas las ciudades, con el fin que los usuarios puedan movilizarse por todo el territorio nacional, seguros que en cualquier momento podrán recargar su vehículo. Aparte de esto, para que los vehículos eléctricos lleguen más a los usuarios se debe incrementar la publicidad de estos nuevos vehículos, no solo con el fin de dar a conocer el

producto, sino de aumentar el conocimiento de la tecnología en el consumidor final. Junto a dar a conocer más los vehículos eléctricos, es necesario que Gobierno y marcas, trabajen en reducir el precio de venta de estos vehículos, para así reducir la brecha de precio con los vehículos a combustión, eliminando paulatinamente el factor económico del espectro de decisión del consumidor, a la vez que el Gobierno aumenta las restricciones para los vehículos a combustión por razones ambientales. Y por parte del consumidor, este debe buscar capacitarse, conociendo acerca de la tecnología y tener una conciencia ambiental que le permita saber y decidir que el vehículo eléctrico es un producto que va en pro del bienestar ambiental del país.

Como conclusión general al trabajo es prudente indicar que Colombia es un país en el cual la influencia de la política y de los entes gubernamentales en la toma de decisiones con respecto al desarrollo de macroproyectos es vital para la puesta en práctica de los mismos, y la ausencia de interés del Gobierno en el desarrollo de política de gran escala y a nivel nacional en pro de la transformación del parque automotor es una gran barrera para la difusión de estos vehículos. Se necesita de interés absoluto del sector público para preparar al país en temas de tecnología, infraestructura y servicio, para recibir a estos nuevos vehículos y que los usuarios finales sientan que pueden con seguridad adquirir una tecnología de la cual tienen respaldo en todos los sentidos. Colombia necesita prepararse para el cambio, más que adaptarse, para que en el momento en que la transformación sea inminente todos los agentes en el sistema puedan acoplarse de buena manera al nuevo escenario.

Finalmente, el hecho de que Colombia sea un país emergente coloca al precio de los vehículos como un factor muy importante, porque un país en el cual el poder adquisitivo es bajo y la tecnología es costosa, es un país que se quedará relegado tecnológicamente. Con el fin de evitar esto, es necesario que tanto sector público como privado trabajen en pro de reducir la brecha entre los vehículos eléctricos y los vehículos a combustión. El fin último de este proceso es posicionar a Colombia como un referente en cuanto a esta tecnología y permitir a los colombianos estar a la vanguardia del mundo y luchando para disminuir los problemas ambientales.

5.2. Recomendaciones

Se pueden hacer dos tipos de recomendaciones: en primer lugar, las recomendaciones relacionadas con la temática en sí, y recomendaciones de investigación, derivadas del desarrollo del trabajo de grado.

En cuanto a las primeras, es claro que las recomendaciones están plasmadas en la estrategia planteada en el capítulo 4. Es necesario entender la importancia que tiene cada una de las partes involucradas en el proceso (Gobierno, privados y usuarios), y saber que cada uno juega un papel particular en el mismo, pero a la vez es necesario trabajar mancomunadamente entre los sectores para que los cambios indicados en las matrices se lleven a la realidad y el tiempo de adopción de la tecnología realmente se reduzca. Es necesario que el Gobierno se interese más por el tema de los vehículos eléctricos, es vital contar con una infraestructura apropiada para el número de vehículos eléctricos que empezarán a rodar por las calles. Las marcas deben buscar reducir la brecha de precio con los vehículos tradicionales, y los usuarios deben interesarse por el tema y por los problemas ambientales también, no solo de boca, sino también de acciones.

Ahora bien, en cuanto a las recomendaciones de investigación, derivadas del desarrollo del trabajo de grado, es prudente indicar que es importante siempre desde un principio tener claras las metodologías que van a ser utilizadas y tener opciones a la hora de la escogencia de estas. Es importante plantear la problemática y buscar cuáles son las metodologías más apropiadas de acuerdo con la temática a tratar.

Las entrevistas y encuestas son unas grandes aliadas a la hora de medir conceptos sociales y percepciones de la realidad. Entre más entrevistas, entre más encuestados se tengan, siempre la precisión de los análisis irá en aumento. Es importante siempre analizar los problemas desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo, con el fin de hacer una correcta transición desde lo que piensan las personas hasta las afectaciones que tiene el sistema en cuanto a esas percepciones.

La investigación es susceptible de ser profundizada, y en este sentido, sería ideal modelar sistemas más robustos, en los cuales se pueda percibir el impacto de no solo vehículos particulares, sino los sistemas públicos de transporte, medios de transporte alternativos como bicicletas o motocicletas. Es claro que son muchos los factores que impactan en el proceso de difusión de una tecnología. Se buscó en este trabajo encontrar los más relevantes, pero el modelo es susceptible de incluir más factores y más variables. Sería vital también contar con históricos de información en el país mucho más amplios, que permitan hacer modelos de regresión más precisos, pero, sin embargo, el hecho de lo naciente de la tecnología en el país limita estos históricos. Seguramente con el paso de los años, los modelos aquí usados puedan dar resultados más precisos.

Teniendo lo anterior en mente, y con el fin de que la investigación acá planteada trascienda en el mundo académico, para que quienes vengan atrás trabajen en este tema de transformación tecnológica, actualmente se está escribiendo un artículo para la Sociedad Internacional Schumpeter (International Schumpeter Society, 2017) basado en esta investigación, cuyo *Abstract* ya fue presentado y aceptado por la Sociedad, para ser presentado del dos al cuatro de julio en la conferencia de la Sociedad Schumpeter en Seúl, Corea; cuyo tema central es la innovación, el proceso de *catch-up* (Lee, Malerba, 2016) y el desarrollo sostenible. El propósito de este artículo es plasmar el trabajo acá desarrollado para entender el proceso de transformación tecnológica del sector automotriz en Colombia.

En síntesis, ha sido todo un reto desarrollar este trabajo, y una satisfacción el poder concluirlo. Es el más grande deseo del autor que los datos, los análisis y las conclusiones aquí consignados sean de utilidad no solo para continuar investigando acerca de esta temática, sino que también sean útiles para todos los agentes involucrados en el proceso de masificación de los vehículos eléctricos, con el fin que los beneficiarios de estos estudios sean los colombianos y su medio ambiente.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Adejebi B. Badiru, O. A. (2007). *Computational Economic Analysis for Engineering and Industry*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- ANDEMOS. (2017). *Informe Vehículos Híbridos y Eléctricos 2017*. Bogotá.
- ANDEMOS. (13 de 03 de 2018). *ANDEMOS CIFRAS Y ESTADÍSTICAS*. Obtenido de <http://www.andemos.org/index.php/cifras-y-estadisticas-version-2/>
- Asociación Colombiana de Vehículos Automotores. (2016). *Ventas Sector Automotor Mundial 2016 e Índice de Motorización*. Bogotá.
- Asociación Colombiana de Vehículos Automotores ANDEMOS. (08 de Agosto de 2017). *Informe Sector Automotor 2017*. Bogota. Recuperado el 2017, de <http://www..com/pais/articulo/autos-electricos-e-hibridos-que-se-han-matriculado-en-colombia/248648>
- Banco Mundial. (13 de 03 de 2018). *Banco Mundial*. Obtenido de Banco Mundial Datos: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD>
- Barbarossa C., De Pelsmacker P., Moons I. (2017). Personal Values, Green Self-identity and Electric Car Adoption. *Ecological Economics*, 140, 190-200.
- Barreta J.C, Rescala C. (s.f.). Modelo Bass, Modelo Matemático Aplicado a la Mercadotecnia. Formosa, Argentina: Universidad Nacional de Formosa.
- Bass F., Krishnan T., Jain D. (1994). Why the Bass Model Fits Without Decision Variables. (U. o. University, Ed.) *Marketing Science*, 13.
- BENAVIDES, D. Z. (26 de 12 de 2017). *El Colombiano*. Obtenido de <http://www.elcolombiano.com/antioquia/los-taxis-electricos-empezaran-a-llegar-a-medellin-en-2018-LK7914397>
- Borgstedt P., Neyer B., Schewe G. (20 de Noviembre de 2017). Paving the road to electric vehicles – A patent analysis of the automotive supply industry. *Journal of Cleaner Production*, 167, 75 - 87.
- Brauer, M. (12 de Febrero de 2016). *University of British Columbia*. Obtenido de <https://news.ubc.ca/2016/02/12/poor-air-quality-kills-5-5-million-worldwide-annually/>
- Business Source Complete. (2017). *Business Source Complete*. Obtenido de <http://web.a.ebscohost.com.ez.unisabana.edu.co/ehost/search/basic?vid=0&sid=b66b47c3-9eb9-4410-9c0d-0ce09dc2fec0%40sessionmgr4006>
- Camara de Comercio de Bogotá. (Abril de 2017). *Cámara de Comercio de Bogotá*. Obtenido de <http://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Energia-Elctrica/Noticias/2017/Abril/Por-que-la-venta-de-vehiculos-electricos-no-arranca>
- Chevrolet. (13 de 03 de 2018). *Chevrolet*. Obtenido de Chevrolet: <http://www.chevrolet.com.co/carros-0km.html>
- Chuttur, M. (2009). Overview of the Technology Acceptance Model: Origins,. *Indiana University*.
- CODENSA. (27 de 12 de 2017). *CODENSA ESTACIONES DE RECARGA EN BOGOTA*. Obtenido de <http://www.codensamovilidadelctrica.com/productos-y-servicios/Instalaciones-actuales>
- Colombia, I. (14 de 03 de 2018). *IAB Colombia Informe Anual de Inversión*. Obtenido de <http://www.iabcolombia.com/guias-y-estandares/informe-anual/>
- Cortes M., Ramirez J.E., Rosero, J. (2013). Methodology for efficiency and performance evaluation in electric vehicles (EVs) in Bogotá D.C. *2013 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo*. Dearborn: IEEE.
- Deusto, E. B. (2018). *¿Qué es y cómo elaborar una matriz de priorización?* Obtenido de <https://retos-directivos.eae.es/que-es-y-como-elaborar-una-matriz-de-priorizacion/>

- DIAN. (09 de 08 de 2017). Resolución 000045. Bogotá.
- Dockrill, P. (20 de Enero de 2017). *Matter of Trust*. Recuperado el 2017, de <http://matteroftrust.org/13958/the-netherlands-is-making-moves-to-ban-all-non-electric-vehicles-by-2025>
- Dudenhöffer. (2013). Why electric vehicles failed: An experimental study with PLS approach based on the Technology Acceptance Model. *Journal of Management Control*, 24, 95-124.
- EPM. (27 de 12 de 2017). *EPM ESTACION DE RECARGA*. Obtenido de https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientes-y-usuarios/Nuestros-servicios/Energ%C3%ADa/Movilidad-el%C3%A9ctrica#undefined
- Erik Brynjolfsson, A. A. (15 de 02 de 2018). *MIT Sloan School of Management*. Obtenido de <http://ccs.mit.edu/papers/CCSWP189/CCSWP189.html>
- FENALCO, ANDI. (2017). *Informe del Sector Automotor*. Bogotá, Colombia.
- Forbes. (19 de Mayo de 2017). *World Economic Forum*. Obtenido de <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/05/cuales-son-las-ciudades-mas-contaminadas-del-mundo>
- Gössling, S. (2017). *The Psychology of the Car, Barriers to Automobile Change*.
- Hensley R., Knupfer S., Krieger A. (2011). The fast lane to the adoption of electric cars. *McKinsey Quarterly*, 10-14.
- Hoyos, F. (2017). INFORME DE PONENCIA PARA PRIMER DEBATE EN LA COMISIÓN SEXTA DEL SENADO DE LA REPÚBLICA AL PROYECTO DE LEY No. 075 de 2017 SENADO “POR MEDIO DE LA CUAL SE PROMUEVE EL USO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN COLOMBIA Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES”. Bogotá, Colombia.
- IAB y PWC. (2017). *Informe Anual de Inversión en Publicidad Digital*. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, M. y. (2016). *Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2011 - 2015*. Bogotá, Colombia: IDEAM.
- International Energy Agency. (2017). *Global EV Outlook 2017*.
- International Schumpeter Society. (09 de 04 de 2017). *International Schumpeter Society*. Obtenido de <http://www.issevec.uni-jena.de/General+information/Conference.html>
- Ismail Z., Abu N. (2013). New Car Demand Modeling and Forecasting Using Bass Diffusion Model. *American Journal of Applied Sciences*, 10, 536-541.
- José Francisco Vilar Barrio, F. G. (1997). *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*. FC.
- KIA. (13 de 03 de 2018). KIA. Obtenido de <http://www.kia.com/co/showroom/soul-ev.html>
- Lee, Malerba. (2016). Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems. *ELSEVIER*, 338-351.
- Líquidos, S. d. (2017). *Listado de estaciones de servicio certificadas*. Bogotá.
- Líquidos, S. d. (2018). *Listado de estaciones de servicio certificados*. Bogotá.
- Líquidos, S. d. (14 de 03 de 2018). *SICOM Novedades*. Obtenido de <http://www.sicom.gov.co/noticias.shtml>
- Lopez, A. (14 de 12 de 2016). *Adsmovil*. Obtenido de Renault Twizy, tan original como su premiada campaña mobile: <http://adsmovil.com/renault-twizy-tan-original-premiada-campana-mobile/>
- Massiani, & G. (2015). The choice of Bass model coefficients to forecast diffusion for innovative products: An empirical investigation for new automotive technologies. *Research in Transportation Economics*, 50, 17-28.
- Matulka, R. (15 de Septiembre de 2014). *Energy.gov*. Recuperado el 2017, de <https://energy.gov/articles/history-electric-car>

- Mohammad Lavasani, X. J. (2015). Market Penetration Model for Autonomous Vehicles Based on Previous Technology Adoption Experiences. Miami, Florida: Florid International University.
- Morales, B. (2014). MODELO DE MASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN BOGOTÁ D.C. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Muñoz A., Montoya J., Faulin J. (2016). Impact of the use of electric vehicles in collaborative urban transport networks: A case study. *Elsevier*.
- Nullis, C. (9 de Noviembre de 2015). *Organización Mundial Meteorológica*. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/press-release/las-concentraciones-de-gases-de-efecto-invernadero-vuelven-batir-un-r%C3%A9cord>
- OECD. (04 de 10 de 2014). *The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*. Obtenido de <http://www.oecd.org/newsroom/colombia-must-do-more-on-environment-for-sustainable-economic-growth-says-oecd.htm>
- OMS. (2015). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 2017, de http://www.who.int/gho/road_safety/registered_vehicles/number/en/
- OMS. (Septiembre de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 2017, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Organización Mundial de la Salud*. (s.f.). Obtenido de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/
- Organización Mundial de la Salud*. (2016). *Data template for the WHO air quality database*.
- Organización Mundial de la Salud*. (20 de Abril de 2016). *European Environment Agency*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/publications/2599XXX/page010.html>
- Park, Kim, & Lee. (2011). Development of a market penetration forecasting model for Hydrogen Fuel Cell Vehicles considering infrastructure and cost reduction effects. *Energy Policy*, 39, 3307-3315.
- Perez, A. (2015). Guía del vehículo eléctrico II. Madrid, España: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- Porter, M. (2008). The Five Competitive Forces That Shape Strategy. *Harvard Business Review*.
- Pulido, A. D. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambiental, IDEAM. Bogotá: PUNTOAPARTE BOOKVERTISING.
- Redacción El Tiempo. (02 de 10 de 2010). Por cada vehículo hay 121 talleres. *El Tiempo*.
- Redacción Motor y RUNT. (2016). PARQUE AUTOMOTOR DE COLOMBIA ES DE 12.5 MILLONES DE VEHÍCULOS. *Motor*.
- Renault. (13 de 03 de 2018). *Renault*. Obtenido de Renault: <https://www.renault.com.co/gama/electricos.html>
- RENTANDES. (15 de 03 de 2018). *RENTANDES*. Obtenido de <http://www.rentandes.com/>
- Revista Motor. (15 de 03 de 2018). Obtenido de <http://www.motor.com.co/>
- Revista VEC. (2015). *Venta de vehículos eléctricos en 2015*. Obtenido de <https://www.vehiculoselectricos.co/venta-de-vehiculos-electricos-en-2015/>
- Rios, A. (23 de 03 de 2017). *Revist P&M*. Obtenido de <http://www.revistapym.com.co/inversion-publicidad-digital-crecio-20>
- Ruth M, Hannon B. (2007). *Modeling dynamic economic systems*. New York: Springer.
- Satoh, D. (2001). A DISCRETE BASS MODEL AND ITS PARAMETER ESTIMATION. *The Operations Research Society of Japan*.
- Science Direct. (2017). *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect-com.ez.unisabana.edu.co/>

- Scopus. (2017). Obtenido de <https://www-scopus-com.ez.unisabana.edu.co/results/results.uri?editSaveSearch=&sort=plf-f&src=s&st1=electric+cars&nlo=&nlr=&nls=&sid=6e7c608165aaaad619cb4aba3e7c7f2f&sot=b&sdt=sisr&sl=28&s=TITLE-ABS-KEY%28electric+cars%29&ref=%28colombia%29&origin=results>
- Semana. (07 de Febrero de 2016). *Semana.com*. Obtenido de <http://www.semana.com/economia/articulo/transmilenio-y-transporte-masivo-en-riesgo-de-colapsar/480146>
- Smith, M. N. (22 de Abril de 2016). *Foro Económico Mundial*. Obtenido de <https://www.weforum.org/agenda/2016/04/the-number-of-cars-worldwide-is-set-to-double-by-2040>
- TERPEL, C. Y. (22 de 02 de 2016). *CODENSA*. Obtenido de <http://corporativo.codensa.com.co/ES/PRENSA/COMUNICADOS/Paginas/CodensayTerpelsuscribenacuerdoparadesarrollarpuntosdecarrael%C3%A9ctricaenestacionesdeservicio.aspx>
- Torres, M. P. (11 de Julio de 2009). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/respirar-en-bogota-puede-amenazar-la-vida.html>
- Transporte, M. d. (2016). *Transporte en Cifras, Estadísticas 2016*. Bogotá.
- Transporte, M. d. (13 de 03 de 2018). *Cifras Ministerio de Transporte*. Obtenido de https://www.mintransporte.gov.co/Documentos/documentos_del_ministerio/Estadisticas
- Volkswagen. (13 de 03 de 2018). *Volkswagen*. Obtenido de <https://www.volkswagen.co/modelos/nuestros-modelos>

7. ANEXOS

7.1. Anexo i. Encuesta

Encuesta Parque Automotor en Colombia

Ciudad donde reside:

- Bogotá Cali Bucaramanga
 Medellín Barranquilla

Edad: _____

Género:

- Hombre Prefiero no decir
 Mujer Otro _____

Preguntas:

1. En una escala de 0 a 5, qué tan grave considera la problemática de contaminación del aire en las ciudades principales de Colombia

- 0 2 4
 1 3 5

2. ¿Cuál considera que es la principal fuente de contaminación del aire en las ciudades de Colombia?

- Industria Taxis
 Transporte de carga Vehículos Particulares
 Transporte público Vehículos en general

3. De las siguientes opciones, ¿cuáles son las posibles soluciones para esta problemática?

- Limitación de áreas industriales
 Restricción de vehículos de carga en las ciudades
 Normas más severas de chatarrización
 Modelos nuevos de vehículos de combustión del transporte público
 Sistemas alternativos de transporte público (metro, tranvía)
 Construcción de más ciclorutas e incentivar el uso de bicicletas
 Aumento de pico y placa para vehículos
 Mayor número de vías (menor tráfico)
 Promover el uso de Gas Vehicular
 Cambiar la flota de transporte pública por una flota de vehículos eléctricos
 Incentivar el uso de vehículos eléctricos tanto particular como de servicio público

4. Las últimas opciones de la pregunta anterior habla acerca de los vehículos eléctricos. En una escala de 1 a 5, ¿Qué tanto cree conocer acerca de este tipo de vehículo?

- 0 2 4
 1 3 5

5. ¿Considera que el número de usuarios de este tipo de vehículos ha aumentado en el país?

- Si No

6. ¿Qué marcas de vehículos eléctricos conoce que estén en Colombia?

7. ¿Conoce si el Gobierno brinda incentivos para este tipo de vehículos?

Si

No

8. ¿Cuáles?

9. ¿Cuál considera que es la principal razón para adquirir un vehículo eléctrico?

- Ahorro económico
- No contaminación
- Incentivos

- Tecnología
- Lujo

10. ¿Adquiriría un vehículo eléctrico?

Si

No

11.

a. Si su respuesta es positiva, ¿Cuál es su principal limitación para adquirirlo?

- Costo de compra
- Lugares de Carga

- Costo de mantenimiento
- Dificultad de uso

b. Si su respuesta es negativa, ¿por qué no lo adquiriría?

- Prefiere el vehículo de combustión
- Costo de compra
- Deficiencia de estaciones de Carga

- Costo de mantenimiento
- Dificultad de uso
- Duración de la batería

12. ¿Qué tendría que cambiar para que lo adquiriera?

- Reducción de costo de compra
- Mayor duración de la batería
- Más estaciones de carga

- Reducción de costos de mantenimiento
- Mayores incentivos del Gobierno

13. ¿Cree que en el futuro el parque automotor colombiano estará compuesto mayoritariamente por vehículos eléctricos?

Si

No

14. Contrario a la tendencia mundial, las ventas de vehículo eléctricos disminuyen anualmente en Colombia, ¿cuáles considera que sean las causas? Seleccione todas las que considere.

- Costo del vehículo
- Falta de infraestructura en el país (estaciones de carga, capacidad eléctrica)
- Costo de la energía
- Falta de incentivos del Gobierno
- Características internas del vehículo
- Características externas del vehículo (diseño)
- Costos de mantenimiento
- Duración de la batería
- Falta de talleres especializados
- Dificultad de uso en Geografía Colombiana
- Falta de conocimiento de las personas
- Poco número de marcas (poca variedad en el producto)
- Poca publicidad
- Preferencia por vehículos de combustión
- Interferencia de la industria petrolera
- Diseño urbano no apto para este tipo de vehículos (no normatividad de construcción para parqueos con tomas a 220V)

15. Entre las causas que seleccionó, ¿cuál considera que es la principal?

- Costo del vehículo
- Falta de infraestructura en el país (estaciones de carga, capacidad eléctrica)
- Costo de la energía
- Falta de incentivos del Gobierno
- Características internas del vehículo
- Características externas del vehículo (diseño)
- Costos de mantenimiento
- Duración de la batería
- Falta de talleres especializados
- Dificultad de uso en Geografía Colombiana
- Falta de conocimiento de las personas
- Poco número de marcas (poca variedad en el producto)
- Poca publicidad
- Preferencia por vehículos de combustión
- Interferencia de la industria petrolera
- Diseño urbano no apto para este tipo de vehículos (no normatividad de construcción para parqueos con tomas a 220V)

16. De las siguientes, ¿cuáles son soluciones apropiadas para resolver la problemática?

- Reducir el costo del vehículo
- Aumentar el número de estaciones de carga
- Disminuir el costo de la energía
- Modificar características del vehículo (batería, diseño)
- Aumentar el número de talleres especializados
- Ingresar más marcas y modelos de vehículos eléctricos al país.
- Aumentar el número de importaciones

- Aumentar incentivos para vehículos eléctricos
- Barreras económicas para los vehículos de combustión
- Decretos legales para prohibición paulatina de vehículos a combustión

17. ¿Quién es entonces el responsable o quien tiene el papel más importante para que el vehículo eléctrico aceleré su masificación en el país?

- Gobierno
- Sector público (empresas de energía)
- Sector privado (comercializadoras de vehículos)
- Usuarios

18. En ese orden de ideas ¿Cuál considera que debería ser el camino a seguir para acelerar el ingreso del vehículo eléctrico a Colombia?

19. ¿Qué debería hacer el gobierno?

20. ¿Qué deberían hacer las empresas (públicas y privadas)?

21. ¿Qué deberíamos hacer nosotros como usuarios?

7.2. Anexo ii. Código de Regresión

El siguiente fue el código utilizado en RStudio para hacer la regresión con base a las ventas de vehículos eléctricos en el país:

```
getwd()
setwd("/Users/juanangel/Desktop/LO QUE HABIA EN EL ESCRITORIO")
info = read.csv(file="Datos.csv",header=TRUE)
Ventas=ts(info$Ventas,start = c(2014),frequency=1)

N=cumsum(Ventas)
N
N=ts(N,start = c(2014),frequency = 1)

N=c(52,N[2:(length(N))])
N
Nsq=N**2

out=lm(Ventas~N+Nsq)
summary(out)
a=out$coef[1]
b=out$coef[2]
c=out$coef[3]

mplus=(-b+sqrt(b**2-4*a*c))/(2*c)
mminus=(-b-sqrt(b**2-4*a*c))/(2*c)

x=0.66049

m=170000

p=a/(m*x)
q=(b/x)+p

p
q
m
a

Modelobass=function(p,q,m,T=4)
{
  S=double(T)
  N=double(T+1)
  N[1]=52
  for(t in 1:T)
```

```

{
  S[t]=p*m*x+(q-p)*x*N[t]-(q/m)*x*N[t]**2
  N[t+1]=N[t]+S[t]
}
return(list(ventas=S,acumVentas=cumsum(S)))
}

```

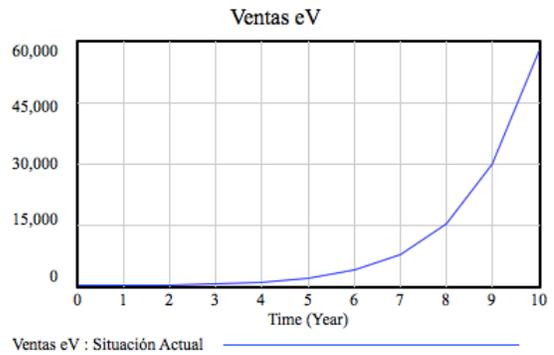
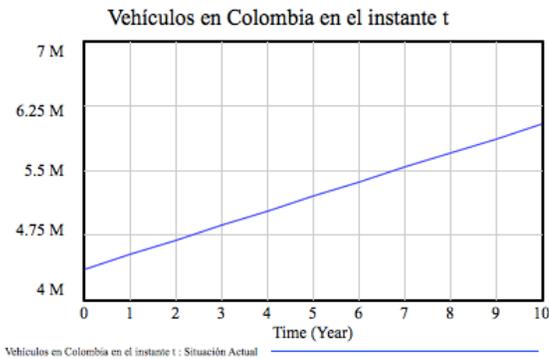
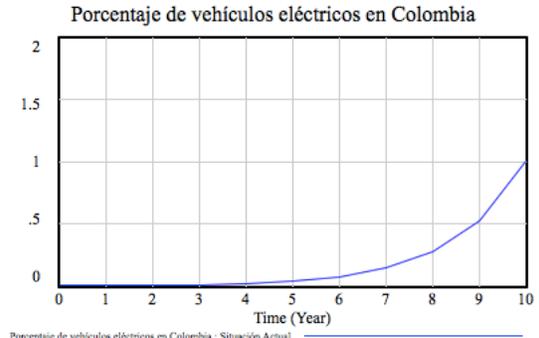
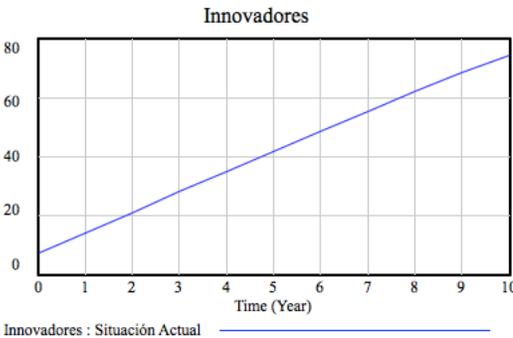
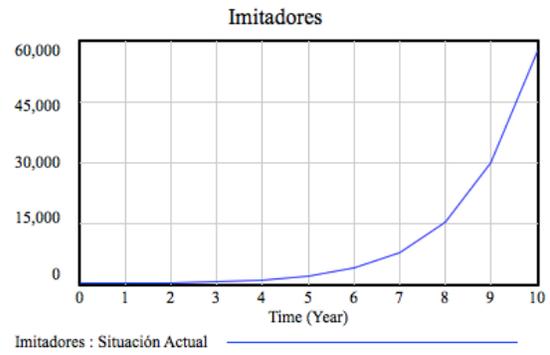
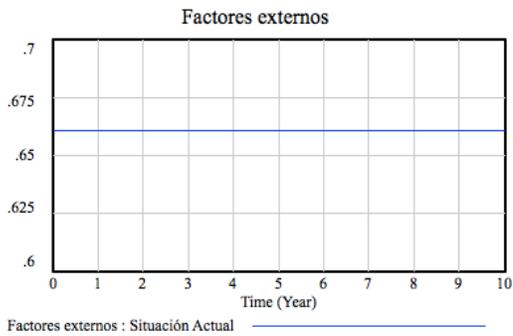
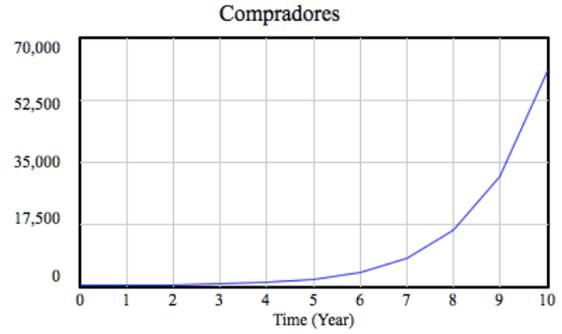
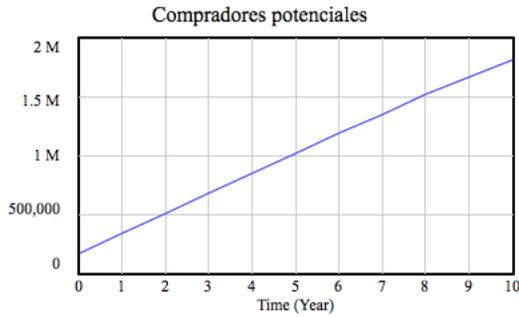
```

Bass=Modelobass(p,q,m,T=4)$ventas
Bass=ts(Bass,start=c(2014),frequency=1)
acumBass=ts(cumsum(Bass),start=c(2014),frequency=1)
ts.plot(N,acumBass,col=c("blue","red"),
xlab = "Year",ylab = "Number of Electric Vehicles"
)

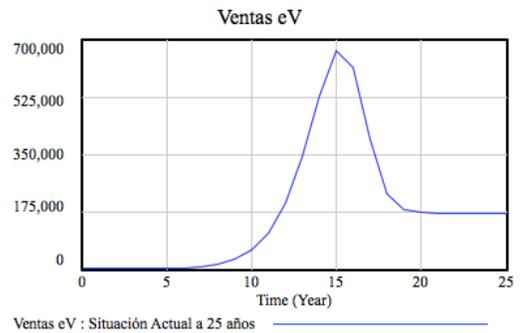
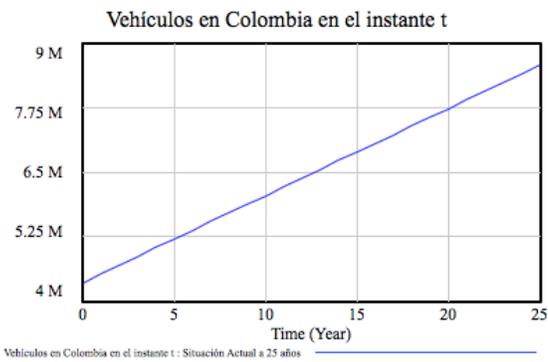
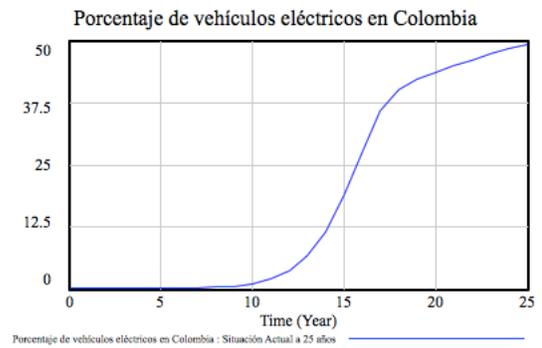
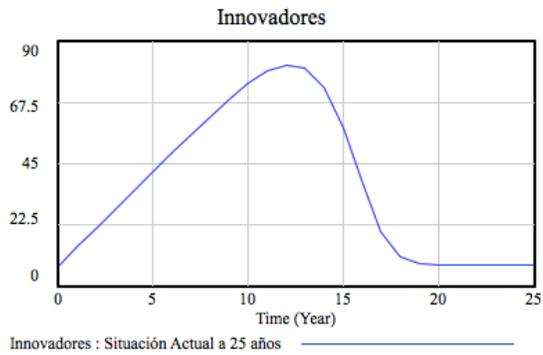
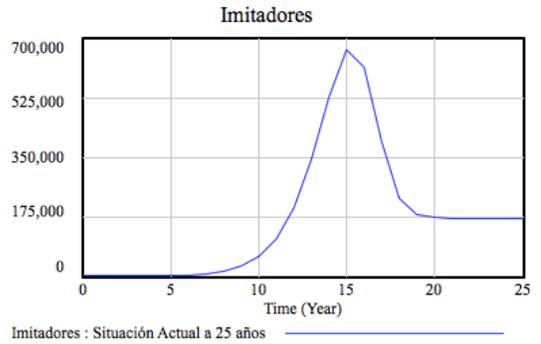
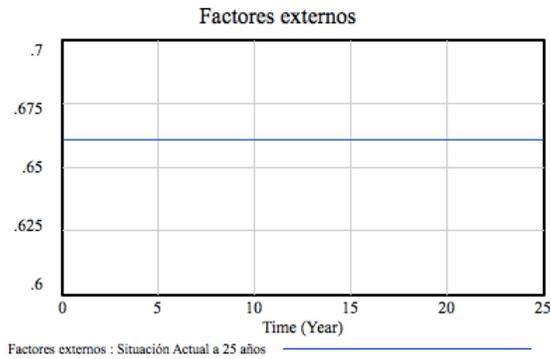
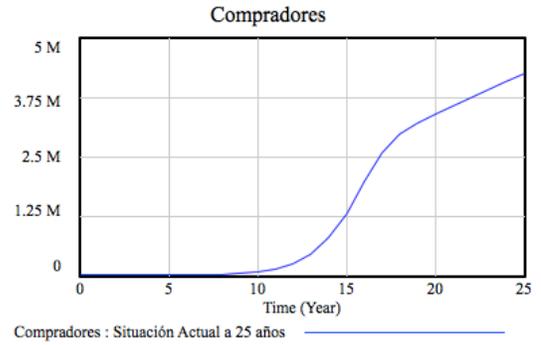
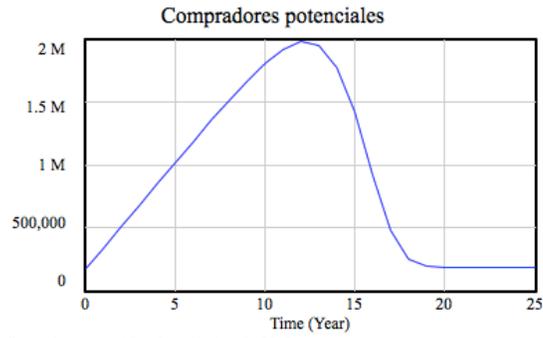
```

7.3. Anexo iii. Resultados de Simulación

- Resultados simulación de la situación actual



○ Resultados simulación actual a 25 años

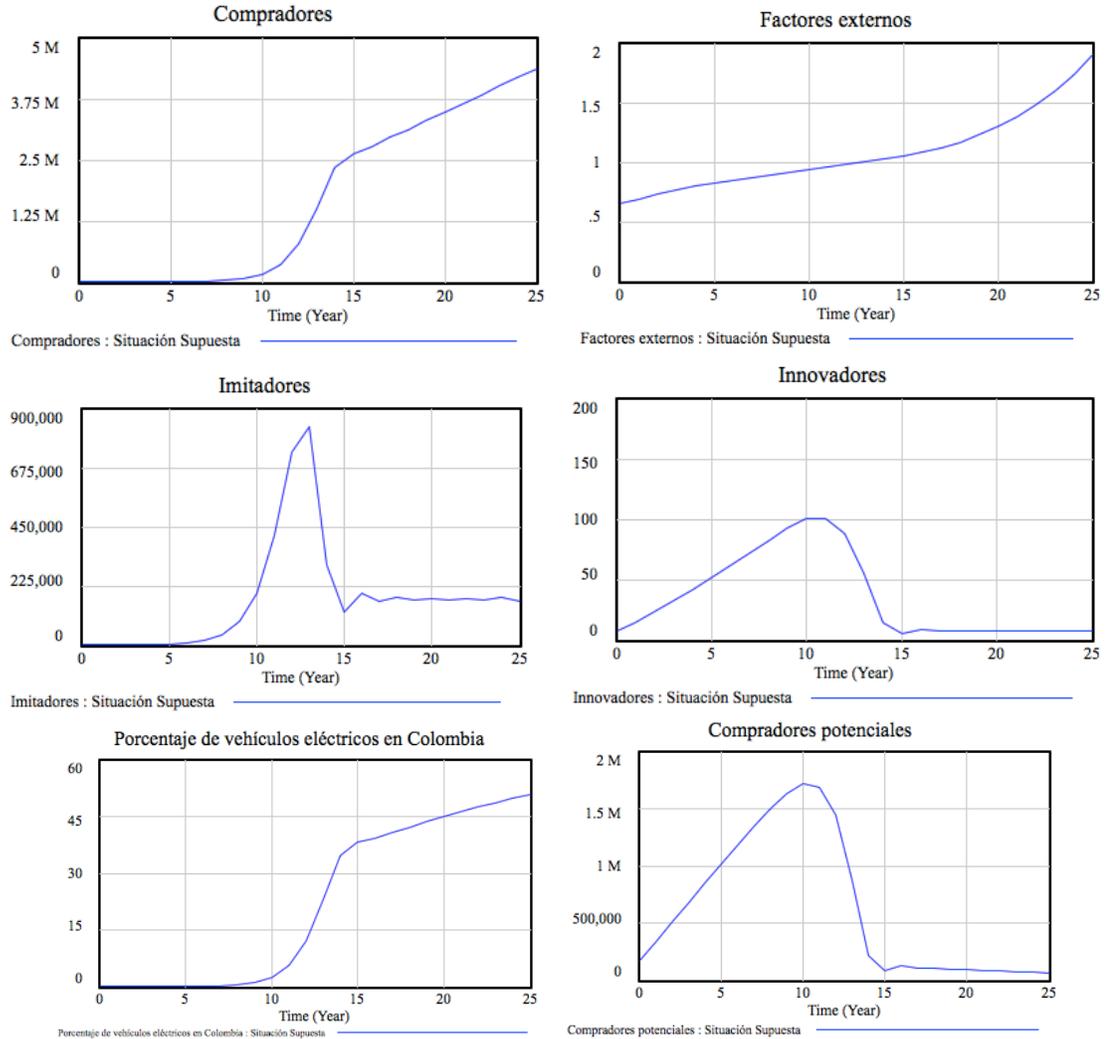


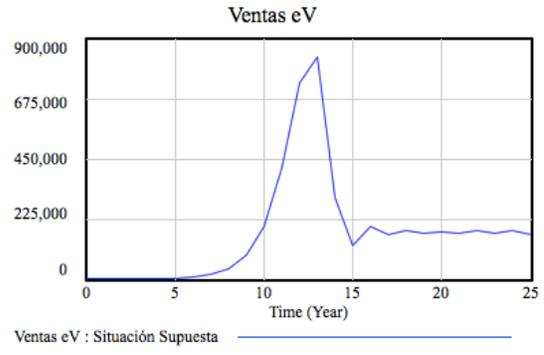
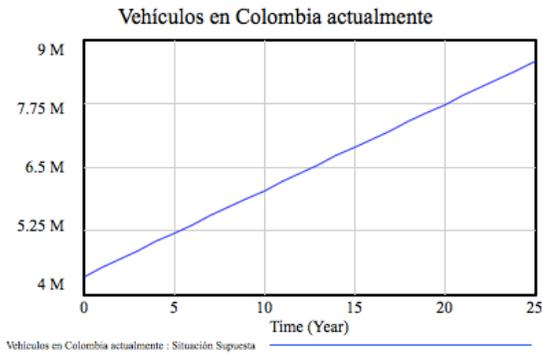
Tablas de datos

Time (Year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
"Porcentaje de vehículos eléctricos en Colombia" Runs:	0.000000	0.00243506	Situación Actual a 25 años	0.00989191	0.0194906	0.0380152	0.0736668	0.142168	0.273564	0.5249	1.00312	1.90388	3.56867	6.53907	11.5077
"Vehículos en Colombia en el instante t" Runs:	0.000000	0.00494792	Situación Actual a 25 años	0.00989191	0.0194906	0.0380152	0.0736668	0.142168	0.273564	0.5249	1.00312	1.90388	3.56867	6.53907	11.5077
"Vehículos en Colombia en el instante t" Runs:	0.000000	4.51735e+06	4.6865e+06	4.85565e+06	5.0248e+06	5.19395e+06	5.3631e+06	5.53225e+06	5.7014e+06	5.87055e+06	6.0397e+06	6.20885e+06	6.378e+06	6.54715e+06	6.7163e+06
"Compradores" Runs:	52	110	231.884	480.316	979.362	1974.49	3950.82	7865.08	15597	30814.6	60585.3	118209	227610	428123	772890
"Ventas eV" Runs:	58.0001	121.884	248.432	499.045	995.13	1976.33	3914.26	7731.92	15217.6	29770.7	57623.8	109400	200513	344767	528852
"Compradores potenciales" Runs:	170000	339942	509820	679572	849073	1.01808e+06	1.1861e+06	1.35219e+06	1.51446e+06	1.66924e+06	1.80947e+06	1.92184e+06	1.98244e+06	1.95193e+06	1.77716e+06
"Innovadores" Runs:	6.9673	13.9322	20.8945	27.8517	34.7985	41.725	48.6113	55.4182	62.0686	68.4123	74.1594	78.7651	81.2487	79.9981	72.8355
"Imitadores" Runs:	51.0328	107.952	227.537	471.194	960.331	1934.61	3865.65	7676.5	15155.5	29702.3	57549.7	109322	200432	344687	528779
"Factores externos" Runs:	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049

Time (Year)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
"Porcentaje de vehículos eléctricos en Colombia" Runs:	3.56867	6.53907	Situación Actual a 25 años	11.5077	18.9057	27.8987	35.778	40.293	42.3996	43.7923	45.0276	46.1981	47.3184	48.3931	49.4249
"Vehículos en Colombia en el instante t" Runs:	6.54715e+06	6.7163e+06	6.88545e+06	7.0546e+06	7.22375e+06	7.3929e+06	7.56205e+06	7.7312e+06	7.90035e+06	8.0695e+06	8.23865e+06	8.4078e+06	8.57695e+06	8.7461e+06	8.91525e+06
"Compradores" Runs:	428123	772890	1.30174e+06	1.96814e+06	2.58452e+06	2.97882e+06	3.20628e+06	3.38567e+06	3.55734e+06	3.72795e+06	3.8984e+06	4.0688e+06	4.23915e+06	4.4095e+06	4.57985e+06
"Ventas eV" Runs:	109400	200513	344767	528852	666401	616374	394306	227459	179391	171664	170616	170449	170358	170267	170176
"Compradores potenciales" Runs:	1.92184e+06	1.98244e+06	1.95193e+06	1.77716e+06	1.41831e+06	921909	475535	251229	193770	184379	182715	182099	181651	181256	180898
"Innovadores" Runs:	78.7651	81.2487	79.9981	72.8355	58.1282	37.7837	19.4894	10.2964	7.94149	7.55662	7.48841	7.46318	7.44479	7.42863	7.41396
"Imitadores" Runs:	109322	200432	344687	528779	666343	616336	394286	227449	179383	171657	170608	170441	170387	170350	170320
"Factores externos" Runs:	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049	0.66049

○ Resultados simulación con supuestos a 25 años



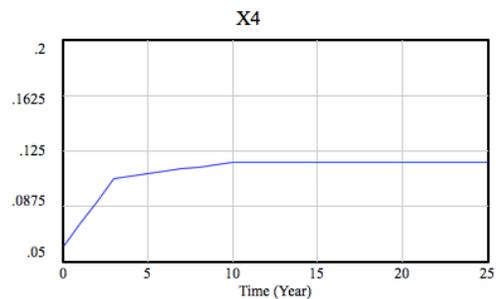
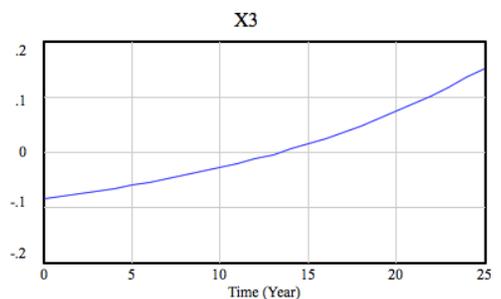
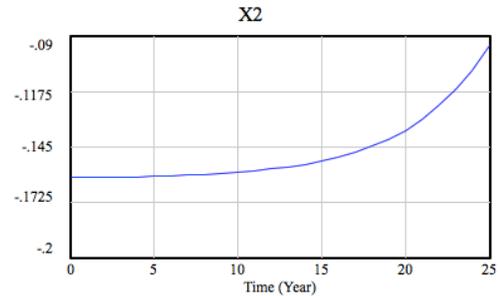
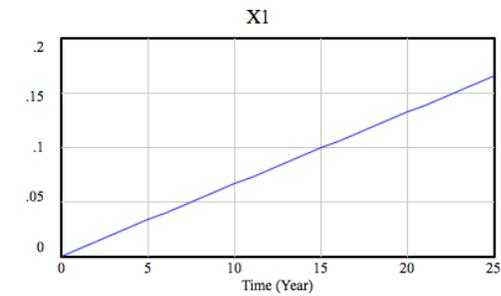


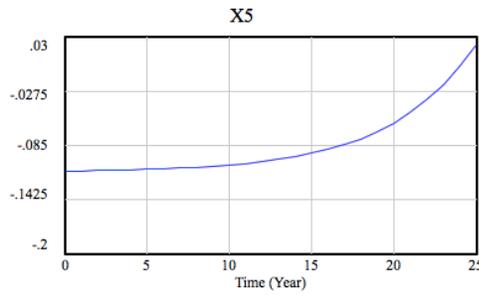
Tablas de datos

Time (Year)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
"Porcentaje de vehículos eléctricos en Colombia" Runs:	Situación Supuesta															
"Vehículos en Colombia actualmente" Runs:	0.00241982	0.00503946	0.0106181	0.0226446	0.0486224	0.105189	0.229947	0.508424	1.13548	2.54782	5.66664	12.0585	22.9713	34.7326		
"Vehículos en Colombia actualmente" Runs:	Situación Supuesta															
"Compradores" Runs:	Situación Supuesta															
"Ventas eV" Runs:	52	109.312	236.174	515.579	1137.84	2525.43	5641.42	12721.2	28987.3	66658.8	153880	351833	769094	1.50397e+06	2.33275e+06	
"Compradores potenciales" Runs:	Situación Supuesta															
"Innovadores" Runs:	6.8846	14.5821	23.108	32.4773	41.9682	51.6724	61.8057	72.2792	82.8308	92.7692	100.38	100.982	88.1498	54.7515	13.8509	
"Imitadores" Runs:	50.427	112.28	256.297	589.788	1345.61	3064.32	7018	16193.8	37588.6	87128.9	197852	417160	734786	828726	303500	
"Factores externos" Runs:	Situación Supuesta															
Factores externos	0.65265	0.691298	0.730465	0.770225	0.796722	0.818396	0.840962	0.864549	0.889289	0.915301	0.942624	0.963975	0.985871	1.00717	1.02721	

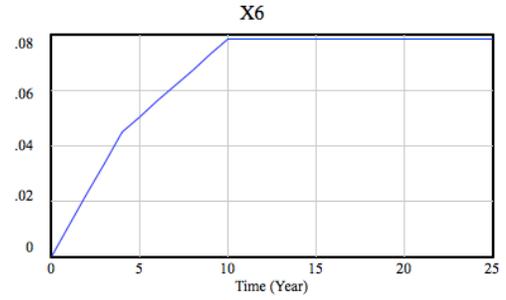
Time (Year)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
"Porcentaje de vehículos eléctricos en Colombia" Runs:	Situación Supuesta													
"Vehículos en Colombia actualmente" Runs:	6.378e+06	6.54715e+06	6.7163e+06	6.88545e+06	7.0546e+06	7.22375e+06	7.3929e+06	7.56205e+06	7.7312e+06	7.90035e+06	8.0695e+06	8.23865e+06	8.4078e+06	8.57695e+06
"Compradores" Runs:	Situación Supuesta													
"Ventas eV" Runs:	734874	828781	303514	126671	195120	164186	181173	171494	178828	173254	178921	172815	180919	168317
"Compradores potenciales" Runs:	Situación Supuesta													
"Innovadores" Runs:	88.1498	54.7515	13.8509	5.45612	8.52029	7.09049	7.82446	7.36868	7.66984	7.40358	7.6314	7.34793	7.68162	7.124
"Imitadores" Runs:	734786	828726	303500	126665	195111	164178	181165	171486	178821	173246	178913	172808	180911	168310
"Factores externos" Runs:	Situación Supuesta													
Factores externos	0.985871	1.00717	1.02721	1.04941	1.08018	1.12029	1.16958	1.22879	1.29909	1.38225	1.48059	1.59711	1.73553	1.90046

Comportamiento en el tiempo de variables externas

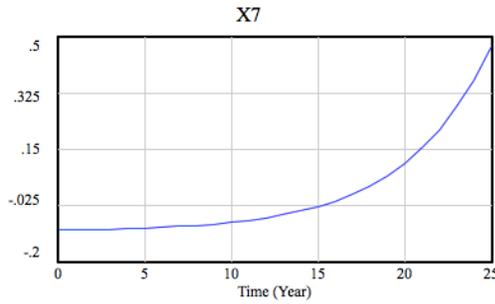




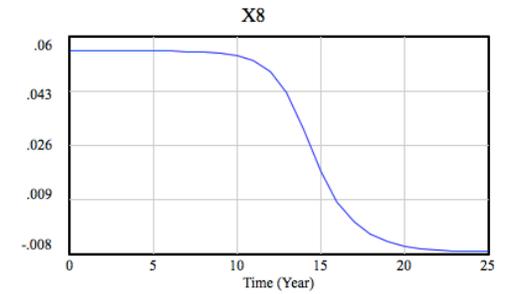
X5 : Situación Supuesta



X6 : Situación Supuesta

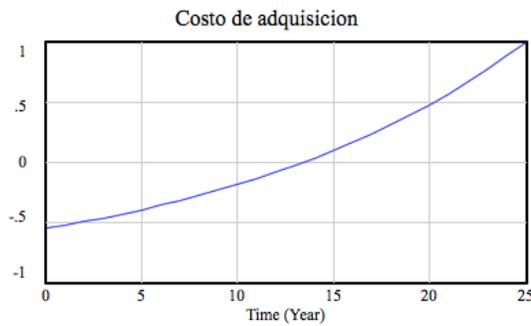


X7 : Situación Supuesta

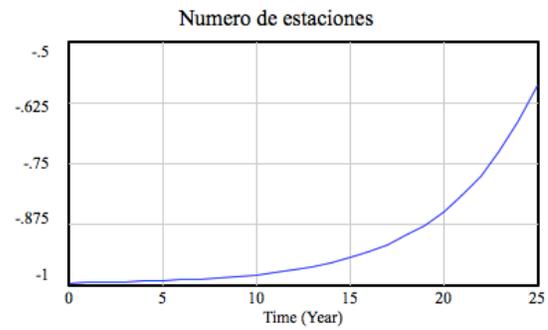


X8 : Situación Supuesta

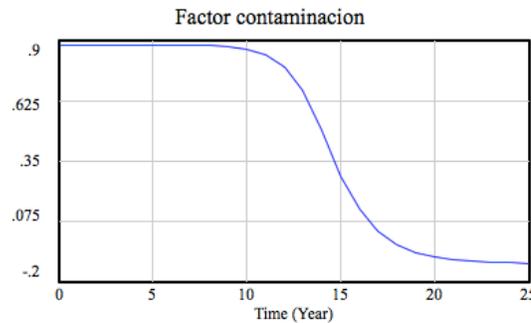
- Comportamiento de factores externos (razón entre vehículos eléctricos y vehículos a combustión)



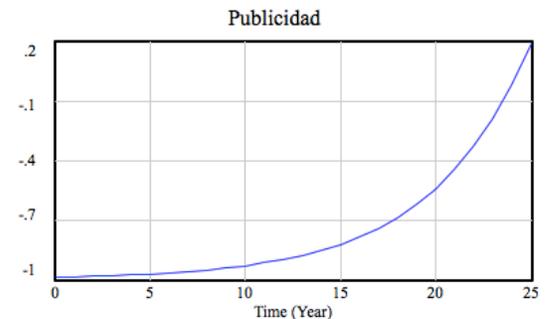
Costo de adquisicion : Situación Supuesta



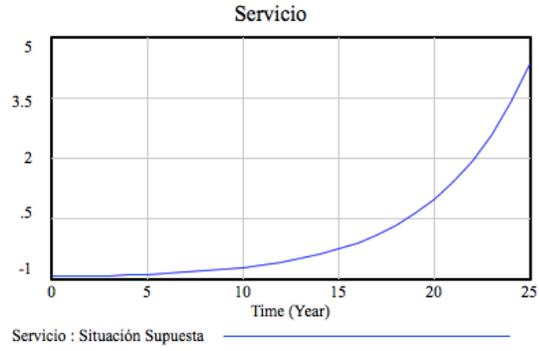
Numero de estaciones : Situación Supuesta



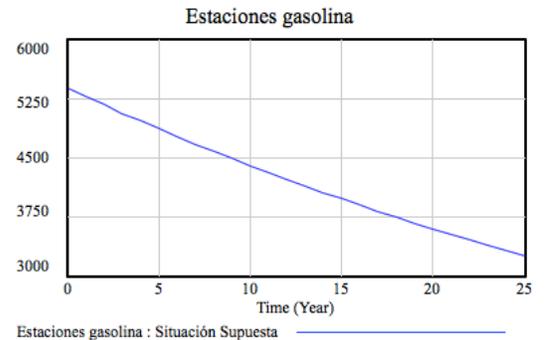
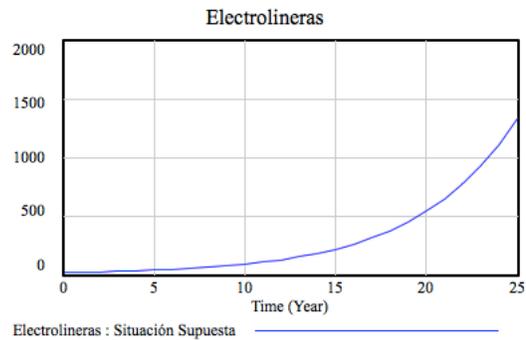
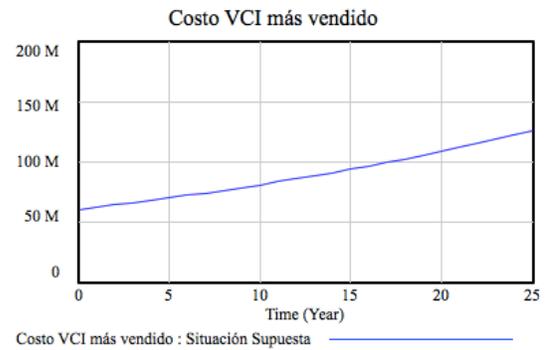
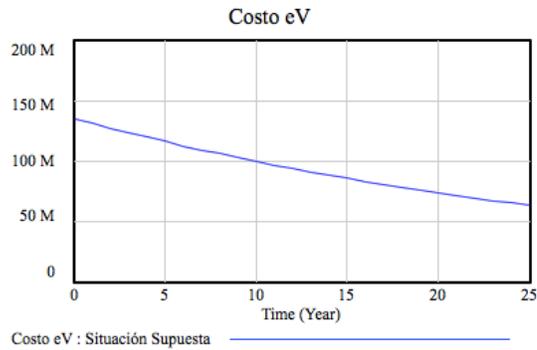
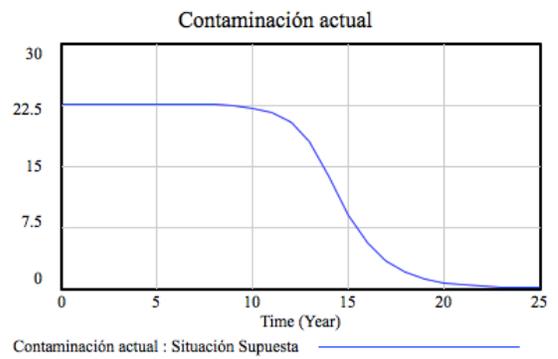
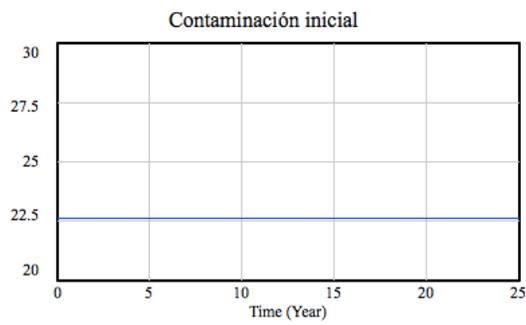
Factor contaminacion : Situación Supuesta

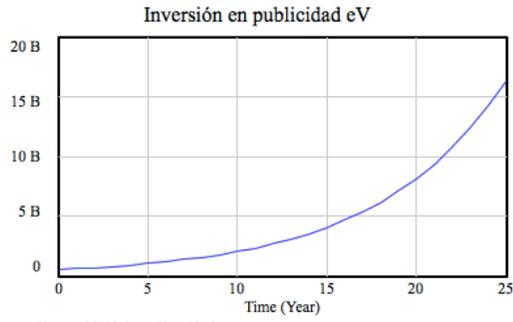


Publicidad : Situación Supuesta

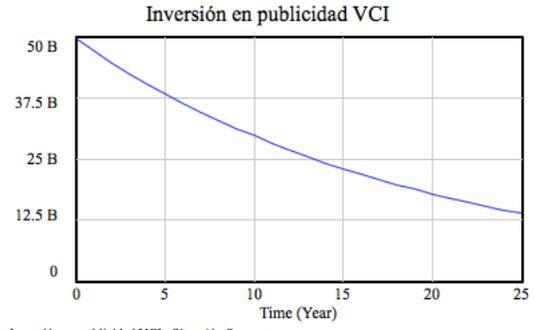


○ Comportamiento de factores externos individuales por vehículo

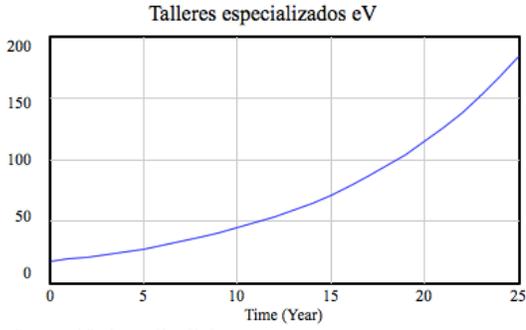




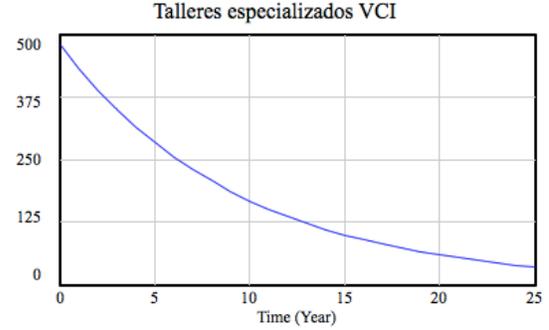
Inversión en publicidad eV : Situación Supuesta



Inversión en publicidad VCI : Situación Supuesta



Talleres especializados eV : Situación Supuesta



Talleres especializados VCI : Situación Supuesta

