



VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y MEDIO AMBIENTE EN COLOMBIA

Bryan Giraldo Quintero
b.giraldo2065@pascualbravo.edu.co

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA, DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
MEDELLIN - COLOMBIA
2022

VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y MEDIO AMBIENTE EN COLOMBIA

Bryan Giraldo Quintero
b.giraldo2065@pascualbravo.edu.co

trabajo de grado en modalidad investigación, presentado como requisito parcial para
optar al título de:

Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Director (a):

Ing. Anderson Gallego Montoya, MEng.

Línea de Investigación:

S-GIEN

Grupo de Investigación:

Grupo de investigación e innovación en energía (GIEN)

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA, DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
MEDELLIN - COLOMBIA

2022

(Dedicatoria o lema)

A mis padres, a quienes no debo solo este logro sino todo lo que soy como ser humano, a su vez quiero hacer mención especial a cada una de las personas que estuvieron relacionadas de forma directa o indirecta en mi formación académica, a los docentes, coordinadores, compañeros, personas de servicios varios, seguridad, cafetería y cada persona con la que tuve oportunidad de compartir en mi estancia por la institución mi total agradecimiento. Especialmente para mis abuelos y mi tía fallecidos este año, que descansen en la santa eternidad.

Nuestra muerte no es un fin si podemos vivir en nuestros hijos y en la generación más joven. Porque ellos son nosotros; nuestros cuerpos son solo hojas marchitas en el árbol de la vida.

Albert Einstein

Resumen

El impacto ambiental día a día crece de manera desmesurada a nivel mundial, es normal que cada vez más naciones y países centran sus recursos en proyectos enfocados a desligarse de la dependencia desarrollada con los combustibles fósiles, haciendo una transición paulatina a energías amigables con el medio como la solar, eólica, entre otras. Colombia no es la excepción a esta tendencia mundial en combatir la dependencia de combustibles fósiles pues ha desarrollado estrategias para introducir el uso de biocombustibles reduciendo así los agentes contaminantes en el parque automotor, a su vez ha modificado algunas leyes y regulaciones en pro del medio ambiente.

La contaminación y el deterioro del aire es alarmante a tal punto que se ha convertido en una de las problemáticas globales más abordada en el último siglo y es tema de discusión constante en las conferencias realizadas por las grandes entidades y organizaciones internacionales.

El objeto de estudio en el cual se enfatizó son las fuentes móviles de contaminación, al ser uno de los principales agentes que perjudican la calidad del aire. Su intervención en primer plano son la solución más rápida, viable y la cual aporta resultados más eficientes.

Suramérica y Asia son los dos continentes que mayor contaminación por fuentes móviles generan a nivel mundial, en el caso colombiano, en concordancia con el último reporte del Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT), el parque automotor se compone de 14,5 millones de vehículos para un total de 50,3 millones de habitantes concluyendo que 1 de cada 3 Colombianos posee un vehículo (incluso si no son aptos para conducir), si estos estuviesen en óptimas condiciones, cumplieran con las regulaciones y fuéramos adoptando nuevas tecnologías híbridas seguramente el panorama de la calidad del aire que respiramos sería diferente.

Ya planteada la problemática, se desarrolló una serie de estrategias y propuestas que conlleven a la generación de conciencia en los conductores sobre los impactos negativos en el medio ambiente, además del estudio de la infraestructura básica necesaria para la operación del parque automotor renovado.

Palabras claves: polución, recursos naturales, tecnología híbrida, parque automotor, combustibles fósiles, energías renovables, Colombia.

Abstract

The environmental impact that grows disproportionately worldwide every day, it is normal that more and more nations and countries focus their resources on projects focused on breaking away from the dependence developed on fossil fuels, using environmentally friendly energies such as solar, wind, among others. Colombia is no exception to this global trend in combating dependence on fossil fuels as it has developed strategies to gradually introduce the use of biofuels to reduce pollutants in the automobile fleet and has modified some laws and regulations in favor of the environment.

The current pollution and the deterioration of the air is alarming to the point that it has become a global problem and is the subject of constant discussion in large international entities such as the World Health Organization (WHO) since air pollution it is responsible for approximately 4.2 million premature deaths in the world.

The object of study developed will be mobile sources, as they are one of the main pollutants that harm air quality, their intervention in the foreground is the fastest, most viable solution that provides the best results.

South America and Asia are the two continents that generate the highest pollution from mobile sources, in the Colombian case, in accordance with the latest report from the Single National Transit Registry (RUNT), the vehicle fleet is made up of 14.5 million vehicles for a total of 50.3 million inhabitants concluding that 1 in 3 Colombians owns a vehicle (even if they are not suitable to drive), if they were in optimal conditions, they would comply with the regulations and we would be adopting new hybrid technologies, surely the panorama of the quality of the air we breathe would be different.

Based on the problems raised in the development, real strategies and proposals will be sought that can be presented to the different entities in question to seek an improvement and agility in the renewal of the Colombian automotive fleet and encouraging the use of clean energy vehicles, the generation of awareness in drivers about the negative impacts on the environment, in addition to the study of the basic infrastructure necessary for the operation of the renewed vehicle fleet.

Keywords: pollution, natural resources, hybrid technology, vehicle fleet, fossil fuels, renewable energies Colombia.

DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA.

VAR: Abreviación de variación.

HEV: Hybrid Electric Vehicle/vehículo híbrido eléctrico.

BEV: Battery Electric Vehicle/vehículo de batería eléctrica.

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle/vehículo híbrido eléctrico enchufable.

Contenido

	Pág.
1. Regulaciones del combustible en Colombia.....	5
1.1 Diesel.....	7
1.2 Biodiesel.....	8
1.3 Gasolina.....	11
1.4 Etanol.....	12
2. Vehículos híbridos en Colombia.....	15
2.1 Infraestructura de recarga.....	21
2.2 Costos de tecnologías de recarga.....	29
2.3 Pliego de sugerencias entes competentes.....	32
3. Conclusiones y recomendaciones.....	35
3.1 Conclusiones.....	43
3.2 Recomendaciones.....	Error! Bookmark not defined.

Lista de Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Porcentajes de fuentes de generación energética a nivel mundial	9
Ilustración 2. Comparación precios de combustibles	10
Ilustración 3. Línea de tiempo contenido azufre en la gasolina colombiana.....	12
Ilustración 4. Esquema general de una electrolinera.	22
Ilustración 5. Esquema electrolinera unidades de potencia y control externas	Error!
Bookmark not defined.	
Ilustración 6. Clasificación sistemas de carga.	24
Ilustración 7. Electrolinera Campus de la Cuenca, Universidad de Castilla	24
Ilustración 8. Estación de carga Metroplús, Medellín	25

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire a partir de ener	5
Tabla 1-2. Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire a partir de enero	6
Tabla 1-3. Rendimiento promedio por tonelada producción mundial de caña.....	13
Tabla 1-4. Producción mundial por tonelada de yuca, año 2019	14
Tabla 2-1. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes de enero por	15
Tabla 2-2. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes enero por Marca	16
Tabla 2-3. Comparativa ventas motos eléctricas en Colombia mes de enero	16
Tabla 2-4. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes agosto.....	17
Tabla 2-5. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia ponderado.	17
Tabla 2-6. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes agosto marca.	18
Tabla 2-7. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia ponderado.....	18
Tabla 2-8. Costo elementos electrolineras en dólares	29
Tabla 2-9. Costos operativos y de in-stalación en dólares.....	30
Tabla 2-10. Costos totales sector residencial en dólares.	30

Introducción

La humanidad ha tenido que enfrentar en diferentes etapas de su historia diferentes problemáticas globales que han amenazado con generar daños irreparables para el planeta tierra o incluso problemáticas que atentan contra la salud y existencia de la raza humana. En las recientes décadas, la problemática que más se ha abordado es el cambio climático y efecto invernadero, desde diferentes sectores económicos, industriales, sociales y políticos se han buscado diferentes estrategias que ayuden a reducir los altos índices de contaminación que junto con otros factores son culpables del cambio climático tan drástico que vivimos actualmente, generando así un aumento en el nivel del mar, descongelación masiva de los polos y un sinfín de impactos ambientales que para nada son beneficiosos.

La sociedad colombiana les ha abierto las puertas a nuevas tecnologías automotrices amigables con el medio ambiente, sin embargo, la transición a estas tecnologías se ve entorpecida por un sin número de factores que imposibilita a muchos colombianos acceder a ellas, por ejemplo, el alza en los precios de los automóviles, la falta de infraestructura para estas tecnologías limpias, entre otras.

Si bien Colombia ha tomado acciones en orden de reducir la contaminación ambiental generada por el parque automotor que circula nuestras vías nacionales, no podemos evitar el crecimiento desmesurado del sector automotriz, motivo por el cual se necesita que los vehículos con tecnologías híbridas y limpias jueguen un papel más importante en el número total de vehículos que transitan en el país.

Para evitar esta catástrofe ambiental generada por los combustibles fósiles, se hace un análisis desde diferentes perspectivas económicas, industriales, sociales y políticas para

así desarrollar diferentes estrategias que ayuden a reducir los altos índices de contaminación que junto con otros factores son culpables del cambio climático tan dramático que vivimos en la actualidad.

Colombia como nación han desarrollado diferentes planes de desarrollo y ha tenido un avance importante en la reducción de estos índices de contaminación tan elevados, no obstante, es innegable que aún hay mucha oportunidad de mejora, adicional de puntos críticos en los cual se deben trabajar para así beneficiar la introducción de vehículos más limpios que ayuden a revolucionar el sistema de movilidad convirtiéndolo en uno sostenible con el tiempo que no deteriore nuestro medio.

Planteada la problemática principal a tratar, nos fundamentaremos en la información desarrollada en el presente proyecto de investigación para dar cumplimiento a los objetivos mencionados a continuación:

Objetivo específico:

- Fomentar el crecimiento del uso de los vehículos híbridos/eléctricos en el territorio colombiano, ayudando así a la reducción de la contaminación generada por el parque automotor.

Objetivos generales:

- Plantear estrategias viables para la mitigación de las emisiones de gases contaminantes provenientes de fuentes móviles basados en vehículos eléctricos e híbridos.
- Estudiar la factibilidad infraestructural y económica respecto al uso de dichos vehículos en las carreteras nacionales.
- Generar consciencia tanto a los propietarios como a conductores de cualquier clase de vehículo sea particular o público sobre el deprimente estado del aire colombiano y sobre las formas en cómo podemos combatirlo.

1.Regulaciones del combustible en Colombia.

La búsqueda de leyes, normas y regulaciones que nos conlleven a un desarrollo sostenible han sido el foco de las entidades nacionales en los últimos años, en las grandes ciudades como Bogotá, Medellín o Cali se ha buscado regular de una forma óptima las fuentes móviles de contaminación, a raíz del aumento acelerado que se ha percibido en el parque automotor lo que ha llevado a un deterioro notable en la calidad del aire de las urbes.

Se han estudiado con mayor rigurosidad los entes que mencionaremos a continuación puesto que son los agentes principales en términos de contaminación del aire. De la **Tabla 1-1** podemos concluir que el material particulado de PM10 y PM2.5 que son los principales residuos generados por los vehículos de combustión interna deben estar por debajo de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Estos valores se definieron en función de cumplir con lo mínimo exigido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y a su vez los entes se comprometen a regular y monitorear que se cumplan con estos valores con diferentes puntos de monitoreo.

Tabla 1-1. Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire a partir de enero 2018.
Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

CONTAMINANTE	NIVEL MÁXIMO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PM 10	50	Anual
	100	24 Horas
PM 2.5	25	Anual
	50	24 Horas
SO2	50	24 Horas
	100	1 Hora
NO2	60	Anual
	200	1 Hora
CO	5000	8 Horas

	35000	1 Hora
O3	100	8 Horas

Para el 2030 se proyectó reducir estos valores (**Tabla 1-2**) en pro de seguir un modelo de desarrollo sostenible que nos proporcione una mejor calidad de aire y que esto resulte en una mejora en la calidad de vida.

Tabla 1-2. Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire a partir de enero 2030.
Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

CONTAMINANTE	NIVEL MÁXIMO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PM 10	30	Anual
PM 2.5	15	Anual
SO2	20	24 horas
NO2	40	Anual

Se proyecta que para el año 2030 los niveles de los agentes de material particulado PM10 y PM2.5 se encuentren por debajo del rango entre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ llegando así a una reducción final del 40% en relación con los valores actuales. Las proyecciones actuales se hicieron en concordancia con la Ley 1844 de 2017, donde se aprobó el Acuerdo de Paris, donde el país se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% respecto a lo que se proyectaba con anterioridad para el año 2030.

Para poder alcanzar dichos valores, se debe hacer una reestructuración del modelo de desarrollo urbano, social, y a su vez en las políticas energéticas que rigen actualmente el país [1].

Las leyes actuales concuerdan con los exigido, lo que es preocupante es la poca o nula regulación que se tiene de las normas y leyes exigidas por los entes, las irregularidades en los procesos de verificación de los niveles en los vehículos tanto de uso privado como público y los pocos controles que se hacen en las vías nacionales. Esto se evidencia claramente cuando ponemos la lupa en los municipios, de los 1.122 municipios en Colombia solo en 469 (ósea un 41%) hay un quién ejerza el cumplimiento de las normas de tránsito, lo que facilita que los conductores puedan evitar y pasar por alto las normativas mínimas para poder transitar con cualquier tipo de vehículo en las carreteras nacionales [2].

1.1 Diesel.

La regulación de la producción y control de calidad de este combustible en Colombia está a cargo del ministerio de minas y energía, cuyo labor es garantizar que se cumplan los lineamientos y estándares de calidad que se definieron en la ley 1972 del 18 de Julio de 2019, donde se estableció el límite de azufre en el ACPM a partir de enero 1 del 2023 donde se limita en el rango de 15 y 10 partes por millón (ppm) y donde se prevé que a partir de enero 1 del 2025 estos niveles tendrán que estar si o si por debajo de las 10 ppm. Estos topes en los niveles de azufre son establecieron con el objetivo de ceñirse a la normativa EURO VI, la cual se adoptó por Europa en el año 2007 pero en nuestro caso tenemos expectativas que se empiece a exigir esta regulación a partir del año 2025, donde denotamos un atraso en este tipo de regulaciones de más de 18 años en los automóviles de uso particular.

El diésel es muy importante no solo en nuestro país, sino a nivel global a raíz que la gran mayoría de la maquinaria usada en los campos agrícola, minera, construcción, energética, incluso transporte fundamentan sus operaciones en el uso de diésel y pese a que se han logrado avances que permiten la producción de un diésel con cada vez menos metales pesados y menos cantidad de partes por millón de azufre, se ha dejado de lado las regulaciones y la modernización de la maquinaria o vehículos que utilizan este combustible fósil, de acuerdo con ANDEMOS (asociación nacional de movilidad sostenible) la longevidad promedio de los vehículos particulares está entre 16 y 21 años y si no tenemos en consideración las motocicletas más del 50% de los vehículos del parque automotor colombiano supera los 10 años [3], vehículos que por más regulaciones que tengan sus combustibles no van a surtir el efecto deseado ya que son sistemas y motores antiguos que por más combustible limpio que haya seguirán generando unas emisiones absurdamente elevadas, concluyendo que el problema directamente no es la calidad o el combustible en sí, es la falta de capacidad que tiene el parque automotor colombiano en poderse renovar por vehículos más modernos, que consuman menos combustible y que a su vez generen un menor índice de agentes contaminantes.

1.2 Biodiesel.

El panorama para los vehículos que aún utilizan diésel como combustible para su desplazamiento no es alentador y en lugar de presentar avances sustanciales como esperábamos se encuentra en un claro retroceso. Los entes reguladores han hecho un esfuerzo en los últimos años con el aumento del parque automotriz en las principales urbes, pese a esto aún hay algunas regulaciones que se deben mirar con más detenimiento, como es el caso de la resolución 40666 del 20 de agosto del 2019, el ministerio de agricultura y desarrollo rural, el ministerio de minas y energías y a su vez el ministro de ambiente y desarrollo sostenible, establecieron que el contenido máximo de biocombustibles para el uso en motores diésel, sería del 12% en mezcla con combustible fósil para algunas zonas del país, a partir del 1 de septiembre de 2019. Esto fue una agradable noticia puesto que se presumía un avance en la regulación que tienen estos vehículos que son grandes actores en la contaminación y polución de nuestro aire.

Pero esa buena noticia no perduró y trascendió en el tiempo, ahora, hemos involucionado nuevamente y dimos un paso atrás en estos avances al conocer mediante comunicaciones allegadas tanto al Ministerio de Minas y Energía, como al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, representantes de los gremios y del sector palmero y de la producción del biodiésel que se presentaban dificultades para dar abasto y cumplimiento en las entregas del biodiésel necesario para suplir con este porcentaje en el mes de septiembre de dicho año y posteriores, debido a la incapacidad para cumplir con dichas obligaciones de mezcla del B12 (12% Biodiesel) se han tomado algunas decisiones que son completamente contradictorias al objetivo principal, que es aumentar el porcentaje de biodiesel para reducir las emisiones. La comisión Intersectorial para el manejo de Biocombustibles se reunió con el fin de evaluar los efectos en el abastecimiento nacional de biodiesel, considerando los reportes mencionados con anterioridad y tomando así la determinación de establecer en algunas regiones del territorio nacional que mezclan actualmente el 12% de biodiésel a hacer un ajuste del porcentaje de mezcla con combustible fósil, para gradualmente reducirlo.

Adoptar un sistema de biocombustibles reduciría dramáticamente la cantidad de contaminación generada por los combustibles fósiles actuales, años atrás veíamos como el uso de biocombustibles estaba muy por debajo del de combustibles fósiles, pero con el paso de los años y el daño paulatino de la capa de ozono y la alarmante situación en la salud pública, han incentivado a grandes potencias mundiales a reinventarse y cuestionarse sobre el uso de combustibles fósiles.

Para dar una idea más clara de la importancia y el rol principal que tiene la transición energética a nivel mundial, en la Ilustración 1 se detalla el papel que juegan los biocombustibles en la generación de energía primaria a nivel mundial y su trascendencia en el tiempo. Teniendo como referencia los años comprendidos entre 1993 y 2011, encontramos un aumento del 1% en la generación de energía por fuentes renovables a nivel mundial, mientras que del año 2011 al 2020, año inmediatamente anterior vemos como ese aumento fue del 5% una cifra para nada despreciable y que se espera siga aumentando si se sigue dicha tendencia global.

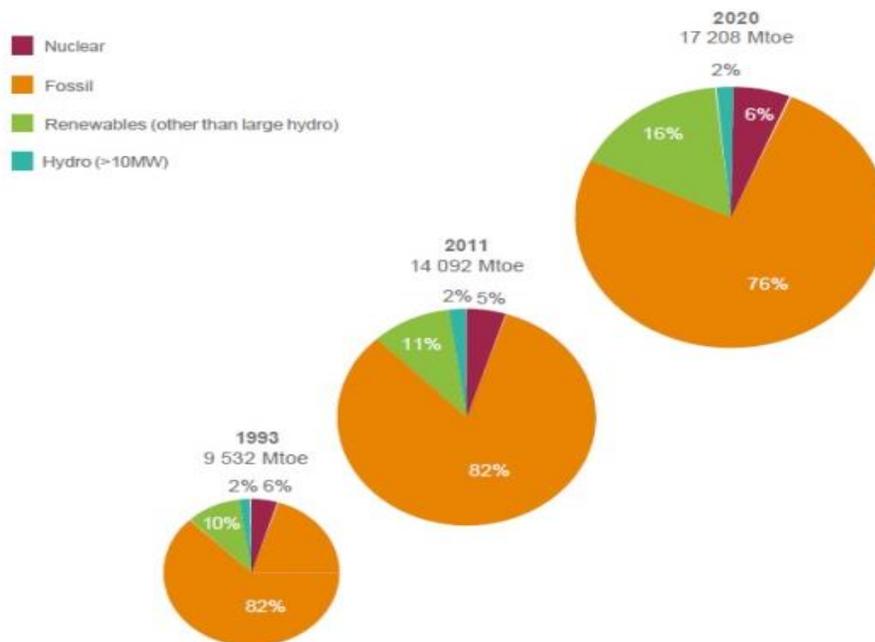
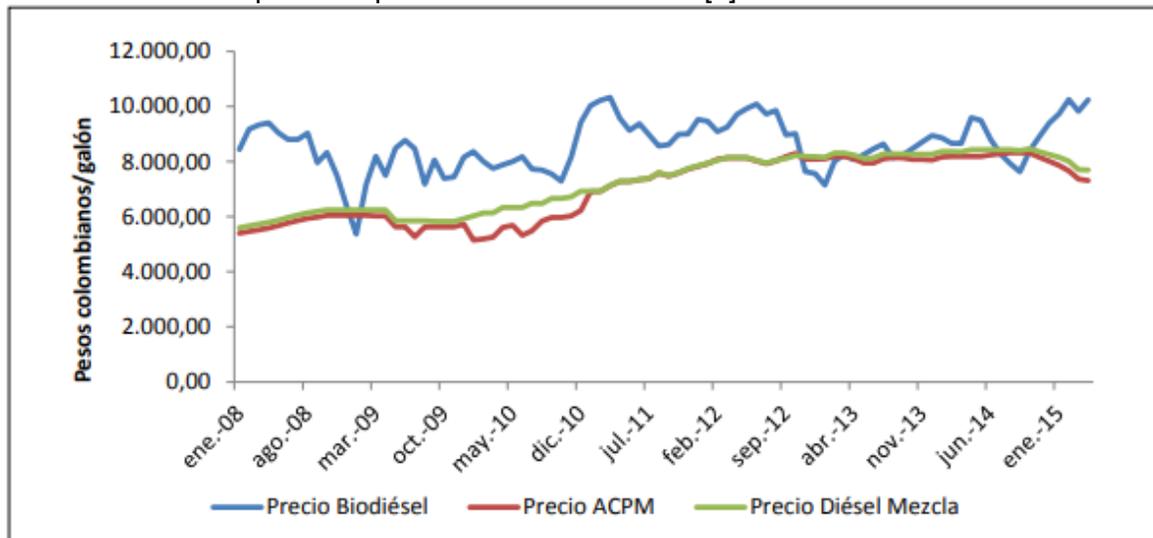


Ilustración 1. Porcentajes de fuentes de generación energética a nivel mundial. Adaptado de: WEC Survey of Energy Resources 1995, World Resources Energy 2013 y WEC World Energy Scenarios to 2050.

No se puede ignorar la idea de que en Colombia el costo de la gasolina y los combustibles en general es elevado, cifra que en lugar de bajar sigue subiendo y no se toman medidas para combatir este mal que tanto azota el bolsillo de los colombianos.

En la Ilustración 2, se confrontan los precios del biodiésel, ACPM o diésel y la mezcla entre estos en los años comprendidos entre 2008 y 2015.

Ilustración 2. Comparación precios de combustibles. [4]



El precio del biodiésel fue muy inestable en el intervalo comprendido entre enero del 2008 (año en el que inició su producción nacional) y enero del 2015 [4], sin embargo, en años más recientes se ha alcanzado cierta estabilidad en su precio. Si bien el biodiésel actual es más costoso que el aceite combustible para motores (ACPM) o diésel, éste ha venido reduciendo su precio de manera paulatina conforme los años avanzan, así al generar una mezcla idónea que cumpla con las regulaciones a nivel nacional se puede a su vez concretar una baja y estabilidad en los precios.

Considerando todo lo mencionado con prelación, en lugar de reducir los porcentajes de mezcla con Biocombustible en algunas zonas del país, se debió haber mirado otras alternativas que pudiera ofrecer soluciones iguales o incluso más efectivas sin tener que afectar de manera directa el proceso que ya se llevaba con el biodiésel que para nada

aporta en la lucha actual contra la contaminación del aire y la problemática mundial que esta misma genera.

1.3 Gasolina.

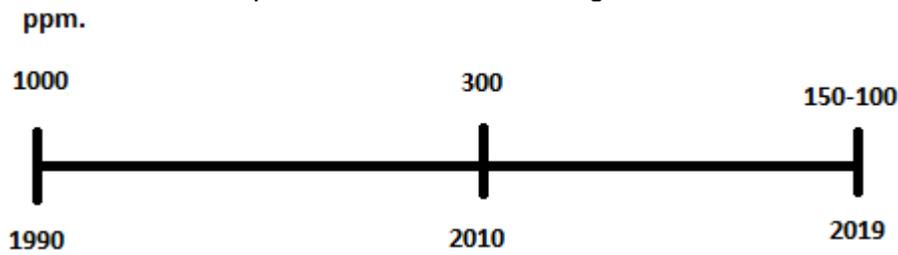
La gasolina en Colombia no ha sido indiferente a la lucha contra el cambio climático, cada vez es más común el uso de aditivos y mezclas de diferentes combustibles para mejorar la eficiencia, desempeño y funcionalidad de los motores de combustión interna y a su vez reducir en gran medida los gases tóxicos que se generan al no quemar la totalidad del combustible.

Una de las medidas más comunes que se ha tomado es la mezcla de la gasolina con etanol, lo cual reduce los gases de efecto invernadero y a su vez aumenta el octanaje de la gasolina, haciéndola más eficiente y menos perjudicial para el medio. En Colombia, se inició el proceso de mezcla con la ley 693 de 2001, en la cual se estableció que las ciudades con más de 500.000 habitantes como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, entre otras, se debe añadir un mínimo de 8% de etanol a la mezcla con gasolina [5]. Posterior al 8%, el 17 de febrero de 2018 se estableció mediante la resolución 40185 que la mezcla de alcohol carburante en la gasolina motor corriente y extra a nivel nacional debe estar por lo menos en 10% [6]. Recientemente el presidente de Biocombustibles, Jorge Bendeck, afirma que el 10% actual es una cifra que debe replantearse y seguir en aumento para aportar a la lucha contra los gases de efecto invernadero que genera la combustión del diésel [7].

Pese que Colombia posee una gasolina con un precio relativamente alto, afortunadamente se está supliendo las estaciones de servicio (EDS) del país con gasolina de altos estándares de calidad e incluso por encima de lo establecido en la norma. Luego de un ajuste obligatorio decretado por los ministerios de minas y medio ambiente en abril del presente año, la gasolina colombiana está en el estándar internacional e incluso por encima. La parte esencial de la norma exigió reducir el azufre de 300 a 100 partículas por millón (ppm) y se está entregando la gasolina extra y corriente con una cantidad que oscila entre 50 a 80 ppm [8].

El proceso de la reducción del contenido de azufre en la gasolina colombiana inició en el año 1990 cuando el contenido de azufre era absurdamente alto. La primera mejora sustancial se da con la construcción de la unidad de hidrotreatmento en Barrancabermeja, haciendo que la cifra descendiera hasta la cantidad de 300 ppm. En el 2018 y 2019 se ajustaron los sistemas de transporte poliductos y se efectuaron actualizaciones que redujeron los niveles entre 150 y 100 ppm respectivamente para finalmente llegar a los 50 ppm que tenemos en la actualidad [9]. En la **Ilustración 3** que se muestra a continuación se hace un breve resumen de como fue el proceso de transición respecto al contenido de partículas por millón encontrados en la gasolina que se utiliza a nivel nacional.

Ilustración 3. Línea de tiempo contenido azufre en la gasolina colombiana.



Se evidencia muy claramente que la disminución en partes por millón en el contenido de azufre tuvo un decrecimiento muy acelerado en los últimos 9 años.

1.4 Etanol.

Con la entrada en vigor de la ley 693 de 2001 se permitió la mezcla como agente oxigenante el etanol lo que trae múltiples ventajas al aplicarlo en el combustible fósil, entre estas ventajas destaca que al ser un producto renovable y que es producido localmente ayuda a reducir en gran medida la dependencia actual que tenemos con el petróleo, además, el etanol al ser un oxigenante mejora considerablemente el octanaje de la gasolina, disminuyendo la contaminación generada en el proceso de combustión ya que al tener un índice de explosión mayor permite así quemar mayor cantidad de combustible aumentando la potencia entregada por el motor de combustión; adicionalmente al ser un producto que se obtiene a partir de la materia prima agrícola contribuye a la producción de empleo del sector rural que tan afectado se ha visto por las secuelas dejadas por los conflictos armados del país.

La regulación de la producción y control de calidad de los combustibles en Colombia está a cargo del ministerio de minas y energía, este fija los porcentajes de mezcla además se encarga de establecer los precios en función de la materia prima y los recursos necesarios para su producción. Actualmente en todas las estaciones de servicio (EDS) colombianas se provee un porcentaje de etanol del 10% lo que aumenta el octanaje entre 1.2 y 1.5 por ciento. Desde las refinerías, la corriente sale con 84 octanos, al mezclarle el etanol al 10% el octanaje final oscila entre 85 y 85.5. Por su parte, la denominada extra sale de dichas refinerías con un octanaje de 93, luego de la mezcla con etanol finalmente se alcanza entre 95 y 96 octanos llevando estos niveles a cualquiera de las gasolinas de alto performance internacional [10].

En la mezcla de etanol con los combustibles fósiles encontramos una gran oportunidad para la producción colombiana ya que este producto puede obtenerse de diferentes materias primas pese a que en Colombia solo se produce derivado de la caña de azúcar, lo que ha limitado su producción nacional. Este alcohol carburante, puede obtenerse de igual modo mediante la yuca y el maíz, abriendo un abanico de posibilidades al mercado y producción de etanol en el país teniendo en cuenta que actualmente Colombia tiene uno de los índices más elevados en cuanto a rendimiento promedio en la producción de caña en el mundo como se denota en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Rendimiento promedio por tonelada producción mundial de caña. Fuente: [12]

País	Rendimiento ton/Ha		
	2005	2004	Variación
Guatemala	97,37	96,77	0,61%
Colombia	92,29	92,7	-0,44%
Australia	85	82,57	2,94%
Filipinas	81,58	82,28	-0,85%
Indonesia	81,39	77,54	4,97%
Brasil	72,35	73,91	-1,44%

Pese a que Colombia se encuentra en el top de los productores de caña, aun así, no es suficiente para suplir con solvencia el 10% de etanol actual en la gasolina, y se encuentra más lejos aún de llenar la expectativa del 20% proyectado para años próximos.

En ese orden de ideas, no es descabellado mirar hacia otras opciones que puedan ayudar a satisfacer la demanda interna de este producto para poder elevar así el contenido de

etanol que poseen los combustibles. Entre las opciones viables y que tienen un alto porcentaje de proyección para años próximos es el sembrado de yuca; el máximo productor a nivel mundial es Nigeria, le siguen Brasil, Indonesia y Tailandia. Los más grandes productores de yuca a nivel mundial se ubican en el continente africano y en el sur oeste asiático, no obstante, Colombia se encuentra en el puesto 18 entre los mayores productores de yuca. En el año 2005 se produjo en Colombia 2'125.163 (dos millones ciento veinticinco mil ciento sesenta y tres) toneladas con una tendencia al alza [12].

Tabla 1-4. Producción mundial por tonelada de yuca, año 2019. Fuente: [11]

N.º	País	Producción
1	Nigeria	59.193.708
2	Congo	40.050.112
3	Tailandia	31.079.966
4	Ghana	22.447.635
5	Brasil	17.497.115
6	Indonesia	14.586.693
7	Camboya	13.737.921
8	Vietnam	10.105.224

Pese a que Colombia no figura entre las 10 naciones con más producción a nivel mundial, tiene un potencial de crecimiento debido a sus propiedades agroecológicas que facilitan poder obtener una alta productividad. Se deben plantear estrategias que involucren a los diferentes gremios para generar un plan de desarrollo que impulse la producción de yuca, ayudando finalmente a suplir la demanda interna de etanol, generando empleo en el sector agrario y a su vez aportando su grano de arena en la lucha global contra la contaminación.

2. Vehículos híbridos en Colombia.

En las principales ciudades, podemos notar como año tras año el parque automotor no deja de crecer de manera desmesurada, llevando a su vez a un alza en los niveles de contaminación emitida por los vehículos de combustión interna alcanzando niveles críticos para la salud en las principales ciudades como lo son Bogotá, Medellín y Cali. Pese que al mercado automotor en el año en curso presentó falencias y un desplome importante en el mes de enero, se ha venido recuperando de manera paulatina a medida que se han eliminado las restricciones de movilidad y confinamiento generadas por el COVID 19.

En la Tabla 2-1 podemos analizar el comportamiento de los vehículos y motos híbridas en el mercado nacional y sus registros en el mes de enero 2021. De acuerdo con ANDEMOS, el mercado de vehículos nuevos o cero kilómetros iniciaron sus registros en enero de 2021 con un total de 14.349 registros, lo cual representa una caída del 22,1% si lo comparamos con el mismo mes en el año inmediatamente anterior.

Pese a estas desalentadoras cifras en el mercado automotor, los vehículos bajos en emisiones como lo son los híbridos y eléctricos generaron unos registros esperanzadores al concretar un balance positivo del 77,9% en este enero de 2021 si lo comparamos frente a enero del 2020.

Tabla 2-1. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes de enero por tecnología. Fuente: [13]

Top 10	Tecnología	2020	2021	VAR
1	HEV	285	553	94%
2	BEV	51	45	-11,80%
3	PHEV	31	55	77,40%
	TOTAL	367	653	77,90%

Como podemos detallar en la Tabla 2-2, Toyota fue la marca líder en el mes de enero obtenido más del doble de vehículos vendidos que lo vendido en la misma fecha el año inmediatamente anterior. Al ver estos resultados y el potencial de transición energética que hay en Colombia, muchas otras marcas se fueron sumando y algunas como SUBARU

quien recién se incorpora en el 2021 a la demanda de vehículos eléctricos en Colombia, tuvo una cifra nada despreciable de 48 unidades vendidas en enero, superando marcas que ya habían iniciado operaciones en el 2020 como lo fueron Ford, Kia, BYD, BMW entre otras.

Tabla 2-2. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes enero por Marca. Fuente: [13]

Top 10	Marca	2020	2021	VAR
1	TOYOTA	102	377	269,6%
2	SUBARU		48	100,00%
3	MERCEDES	37	48	29,70%
4	FORD	3	47	1466,70%
5	KIA	129	47	-63,60%
6	BYD	1	16	1500,00%
7	BMW	42	10	-76,20%
8	VOLVO	3	9	200,00%
9	HYUNDAI	7	8	14,30%
10	RENAULT	13	7	-46,20%
	OTRAS	30	36	20,00%
	TOTAL	367	653	77,90%

Sin dejar de lado las motocicletas, podemos detallar en la Tabla 2-3 que su panorama fue muy similar al de los vehículos, pues en términos generales hubo una variación negativa de 13,5% con 45.615 matrículas comparada con el mismo mes en el año anterior.

Las motocicletas exclusivamente eléctricas tuvieron un incremento del 18,1% con un total de 222 matrículas [8], lo que demuestra que el pueblo colombiano cada vez le apuesta más a la movilidad sostenible y a estos vehículos de bajas emisiones.

Tabla 2-3. Comparativa ventas motos eléctricas en Colombia mes de enero. Fuente: [13]

Top 10	Marca	2020	2021	VAR
1	STARKER	160	184	15,0%
2	NIU	13	15	15,40%
3	SONGI		5	100,00%
4	ZP		3	100,00%
5	BIN	2	3	50,00%
6	SIN MARCA		3	100,00%

7	AIMA	4	2	-50,00%
8	GUYUE		2	100,00%
9	QIANG SHENG		1	100,00%
10	CERONTE		1	100,00%
	OTRAS	9	3	-66,70%
	TOTAL	188	222	18,10%

Si retrocedemos a la Tabla 2-1 podemos evidenciar como hubo una variación negativa o disminución en la adquisición de vehículos desarrollados bajo la tecnología BEV, aun así, como detallamos en la Tabla 2-4 en el mes de agosto del año 2021 por su parte, ninguna de las tecnologías tuvo una variación negativa y cuya tecnología había tenido variaciones negativas en el mes de enero del mismo año, tuvo una enorme recuperación aumentando su variación positivamente en 373,80% comparado con el año inmediatamente anterior.

Tabla 2-4. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes agosto. Fuente: [13]

Top 10	Tecnología	2020	2021	VAR
1	HEV	256	1002	291,4%
2	BEV	42	199	373,80%
3	PHEV	25	64	156,00%
	TOTAL	323	1265	291,60%

Culminados ambos años, los resultados que se obtienen en los registros se detallan claramente en la Tabla 2-5 obteniendo un balance general muy satisfactorio para la transición energética del parque automotor.

Tabla 2-5. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia ponderado. Fuente: [13]

Top 10	Tecnología	2020	2021	VAR
1	HEV	1713	8409	390,9%
2	BEV	265	1006	279,60%
3	PHEV	540	655	21,30%
	TOTAL	2518	10070	299,90%

En nuestro país, la marca Toyota ha prevalecido y liderado no solo por sus excelentes diseños, sino también por su desempeño y fiabilidad. Sus tecnologías híbridas y/o full eléctricas no son la excepción, llevándolo así a arrasar casi duplicando la cantidad de unidades vendidas respecto a la gigante alemana, Mercedes. Todo esto se detalla en la Tabla 2-6 donde a su vez podemos ver como las marcas más reconocidas con anterioridad

en el territorio van marcando tendencia, y como marcas que apenas se incorporaban como BYD, Volvo, haciendo crecer dicho mercado y aumentando la competencia entre marcas, lo cual siempre es positivo ya que de este modo de incentiva aún más al uso de estos vehículos amigables con el medio.

Tabla 2-6. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia mes agosto marca. Fuente: [13]

Top 10	Tecnología	2020	2021	VAR
1	TOYOTA	111	361	225,2%
2	MERCEDES	44	197	347,70%
3	SUZUKI		193	100,00%
4	FORD	51	97	90,20%
5	SUBARU		93	100,00%
6	AUDI	1	83	820,00%
7	KIA	63	66	4,80%
8	BMW	8	51	537,50%
9	VOLVO	7	22	214,30%
10	BYD	6	20	233,30%
	OTRAS	32	82	156,30%
	TOTAL	323	1265	291,60%

Al término del año, podemos reafirmar la autoridad y preferencia por la marca Toyota en el mercado colombiano, todo en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7. Comparativa ventas vehículos eléctricos en Colombia ponderado. Fuente: [9]

Top 10	Tecnología	2020	2021	VAR
1	TOYOTA	762	4444	483,2%
2	SUZUKI		1041	100,00%
3	MERCEDES	256	1005	292,60%
4	FORD	149	774	419,50%
5	KIA	531	640	20,50%
6	SUBARU		472	100,00%
7	AUDI	23	303	1217,40%
8	BMW	201	266	32,30%
9	BYD	48	236	391,70%
10	VOLVO	27	163	503,70%
	OTRAS	521	726	39,30%
	TOTAL	2518	10070	299,90%

Los datos publicados más recientemente muestran una recuperación inimaginable a inicios del año 2021, en agosto se matricularon 21.099 vehículos nuevos, dejando el balance en el percentil positivo con una variación del 59.5% frente al mismo mes del año antecesor, dejando así el acumulado del año en 155.398 registros y una variación positiva del 55.2%. Los vehículos eléctricos de cero o bajas emisiones acumulan un total de 10.070 unidades y una variación positiva del 299.9% [14].

Se debe resaltar la labor colombiana en la adquisición de vehículos completamente eléctricos, ya que en el año 2019 fue el primer lugar en América latina en matriculas de vehículos totalmente eléctricos (BEV), mantuvo el lugar en el año 2020 y también parcialmente en el primer semestre del año 2021. Sin embargo, el crecimiento se ha visto pausado ya que el mercado está desabastecido actualmente. La excelente evolución colombiana en el programa de transición energética del Gobierno, se ve drásticamente opacada por el cupo anual de 2.300 unidades permitidas para la importación de vehículos híbridos con el 5 por ciento de arancel establecido por el Decreto 1116 de 2017, este cupo se agotó mucho más rápido de lo esperado (a inicios del mes de abril del 2021), motivo por el cual se debe detallar con lupa este decreto y hacerle modificaciones para así no contrastar el buen desempeño de la ciudadanía colombiana en términos de transición a movilidad sostenible.

El sector automotor colombiano es fundamental en la economía del país, genera un impacto enorme que ronda alrededor de 1 billón de pesos semanales si tenemos en consideración la fabricación de los vehículos y sus partes.

En la década reciente, el parque automotor colombiano pasó de 5.3 millones de vehículos en circulación (incluyendo motos) a 13.5 millones en 2017 y actualmente en el año 2022 poseemos un total de 17 millones de vehículos entre motocicletas, automóviles y maquinaria pesada. Pese a estos aumentos el déficit de vías contrasta el crecimiento de la flota vehicular [15]. De acuerdo con INRIX, empresa que se dedica al análisis de movilidad a nivel mundial, clasifica a Bogotá como la segunda ciudad a nivel mundial y la primera a nivel latinoamericano donde más horas se pierden en congestión vehicular con un total de 133 horas por año promedio, Colombia ocupada el tercer lugar en este ranking [16].

Una solución para esta problemática ambiental se realizaría reenfocando las restricciones ambientales en las diferentes urbes del país, en Colombia, las restricciones ambientales que se toman para mitigar el impacto ambiental por las fuentes móviles como los vehículos, se centran de una manera muy evidente en los vehículos de uso particular, lo que es razonable teniendo en cuenta que el 84% de los 16'750.283 vehículos que transitan por las vías nacionales son de uso particular, pero si observamos con mayor detenimiento las mayores fuentes de contaminación en lo que al aire respecta obtenemos que la lista lo encabezan los camiones tipo volqueta generando un 31.45%, los camiones con un 31.2%, motocicletas cuatro tiempos 19%, buses intermunicipales 9.1%, tractores 3.7%, carros particulares 2.7%, buses 1.2%, taxis especiales 0.7%, motos dos tiempos 0.7% y finalmente taxis con 0.3% [17] dejando en evidencia la cantidad de contaminación generadas por fuentes diferentes a vehículos de uso particular, motivo por el cual se debe reenfocar de algún modo estas medidas reglamentarias en pro de una mejor calidad del aire.

Planteada ya la problemática, la asociación ANDEMOS propone controlar la obsolescencia vehicular ajustando la ley 488 para establecer una política fiscal que desincentive la tenencia del vehículo viejo tanto público como particular y premie los vehículos más limpios. De la misma manera, el impuesto al consumo debería promover las tecnologías amigables con el medioambiente, eliminando la tarifa actual y unificar el arancel del 5% para los automóviles a gas. Así mismo, propone la eliminación del IVA para la reposición voluntaria de vehículos que incorporen tecnologías limpias, cuyo recaudo se compensarían con la reducción del actual costo social generado por la degradación ambiental causada por los vehículos más viejos [18].

Bogotá y Cundinamarca en general, ha implementado un plan de beneficios tributarios los cuales se harán efectivos en este año 2022, las secretarías del departamento y de la capital del país han generado una serie de descuentos a los poseedores de los vehículos híbridos y eléctricos en el país, tanto de servicio privado como público. Dichos beneficios oscilan entre 40 y 70% en materia de reducción de costo en las matrículas e impuestos de los vehículos amigables con el medio. [19]

Medidas como estás en conjunto con la mejora inminente que hemos tenido en las regulaciones de los biocombustibles, aportan de manera absoluta en la implementación del modelo de movilidad sostenible que plantean los diferentes entes gubernamentales, mucho más que el aumento de un pico y placa que está enfocado al impacto en los vehículos de uso particular.

Para llevar a gran escala la transición energética vehicular, es necesario la implementación de un proyecto que genere un despliegue de la red de carga, ya que la infraestructura actual es claramente deficiente por la ausencia de conectores y puntos de carga.

No podemos dejar de lado la falta de información y el desconocimiento actual que hay en la sociedad respecto a estos vehículos, hay muchos mitos urbanos que aún desmotivan al usuario a hacerse poseedor de uno de estos vehículos, entre alguno de estos mitos nos encontramos con personas que argumentan que dichos vehículos eléctricos tienen una fuerza limitada (cuando realmente estos vehículos tienen una aceleración más rápida prácticamente instantánea), que tienen una autonomía muy limitada (el promedio actual oscila entre 50 y 200 kilómetros y ya hay modelos con más de 500 km de autonomía), que son peligrosos o inestables (lo cual es falso ya que al tener sus componentes mejor distribuidos en el suelo del automóvil hace que su peso sea más equilibrado y por ende más estable); y así, muchos otros argumentos que no dejan de ser mitos generados por falta de conocimiento de dichas tecnologías.

2.1 Infraestructura de recarga.

Uno de los puntos de inflexión para el crecimiento de los vehículos híbridos y eléctricos en el país, es la infraestructura necesaria para recargar estos vehículos ya que en muchos países como el nuestro la existencia de dicha infraestructura es casi nula. Las estaciones de carga o electrolineras se componen en general de por uno o varios cargadores, los cuales a su vez poseen sistemas inteligentes para el control de su potencia. El ciclo de vida útil de estos cargadores está alrededor de 10 años, uno de carga rápida puede cargar hasta el 80% de la batería en 15 minutos de acuerdo con el fabricante ABB. [20]. En la Ilustración 4, se presenta el esquema general de los componentes para una electrolinera.

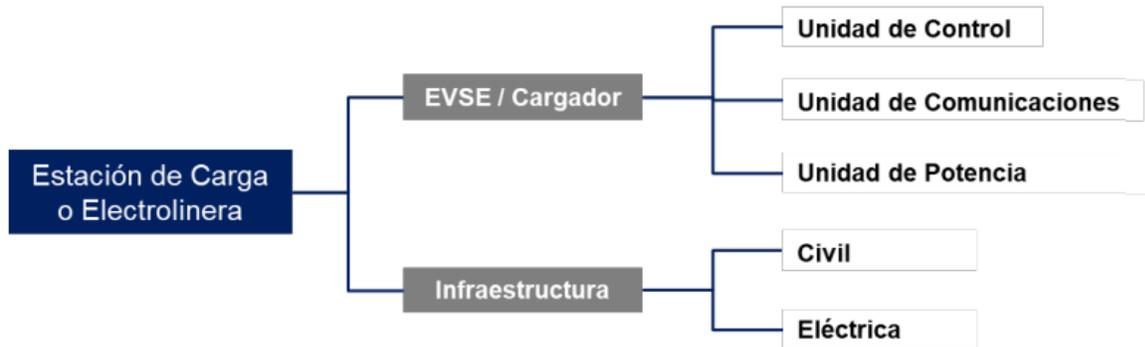


Ilustración 4. Esquema general de una electrolinera.

Para el caso de electrolineras que poseen las unidades de control, potencia y comunicaciones de manera externa como se muestra en la Ilustración 5

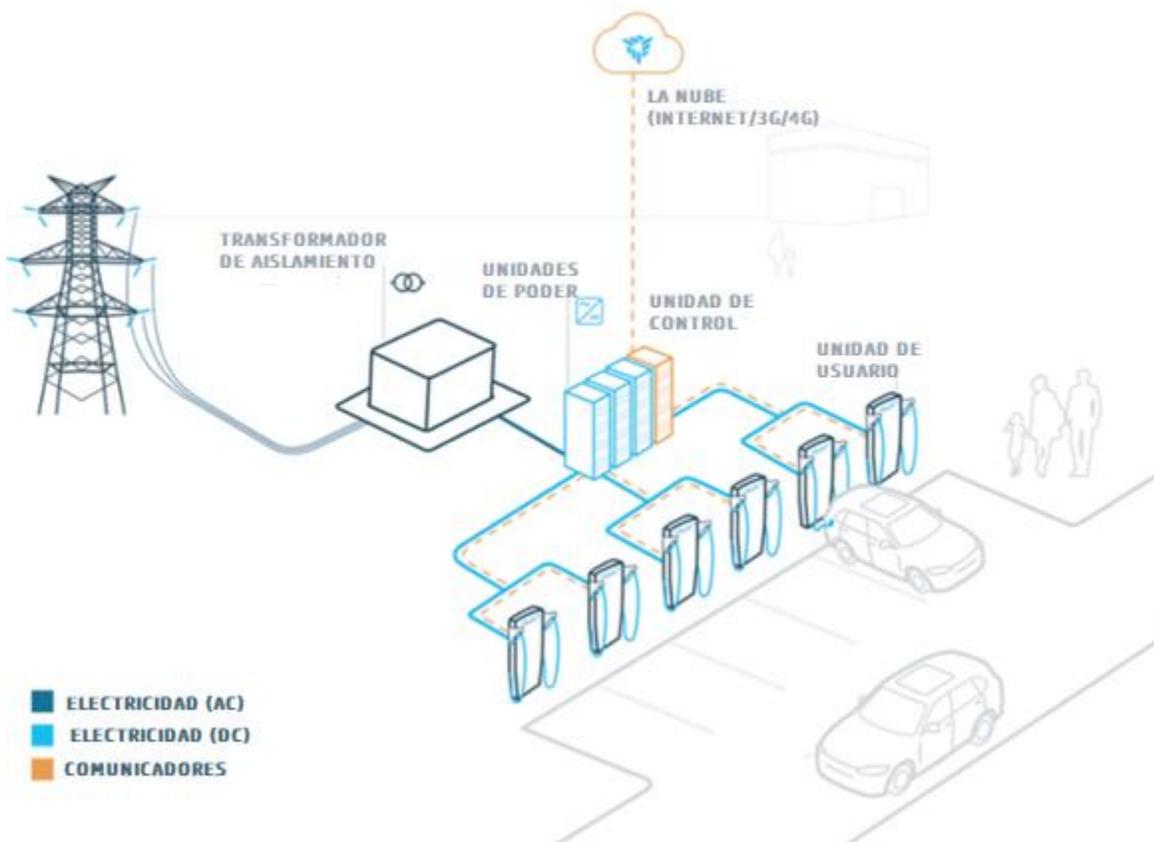


Ilustración 5. Esquema electrolinera unidades de potencia y control externas. Fuente [21]

Unidad de usuario: Este componente permite la comunicación y el pago del servicio de recarga.

Unidad de control: Se encuentran en ellos equipos de electrónica avanzados que regulan y adecuan la tensión y la corriente (sea AC o DC) para la correcta carga de la batería del vehículo.

Unidad de poder: Como su nombre la identifica, esta unidad es la que envía el poder o la corriente eléctrica hacia la unidad de control para posteriormente cargar el vehículo.

Transformador de aislamiento: Este se encarga de conectar la red de infraestructura para la recarga de los vehículos a la red de tensión media de una forma, segura y eficiente. Este previene enviar cargas o tensiones muy elevadas que puedan averiar los componentes eléctricos del vehículo.

Estas estaciones de carga, las podemos clasificar según su uso: privado o público, destino o vocación: residencial, oficinas, uso comercial, por su capacidad y velocidad de carga: lenta (<7.4kW), semi rápida (7.4kW-22kW), rápida (>22kW), entre otras. La Ilustración 6 nos resume de forma agrupada las diferentes clasificaciones que pueden tener las estaciones de carga.

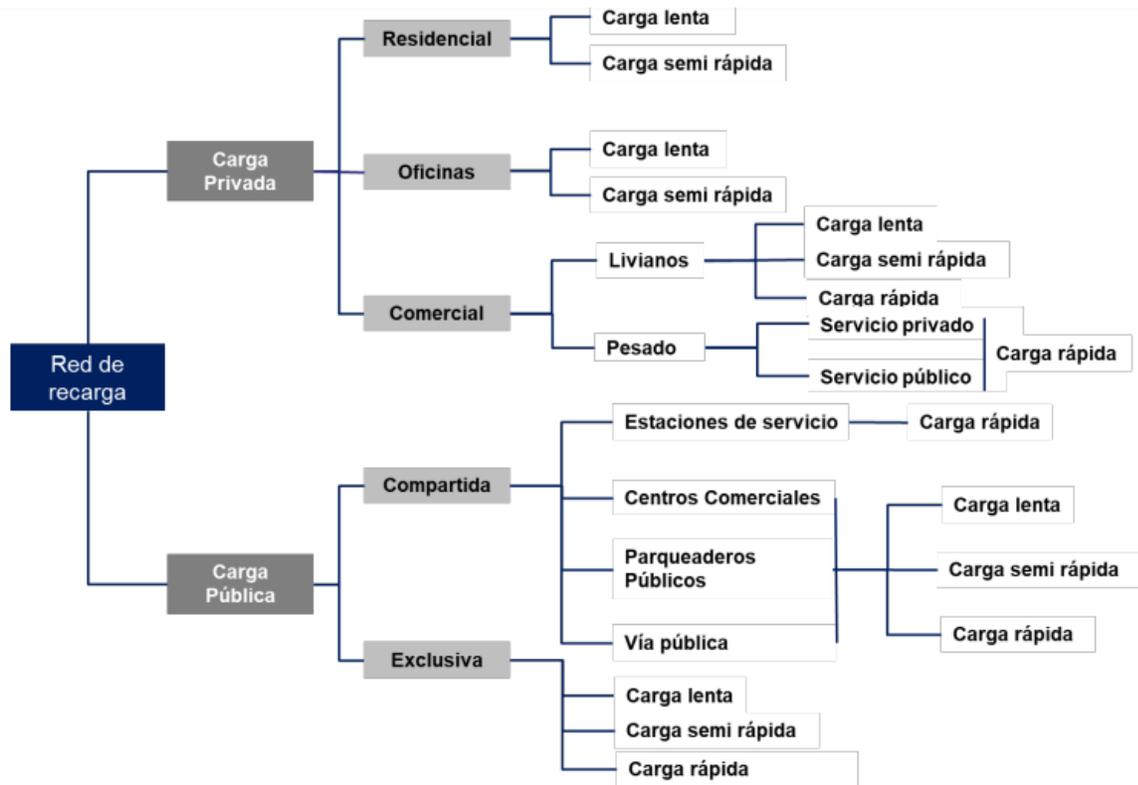


Ilustración 6. Clasificación sistemas de carga.[21]

La red de uso privado aplica para carga residencial, oficinas y comercial. La carga de uso residencial es la más básica, puesto es una carga en casa para uso exclusivo del propietario del vehículo eléctrico, la carga en oficina es una red de infraestructura que se dispone en los parqueaderos de las empresas y/o universidades y es de uso completamente exclusivo de sus integrantes.



Ilustración 7. Electrolinera Campus de la Cuenca, Universidad de Castilla. Fuente: [22]

A su vez, tenemos la carga comercial donde las empresas públicas y/o privadas cuentan con sus estaciones de carga en sus parqueaderos o patios para la flota de vehículos eléctricos, por lo cual no son de acceso público considerándose así privadas.



Ilustración 8. Estación de carga Metroplús, Medellín. Fuente: [23]

La red de carga pública por su contraparte se refiere a estaciones de carga que son abiertas al público en general y se dividen en espacios compartidos. Entre estas se pueden catalogar las que encontramos en estaciones de servicio actuales, centros comerciales, zonas de comida, entre otras.

Ilustración 9. Estación de recarga el tesoro, Medellín. Fuente: [24]



El punto ubicado en el tesoro es de carga lenta, esto significa que la recarga total puede tomar entre 2-3 horas según la capacidad de la batería y el modelo del vehículo. Este es uno de los pasos importantes en la transición tecnológica en la ciudad, pues es uno de los centros comerciales más concurridos a diario.

En el año 2021 Colombia dio pasos agigantados en el avance en la transición energética vehicular, vimos en las tablas anteriores como las ventas han ido subiendo con el transcurrir del tiempo lo cual denota que cada vez más los colombianos le apuestan a esta tecnología nula de emisiones. A fecha de septiembre del 2021 ya tenemos registrados en el país un total de 22.325 vehículos solo bajo la tecnología BEV.

Afortunadamente el aumento en los vehículos con tecnologías eléctricas ha conllevado a un aumento a su vez de las famosas electrolineras o puntos de carga de las baterías de dichos vehículos. En octubre del 2021 ya en el territorio colombiano contábamos con 155 estaciones para la carga de vehículos eléctricos y 348 conectores en total.

Si comparamos las cifras actuales de la cantidad tanto de estaciones para la carga como conectores con octubre del 2020, encontramos una variación positiva del 239,9% y del 216,6% respectivamente.

Se debe considerar que no todos los vehículos usan el mismo tipo de conector y por ende en el país tenemos disponibilidad de diferente cantidad de conectores (priorizando aquellos del tipo de vehículo que más circula en el país como se detalla en la imagen).



Ilustración 10 Tipos de electrolineras en Colombia Tomado de: [25]

Una de las empresas que más fichas ha apostado en esta migración energética vehicular es Terpel, cuya empresa instaló sus dos primeros puntos de carga eléctrica en 2019, adicionó uno más en el 2020 y en el año 2021 instaló 5 más, proyectan cerrar el primer semestre del 2022 con 31 puntos en total. Iniciativas como la de Terpel son bien agradecidas por los usuarios de estos vehículos eléctricos (que cada vez son más) quienes cada vez deben preocuparse menos por la falta de electrolineras en las principales ciudades y vías del país, ofreciendo mayor diversidad a la hora de planear sus viajes y poder recargar dichas baterías durante el trayecto.

A la meta de aumentar la infraestructura para vehículos eléctricos en Colombia también se ha sumado y con creces la empresa denominada 'Enel X', quienes a la fecha cuentan con 20 estaciones de carga y 60 cargadores, esto sin mencionar los puntos de carga instalados en las casas de los usuarios, si, en las casas de los usuarios; ya que 'Enel X' le ofrece la facilidad a los usuarios de generar un punto de carga en la vivienda del usuario para que pueda conectar la batería de su vehículo conectándolo mediante el típico enchufe casero bien sea de (110 o 220 voltios). Carlos Mario Restrepo, su gerente, confirma que ya han instalado más de 620 cargadores de los cuales el 95% se han instalado en la ciudad de Bogotá.

'Enel X' inauguró este año una nueva electrolinera ubicada en el centro comercial Unicentro de la ciudad de Bogotá la cual cuenta con tres (3) cargadores rápidos: uno de 43 kW, uno de 50 kW y finalmente uno de 150kW, siendo este último el mismo que se utiliza en los patios de recarga de los buses eléctricos del sistema integrado de transporte público, recargando la totalidad de la batería en un tiempo no mayor a 45 minutos.

El panorama general en Colombia respecto a temas de infraestructura es positivo, ya que cada vez más se supera esa dificultad y escases de electrolineras que se tenía hace un par de años.

Para octubre de 2021, las ciudades que más electrolineras poseen son:

- 1) Bogotá, con 30 estaciones y 56 conectores**
- 2) Medellín, con 20 estaciones y 58 conectores**

3) Pereira, con 8 estaciones y 20 conectores**4) Armenia y Sabaneta, con 5 estaciones y 13 conectores cada uno**

Es de destacar que una ciudad como Medellín (siendo 4 veces más pequeña en perímetro que Bogotá) lo supere en número de conectores, lo cual refleja la gran gestión que se ha logrado en la infraestructura necesaria para la operación de dichos vehículos. Celsia, es otra de las empresas cuya labor destaca ya que ha sumado 25 estaciones de recarga de tipo tanto privada como pública. Este año, incorporó tres (3) cargadores para conectar la ciudad de Cali con Bogotá, pasando por el Eje Cafetero e Ibagué.

Es interesante ver que no solo las empresas proveedoras de energía aportan a la causa, marcas como Volvo también proyectan aportar a los puntos de carga para que cada vez sea mayor la versatilidad para los conductores. Dicha compañía que recientemente lanzó su modelo de camioneta eléctrica tipo SUV indicó mediante su director para el sector latinoamericano, que esperan aportar en un corto plazo un estimado de 100 cargadores con una inversión cercana a los \$70.000 millones de pesos. [25]

Al poner la lupa en los puntos de carga particulares, entre Enel X y Celsia se generaron más de 280 ventas en el 2021, con dichos cargadores se estima que los poseedores de los carros eléctricos tienen una autonomía y cobertura total para viajes que no superen los 50 kilómetros de distancia.

Quienes deseen adquirir un vehículo de estas características, a su vez tienen la posibilidad de adquirir el punto de carga en su hogar, para estos casos la empresa Enel X instala un cargador lento de 7 kilovatios el cual posee la capacidad de cargar un vehículo en completo estado de descarga a su 100% en un estimado de 4 horas, dependiendo del tipo de conector. El costo de estos cargadores se promedia en 3 millones de pesos el cual puede variar dependiendo de múltiples factores como lo puede ser la distancia a la acometida, las condiciones del predio, etc.

El costo de una carga depende del consumo del vehículo mismo, si la batería del vehículo a cargar es de 30 kW su costo de carga en el estrato 6 estaría aproximadamente en \$19.000 COP y de \$15.000 COP en estrato 4. [26]

2.2 Costos de tecnologías de recarga.

Uno de los más grandes sino el mayor de los limitantes que tiene el despliegue de la revolución eléctrica móvil en el país es la infraestructura necesaria para la operación de estos vehículos amigables con el medio ambiente. Las experiencias a nivel europeo resaltan la necesidad de los puntos de carga ubicadas en los domicilios de los propietarios mientras que la construcción de la infraestructura de recarga pública avanza ya que esta requiere de una inversión muy grandes que el país aún no está preparado para cubrir.

Clasificaremos los costos dependiendo el nivel de los cargadores, siendo así el nivel 1 el que se ubica principalmente en los hogares y algunas instalaciones laborales, del nivel 2 aquellos con más rango de operación y se ubican en centros comerciales, universidades, oficinas, parqueaderos públicos, EDS, donde se pueden conectar a una red inteligente para ofrecer los servicios de pagos actuales como el datáfono, transferencias, además de proporcionar datos estadísticos de uso. Estos se clasifican en la Tabla 2-8 presentada a continuación.

Tabla 2-8. Costo elementos electrolineras en dólares. Fuente [27]

NIVEL	TIPO	Cargadores por Pedestal	Costo por cargador (USD)
1	Comunicación básica	Uno	813
1	Comunicación básica	Dos	596
2	Comunicación básica	Uno	1182
2	Comunicación básica	Dos	938
2	Comunicación compleja	Uno	3127
2	Comunicación compleja	Dos	2793
CARGA RAPIDA DC	Comunicación compleja 50kW	Uno	28401
CARGA RAPIDA DC	Comunicación compleja 100kW	Uno	75000
CARGA RAPIDA DC	Comunicación compleja 150kW	Uno	140000

De los datos obtenidos de la Tabla 2-8, podemos evidenciar como a medida que se aumenta el número de cargadores por pedestal (por pedestal nos referimos a la unidad completa de carga, la cual puede tener uno o dos puntos de carga), se reduce los costos

del cargador. Sin embargo, al añadir un sistema de comunicación compleja para poder aplicar así los métodos de pago actualmente disponibles, vemos como el costo puede elevarse inclusive al doble. En la Tabla 2-8 no se tuvo en consideración los costos de instalación y/o permisos, estos se detallan en la Tabla 2-9.

Tabla 2-9. Costos operativos y de instalación en dólares. Fuente: [27]

Costos en USD		1 Cargador por sitio	2 Cargadores por sitio	3-5 Cargadores por sitio	6 o más Cargadores por sitio
CALIFORNIA	Trabajos	2471	1786	1491	1747
	Materiales	1235	958	1014	908
	Permisos	283	172	110	65
	Impuestos	156	121	128	115
	Total	4148	3039	2745	2837
FUERA DE CALIFORNIA	Trabajos	1544	1827	1647	1316
	Materiales	1112	1039	1272	874
	Permisos	82	62	59	38
	Impuestos	96	89	110	75
	Total	2836	3020	3090	2305

Podemos evidenciar como a medida que se incrementa el número de cargadores por sitio, los costos unitarios de instalación disminuyen, se debe tener en consideración que esto depende también de los diferentes materiales que se usen en la red eléctrica esto ya es a elección de la empresa encargada de la distribución de la red eléctrica.

En lo que a la red doméstica respecta, los costos de instalación son mucho menores a los costos del sector público. En la red doméstica, solo se consideran los niveles 1 y 2 y estos dependen de la manera en la cual el cargador se integra a la vivienda. En similitud con las redes del sector público, se incluyen costos de equipos, materiales, trabajadores, impuestos, permisos y mejoras a la red, sin embargo, en las referencias encontradas solo se presenta el costo total. Los costos para el sector residencial se detallan en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10. Costos totales sector residencial en dólares. Fuente [27]

Nivel y categoría (USD)	Cargador integrado a vivienda	Cargador integrado a apartamento
Nivel 1 toma corriente mejorada	400	600
Nivel 1 cargador mejorado	700	900

Nivel 2 toma corriente mejorada	680	3300
Nivel 2 cargador mejorado	1400	4100

De la Tabla 2-10 podemos concluir que las instalaciones en los apartamentos son más costosas, principalmente la razón es que se debe utilizar una cantidad más grande de materiales en la instalación de la red, además mientras mayor sea la potencia requerida su precio igualmente aumenta.

En el caso de Colombia, las instalaciones de un cargador de nivel 2 su costo estaría oscilando entre \$4'800.000 y \$6'000.000 COP según la información suministrada por distribuidores nacionales. Precio elevado, si lo comparamos con el valor actual del salario mínimo colombiano, es un precio poco asequible para la mayoría de la población colombiana. [27].

2.3 Pliego de sugerencias entes competentes.

Mediante la cual se exponen las siguientes propuestas en pro de incentivar la compra y uso de los vehículos con energías limpias o energías cero. Teniendo en consideración todos los puntos que se han citado en el transcurso del documento, y algunas sugerencias que ya ha declarado ANDEMOS en uno de los documentos citados en el texto, se pide a los entes tener en consideración:

- Generar un proyecto de ley que permita establecer la vida útil de los vehículos evitando así el promedio tan elevado de longevidad que tienen los vehículos que conforman el parque automotor de Colombia, desincentivando así la tenencia del vehículo viejo tanto a nivel particular como público.
- Reducir el impuesto al consumo para poder promover la adquisición de los vehículos amigables con el medio ambiente eliminando la tarifa para aquellos vehículos de 0 emisiones y ajustando el arancel al 5% para aquellos automóviles a gas o de emisiones bajas.
- Eliminación del IVA a través de un programa para aquellas personas que deseen cambiar se vehículo viejo por uno moderno que incluya estas tecnologías limpias. El recaudo que no se obtendría de estos vehículos se compensaría con la reducción actual del costo social que genera la degradación actual causada por los vehículos más viejos.
- Reestructurar la medida de pico y placa solo para los vehículos que tienen más de 10 años de uso sin excepción alguna, exentando de esta medida a los vehículos híbridos, eléctricos, gas y menores a 10 años de producción. Esto no solo alivianaría el tráfico denso generado por la falta de infraestructura vial, el medio ambiente también lo agradecerá.

- Generar una ampliación en la infraestructura de recarga de vehículos híbridos para que las personas que ya tienen vehículos bajo esta tecnología posean de mayores opciones para la recarga de sus vehículos.
- Crear un programa de ayuda y/o financiamiento para las personas que quieran hacer modificaciones en sus viviendas para cargar allí mismo sus vehículos eléctricos y/o híbridos.
- Integrar en el actual código nacional de tránsito absolutamente todos los actores viales con sus derechos y obligaciones, tanto para peatones, conductores, pasajeros, propietarios de cualquier clase de vehículo, incluidas las bicicletas asistidas y los scooters que siguen sin regularse en el país.
- Se recomienda a su vez garantizar el número de kilometraje en vías urbanas considerando el tamaño de la población y mantener las vías en un estado correcto para alivianar la congestión de tráfico actual.

No se puede desligar de todo este proceso la falta de educación y consciencia vial que aún se percibe en los conductores colombianos, no solo generando accidentes sino a su vez generando más contaminación a raíz de una conducción violenta o agresiva, por lo que se sugiere:

- Realizar campañas educativas e informativas respecto al consumo inteligente de la energía.
- Generar un programa de conducción responsable y ecológica evitando desperdicios y pérdidas de energía a raíz de una mala conducción.
- Clasificación de los vehículos según su generación de residuos, esto con el fin de obtener diferentes beneficios siendo estos mayores para los propietarios de vehículos de cero emisiones.
- Implementar una política que asegure el manejo y almacenamiento responsable de las baterías de los vehículos eléctricos.
- Desarrollar un sistema al cual tengan acceso todos los colombianos para poner planificar sus viajes utilizando sus vehículos eléctricos, en donde puedan trazar sus rutas basados en la disponibilidad de electrolineras durante el recorrido.

- Agregar en los cursos que se aplican a los infractores en materia de movilidad temas relacionados con la conducción energética responsable.

2.4 Poster informativo

De la mano con el desarrollo de dicho documento, se elaboro un póster informativo del cual se imprimió un total de 1.000 copias para ser repartidos en puntos estratégicos de la ciudad en donde se encuentran compraventas, concesionarios, centros de diagnóstico y talleres para toda clase de vehículos.

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO®

BENEFICIOS AL USAR VEHÍCULOS HÍBRIDOS

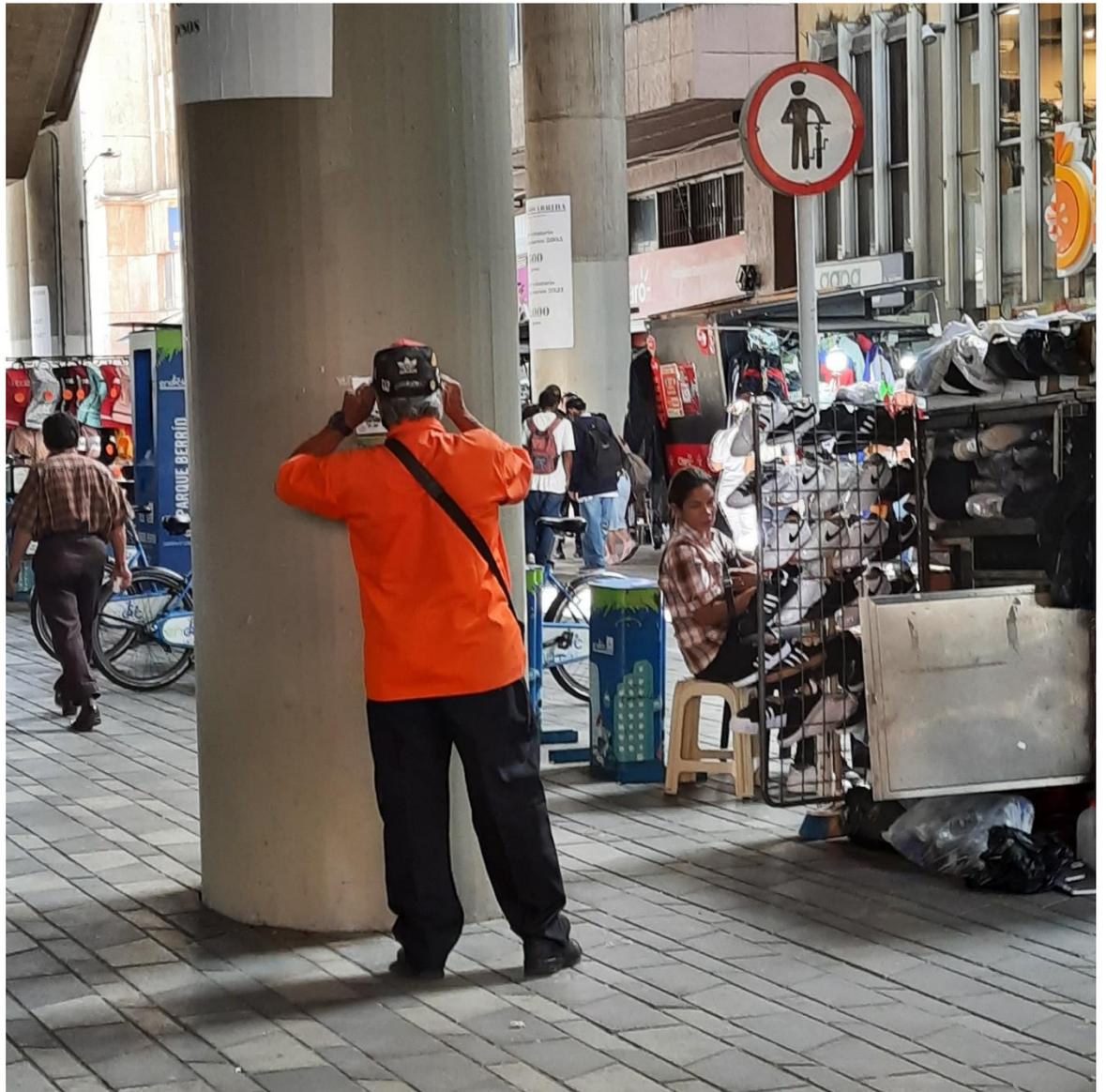
- Ahorro de consumo.
- Se puede usar todos los días, no tiene restricciones de movilidad como lo es el pico y placa.
- Beneficios tributarios y ventajas arancelarias (reducción costos matriculas, impuestos, entre otros).
- Mayor incidencia en la conservación del medio ambiente.
- Son silenciosos y ofrecen una conducción más armónica.

«Nunca había podido conseguir un coche que dijera lo mucho que me importaba el medio ambiente hasta que conduje eléctrico».
Alexandra Paul.

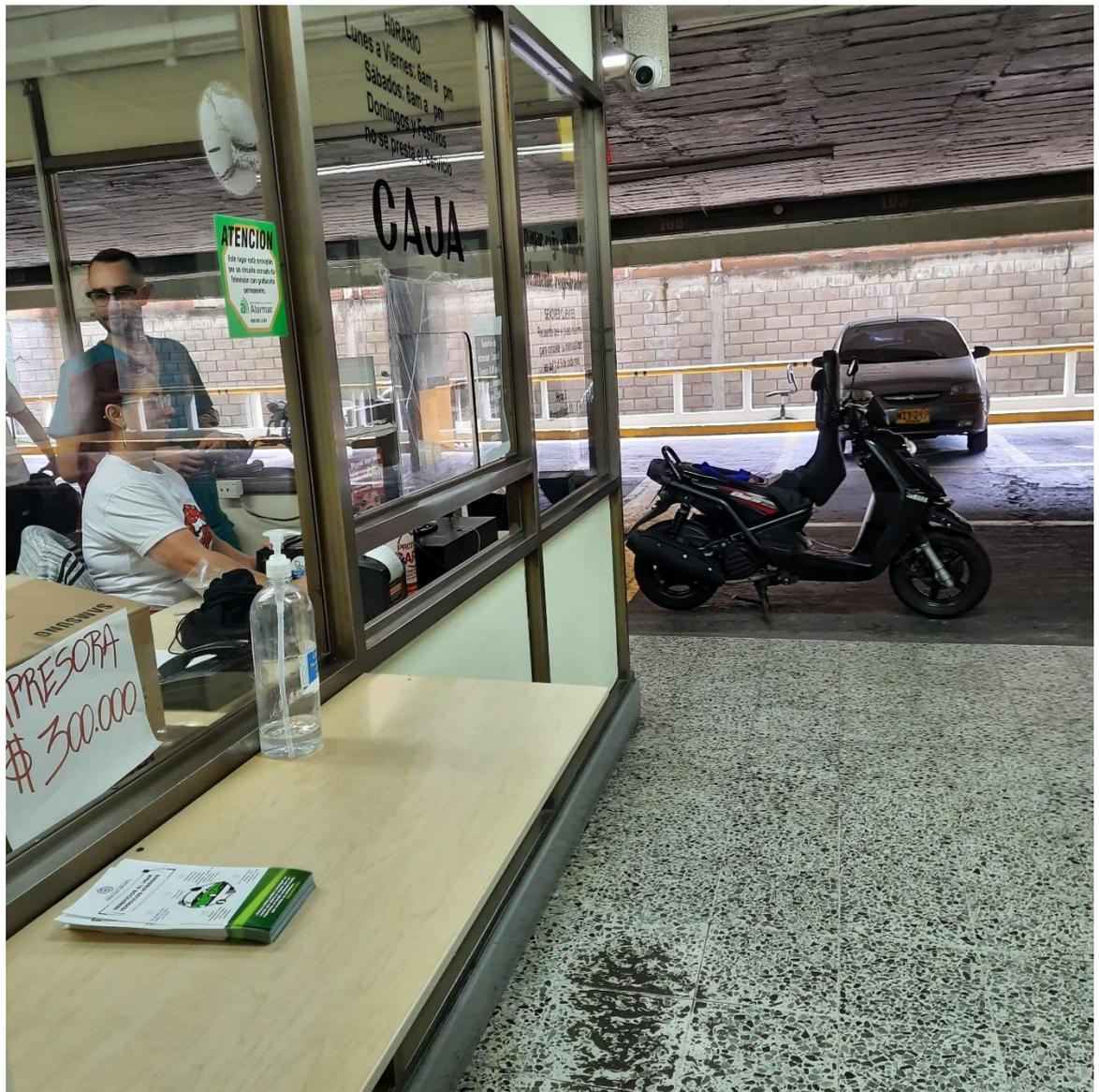
Al culminar nuestro acercamiento a la comunidad por medio de volantes con la información expresamente gráfica, pudimos evidenciar un mayor acompañamiento de las personas de la tercera edad, especialmente en el centro de la ciudad, donde dichas personas mayores eran las más curiosas y se acercaban a observar la información e incluso algunos se animaban a hacer preguntas respecto a la iniciativa. La mayoría de las personas con quienes tuvimos la oportunidad de compartir no tenían conocimiento de que estos vehículos se pueden cargar incluso desde la comunidad del hogar como lo hacemos con la mayoría de nuestros dispositivos tecnológicos.

Hubo un acercamiento con personas en las estaciones del metro, en general hubo un buen apoyo ya que las personas solían ser amables y en especial en las estaciones del Metro Plus se veía agrado probablemente al ser un sistema que cada vez la apuesta con mayor fuerza a la transición energética de sus buses articulados.

En este proceso de dar a conocer a la comunidad un poco más sobre los beneficios que otorga la transición energética automotriz, recorrimos diferentes barrios de la ciudad de Medellín, especialmente las zonas de Belén, La candelaria, Barrio Colombia y el Poblado, parqueaderos, negocios de repuestos comerciales, compraventas, además de vehículos y hogares de las personas de la comunidad. A continuación, adjunto imágenes de los recorridos y lugares donde hicimos presencia, teniendo en consideración que se adjunta al trabajo un comprimido con más fotos que pueden servir como evidencia del proceso que llevamos conjunto la comunidad.













3. Conclusiones y recomendaciones

3.1 Conclusiones

- El desconocimiento por estas tecnologías llega a tal punto que los colombianos se privan de acceder a ellas por mitos urbanos como la falta de potencia, autonomía, entre otros.
- Los vehículos eléctricos son aptos y una solución a mediano plazo para la problemática ambiental generada por el parque automotor.
- La infraestructura en términos de movilidad eléctrica, aunque aún es limitada, es suficiente e idónea para cubrir la gran mayoría de los viajes programados, incluso si se trata de un viaje intermunicipal, las principales vías nacionales ya cuentan con puntos para poder recargar estos vehículos en mitad del camino, se debe hacer un enfoque en la trazabilidad de la ruta para no tener dificultades respecto a la carga, pero con una buena planificación no debería ser inconveniente alguno.
- El sistema de beneficios arancelarios que se poseen actualmente los propietarios de vehículos eléctricos debe fortalecerse ya que es insuficiente, motivo por el cual debe añadirse sistemas de financiamiento que sea flexible no solo para la adquisición de dichos vehículos sino también de sus complementos como el punto de carga casero que ofrecen algunos privados.

Bibliografía

[1]: C. A. Argote (2021, noviembre 2). Colombia reducirá en 51% la emisión de gases efecto invernadero para el año 2030. [Online] Disponible: <https://www.larepublica.co/economia/colombia-reducira-en-51-la-emision-de-gases-efecto-invernadero-para-el-ano-2030-3255637>

[2]: Ómar G. Ahumada Rojas (2018, agosto, 1). La mitad del país no cuenta con control del tránsito de vehículos. [Online] Disponible: <https://www.portafolio.co/economia/la-mitad-del-pais-no-cuenta-con-control-del-transito-de-vehiculos-519533>

[3]: Adoptado de “Cómo volver sostenible la movilidad en Colombia?” publicado por: Andemos (2018, mayo 30) Disponible: <https://www.andemos.org/index.php/2018/05/30/como-volver-sostenible-la-movilidad-en-colombia/>

[4]: UPME, “Biocombustibles en Colombia” Ministerio de Minas y Energía, ed., Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME, 2015, p. 22.

[5]: Congreso de Colombia (2001, septiembre, 19). Ley 693. [Online] Disponible: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=19114>

[6]: Fedecombustibles (2018, febrero 27). Normativa general de los Biocombustibles en Colombia. [Online] Disponible en: <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/main-pagina-id-29.htm>

[7]: Redacción Portafolio. (2021, abril 29). La mezcla de etanol local debe superar el 10%. [Online] Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/la-mezcla-de-etanol-local-debe-superar-el-10-551506>

[8]: Redacción vehículos (2021, julio, 30). VERDADES DE LA GASOLINA. [Online] Disponible: <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/verdades-gasolinas-colombia/36829>

[9]: O. J. Restrepo Mantilla (2021, enero 24). Ecopetrol anunció mejoras en la gasolina colombiana: ahora con 50 ppm de azufre. [Online] Disponible: <https://www.elcarrocolombiano.com/industria/ecopetrol-anuncio-mejoras-en-la-gasolina-colombiana-ahora-con-50-ppm-de-azufre/>

[10]: Adoptado de 'Verdades de la gasolina' publicado por El tiempo (30 Julio 2021) Disponible en: <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/verdades-gasolinas-colombia/36829#:~:text=O%20sea%2C%20la%20corriente%20sale,octanos%20si%20la%20base%20mejora>

[11]: Países productores de yuca en 2019. (2021, Julio) Disponible: <https://blogagricultura.com/paises-productores-yuca-2019/>

[12]: J.A. Quintero, M. I. Montoya, O.J. Sanchez, O.H. Giraldo y C.A. Cardona. "Fuel ethanol production from sugarcane and corn: comparative analysis for a Colombian case". (2007, noviembre 13)

[13]: Informe general de cifras registro inicial de vehículos y motocicletas, Andemos asociación nacional de movilidad sostenible, Bogotá, Colombia. Primer informe, enero 2021.

[14]: Informe general de cifras registro inicial de vehículos y motocicletas, Andemos asociación nacional de movilidad sostenible, Bogotá, Colombia. Octavo informe, septiembre 2021.

[15]: Adoptado de "agosto 2021: Continúa el crecimiento en el sector colombiano" publicado por: Andemos (2021, septiembre 1) Disponible en: <https://www.andemos.org/index.php/2021/09/01/agosto-2021-continua-el-crecimiento-en-el-sector-colombiano/>

[16]: "2020 INRIX Global Traffic Scorecard Interactive Ranking & City Dashboard" INRIX (2020) Disponible: <https://inrix.com/scorecard/>

[17]: Ministerio de Tecnologías de la información y las Comunicaciones, "Parque Automotor", Gobierno nacional publicado 14 Julio 2016 y actualizado 11 Julio 2019. Disponible: <https://www.datos.gov.co/>

[18]: ANDEMOS " ¿Cómo volver sostenible la movilidad en Colombia? " publicado por: Andemos (2018, mayo 30) Disponible en: <https://www.andemos.org/index.php/2018/05/30/como-volver-sostenible-la-movilidad-en-colombia/>

[19]: Bogotá y Cundinamarca otorgarán beneficios en impuestos a híbridos y eléctricos. Publicado por: Carro ya (2021, julio 13) [Online] Disponible: <https://www.carroya.com/noticias/noticias-y-lanzamientos/bogota-y-cundinamarca-otorgaran-beneficios-en-impuestos-hibridos-y>

[20]: ABB (sin fecha de publicación). Carga Rápida de Vehículos Eléctricos: El cargador ultrarrápido Terra 51 adapta la tecnología a las costumbres de sus usuarios. [Online] Disponible: <https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/newsletters/actualidad-colombia/actualidad-1212.pdf?sfvrsn=2>

[21]: Presentado en: The 12th International Conference on Tritium Science and Technology (Tritium 2019) in Busan, South Korea.

[22]: Smartgridsinfo (2021, octubre 11). La universidad de Castilla-La Mancha inaugura dos puntos de recarga en el campus de Cuenca. [Online] Disponible en: <https://www.smartgridsinfo.es/2021/10/11/universidad-castilla-la-mancha-inaugura-dos-puntos-recarga-campus-cuenca>

[23]: S. Lancheros (2019, septiembre 19). Metroplús adelanta instalación de 16 estaciones de carga para los nuevos buses eléctricos. [Online] Disponible en: <https://telemedellin.tv/metroplus-estaciones-de-recarga-nuevos-buses-electricos/353558/>

[24]: El tesoro (sin fecha de publicación). Eco Parking. [Online] Disponible en: <https://eltesoro.com.co/servicio/eco-parking/>

[25]: La república (2022, mayo 11). En un año se instalaron 109 electrolinerías y 238 conectores en las carreteras del país. [Online] Disponible en: <https://www.larepublica.co/infraestructura/en-un-ano-se-instalaron-109-electrolineras-y-238-conectores-en-las-carreteras-del-pais-3247771>

[26]: Autos de primera (2019, diciembre 26). Puntos de recarga particulares, una solución para cargar la batería de un vehículo eléctrico. [Online] Disponible en: <https://autosdeprimera.com/puntos-recarga-electricidad-particulares/>

[27]: Nicholas. (2019). EV Charging Cost in US