



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**

Sistema de carga para vehículos eléctricos aplicados al área metropolitana de Bucaramanga

**AUTORES**

Diego Armando Comba Cifuentes 1116546442

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS  
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
FECHA DE PRESENTACIÓN 22-11-2019**



**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO**

Sistema de carga para vehículos eléctricos aplicados al área metropolitana de Bucaramanga

**AUTORES**

Diego Armando Comba Cifuentes 1116546442

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Tecnólogo en Electricidad Industrial**

**DIRECTOR**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA - GIE

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS  
TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
FECHA DE PRESENTACIÓN 22-11-2019**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del Jurado

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto que representa la culminación de un ciclo académico importante en mi vida, a mi familia, quienes con su apoyo han sido el motor y motivación de cada proyecto personal que he realizado en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mis más profundos agradecimientos a todas las personas que han hecho parte de este proceso académico durante mi estancia en la universidad. A todos los ingenieros y maestros que han compartido conmigo no solo su conocimiento intelectual sino también sus experiencias laborales, las cuales han ayudado a desarrollar mis competencias.

Pero me gustaría dar un agradecimiento especial al ingeniero MPE Fabio Alfonso González por haber sido una guía durante este proceso académico con su amabilidad, paciencia conocimiento, experiencia y dedicación.

## TABLA DE CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</b>                               | <b>11</b> |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....   | 11        |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN .....  | 13        |
| 1.3. OBJETIVOS .....  | 15        |
| 1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....   | 15        |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 15        |
| <b>2. MARCO REFERENCIAL.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>3. DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....</b>                                       | <b>62</b> |
| 4.1. PASOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO BAJO LA METODOLOGÍA DEL MARCO LÓGICO. .... | 62        |
| 4.1.1 MATRIZ DE INVOLUCRADOS.....   | 62        |
| 4.1.2 ÁRBOL DE PROBLEMAS. ....  | 64        |
| 4.1.3 ÁRBOL DE OBJETIVOS.....   | 65        |
| 4.1.4 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN. ....  | 66        |
| 4.1.5 MATRIZ DE MARCO LÓGICO. ....  | 66        |
| 4.1.6 DOCUMENTO TÉCNICO. ....   | 68        |
| 4.1.7 HILO CONDUCTOR.....   | 71        |
| <b>5. CONCLUSIONES .....</b>  | <b>73</b> |
| <b>6. RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>74</b> |
| <b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>75</b> |
| <b>8. ANEXOS.....</b>   | <b>80</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Estructura de la estación de la estación de carga pública EV .....                               | 21 |
| Figura 2. Visión de las Smart Grid, presente y futuro .....  | 24 |
| Figura 4. Renault Twisy .....  | 26 |
| Figura 3. BMW i3.....  | 26 |
| Figura 5. BYD Yuan.....  | 26 |
| Figura 6. Renault Zoe .....  | 26 |
| Figura 7. Kia Niro.....  | 26 |
| Figura 8. Pila voltaica de discos de cobre y de zinc y capas húmedas .....                                 | 27 |
| Figura 9. Batería de inicios del siglo xx.....   | 27 |
| Figura 10. Baterías absorbentes de malla de fibra de vidrio.....   | 28 |
| Figura 11. Celda compuesta de un electrolito, grafito y óxido de metal.....                                | 29 |
| Figura 12. Circuito equivalente de una batería eléctrica.....  | 29 |
| Figura 13. Panorama mundial de la demanda de baterías de iones de litio .....                              | 32 |
| Figura 14. Puntos de carga públicos instalados a nivel mundial .....                                       | 34 |
| Figura 15. Ventas de vehículos eléctricos antes y ahora .....  | 35 |
| Figura 16. Consumo anual de electricidad de pasajeros Evs, Evs comerciales y autobuses<br>eléctricos ..... | 36 |
| Figura 17. Tecnología de carga .....   | 38 |
| Figura 18. Modos de carga 1 .....  | 39 |
| Figura 19. Modos de carga 2 .....  | 40 |
| Figura 20. Modos de carga 3 .....  | 41 |
| Figura 21. Modos de carga 4 .....  | 42 |
| Figura 22. Estación de carga eléctrica en Bucaramanga .....  | 43 |
| Figura 23. Circuito intermedio.....  | 44 |
| Figura 24. Conexión de capacitores y resistencias (esquema de conversor) .....                             | 44 |
| Figura 25. Filtro con topología .....  | 45 |
| Figura 26. Estrategia de control .....   | 45 |
| Figura 27. Topología de convertidor DC/DC .....  | 46 |
| Figura 28. Modelo de batería ion litio .....   | 47 |
| Figura 29. Infraestructura de carga.....   | 47 |
| Figura 30. Instituciones comprometidas en la realización de normativas y regulación .....                  | 55 |

**LISTA DE TABLAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Estándar de emisiones europea para automóviles. Unidades (g / Km)..... | 14 |
| Tabla 2. Tipos de baterías .....  | 30 |
| Tabla 3. La evolución del vehículo eléctrico.....                               | 32 |
| Tabla 4. Mitos y realidades del transporte eléctrico .....                      | 35 |
| Tabla 5. Millas por galón por fuente de electricidad .....                      | 35 |
| Tabla 6. Tipos de conectores para Evs .....                                     | 48 |
| Tabla 7. Características de los cargadores más comunes .....                    | 51 |
| Tabla 8. Incentivos de vehículos eléctricos en Colombia .....                   | 53 |
| Tabla 9. Incentivos internacionales .....                                       | 56 |
| Tabla 10. Matriz de involucrados .....  | 62 |
| Tabla 11. Matriz de Marco Lógico .....  | 66 |
| Tabla 12. Documento técnico .....   | 68 |
| Tabla 13. Hilo conductor .....  | 71 |
| Tabla 14. Costos por rubros.....  | 72 |



## RESUMEN EJECUTIVO

El incremento progresivo del consumo de los combustibles fósiles ha traído para la sociedad desarrollo, sobre todo en el sector transporte el cual siempre se ha visto en constante cambio, buscando ser cada vez más eficientes con una menor dependencia a combustibles fósiles. Hoy en día los vehículos eléctricos se muestran como el siguiente paso en la evolución del sector transporte, en donde las grandes empresas cada día invierten más recursos en el desarrollo de las baterías y estaciones de carga.

Actualmente en el área metropolitana de Bucaramanga se encuentran en movilización 7 vehículos eléctricos que representan un ínfimo porcentaje en una ciudad donde existe un vehículo (moto, carro o camioneta) por cada dos habitantes, esto acompañado de un crecimiento demográfico vertical con la construcción de edificios en un pequeño espacio urbano, lo cual trae consigo contaminación atmosférica y auditiva. Por lo anterior se hace necesario desarrollar la idea de del presente proyecto que representa una oportunidad viable y moderna para enfrentar los problemas ambientales y de movilidad que afectan a la población.

Estos resultados se esperan obtener a partir de la experiencia que han obtenido otros países por la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos, además de proponer regulaciones claras que faciliten el desarrollo de servicios de carga eléctrica de empresas que ofrecen otras clases de servicios como lo centros comerciales, hoteles lugares recreacionales entre otros., con el fin de que así se logre la asociación de los estándares y la operatividad conjunta de los sistemas de carga, para que no choquen con normativas como lo son el plan de ordenamiento territorial (POT) y el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE).

### **PALABRAS CLAVE.**

Vehículos eléctricos, calentamiento global, estación de carga, área metropolitana, monografía, ubicación de estaciones.

## INTRODUCCIÓN

En el presente, existe la creciente preocupación por el cambio climático, acelerado por la emisión de gases contaminantes al medio ambiente que ha traído como consecuencia climas extremos y una mala calidad del aire que respiramos. Por consiguiente, se ha impulsado una serie de políticas ambientales que mitiguen la emisión de estos gases.

Por lo anterior los vehículos a combustión han sido referenciados como uno de los principales causantes del efecto invernadero, esto es debido a que las eficiencias de los motores de los vehículos a combustión tan solo llegan a una eficiencia del 30% de la energía del combustible.

Todo lo anterior ha motivado a que las grandes casas automotrices, diseñen vehículos tecnológicamente más desarrollados con una mejor eficiencia y una menor generación de gases contaminantes además han puesto en marcha de diversos proyectos de investigación en la búsqueda de nuevos combustibles que puedan reemplazar a los existentes convencionales. Gracias a esta necesidad, los vehículos eléctricos se perfilan como una opción alternativa viable, tangible y amigable con el medio ambiente, disminuyendo la emisión de gases expulsados a la atmosfera y disminuyendo la dependencia a combustibles fósiles.

Durante los últimos años y gracias a los grandes proyectos de investigación que se han desarrollado entorno a los vehículos eléctricos estos han alcanzado un grado de madurez que permiten que estos sean vistos como una alternativa tangible e inmediata, las proyecciones para la próxima década estiman que los vehículos eléctricos alcanzaran el 64% del total de los automóviles urbanos que se movilizan actualmente. Dado que las baterías son una de las principales partes del vehículo eléctrico la interacción de esta con las estaciones de carga será directa e importante para su estudio y posible mejoramiento.

La aparición de nuevos medios de transporte no contaminantes con el medio ambiente no solo introduce una nueva alternativa de movilidad si no también nuevos retos para la operación de los nuevos sistemas de distribución de energía eléctrica, por lo que es importante adentrarse en nuevas metodologías de operación que integren nuevas variables como lo son el concepto de las Smart grid. Estas alternativas consisten en novedosos sistemas de organización que, a través de una operación conjunta, son capaces de disminuir los efectos negativos que se puedan producir sobre la carga de la red mejorando así la calidad del servicio.

En la siguiente monografía se espera Identificar experiencias de otros países en la implementación de estaciones de carga o electrolineras para vehículos eléctricos, y entender a través de éstas las ventajas que trae consigo el desarrollo y la implementación de estos nuevos sistemas. Además, se espera comprender las características de una estación de carga para vehículos eléctricos a través de un estado del arte.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En una sociedad moderna el transporte es vital, el tiempo marca el ritmo de nuestras vidas pues solo se mueve en un solo sentido y no es recuperable. Movilizarse rápido y cómodamente es una necesidad diaria, lo que provoca que cada año aumente la compra de vehículos. En Colombia se han registrado más de 14500 vehículos en lo que va de corrido hasta el mes de abril del año 2019, la misma cantidad de vehículos que se registraron en su totalidad del año pasado, según cifras registradas en el parque automotor del RUNT.(Mintransporte, 2019)

Además, se estima que cerca del 40% de la energía que consume el país se concentra en el sector transporte, del cual el 99 % corresponde a derivados de los hidrocarburos, asimismo se suma la realidad geográfica y demográfica del país, lo que hace más difícil el recorrido a través de los medios terrestres, convirtiendo el sector transporte en el ítem de mayor consumo energético del país y a la vez en el mayor generador de emisiones de CO2 entre otros contaminantes, así este sector se alza como la mayor erogación a cuanto a recursos de presupuesto se requiere, pues el mantenimiento de las vías y una serie de subsidios a los combustibles hacen que se mantenga esta actividad. Unidad de planeación Minero Energética - (UPME), 2017

Debido a lo anterior y a un rápido crecimiento demográfico en el área metropolitana que trae consigo el crecimiento del parque automotor se hace necesario, buscar e implementar nuevas alternativas a la movilidad, pues el aumento de vehículos en una zona urbana densamente poblada trae consigo un aumento circunstancial de la contaminación del aire, como se logra evidenciar en el reporte mensual del sistema de vigilancia de calidad del aire (Eolo) del área metropolitana de Bucaramanga, en donde los últimos siete meses se evidenció un deterioro de la calidad del aire llegando a niveles que perjudican la salud humana.(AMB, 2019a)

El motor eléctrico hoy en día es 4 veces más eficiente que los motores tradicionales que utilizamos actualmente. La tecnología ya se encuentra disponible, y la única barrera que queda por derribar es conseguir un mayor desarrollo de las baterías, para lograr así una mayor autonomía por cada recarga a un costo razonable. Las propuestas contempladas van desde vehículos que combinan un motor de combustión de bajo consumo y un motor eléctrico que son conocidos como vehículos híbridos, hasta vehículos completamente eléctricos .(Santamarta, 2009)

La calidad de los vehículos eléctricos representa una opción viable en la disminución de las emisiones de monóxido de carbono y dióxido de carbono, la eficiencia de los vehículos eléctricos que cuadruplica a los de combustión, pues estos aprovechan la energía del frenado que generalmente se perdería por efecto de la disipación de calor generado por la fricción.

Otro punto a favor que representan los vehículos eléctricos a diferencia de los de tradicionales es su baja sonoridad pues estos al carecer de un motor propulsado por

cilindros y de no poseer un tubo de escape se disminuye el margen de frecuencias sonoras en ciudad que en general, va de los 30 Hz cuando el vehículo no está acelerando, hasta los 100 Hz que corresponde a las 3.000 r.p.m. este tipo de energía de baja frecuencia es la que ingresa con facilidad a las viviendas que están ubicados cerca la calle, generando contaminación auditiva y por ende molestias en el diario vivir de las personas. (Barti, 2016)

Los vehículos eléctricos poseen menor cantidad de partes mecánicas, por esta razón su costo de operación es menor a un vehículo convencional, además. Por primera vez en la historia el precio kilómetro recorrido de un vehículo eléctrico versus un vehículo a combustión es mucho más económico lo cual hace viable la movilidad en vehículos eléctricos.(Lixin, 2009)

Por lo anterior se propone la siguiente pregunta de investigación ¿cómo se deben localizar las estaciones de carga eléctrica públicas en el área metropolitana de forma tal que sean efectivas?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Los automóviles a combustión representan un gran porcentaje de las emisiones contaminantes que afectan el área metropolitana, puesto que cada uno de ellos funciona a partir de derivados del petróleo como lo son: el diésel y la gasolina que, al quemarse en el proceso de combustión interna del motor, expide residuos en el aire que afectan la salud de las personas y al medio en que existimos. Además de esto, se suma el crecimiento urbanístico que se ha desarrollado en la meseta del área metropolitana lo cual se traduce como una mayor afluencia de vehículos en zonas densamente pobladas, haciendo esto que los niveles de contaminación se concentren más en unas áreas que en comparación con otras.

**Contaminación atmosférica:** Los vehículos a combustión son una de las principales causas del deterioro de la calidad del aire que respiramos. Según un estudio realizado por el doctor Kento Taro Magara, profesor de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la universidad autónoma de Bucaramanga “La mayor parte de la contaminación proviene de los vehículos y motocicletas que circulan por la ciudad” lo cual podría contribuir al aumento de enfermedades respiratorias.(Magara Gomez, 2019)

**Ruido:** La aglomeración de vehículos en las calles es la principal fuente de ruido de nuestras ciudades. En el área metropolitana de Bucaramanga existe un monitoreo de ruido ambiental en cuatro puntos específicos:

**P1:** carrera 9 calle 45.

**P2:** carrera 27 Av. Gonzáles V.

**P3:** carrera 31 calle 33

**P4:** calle 48 carrera 44.

Esto se hace con el fin de evaluar la incidencia de la medida de la restricción vehicular, sobre los niveles de ruido ambiente donde usualmente se llegan a valores de hasta 75 dB. Esta medida solamente se ve reducida en los días de la aplicación del día sin carro y sin moto donde los puntos P1, P2 y P3 mostraron una reducción considerable de decibeles procedentes de vehículos a combustión, aunque en el punto P4 se evidenció un leve aumento de ruido, esto debido al incremento de tráfico vehicular de transporte público sobre la carrera 33.(AMB, 2019b)

**Transporte público:** El ineficiente sistema de transporte público masivo representa otro factor importante en la problemática de la ciudad, pues estos no son acordes con la expansión de la urbana y el incremento poblacional, además no contempla opciones a largo plazo que permitan descongestionar los problemas graves de movilidad.(Kenney et al., 2011)

**Aumento de demanda de viajes diarios:** Como consecuencia de la falta de un transporte público eficiente, el mercado transportista se ha consolidado en torno al vehículo particular y la adquisición de motocicleta, lo cual contribuye enormemente a los diferentes tipos de contaminación que producen los vehículos a combustión.

Un automóvil genera en promedio 175 g CO<sub>2</sub> /Km y en Europa esperan poder legislar, para disminuir esa medida y hacerla menos perjudicial para la salud. Existen diferentes estándares de que regulan las emisiones de vehículos a combustión en el mundo como lo son la normativa EURO que clasifican los vehículos según en su tipo de encendido si es por chispa o por compresión y tienen clasificación de concentración para CO, Hidrocarburos, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>. En Colombia solo exigen para vehículos automotores que cumplan con la norma EURO IV y para motocicletas EURO III lo cual demuestra el atraso tecnológico en materia de transporte en que nos encontramos.(Quintana, 2014)

Tabla 1. Estándar de emisiones europea para automóviles. Unidades (g / Km).

| Estándar | Fecha | CO  | THC   | NO <sub>x</sub> | PM    |
|----------|-------|-----|-------|-----------------|-------|
| Euro I   | 1992  | 9.1 | 1.98  | 14.4            | 0.648 |
| Euro II  | 1998  | 7.2 | 1.98  | 12.6            | 0.270 |
| Euro III | 2000  | 3.8 | 1.188 | 9.0             | 0.180 |
| Euro IV  | 2005  | 2.7 | 0.828 | 6.3             | 0.036 |
| Euro V   | 2008  | 2.7 | 0.828 | 3.6             | 0.036 |
| EEV      | 2005  | 2.7 | 0.450 | 3.6             | 0.036 |
| Euro VI  | 2013  | 2.7 | 0.234 | 0.7             | 0.018 |

Fuente: (Quintana, 2014).

**Presiones ambientales:** Hoy en día existen un interés generalizado de la sociedad y sobre todo de los países con mayor desarrollo económico en disminuir su dependencia energética de los combustibles fósiles, sin resignar sus altos estándares de desarrollo, pero esto contrasta con los estudios realizados de la Agencia Internacional de Energía (AIE) donde según sus proyecciones las demandas mundiales de energía se incrementarán entre un 40 y 50 % hasta el 2030, siendo el petróleo el combustible primario en el sector transporte.

El estado actual de las reservas energéticas es estable en recursos como el gas y el carbón, pero con el petróleo el asunto no es alentador pues las reservas se han visto comprometidas dando origen a nuevas tecnologías contaminantes para mejorar la eficiencia de producción como lo es la fracturación hidráulica o fracking.(Ambiente & Madrid, 2010)

Este trabajo es de gran interés para el programa de ingeniería eléctrica pues contribuye al desarrollo de las competencias de investigación y alternativas de solución a problemas de ingeniería eléctrica, además sienta las bases académicas para futuros estudiantes que se interesen por la temática o que deseen profundizar en este tipo de proyectos. La coordinación de electricidad con su grupo de investigación de energía GIE y el semillero de investigación AGE ha sido el pilar fundamental para el desarrollo de este proyecto, pues gracias al incentivo fundamentado en las reuniones semanales, se ha generado el ambiente propicio para la discusión de diferentes temas orientados a Alternativas de Generación de Energía.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer criterios para la ubicación de estaciones de carga de vehículos eléctricos mediante experiencias en otros países.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar experiencias de otros países en la implementación de estaciones de carga para vehículos eléctricos, y entender a través de éstas las ventajas que trae consigo la implementación de estos nuevos sistemas.
- Proponer el enfoque Legal y normativo para determinar cómo incluir las estaciones de carga para vehículos eléctricos en los planes de ordenamiento territorial POT y en la reglamentación del RETIE que no contempla normas para estos sistemas.
- Determinar las características de una estación de carga para vehículos Eléctricos a través de un estado del arte, para establecer una propuesta inicial para su futura implementación.
- Realizar el estado de arte de la situación actual del vehículo eléctrico en Colombia y observar el desarrollo tecnológico en el que se encuentra a nivel mundial, para contemplar posibles desarrollos a futuro.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### Marco Legal:

En el país no existen leyes que incentiven la movilidad eléctrica más allá de la excepción de pico y placa y una tarifa diferencial del 5 % del IVA, lo cual dificulta la visión de la UPME hacia el uso de ahorro energético y uso de energías limpias en el país.

Pero en estos momentos se encuentra en la cámara de representantes el proyecto por el cual se incentiva el uso de vehículos eléctricos, a través de la cual se tiene como fin fomentar el uso de automóviles eléctricos por medio de incentivos y beneficios para propietarios, con el fin de promover a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Disposiciones constitucionales aplicables:

- Artículo 79:

La Constitución Política, en su artículo 79, consagra que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano”. Por lo tanto, es urgente que el gobierno opte medidas que contribuyan a que las personas puedan ejercer este derecho a través de energías limpias que mejoren la calidad de vida de las personas. (Congreso de la República de Colombia, 1991)

Disposiciones legales:

- Ley 23 de 1973:

La Ley 23 de 1973 pretende “prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional.” Además esta ley infiere que el “medio ambiente es un patrimonio común” y por consiguiente su cuidado y mejoramiento son “actividades de utilidad pública” en donde participe el gobierno y la comunidad, esta misma ley indica como contaminación “alterar el medio ambiente con elementos o formas de energía puestas allí por la alteración de comunidades o de la naturaleza en cantidades, concentraciones o niveles capaces de interferir con el bienestar y la salud de las personas” .Además se establece como “bienes contaminables el aire, el agua y el suelo”. Simultáneamente le otorga al estado la posibilidad de “crear los medios y estímulos económicos para crear programas e iniciativas direccionadas a proteger el medio ambiente”.(Congreso de la República de Colombia, 1973)



- Ley 99 de 1993:

En diciembre de 1993 se crea en Colombia el ministerio de medio ambiente y se reorganiza el sector público encargado del trámite y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Este ministerio se crea bajo la premisa de que “El desarrollo económico y social del país se orientara según los principios generales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo”.(Congreso de la República de Colombia, 1993)

- Ley 164 de 1994:

La ley 164 de 1994 por la cual Colombia se incorpora a la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático" en donde todos los países asistentes reconocieron que “tomando en cuenta las posibilidades de lograr una mayor eficiencia energética y de controlar las emisiones de gases de efecto invernadero en general, entre otras cosas mediante la aplicación de nuevas tecnologías en condiciones que hagan que esa aplicación sea económica y socialmente beneficiosa”.(Congreso de la República de Colombia, 1994)

- Ley 1819 de 2016

Por medio de la cual se adopta una reforma tributaria en la cual los inversores de carga eléctrica para uso en vehículos eléctricos e híbridos; para el transporte de 10 o más personas, incluido el conductor; vehículos eléctricos, híbridos concebidos principalmente para el transporte de personas, incluidos los vehículos de tipo familiar y los de carreras; y los vehículos automóviles eléctricos e híbridos. Para el transporte de mercancías son bienes con tarifa diferencial del 5 % lo cual los hace la excepción a la normativa general que goza de un valor superior.(Congreso de la República de Colombia, 2016)

## **MARCO AMBIENTAL:**

El cambio climático es uno de los problemas más grandes de los que se enfrenta la sociedad y se encuentra en el momento crucial de tomar decisiones. Desde cambios en los patrones meteorológicos que alteran la producción agrícola, hasta derretimiento de los polos, que incrementa el riesgo de inundaciones catastróficas. Los efectos del calentamiento global tienen el alcance de repercutir a toda la humanidad durante décadas, Si no se toman decisiones inmediatas que remedien este efecto, el mundo como lo conocemos hoy cambiara para siempre.

Los gases de efecto invernadero que se producen de forma natural en la tierra por medio de eventos naturales como lo son el vapor de agua o los gases que emanan los volcanes activos. Son elementos esenciales para desarrollar la vida en la tierra, Pero gracias al desarrollo económico que trajo consigo a modernización de la industria como lo fue la revolución industrial origino consigo un enorme problema como lo es la tala de árboles discriminada y la agricultura a nivel industrial, esta clase de prácticas han incrementado la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera como nunca se ha visto en años

anteriores. A medida que las sociedades se expanden y crecen también lo hace la acumulación de gases de efecto invernadero.(ONU, 2019)

En octubre de 2018, un grupo internacional de científicos determinó que, para mantener el límite del aumento de la temperatura de la tierra a 1,5°C, se requerirían tomar acciones inmediatas o si no se llegará al punto de que hallan consecuencias irremediables para el medio ambiente. Comparando las ventajas de mantener el límite en esta temperatura y no en una mayor, encontraron que es más fácil tomar acciones inmediatas para lograr la meta propuesta.

Además, se llegó a la conclusión que para limitar el calentamiento de la tierra a 1,5°C se requerirán tomar medidas drásticas e inmediatas en todos los frentes contaminantes como industria, transporte, edificios, entre otras. Todo esto es posible a través de la introducción de sistemas de distribución y la integración de vehículos eléctricos.(IPCC, 2014)

**Protocolo Kyoto:** en 1995 los países más industrializados del mundo se reunieron y tomaron medidas para combatir el calentamiento global, optando por adoptar el Protocolo de Kyoto. Este protocolo obliga legalmente a todos los países desarrollados a reducir las emisiones generadas en sus territorios. La primera etapa del compromiso del Protocolo inicio en 2008 y culmino en 2012. El inicio de la segunda etapa del compromiso comenzó el 1 de enero de 2013 y terminará en 2020. En la actualidad, 197 Partes en la Convención y 192 en el protocolo de Kyoto.(Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, 1998)

**Acuerdo de París:** En la 21ª Conferencia en París el 2015, los países más industrializados de mundo llegaron a un acuerdo sin precedentes sobre el calentamiento global, en donde decidieron agilizar y aumentar las acciones y transposiciones necesarias para un futuro sostenible con ceros emisiones contaminantes. El Acuerdo de París es la convención en donde todos los países integrantes luchas por un objetivo común combatir el calentamiento global. El principal objetivo del Acuerdo de París es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático previendo el aumento de la temperatura de la tierra en 1,5 °C a través de la implementación de nuevas tecnologías no contaminantes y en el fortalecimiento en los convenios de ayuda a los países menos desarrollados, para que tengan un crecimiento acorde al objetivo común, combatir el calentamiento global.(Cop21, 2015)

## MARCO TEÓRICO:

**Vehículos eléctricos a batería (Battery Electric Vehicles – BEVs):** Este tipo de transporte es propulsado por electricidad almacenada en una batería de alta duración. Las baterías suelen ser de ion litio o de níquel hierro. Ya que los vehículos funcionan con electricidad, las emisiones de CO2 yT2W, es cero. A si mismo las emisiones para producir electricidad, construir y reciclar los automóviles y las baterías, no están contabilizadas en esta definición. Las baterías se cargan de la red eléctrica convencional o en las estaciones carga que se encuentren en la ciudad.(Frieske, Kloetzke, & Mauser, 2014)

**Batería plomo-ácido:** Las baterías hechas de plomo ácido son las baterías más antiguas que existen en el mercado y tienen una baja eficiencia en comparación carga peso y volumen. Su principal desventaja es su tamaño el cual ocupa demasiado volumen, pero su vida útil es alta y de bajo coste, además su porcentaje de reciclaje supera el 90%. Para conseguir una autonomía de 50 km con una máxima velocidad de 70 km/h se requieren más de 400 kg de baterías de plomo ácido. El tiempo para recargar la batería varía entre 8 y 10 horas.(Velasco, Licea, & Rodriguez, 2017)

**Batería Níquel Cadmio (NiCd):** Las baterías de níquel cadmio funcionan a partir de un ánodo de níquel y de un cátodo de cadmio. Estas baterías poseen una gran gran duración, pueden llegar a tener hasta 1500 ciclos(recargas), pero poseen una densidad energética baja (50 Wh/kg).(Santamarta, 2009)

**Baterías de níquel hidruro metálico (NiMH):** Las baterías compuestas de este material metálico son muy similares a las de níquel cadmio, pero sin su compuesto tóxico, por lo que su afectación al medio ambiente es bajo. , Su densidad energética asciende a unos 80 Wh/kg Estas baterías poseen una mayor capacidad en comparación con las de níquel cadmio su eficiencia podría hasta ser 3 veces mayor.(Mpa, 2011)

**Baterías de lones de litio (Li-ion):** Las baterías de litio son las baterías más recientes del mercado, su desarrollo se debe al desarrollo de la tecnología telefónica., estas baterías no sufren del efecto memoria, Su densidad energética asciende a unos 115 Wh/kg. Estas baterías de iones de litio son las más usadas por los celulares, cámaras digitales computadores portátiles, cámaras, reproductores de MP3, y por consiguiente existe una gran posibilidad que alimenten la nueva era de vehículos eléctricos e híbridos. A pesar de sus grandes cualidades las baterías de litio presenta algunos inconvenientes considerables como lo son las reservas mundiales de litio que son escasas el cote de su producción y el sobrecalentamiento en su uso.(Hockicko et al., 2018)

**Baterías de polímero de litio:** Esta batería posee una tecnología similar a las baterías de iones de litio, pero con una diferencia en su densidad energética pues esta es mayor, se caracteriza por un diseño ligero y una tasa de descarga superior. Entre sus falencias presenta una un mal funcionamiento si se sobrecalienta o si su entrega de energía se hace por debajo de su voltaje.(Yu, Yang, Bao, & Cheng, 2012)

**Baterías Zebra (NaNiCl):** Las baterías zebra están compuestas de sodio níquel y cloro son las baterías más prometedoras del mercado. Tienen una alta densidad energética, y tienen una temperatura de operación que va de 270 °C a 350 °C, razón por la cual se requiere un aislante. Son ideales en buses grandes. En Suiza, se construye la primera casa matriz para la construcción a gran escala de este tipo de baterías. Entre sus falencias se encuentra, están las pérdidas térmicas cuando no se usa la batería. En la actualidad tan solo existe un vehículo eléctrico con baterías de este tipo con una carga de 17,5 kWh. La autonomía de estos vehículos eléctricos es va de 60 a 250 kilómetros, bajo ciertas condiciones.(Santamarta, 2009)

**Vehículos híbridos eléctricos (Hybrid Electric vehicles - HEVs):** Los vehículos eléctricos son los vehículos más comunes existentes en la sociedad. Estos vehículos combinan la

eficiencia de un motor tradicional y de un motor eléctrico para llevar a su máxima eficiencia el combustible consumido por el vehículo. El motor a combustión carga la batería permitiendo así un recorrido autónomo utilizando solo la batería eléctrica. Algunos modelos mejor desarrollados tecnológicamente pueden combinar los dos tipos de motores en circunstancias que se requiera una mayor potencia. Algunos vehículos eléctricos un motor que acciona el freno de las llantas traseras, permitiendo así una mayor tracción en las 4 ruedas.(Yaich, Hachicha, & Ghariani, 2016)

**Vehículos eléctricos de autonomía extendida (Extender Range Electric vehicles– (E-REVs)):** esta clase de vehículos son similares a los eléctricos, pero utilizan un motor tradicional de combustión para cargar la batería eléctrica. Esta batería permite una autonomía de 80 km, el vehículo también puede trabajar en solitario con electricidad. La batería se puede recargar a través del motor de combustión interna o a través de una toma de energía o de una estación de carga. Una vez una vez consumida la batería eléctrica, el motor interno de combustión que posee, comienza a funcionar como una especie de generador para cargar la batería y suministrar una carga extra. La discrepancia con el motor híbrido es que el motor a combustión del vehículo eléctrico de autonomía extendida nunca proporciona potencia en forma directa a las ruedas.(Dickinson & Nasri, 2014)

**Vehículos a Hidrógeno con Celdas de Combustible (Full Cell Electric Vehicles - FCEVs):** Los vehículos a hidrogeno con celdas de combustibles son vehículos eléctricos, pero su fuente de alimentación es una celda de combustible de corriente directa. Esta clase de vehículo genera electricidad a través de una reacción de hidrogeno y oxígeno. El llenado de combustible es de aproximadamente 3 minutos y sus emisiones no son más que vapor de agua. En el mundo hay unas pocas decenas de este tipo de automóviles a manera de prototipos.(Gil & Prieto, 2013)

**Voltaje:** El voltaje es la diferencia de potencial entre dos puntos. En una batería eléctrica el voltaje se referencia como en serie de todas sus celdas sumadas entre sí; al mismo tiempo el voltaje en una batería eléctrica depende de su material de fabricación y del rendimiento de estos mientras operan.(Leonel, 2016)

**Capacidad:** “La capacidad de una batería depende de la corriente que esta pueda suministrar”. El circuito de conexión de una batería eléctrica depende de la capacidad de energía que desee entregar, para que una batería pueda entregar una mayor corriente, esta debe conectarse en paralelo. Entre mayor el número de baterías conectadas en paralelo, mayor será la corriente entregada. Las unidades de capacidad de una batería se miden en Amperes-hora/gramo. En teoría, 1 gramo de material puede entregar 96.487 Coulomb o 26.8 Ah.(Leonel, 2016)

**Energía almacenada:** Una de las principales características que se debe tener en cuenta de los vehículos eléctricos, es la energía que puede almacenar sus baterías, pues de ellas depende la autonomía que el vehículo puede ofrecer. La energía almacenada en una batería es la relación de voltaje y su capacidad, sus unidades son Watt-hora (Wh), tal como se muestra en la Figura 1. (Leonel, 2016)

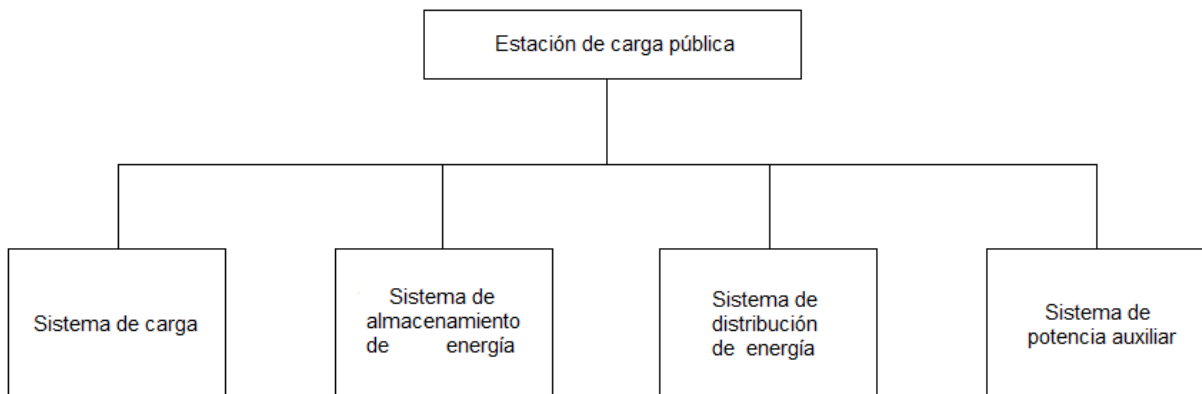
**Energía específica:** Es la cantidad de energía almacenada en una batería por los kilogramos de su peso total. Sus unidades son (Wh/kg). (Liberto et al., 2018)

**Potencia específica:** Es la cantidad de potencia que se puede obtener de cada kilogramo de batería. Sus unidades son (w/kg)".(Leonel, 2016)

**Definición de subsistema en la estación de carga EV:** La estación de carga pública EV generalmente consta de cuatro subsistemas que son: la carga, el almacenamiento de energía, la distribución de energía y la energía auxiliar que usa el subsistema, como se muestra en la figura 1. (Xie & Luan, 2011)

- El sistema de carga (CS): se utiliza para convertir la energía eléctrica que ingresa al sistema en la forma que requiere la batería y luego se suministrada a EV.
- El sistema de almacenamiento de energía (PSS): se utiliza para reservar energía eléctrica en el sistema en períodos de baja carga para usarse en períodos de alta carga.
- El sistema de distribución de energía (PDS): se usa para convertir la energía eléctrica de alto voltaje de la red pública en la de bajo voltaje que la estación de carga EV requiere por los transformadores y luego se distribuye respectivamente al sistema de carga, sistema de almacenamiento de energía y auxiliar poder usando el sistema.
- El sistema de uso de energía auxiliar (APUS): Se utiliza para distribuir la energía eléctrica que ingresa el sistema a varios sistemas y equipos en la estación de carga, como el control de supervisión, el sistema de comunicación e iluminación etc .En la Figura 1 se aprecia el mapa conceptual de una estación de carga pública.

Figura 1. Estructura de la estación de la estación de carga pública EV



Fuente:(Xie & Luan, 2011).

En la antigüedad siempre ha existido la necesidad de crear un vehículo autónomo puesto que el medio de transporte más sofisticado era la carreta halada por caballos, en donde uno de los primeros de proponer una opción diferente fue Sir Isaac Newton; quien tenía la idea de un vehículo a reacción a partir de vapor de agua. Pero esto no se materializó hasta muchos años después gracias a Nicholas Josep Cugnot, donde el principal inconveniente era sus 4,5 toneladas de peso, en ese instante comenzaron a aparecer en el mundo diferentes tipos de vehículos propulsados por vapor de agua.(Festkorperforschung, 1983)

En 1858, Barsanti creo lo que se considera el primer motor mono cilíndrico, funcionaba a partir de una mezcla de hidrogeno y oxígeno, fue la primera creación de movimiento a partir de un pistón cilíndrico que hacia girar una rueda. Pero sin duda alguna uno de los avances más importantes que se dio en esa época en cuanto al motor de combustión, ha sido gracias a Nikolaus August Otto quien creó el primer motor de cuatro tiempos. En 1827 apareció el motor de encendido por compresión, pero no fue hasta 1821 que se dio origen al motor eléctrico de Michael Faraday a través de los cuales producía rotación electromagnética y que actualmente conocemos como motor eléctrico.(Rajashekara, 1994)

Después de unos años de desarrollo el motor de combustión terminaría imponiéndose sobre el motor eléctrico gracias a los continuos desarrollos que tuvo ese que lo hacían tener un mejor rendimiento. Los primeros motores de combustión eran ruidosos monocilíndricos lo que dificultaba su conducción poseían poca fuerza y era necesario poseer conocimientos básicos en mecánica para hacer que funcionaran y para resolver cualquier problema técnico. En cambio el vehículo eléctrico era sencillo de manejar silenciosos no producía humos tóxicos. Su mayor problema en comparación con los vehículos de combustión interna era su autonomía pues 1 kg de gasolina era 500 veces superiores a la contenida en 1 Kg de batería de plomo, lo cual hacia que un automóvil de unos 100 Kg de peso necesitara 300 Kg de baterías para conseguir una autonomía de 50 Km a unos 40 Km/h.

Siguiendo la historia, los avances de los automotores se concentraron en aquellos que funcionaban con combustibles fósiles por la gran autonomía que generaban, pero esto no significo que la idea del vehículo eléctrico desapareciera hasta el punto en que Guastave Trouvé ensamblara el primer vehículo eléctrico de manera completa, aunque en realidad era un triciclo de unos 160 Kg, dos triciclos más le siguieron tanto en Inglaterra como Estados Unidos hasta que en 1880 se construyó el primer vehículo eléctrico de 4 ruedas que recorría las calles de Chicago gracias a William Morrison que llegó a alcanzar velocidades de 22 Km/h, dando esto origen a la primera empresa que comercializó vehículos eléctricos, llamada Morris & Salomon .

En los años venideros diferentes inventores desarrollaron características técnicas más eficientes, en 1899 crearon un vehículo con una carrocería de alineación ligera en forma de torpedo al que llamaron Jamais Cotente, el cual alcanzo una velocidad de 100 Km/h.

En 1900 se presentó un vehículo eléctrico con 4 motores que generaban una autonomía de 100 Km aproximadamente. Ferdinand Porsche lo transformó en un vehículo híbrido, utilizando un motor de combustión para cargar las baterías aumentando así su autonomía. A partir de ese momento creció paulatinamente los fabricantes que apostaron por esta tecnología en Estados Unidos en 1905 habían más de 100 fabricantes de coches híbridos.



Un año después en la feria mundial del automóvil de Estados Unidos realizada en el Madison Square Garden se presentaron 221 vehículos a combustión interna, 25 con motores eléctricos y 10 motores con funcionamiento de vapor de agua. (Vepachedu, Institutes, View, View, & Vepachedu, 2016)

Después de un pasado, como actor secundario el vehículo eléctrico se postula como el favorito en un mundo donde escasea cada vez más los recursos naturales y existe el afán de disminuir las emisiones de gases invernadero, el vehículo eléctrico es la apuesta de las grandes casas matrices automovilísticas en inversión de la investigación de vehículos híbridos y eléctricos puros, como por ejemplo el Leaf de Nissan con un motor de 80 Kw con una batería de iones de litio de 345 voltios y con una autonomía de 160 Km además Mitsubishi presenta el iMiEV posee un motor eléctrico síncrono de 47 kW con una autonomía de 160Km. “El futuro está aquí, y es ahora en que los vehículos eléctricos deben tomar la batuta en todas las áreas de la movilidad”, para así desarrollar un futuro con una verdadera proyección hacia las energías limpias. (Sociedad de Técnicos de Automoción, 2011)

**Electrolinera:** se denomina electrolinera o estación de carga al lugar donde se encuentran el conjunto de equipos que son utilizados para suministrar ca o cc a los diferentes tipos de vehículos eléctricos existentes en el mercado, poseen toma de corriente a través del cual suministran la energía a los EVs que requieren el servicio.

**Tipos de recarga y tiempos:** Los tipos de carga se clasifican según su velocidad, esto quiere decir, el tiempo que lleve recargar las baterías, la recarga depende solamente de la potencia que entrega de la estación de carga o electrolinera. Generalmente se describen dos tipos de recarga lenta y rápida. pero su clasificación específica se ramifica en 5. (Fundación Asturiana de la Energía, 2012)

- **Recarga súper-lenta:** Este tipo de recarga, la intensidad de corriente se limita a 10 A o menos, por no disponer de una instalación eléctrica con la protección adecuada. Para hacer la recarga de una batería al 100% de un vehículo promedio de una capacidad aproximada entre 22 a 24 kWh puede tardar entre 10 y doce 12 horas.
- **Recarga lenta:** La recarga lenta se realiza a 16 A, con una demanda de unos 3,6 kW de potencia. Su tiempo de recarga puede tardar entre 6 y 8 horas.
- **Recarga semi-rápida:** La recarga rápida a nivel internacional se le denomina quick-charge, Se realiza a una potencia de unos 22 kW y su tiempo de carga puede durar entre 1 hora y 1 hora y 1/2.
- **Recarga rápida:** La potencia requerida para este tipo de recarga es mucho mayor en comparación con las anteriores, es de 44 y 50 kW. Su tiempo de recarga puede hacerse de 20 a 30 minutos.
- **Recarga ultra-rápida:** Es la tecnología más moderna y por lo tanto aún se encuentra en etapa de pruebas y desarrollo, las pruebas de esta tecnología se hacen en

autobuses debido a que se requiere instalar acumuladores de tipo supercondensadores, que por su tamaño no se puede instalar en automóviles promedio. El tiempo de recarga es de uno 5 o 10 minutos.

**Smart Grid:** Una red inteligente es un tipo de red eléctrica que utiliza TIC para monitorear y gestionar el transporte de electricidad desde la fuente de generación hasta el consumidor. es Una red inteligente tiene la cualidad de coordinar las necesidades de energía de los generadores, operadores y usuarios finales.

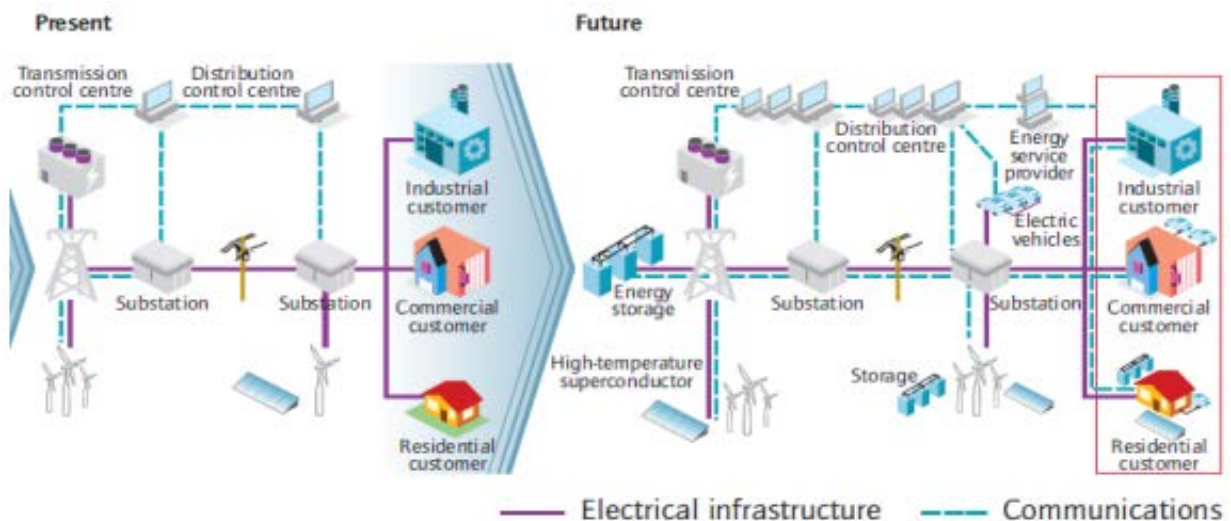
El objetivo es operar la red de manera eficiente minimizando perdidas eléctricas económicas y maximizando la resistencia y estabilizando la red.(Blaz Peternel, Tomaz Lovrencic, 2016)

Las Smart grid actuales se encuentran en un constante desarrollo involucrando nuevas tecnologías como se muestra en la Figura 2.

Las redes inteligentes llevadas a un nivel donde se involucra más funcionalidades se considera con un mayor nivel de inteligencia sin embargo este nivel de inteligencia suele ser cuantificado por la penetración de un medidor inteligente.(Grid, 2015)

Un medidor inteligente es un dispositivo que mide el consumo de energía y tiene cuatro funcionalidades mínimas: lectura remota, comunicación bidireccional, soporte para avance sistemas de tarifas y pagos, y control remoto desactivación-habilitación del suministro.(European Smart Metering Industry Group ESMIG, 2012)

Figura 2. Visión de las Smart Grid, presente y futuro



Fuente: (Daim, Oliver, & Phaal, 2018)



### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1 Estado actual del Vehículo eléctrico

La sociedad moderna ha comenzado a desarrollar conciencia sobre el uso de los combustibles fósiles y su impacto en el medio ambiente, haciendo que exploren otras alternativas de medios de transporte. Una de las primeras alternativas que se manejan son los vehículos eléctricos porque su uso no genera emisiones contaminantes al medio ambiente, ellos funcionan a partir de un motor eléctrico que recibe la energía almacenada en su interior a través de unas baterías, las cuales han tenido un gran avance tecnológico en los recientes años.

La gran apuesta de este mercado tecnológico es que las estaciones de carga eléctrica que alimentan a los vehículos, provengan su fuente de energías alternativas no contaminantes y que a su vez el excedente de esta energía sea introducido a la red ya existente para hacer una transición más loable hacia este nuevo tipo de tecnologías.

Para identificar la situación actual del vehículo eléctrico en Colombia se examinó la experiencia vivida de otros países, su implementación e ideas que se podrían aplicar en nuestro territorio, además de ello se tuvo en cuenta la normativa legal y los incentivos existentes. Además, se ha tenido presente la situación actual del vehículo eléctrico del país a través de la experiencia vivida bajo la ejecución de proyectos piloto que se han desarrollado en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali, de la normativa existente, sus falencias y de cómo se podría desarrollar el modelo de estaciones de carga eléctrica.(Terpel, 2018)

La calidad de los vehículos eléctricos representa una opción viable en la disminución de las emisiones de monóxido y dióxido de carbono, con el desarrollo tecnológico que se ha logrado la eficiencia de estos vehículos cuadruplica a los que funcionan a partir de motores a combustión, pues los vehículos eléctricos aprovechan la energía del frenado y la retribuyen hacia el sistema, que normalmente se perdería a través de la disipación de calor generado por la fricción.(Tech, 1999)

En Colombia, la venta de vehículos eléctricos ha tenido un incremento lo que representa una mayor aceptación de la gente, esto posiblemente es gracias a las mejoras tecnológicas que han desarrollado las grandes casas matrices, que han aceptado que el futuro es ahora y es eléctrico.(Andemos, 2018)

El ranking de ventas de vehículos eléctricos en el país, apuntan que el BMW i3 / i3s (Figura 3) encabeza la lista de lo que va del 2019 con 205 vehículos, seguido por el ya consolidado Renault Twizy (Figura 4) con 108 unidades vendidas y después de ellos vienen marcas que de a poco van encontrando su sitio en el mercado local como lo es el Renault Zoe (Figura 6) con 90 unidades vendidas y la marca China BYD (Figura 5) con los coreanos Kia (Figura 7). (Revista vec, 2019)

Figura 4. BMW i3



Fuente: (BMW, 2019)

Figura 3. Renault Twisy



Fuente: (Renault, 2019b)

Figura 6. Renault Zoe



Fuente: (Renault, 2019a)

Figura 5. BYD Yuan



Referencia: (BYD, 2019)

Figura 7. Kia Niro



Fuente: (Kia, 2019)

### Baterías:

La baterías para un motor eléctrico representa una pieza fundamental en el desarrollo tecnológico de los EVs, la primera batería fue creada por e inventor italiano Alessandro Volta quien en 1800 pero no fue hasta finales del siglo XIX que se logró uno de los avances tecnológicos más importantes con la invención de la batería plomo acido, para aquella época la industria automovilística aún se encontraba en sus inicios de desarrollo y el uso de baterías hasta ahora se estaba implementando, como se muestra en la Figura 8. (Graham -cumming, 2009)

Figura 8. Pila voltaica de discos de cobre y de zinc y capas húmedas

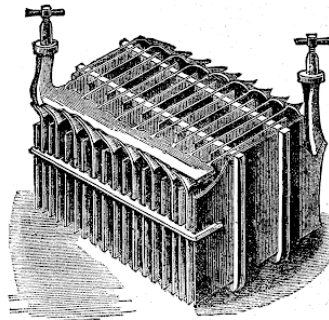


Fuente:(Graham-cumming, 2009)

Los primeros vehículos a baterías, estaban diseñado por un motor de 1 caballo de vapor, donde como alimentación adicional se disponía de una batería eléctrica, un sistema similar al de los vehículos híbridos de hoy día

A principios del siglo XX se logró un mayor desarrollo de las baterías plomo acido, generando una potencia de hasta 5 CV, con baterías que ya eran posible recargarse.

Figura 9. Batería de inicios del siglo xx



Fuente: (Bañeres S. & Cortina P., 2003)

En la Figura 9 se evidencia una batería del siglo xx.

A mediados de los años 50 y 60 se produjo una serie de sucesos tecnológicos que permitieron un mayor desarrollo de la batería de vehículos. La creación de las baterías de celdas de gel, que evitaban los derrames en las baterías, a su vez, se logró la innovación de baterías mucho más pequeñas con una mayor capacidad de voltaje, reduciendo así su tamaño y generando una mayor autonomía.

A partir de la década de los 70 se introdujo una de las mejoras más destacadas en las baterías de plomo ácido, se dio la aparición de las baterías absorbentes de malla de fibra de vidrio, que eran similares a las baterías de celda de gel, pero ofrecen una mayor autonomía y durabilidad, como se observa en Figura 10.(Varta automotive, 2016)

Figura 10. Baterías absorbentes de malla de fibra de vidrio



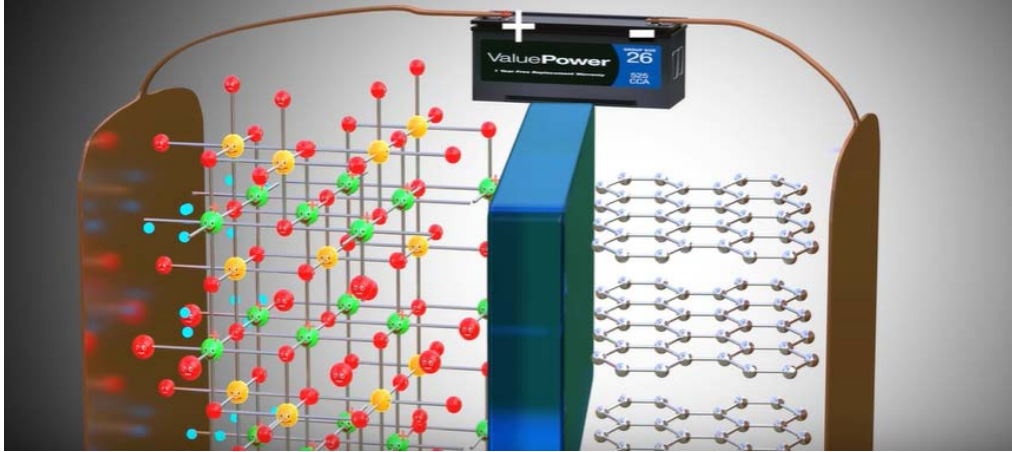
Batería AGM VARTA Silver Dynamics de Johnson Controls - johnson controls

Fuente: (Varta automotive, 2016)

Una de las últimas novedades son las baterías de ion-litio, direccionadas a suministrar soporte a los vehículos eléctricos. Las celdas de iones de litio están encaminadas a ser la mejor fuente de los motores de inducción de los vehículos eléctricos. Las baterías de litio funcionan a partir de celdas de litio funciona a partir de la separación del átomo de litio metálico del óxido de litio, guiando los electrones perdidos de los átomos de litio a través de un circuito externo.

Este proceso se aprecia en la Figura 11y se logra a partir de una celda compuesta de un electrolito, grafito y óxido de metal (donde se encuentra el litio).(Santamarta, 2009)

Figura 11. Celda compuesta de un electrolito, grafito y óxido de metal



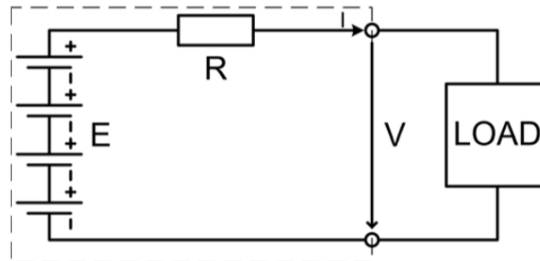
Fuente: (Ingeniería, 2019)

### Parámetros de las baterías

Voltaje.

El voltaje nominal de la batería se expresa en el siguiente circuito:

Figura 12. Circuito equivalente de una batería eléctrica



Fuente:(Valseira-Naranjo et al., 2009)

En la Figura 12 el voltaje de la batería disminuye si está suministrando energía y el voltaje aumenta, si esta en modo de carga.

### Capacidad.

La capacidad de la batería es uno de los parámetros más importante y usualmente se expresa en amperio hora. Si una batería es de 10 Amperios, esto quiere decir que la batería proporciona un amperio durante 10 horas. Sin embargo, la batería no entregaría 10 amperios en una hora porque la capacidad de una batería depende de la forma en que se extrae la energía; cuanto más rápido se extrae la energía, menos capacidad tiene la batería.

### Energía almacenada.

La energía almacenada es un parámetro importante de las baterías en el campo de los vehículos eléctricos porque este parámetro es el responsable de la capacidad de recorrido del automóvil. La energía almacenada es directamente proporcional de su voltaje y capacidad. La unidad de este parámetro es el joule, pero este es un inconveniente pues es una unidad muy pequeña así que se utiliza el vatio hora.

### Energía específica.

La energía específica es la cuantía de energía acumulada en una batería por cada kilogramo. La energía específica se da típicamente en Wh·kg-1. (Muangjai, Thanin, Jantee, Ngaodet, & Nantakusol, 2019)

### Potencia específica.

La potencia específica es la energía acumulada que se obtiene por cada kg de la batería y sus unidades son W·kg-1. Es importante diferenciar la potencia específica de la energía específica: una energía específica alta quiere decir que la batería puede acumular una energía de la misma cantidad, pero esto no indica que la misma batería pueda proporcionar la energía de una manera rápida, lo que significa que tiene una potencia específica alta. (Valsera-Naranjo et al., 2009)

Tabla 2. Tipos de baterías

|  | Plomo Acido | Níquel Cadmio       | Níquel Metal Hidruro | Iones de Litio |
|--|-------------|---------------------|----------------------|----------------|
| <b>Costo</b>                                     | Bajo        | Medio               | Alto                 | Muy alto       |
| <b>Energía específica (Wh·kg-1)</b>              | 30 - 50     | 50 - 80             | 40 - 100             | 160            |
| <b>Voltaje por celda</b>                         | 2           | 1.25                | 1.25                 | 3.6            |
| <b>Corriente de carga</b>                        | Baja        | Muy baja            | Moderada             | alta           |
| <b>Numero de ciclos (carga/ descarga)</b>        | 200 - 500   | 1000                | 1000                 | 1200           |
| <b>Descarga automática por mes (% del total)</b> | Baja (5%)   | Moderado alto (20%) | Alto (30%)           | Baja (10%)     |
| <b>Tiempo mínimo de carga (h)</b>                | 8 - 16      | 1 - 1.5             | 2 - 4                | 2 - 4          |
| <b>Advertencia ambiental</b>                     | Alta        | Alta                | Baja                 | Alta           |

Fuente:(HERNANDEZ- ROMERO, 2011)

En la época moderna por catalogarlo de alguna forma, después de la primera década del 2000, los vehículos eléctricos tan solo cubrían la demanda básica de las personas en el uso urbano, pero era una situación obligada pues la autonomía de los vehículos eléctricos solo llegaba a 160 km una cifra disfrazada porque en realidad llegaba a los 140 y con un poco

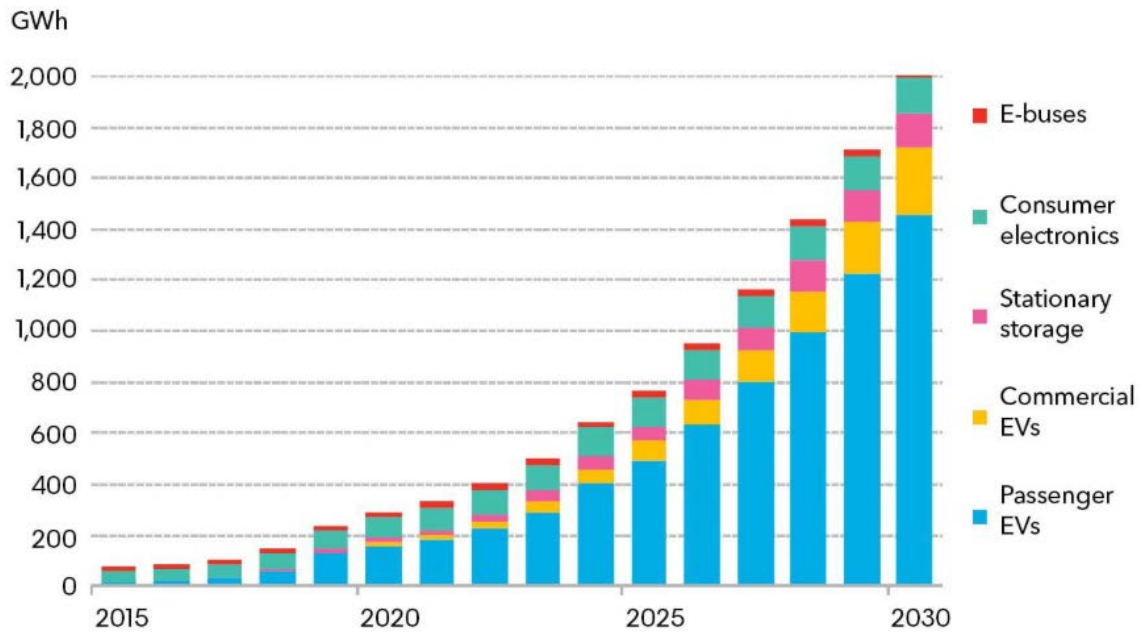


de fortuna de las condiciones meteorológicas y una conducción cuidadosa se podía llegar hasta los 150 km, siendo el Nissan leaf el vehículo eléctrico más desarrollado del mercado. 9 años después la industria automovilística presenta autonomías de 600 km al menos en la teoría. El Tesla Model S ofrece este tipo de autonomía (sin aire acondicionado y manejando despacio) y otras marcas ofrecen datos similares y para nada despreciables.

Modelos recientes como el Hyundai Kona (482 kilómetros), Jaguar i-Pace (480 kilómetros) y Kia Niro (455 kilómetros). Estos números muestran que los vehículos eléctricos son una realidad y que a mediano plazo se convertirán en los vehículos familiares, eso sí superando obstáculos como lo son los elevados precios de la tecnología y la escasez de estaciones de carga en las carreteras.

Las grandes casas matrices automovilísticas no han escatimado recursos en la búsqueda de las múltiples posibilidades de mejora que tiene aún las baterías eléctricas. Las investigaciones se concentran en desarrollar la tecnología de iones de litio y en la búsqueda de nuevas opciones, como las baterías de litio azufre, litio oxígeno o polímeros de grafeno, acumuladores que fácilmente pueden superar la autonomía de más de 1000 km. esto ha hecho que la demanda de baterías de iones de litio aumente su demanda como se evidencia en la Figura 13.

Figura 13. Panorama mundial de la demanda de baterías de iones de litio  
Annual lithium-ion battery demand



Source: BloombergNEF, Avicenne

Fuente:(BloombergNEF, 2018)

Los automóviles eléctricos han sufrido una serie de cambios que han permitido un mayor desarrollo tecnológico y autonomía que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. La evolución del vehículo eléctrico

| Vehículo          | Versión | Batería (Kwh) | Potencia (CV) | Autonomía (Km) | Velocidad max (Km/h) |
|-------------------|---------|---------------|---------------|----------------|----------------------|
| Nissan Leaf       | 2010    | 24            | 109           | 120            | 140                  |
|                   | Actual  | 40            | 150           | 260            | 144                  |
| Renault Zoe       | 2013    | 22            | 88            | 100 - 150      | 135                  |
|                   | Actual  | 41            | 88            | 280 - 300      | 135                  |
| Volkswagen e-Golf | 2014    | 24.2          | 116           | 130 - 155      | 140                  |
|                   | Actual  | 35.8          | 136           | 210 - 250      | 150                  |
| BMW i 3           | 2013    | 22            | 170           | 130 - 160      | 150                  |
|                   | Actual  | 42.2          | 170           | 285            | 150                  |

Fuente: (ELMOTOR, 2018)



## ESTACIONES DE CARGA ELÉCTRICAS O ELECTROLINERAS

El calentamiento global ha generado sobre la humanidad una mayor conciencia sobre el cuidado y uso de los recursos ambientales, generando un espacio para nuevas alternativas efectivas que combatan los paradigmas que generan los medios de transporte con sus emisiones contaminantes. El vehículo eléctrico se perfila como una realidad tangible para combatir el daño ambiental, pero para lograr esto se requiere de un desarrollo estructural que este tipo de tecnologías puedan competir hombro a hombro con los vehículos a combustión.

Las electrolinerías funcionan como una analogía de las estaciones de gasolina donde el vehículo llega a llenar el tanque con diésel o gasolina, una de las principales diferencias radica que el vehículo eléctrico no carga un tanque si no una batería, la cual permite conducir recorrer un determinado número de km, las electrolinerías estarán diseñadas de manera que homogenicen en algunos aspectos a su símil de gasolinera.

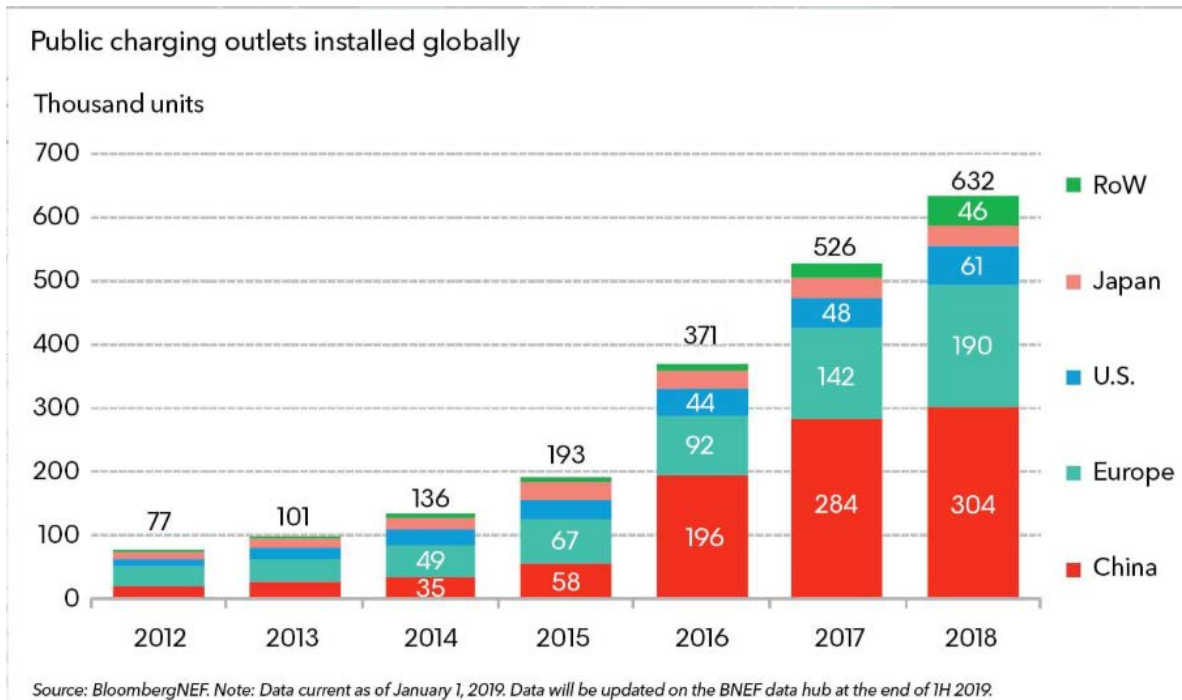
- Tiempo. (En la recarga de batería)
- Eficiencia de la recarga. (km/kWh)
- Calidad del suministro de energía.
- Seguridad en el repostaje.

Existen diferentes diseños eléctricos para estaciones, los cuales deben cumplir normas nacionales e internacionales, lo ideal es que las estaciones sean conectadas a fuentes de energía renovables, existen diferentes fuentes de producción de energía limpia (solar, energía de biomasa, mareomotriz, eólica piezoeléctrica, etc.).(Li et al., 2018)

Otro factor determinante en la diferenciación entre el uso del vehículo eléctrico y el vehículo a combustión son los costos de sostenimiento del vehículo, pues el tanqueo o en este caso recarga de la baterías es de alrededor de 500 pesos el kWh, en comparación de los 9100 que cuesta un galón de combustible, la recarga de un vehículo eléctrico puede ser del alrededor de los \$32.000 a \$40.000 pesos, mientras que el tanqueo de un vehículo tradicional puede ser de los \$100.000 pesos, siendo esto un factor trascendental a la hora comparar costos de sostenimiento. Esto ha generado un plus en la ubicación de electrolinerías a nivel mundial como se evidencia en la Figura 14. (EPRI, 2010)

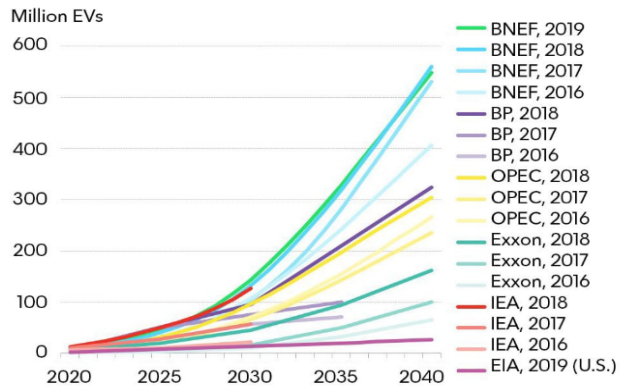
La recuperación de la inversión inicial, es uno de los factores más importantes que tiene en consideración el usuario. Pues a partir de allí se toma la decisión de si obtener o no un Evs, además el prestador del servicio también tiene en consideración esta clase de parámetro pues así podrá determinar el costo beneficio, para que el usuario determine el retorno de su inversión a mediano plazo.

Figura 14. Puntos de carga eléctricos o electrolineras públicas instalados a nivel mundial



Fuente:(BloombergNEF, 2018)

Tabla 4. Mitos y realidades del transporte eléctrico

| MITOS  | REALIDADES  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
|--|---|------------------------|----------------------------|--------|----|----------|----|-------------|----|-------|-----|---------|------|--------|------|----------------|------|------------|------|
| <p>Los vehículos eléctricos no son una opción viable para el transporte público</p>  | <p>El inventario de buses a nivel mundial creció al doble entre el 2015 y el 2016 pasando de los 345000 a las 690000 unidades.</p> <p>Figura 15. Ventas de vehículos eléctricos antes y ahora</p> <p>EV Outlooks then and now</p>  <p>Source: BloombergNEF, organization websites. Note: BNEF's 2019 outlook includes passenger and commercial EVs. Some values for other outlooks are BNEF estimates based on organization charts, reports and/or data (estimates assume linear growth between known data points). Outlook assumptions and methodologies vary. See organization publications for more.</p> <p>Fuente : (BloombergNEF, 2018)</p>  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| <p>Los costos de los vehículos eléctricos serán competitivos en el 2050</p>  | <p>Las ventas de vehículos eléctricos se espera que superasen a las de los vehículos tradicionales para el 2028</p>   |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| <p>Si la electricidad se genera con combustibles fósiles, no hay impacto positivo en las emisiones de CO2 con el uso de vehículos eléctricos</p> | <p>Sin importar la fuente de procedencia de energía, los automóviles eléctricos son más limpios que los que utilizan fuentes convencionales.</p> <p>Los vehículos que utilizan electricidad proveniente de fuentes fósiles tienen mayor rendimiento y son más limpios en comparación a vehículos que operan con fuentes fósiles.</p> <table border="1" data-bbox="868 1449 1412 1795"> <caption>Tabla 5. Rendimiento en millas recorridas por galón, por fuente de electricidad</caption> <thead> <tr> <th>Fuente de electricidad</th> <th>Rendimiento (millas/galón)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbón</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Petróleo</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Gas natural</td> <td>54</td> </tr> <tr> <td>Solar</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Nuclear</td> <td>2000</td> </tr> <tr> <td>viento</td> <td>3900</td> </tr> <tr> <td>Hidroeléctrica</td> <td>5800</td> </tr> <tr> <td>Geotérmica</td> <td>7600</td> </tr> </tbody> </table> <p>Fuente: (Green Transportation .info, 2017)</p> | Fuente de electricidad | Rendimiento (millas/galón) | Carbón | 30 | Petróleo | 32 | Gas natural | 54 | Solar | 500 | Nuclear | 2000 | viento | 3900 | Hidroeléctrica | 5800 | Geotérmica | 7600 |
| Fuente de electricidad   | Rendimiento (millas/galón)  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| Carbón   | 30  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| Petróleo   | 32  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| Gas natural  | 54  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| Solar  | 500   |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| Nuclear  | 2000  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| viento   | 3900  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| Hidroeléctrica   | 5800  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |
| Geotérmica   | 7600  |                        |                            |        |    |          |    |             |    |       |     |         |      |        |      |                |      |            |      |

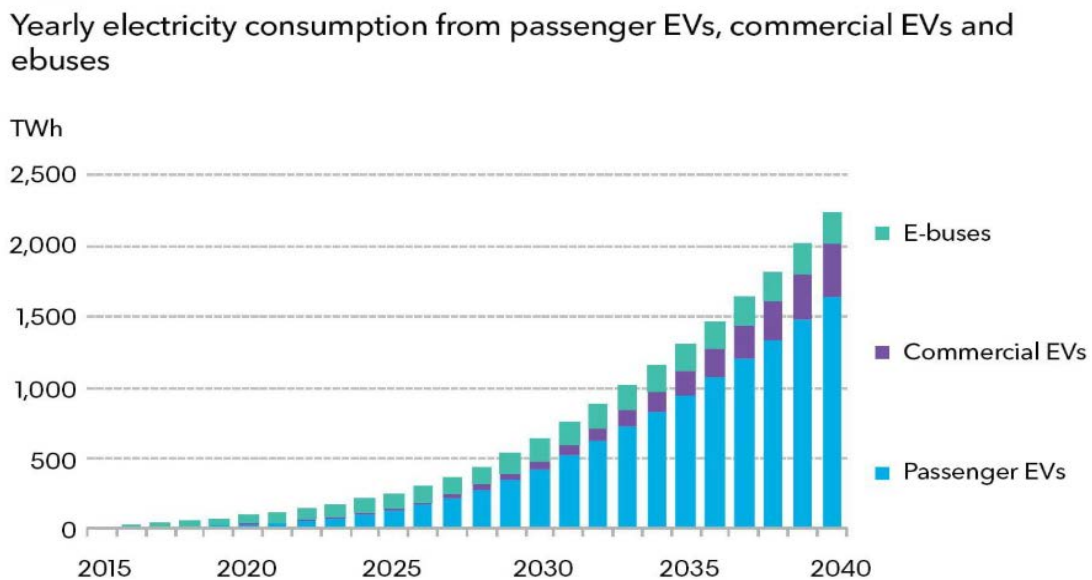
|   |   |
|---|---|
| <p>La etiqueta en vehículos es la única herramienta necesaria para mejorar la eficiencia energética de la flota del país.</p>   | <p>Brasil es un ejemplo de que el etiquetado de los vehículos no mejora la eficiencia energética de la flota. Puesto que los consumidores siguen tomando decisiones de compra sin tener en cuenta otros factores antes que la eficiencia del vehículo</p> |
| <p>La normativa en eficiencia energética en el sector transporte representa un obstáculo para la industria automotriz</p>       | <p>En países como Estados Unidos se ha presentado un aumento en la competitividad de las empresas nacionales de la industria automotriz con la introducción de la normativa de eficiencia energética.</p>   |
| <p>El costo de las baterías y la autonomía no permiten al vehículo eléctrico ser competitivo ante un vehículo a combustión.</p> | <p>A lo largo de los años el costo de las baterías para vehículos eléctricos ha venido reduciéndose, ejemplo: En 2010 las baterías de lón-Litio tenía un costo de 1.000 US\$/kWh y en 2017 el mismo tipo de batería alcanzó un costo de 200 US\$/kWh.</p> |

Fuente:(Building a better working world, 2017)

### Demanda eléctrica

La demanda de electricidad de todo tipo de vehículos eléctricos en el 2019 ha sido de 74 TWh y se espera que llegue a los 2333 TWh en el 2040. Es posible que esta serie de cifras puedan sonar alto, pero los vehículos eléctricos solo agregarán 6.8% del consumo global de energía en el 2040. En ciertos países estos índices serán mucho más altos; los evs agregarán el 14% al consumo total de electricidad en Alemania en el 20140, un 11% en estados unidos y un 7.5 % en china.

Figura 16. Consumo anual de electricidad de pasajeros Evs, Evs comerciales y autobuses eléctricos



Source: BloombergNEF

Fuente:(BloombergNEF, 2018)

## Metodologías para la gestión de carga

Los métodos de carga de vehículos híbridos y eléctricos han abierto nuevas opciones para la implementación y consolidación de energías renovables no contaminantes (solar, eólica, biomasa etc.). así como para la autogeneración, comercialización y distribución de la energía eléctrica. Bajo esta visión, las Smart grid aparecen como un concepto clave en la modernización y la aplicación del concepto de ciudades sostenibles (cero emisiones). Las Smart grid permiten que las empresas ligadas al sector eléctrico, gestoras de puntos de carga y usuarios estén intercomunicados a una central de gestión control y regulación de la energía.(Morgan, 2012)

La conexión de las estaciones de carga a la red pública podría afectar la prestación de un buen servicio, por este motivo se requiere tecnología y registros que faciliten una óptima gestión de la carga de las baterías, evitando vacíos de tensión y la aparición de armónicos. También se hace imperativo mejorar el fluido de la tensión que alimenta las estaciones de carga para reducir pérdidas en la red y picos de menada eléctrica. Todos los avances tecnológicos se han desenvuelto alrededor de estas necesidades, fortaleciendo las posibilidades y haciendo más venidero a la articulación de los vehículos eléctricos con estaciones de carga conectadas a redes inteligentes.(Mojica, Cuéllar, & Medina, 2016)

Dentro de la tecnología ya existente y aplicada se encuentran:

- Métodos y nuevos sistemas para la administración de la recarga.
- Nuevos hallazgos en la aplicabilidad de las tecnologías de información para la administración de la carga.
- Tecnologías desarrolladas en los indicadores de carga para medir y controlar procedimientos.

En la Figura 17 se logra apreciar un modelo tipo de la tecnología existente y aplicada de los indicadores de carga.

Figura 17. Tecnología de carga



Fuente: (Mojica et al., 2016)

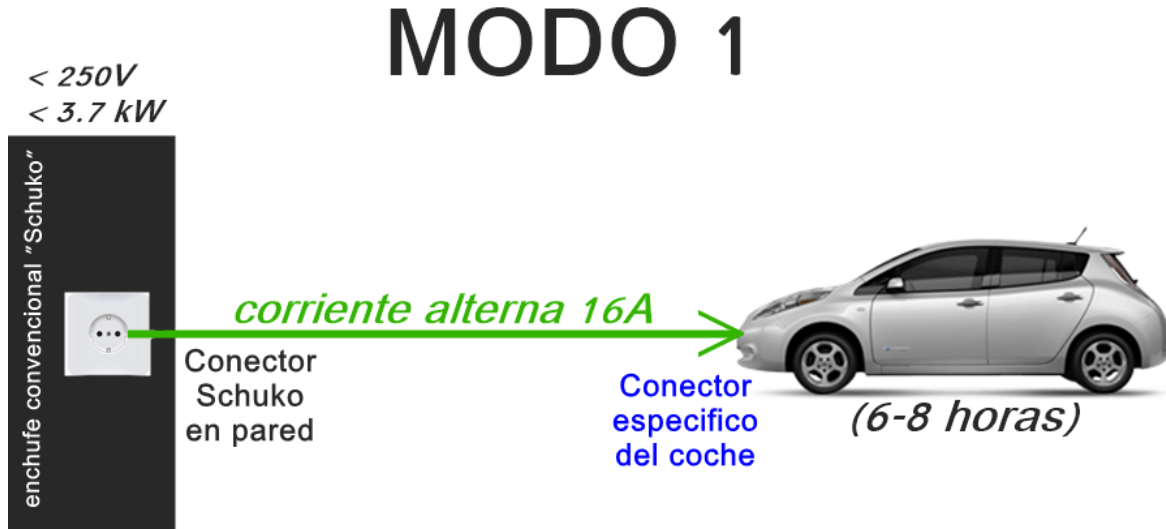
### Interfaz usuario-estación-vehículo

La tecnología por la cual están compuestos los vehículos eléctricos permite monitorearlos, recopilar información y realizar gestiones. La interfaz con la cual se gestiona la información del vehículo y de las hacen posible la interacción entre los usuarios y el software, esto hace posible la obtención de información como perfiles de como conducen las personas, selección y funcionamiento del modo de ejecución, conexión segura de los acoples durante la recarga e informes del estado del vehículo. Esto ofrece mayores rendimientos energéticos al operador además de ofrecer al usuario la posibilidad de administrar la carga de la batería.

De igual manera la interfaz monitorea la condición de los equipos, para que las empresas prestadoras de servicio puedan gestionar de una manera eficiente la infraestructura de recarga, asegurar la carga de los acumuladores y realizar cargas con de manera segura. (Mojica et al., 2016)



Figura 18. Modos de carga 1

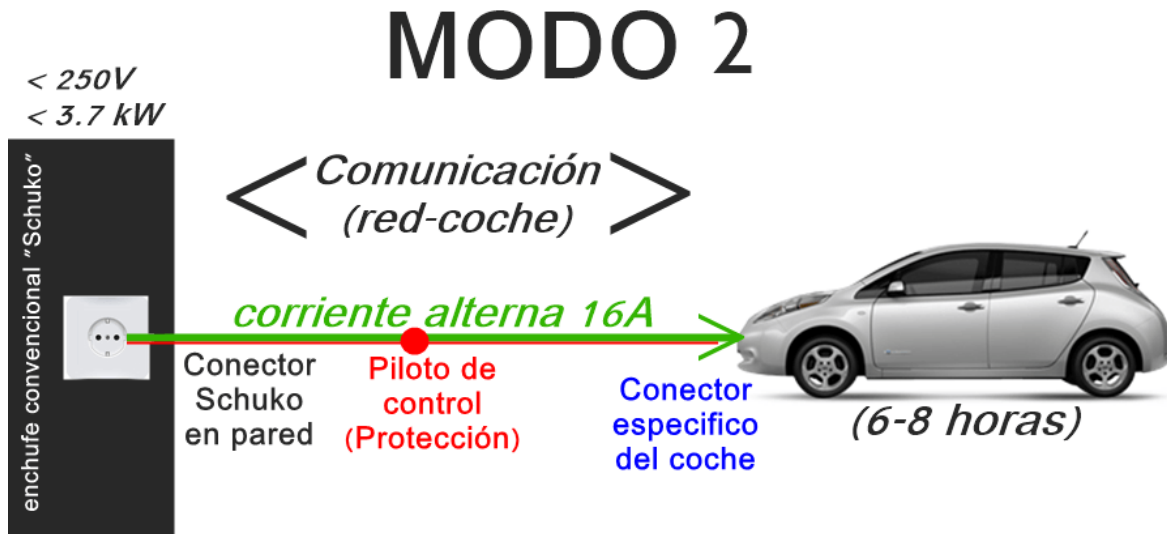


En la Figura 18 se ilustra el primer modelo de carga.

### Modo 1. Corriente alterna.

Mediante este método, la conexión se realiza a través de un tomacorriente monofásico, razón por la cual se puede recargar en cualquier tomacorriente residencial, este tipo de tomacorrientes son convencionales y no exclusivos para los vehículos eléctricos. Estos se conectan a la red de alimentación permitiendo una intensidad máxima de 16 amperios y un voltaje inferior a 220 voltios. Esta clase de instalación permite una potencia de hasta 3,7 kW. Existe variantes de conexión como de 400 voltios a una potencia de 11 kw. Este sistema o modo de conexión es el adecuado para vehículos eléctricos pequeños, como cuadríciclos bicicletas ciclomotores etc. Pero no es el sistema de conexión ideal para vehículos eléctricos pues estos generarían sobrecalentamientos en conexiones prolongadas que se necesitarían para recargar la batería. (Electromovilidad, 2019)

Figura 19. Modos de carga 2



(fuente: electromovilidad.net)

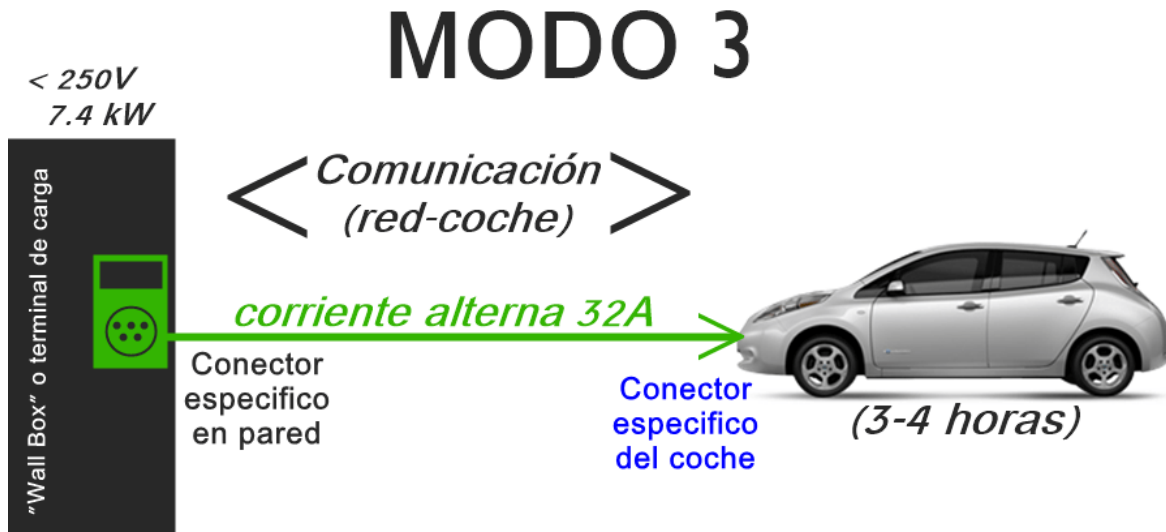
En la Figura 19 se ilustra el segundo modelo de carga.

### Modo 2. Corriente alterna.

El modo de conexión 2 es semejante al modo de conexión 1, requiere un tomacorriente tipo, el cual lleva un sistema de protección. La conexión se debe realizar a través de un cable característico que lleva una guía entre el vehículo y la clavija; además de un medio de protección específico. La finalidad de este sistema es corroborar si la conexión es correcta la red. La corriente que permite el modo 2 en la recarga llega hasta los 32 amperios, siendo 16 amperios lo usual. El voltaje y la potencia es parecido al modo 1. Existe variantes de conexión como de 400 voltios a una potencia de 11 kw. Este modo de conexión tiene un conector tipo Schuko del lado de la pared, y del lado del vehículo el conector puede ser de cualquier tipo. Siendo el más común el Mennekes y el SAE J1772. Estos. (Electromovilidad, 2019)



Figura 20. Modos de carga 3



(fuente: electromovilidad.net)

En la Figura 20 se ilustra el tercer modelo de carga.

### Modo 3. Corriente alterna

Mediante este método, la conexión se realiza a través de un tomacorriente especial que es de uso exclusivo para el automóvil eléctrico, consiste en un tipo de terminal especial llamado Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico (SAVE) o caja de pared, el cual se alimenta de un sistema específico, en donde el control y protección se ubica al lado de la instalación de manera fija, permanentemente. Este modo controla el suministro del flujo de la carga del enchufe cuando no se detecta un conector los dos lados del cable llevan dos conectores específicos. Pero algunas cajas de pared llevan incorporado el conector del lado de la estructura de carga. Los equipos conectados en modo 3 pueden llegar a recibir hasta corrientes de 63 amperios y un mínimo normalizado de 32 amperios, hoy en día ya existen propuestas y prototipos que manejan corrientes de has 250 amperios. Este modelo es el ideal para la industria y parqueaderos de buses intermunicipales. Además, gracias a la tecnología existente es posible realizar recargas inteligentes y la aplicación de las Smart Grid.(Electromovilidad, 2019)

Figura 21. Modos de carga 4



En la Figura 21 se ilustra el cuarto modelo carga.

#### Modo 4. Corriente continua.

A través del modo 4 el automóvil eléctrico se conecta a una red de media tensión por medio de la electrolinera la cual a través de su cargador realiza la conversión de AC a DC, Gracias a que este proceso se realiza por fuera del Evs, se evita el sobrecalentamiento del vehículo o pérdidas de energía. Otras funciones de la estación como protecciones, control y cables de alimentación, se encuentran adheridas de manera permanente a ella, permitiendo que el vehículo solamente tenga que hacer la conexión por medio del cable. Este modo de conexión se asemeja al modo de conexión 4, el cable de modo de conexión 4 se encuentra integrado a la electrolinera con dos conectores específicos en cada extremo.(Foley et al., 2010)

Como la conexión de corriente es DC el conector que se puede utilizar es de tipo CHAdeMO, o el SAE J1772 adaptado para corriente continua. El modo 4 es exclusivo para electrolineras o estaciones de carga rápida, con parámetros de corriente de hasta 400 amperios y de potencia de hasta los 240 kw. Gracias a sus peculiaridades este tipo de instalaciones suelen ser de gran tamaño y de un costo considerable. (Electromovilidad, 2019)

Para las estaciones de carga que se instalen en autopistas, vías interurbanas o en general en el exterior con acceso público Para recarga de corta estadía (menos de una hora), es recomendable que sean para modos de carga 3 o 4, por el mayor control de la carga. Así mismo se recomienda que la potencia mínima sea 40 [kW], con comunicación a internet protocolo OCPP 1.5 o 1.6 (GPRS, Wifi), con posibilidad de futura gestión de carga (disminución o aumento de potencia según demanda) y que permita acceso universal, de fácil integración posterior. (Gobierno de Chile, 2018)

### Diseño de una estación de carga rápida

Figura 22. Estación de carga eléctrica en Bucaramanga



Fuente: (Essa, 2019)

En la Figura 22 se aprecia una electrolinera de carga rápida pública en la ciudad de Bucaramanga.

#### Convertidor AC/DC.

La función de este equipo es de convertir la intensidad AC que proviene de la red de alimentación del sistema, en corriente continua. (R. Iglesias, A. Lago, A. Noguerras, C. Martínez-Peñalver, J. Marcos, C. Quitans, 2015)

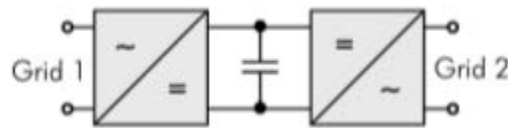
Para este tipo de diseño se usa un convertidor trifásico controlado, en donde se emplean transistores, dentro de sus características presenta una señal de puente completo lo que permite usar el ciclo tanto positivo como negativo en corriente alterna, trae consigo un control de potencia activa y reactiva entre la red y el convertidor, produce un menor rizado, además de una menor distorsión de corriente armónica, y control del factor de potencia de desplazamiento.

Su funcionamiento se desarrolla manteniendo un nivel de tensión en el bus de corriente directa en un rango de referencia establecido, el voltaje de corriente directa se mide y se compara con el valor referenciado del sistema interno de control, cuya función es manejar el encendido y apagado de los transistores. (Du, Zhou, Bai, Lukic, & Huang, 2010)

El conversor AC/DC, se diseña con el fin de obtener un voltaje de 800V, potencia de 50 kW.

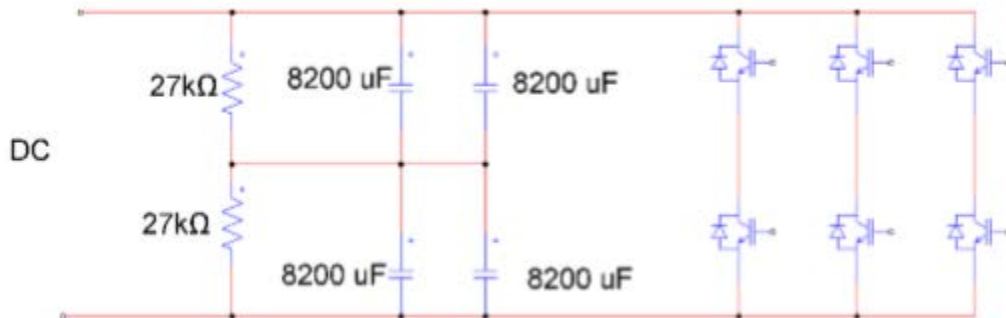
**Bus de continua:** Es un elemento cuya función tiene la finalidad de disminuir los cambios de voltaje de salida de el convertidor de corriente alterna, corriente directa, está hecho de un grupo de generadores con singularidades específicas y se utiliza en medio de dos circuitos, en electrónica de potencia, como se muestra en la Figura 23

Figura 23. Circuito intermedio



Fuente: (Gomez Peña, 2017)

Figura 24. Conexión de capacitores y resistencias (esquema de conversor)

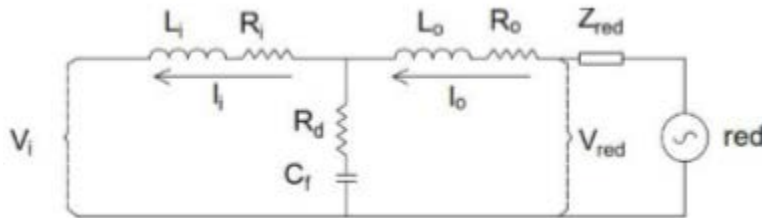


Fuente: (Gomez Peña, 2017)

En la Figura 24 se logra apreciar la configuración de un conversor con sus respectivas conexiones de capacitores y resistencias.

**Filtro LCL:** Este elemento es dependiente de la calidad de la energía, por lo cual puede que sea o no necesario, todo depende de la calidad de la energía con la que se quiera operar.

Figura 25. Filtro con topología



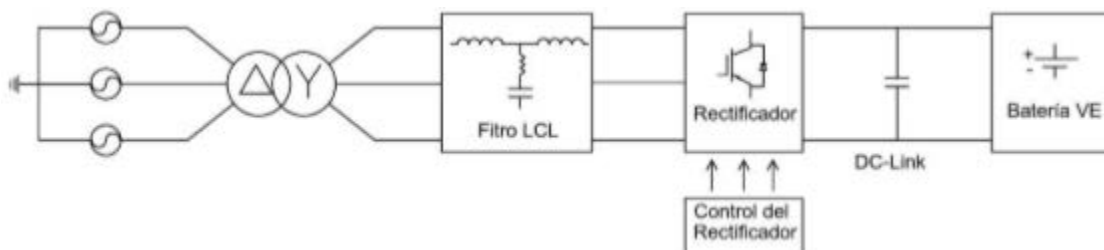
Fuente: (Mwasilu, Justo, Kim, Do, & Jung, 2014)

En la Figura 25 se muestra un circuito conformado por un LCL la cual se configura por una inductancia acoplada a la salida de un inversor, un condensador conectado en paralelo al suministro de alimentación con una resistencia que amortigua y una segunda inductancia que se conecta a la red en cada fase. (Mwasilu et al., 2014)

**Circuito de precarga:** Es utilizado para funcionar en una potencia nominal, y eliminar las intensidades pico que se generen en el encendido, es imperativo disponer conexiones temporales de resistencias que mantenga un rango de corriente mientras funcionan los capacitores, después de cargadas se desconectan las resistencias, haciendo un puente eléctrico con el fin de no eliminar estas resistencias cuando el vehículo se encuentra en modo estacionario.

**Sistema de conversor AC/DC:** En la actualidad existen distintos métodos para la transformación de corriente alterna a corriente directa, en la Figura 26 de visualizará la técnica VSI controlado por PWM ,lo que permite obtener un voltaje continuo. (Rodrigo Paz Franca, Dupont, & Pinheiro, 2018)

Figura 26. Estrategia de control



Fuente: (Rashid, 2001)

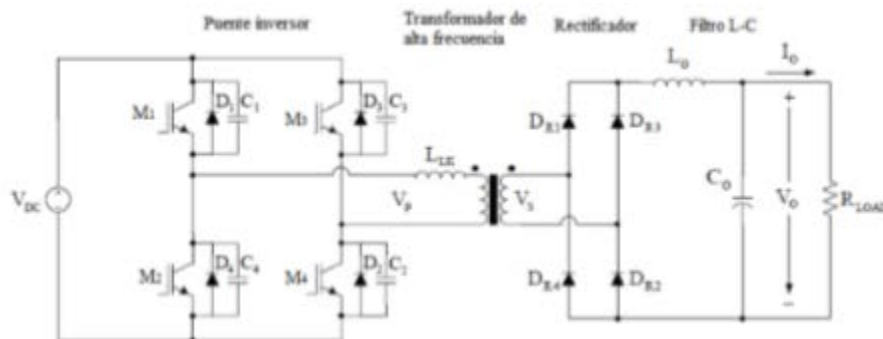
Para el control como se evidencia en Figura 26 se emplea un sistema de transformada de park y un modulador PWM. Se mantiene una configuración de bajo nivel con una topología de configuración en cascada formado por una conexión interna de control de intensidad un lazo externo para el voltaje DC.(Rashid, 2001)

### Convertidores DC/DC.

Debido a las configuraciones que manejan las electrolineras de carga rápida, estas infraestructuras deberán basarse en mecanismos de conversión que posean una protección electromagnética entre la estación y el automóvil. En este informe se ilustra un dispositivo que transforma corriente continua de una tensión a otra (convertidor DC-DC) estos suelen ser dando una salida de tensión regulada a las baterías. (Mohan, Underland, & Robbins, 2003)

La topología de un convertidor DC/DC como se muestra en la Figura 27 se encuentra formado por un filtro L-C un trafo de alta frecuencia, un puente h rectificador y un puente inversor de transistores.

Figura 27. Topología de convertidor DC/DC



Fuente: (Gomez Peña, 2017)

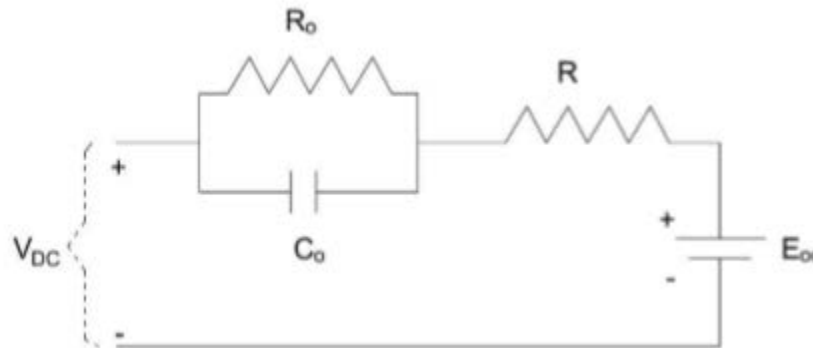
La corriente DC de ingreso se convierte en alterna de onda cuadrada a través de un puente inversor, esto es a que conducen los trafos M1 y M4 en el trafo el resultado es una tensión positiva a la vez que conducen M y M4 se tiene una tensión negativa y tensión igual a 0. En el trafo se aplica un aislamiento galvánico y la relación de transformación. En la parte del rectificador cuando se transforma la onda negativa en positiva resultando una intensidad positiva que se transforma en continua en el filtro L-C.

### Control de convertidor DC/DC

En este tipo de carga de dispositivo se debe proceder en función de la recarga de la batería del automóvil eléctrico en la Figura 28.



Figura 28. Modelo de batería ion litio



Fuente:(Gomez Peña, 2017)

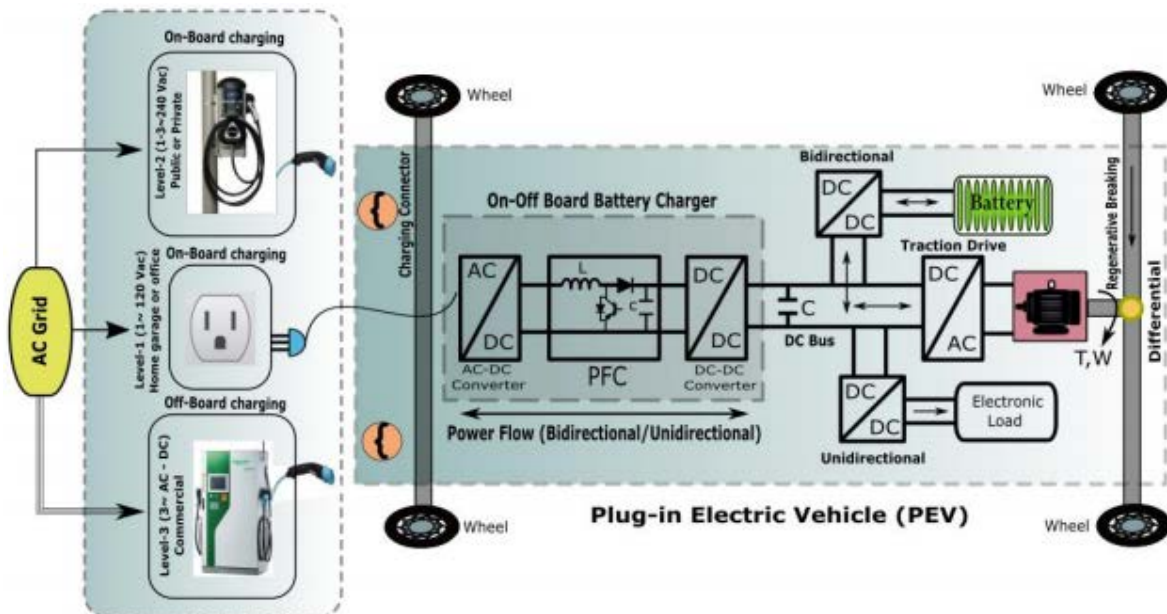
Donde R: Resistencia interna de la batería, con la capacidad en los electrodos de las celdas que componen la batería.

$R_0$ : Resistencia no lineal en medio de electrodos y electrolitos

$E_{oc}$ : Fuente de alimentación con valor de voltaje a circuito abierto




Todos estos componentes que pertenecen a una estación de carga rápida eléctrica, en conjunto cumplen un exitoso y adecuado funcionamiento de los vehículos eléctricos los en la Figura 29 se aprecia una instalación de carga tipo.

Figura 29. Infraestructura de carga



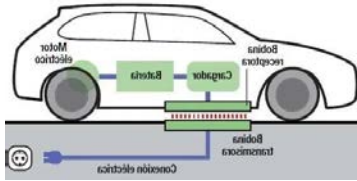
Fuente: (Habib et al., 2018)

Tabla 6. Tipos de conectores para Evs

|   | CONECTOR      | CARACTERISTICAS TECNICAS  | VEHICULOS  |
|---|---------------|---|--|
|    | <b>SCHUKO</b> | Este es un tipo de toma que se puede encontrar en la mayoría de automóviles eléctricos, es muy común en los modos de carga 1 y 2, está ubicado en el lado de la pared, puede llegar a transmitir corriente de hasta 18 amperios y un voltaje de 250 voltios | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motos y bicicletas eléctricas</li> </ul>  |
|   | <b>TIPO 1</b> | Este tipo de conector maneja voltajes de hasta 250 voltios y corrientes de 18 amperios monofásicos. Puede suministrar potencia de 19.2 kw.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renault Fluence Z.E</li> <li>• Honda Fit EV</li> <li>• Renault Kangoo Z.E</li> <li>• Smart ForTwo electric drive</li> <li>• Toyota Prius Plug-in Hybrid</li> <li>• Mitsubishi i-MiEV</li> <li>• BMW ActivE</li> <li>• Tesla Roadster</li> <li>• Nissan Leaf</li> <li>• Ford Focus Electric</li> <li>• Chevrolet Volt</li> </ul> |
|  | <b>Tipo 2</b> | El conector tipo 2 permite conexiones monofásicas y trifásicas. Monofásicas de 16 amperios y trifásicas de 63 amperios. Mediante este modo se puede llegar hasta 500 voltios y potencias de 43.5 kw.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tesla Model S</li> <li>• VW e-Up!</li> <li>• Audi Sportback e-tron.</li> <li>• VW e-Golf</li> <li>• BMW i3</li> <li>• Renault ZOE</li> <li>• Porsche Panamera Hybrid</li> </ul>   |



| MODELO  | CONECTOR                      | CARACTERISTICAS TECNICAS  | VEHICULOS  |
|---|-------------------------------|---|--|
|    | <p><b>CHAdeMO</b></p>         | <p>Un conector tipo CHAdeMO puede suministrar hasta una corriente de 200 amperios y hasta un voltaje de 500 voltios, consiguiendo recargas denominadas ultra rápidas. Usualmente su proceso de recarga inicia con 110 amperios hasta conseguir el 50% de la capacidad de la batería, tras esto disminuye hasta un 80 % con una corriente de 44 amperios finalizando con una corriente de 14 amperios. Este tipo de conector ofrece una potencia de hasta 62.5 kw.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Citroën C-Zero</li> <li>• Micro-vett Fiorino</li> <li>• Subaru Plug-in Stella</li> <li>• Peugeot Ion</li> <li>• Fiat 500e</li> <li>• Mercedes Clase B EV</li> <li>• Mitsubishi i-MiEV</li> <li>• Nissan Leaf</li> </ul> |
|  | <p><b>SCAME</b></p>           | <p>El conector tipo SCAME puede suministrar corrientes tanto monofásicas como trifásicas. Este conector puede suministrar intensidades de hasta 32 amperios y una potencia de 22 kw, el voltaje suministrado es hasta menor de 500 voltios.</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su desarrollo tecnológico se ha limitado al uso de micro autos eléctricos</li> </ul>  |
|  | <p><b>CCS</b></p>             | <p>Este conector permite suministrar corrientes de hasta 200 amperios y 850 voltios.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• VW e-Golf</li> <li>• BMW i3</li> <li>• VW e-Up!</li> </ul>  |
|  | <p><b>SAE J1772 Combo</b></p> | <p>Ofrece voltajes en un rango de 200 y 450 voltios y corrientes de 80 amperios y una potencia de 90 kw. Con corrientes de 200 amperios de puede alcanzar potencias de 90 kw, se puede utilizar con tecnología PLC para usar en Smart Grids.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ford</li> <li>• Chevrolet Spark EV</li> </ul>   |

| MODELO  | CONECTOR   | CARACTERISTICAS TECNICAS  | VEHICULOS |
|---|--|---|-----------|
|  | <p style="text-align: center;"><b>Inducción electromagnética</b></p> | <p>Las recargas inductivas electromagnéticas, se presentan como el futuro de las recargas eléctricas. Consiste en un tipo de recarga inalámbrica que transfiere electricidad por medio de ondas, a partir de una bobina inductora situada en una infraestructura instalada en el pavimento hasta la bobina secundaria ubicada en el vehículo que hace el papel de receptor.</p> |           |

Fuente: (Foley et al., 2010)


**Conectores de automóviles eléctricos:** Los conectores de los Evs deberán obedecer los siguientes ítems


- **Polaridad:** Los conectores de Evs deberán tener unos parámetros técnicos que no permitan el intercambio con otra clase de tomacorrientes que sean diferentes al propio sistema del conector. Los conectores deben ser y deben cumplir con las normas internacionales de fabricación.(Dhianeshwar, Kaur, & Nagarajan, 2017)
- **Construcción e instalación:** Los conectores de EVs deben ser debidamente fabricados, de manera que, no sean posible los contactos accidentales con el usuario que lo manipula ni con los otros con los otros componentes de la estación.(Hernandez, Roberto; Fernández, Collado; Baptista, 2010)
- **Acople:** El acople o punto de conexión del vehículo eléctrico y el punto de conexión debe tener los medios adecuados que eviten una desconexión accidental.(escamilla, 2013)
- **Polo de puesta a tierra:** El conector de los Evs deben poseer una puesta a tierra que permita su conexión y desconexión mientras carga el vehículo.(Dolan, Taufik, & Ducasse, 2014)

### Modelos de estaciones de carga rápida

En la actualidad existen una variedad de empresas que han enfocado su desarrollo tecnológico en la mejora de carga rápida de los evs. Inicialmente los puntos de carga venían con limitaciones en cuanto al tipo de conector, pues venían predeterminado para un o dos tipos de vehículos solamente. Hoy en día las estaciones de carga eléctrica o electrolíneas poseen la capacidad de cargar diferentes modelos de vehículos mediante la incorporación de diferentes tipos de conectores.

Tabla 7. Características de los cargadores más comunes

| MODELO  | MARCA                     | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS   |
|---|---------------------------|--|
|   | ABB Terra 53 C.J.G        | Compatibilidad con estándares CHAdeMO, CCS (combo) y AC tipo 2 potencia de : 50 KW CHAdeMO, 43 KW AC frecuencia 50 Hz    |
|  | INGETEAM Ingerev Rapid 50 | Compatibilidad con estándares CHAdeMO, CCS y AC tipo 2 potencia de 50: 50 KW CHAdeMO, 43 Kw AC frecuencia 50 Hz          |
|  | Schneider Electric EVlink | Compatibilidad con estándares CHAdeMO, CCS, y AC Tipo 2 potencia de: 50 kw CCS; 50 kw CHAdeMO, 43 KW AC frecuencia 60 Hz |

|   |                           |   |
|---|---------------------------|---|
|  | <p>TESLA Supercharger</p> | <p>Compatibilidad con estándares Tesla, AC tipo 2<br/>potencia de: 90 KW AC<br/>frecuencia 50 – 60 Hz</p> |
|---|---------------------------|---|

En la se Tabla 7 se evidencia el perfil básico de las electrolineras más comunes del mercado.

### Tendencia a nivel nacional:

En cuanto al desarrollo tecnológico a nivel nacional existe una tendencia a proteger cierto tipo de invenciones:

- Electrolineras de recarga que perfeccionan la conductividad en la acción del intercambio de energía eléctrica.
- Sistemas en forma de modulo para transmitir y recolectar la energía con el propósito de recargar prontamente los automóviles eléctricos.
- Protocolos que permiten mejorar la conexión entre los automóviles eléctricos y las electrolineras, para reiterar y asegurar la confiabilidad de los mismos.
- Software incorporado en los automóviles eléctricos para mejorar el proceso de recarga en las electrolineras.
- Instrumentos de recarga tipo resonancia sin conexión a las baterías secundarias que permiten la prevención daños.(Mojica et al., 2016)

## Normativa

### Normativa colombiana

A nivel nacional no existe una normativa técnica clara y general para los vehículos eléctricos. Este tipo estándares técnicos, debe ser promovida o gestionada por el ministerio de minas y energía a través de la CREG (comisión de regulación de energía y gas) pues son la entidad encargada de realizar el seguimiento y el control de las diligencias relacionadas con la prestación del servicio de energía eléctrica para medios de transporte que involucren Evs. Además, se debe acelerar en el senado de la republica el proyecto de ley que incentiva la compra y utilización de los automóviles eléctricos, a través de beneficios arancelarios y tributarios.

En la Tabla 8 se describe la evolución de las de algunos decretos de ley que han intentado ser la piedra angular, en la utilización de los vehículos eléctricos

Tabla 8. Incentivos de vehículos eléctricos en Colombia

| AÑO  | INCENTIVO  | ENTIDAD   |
|------|--|---|
| 2009 | <b>Decreto 358-2009:</b> Se beneficia con una exención de impuestos para los primeros 100 vehículos que ingresen al país, hasta diciembre del 2009   | <br>Ministerio de Hacienda<br>y Crédito Público<br>República de Colombia   |
| 2010 | <p><b>Decreto 2439-2010:</b> Se beneficia con una exención de impuestos para los primeros 100 vehículos que ingresen al país, hasta diciembre del 2010</p> <p><b>Decreto 4115-2010:</b> Se beneficia con una exención de impuestos para los primeros 100 vehículos que ingresen al país, hasta diciembre del 2011.</p> <p><b>Proyecto de Ley (No. 023 de 2010):</b> proyecto de ley a través del cual se promueve el uso de vehículos eléctricos.<br/>Artículo 4°. Estímulo para los gremios empresariales del país. A través del ministerio de hacienda y del ministerio de comercio y turismo se implementa un impuesto de entre el 0 y el 5 % para la importación de vehículos eléctricos y medios de transporte a fines.<br/>Artículo 5°. Los gobiernos locales como alcaldías y asambleas podrán liberar de un porcentaje entre el 10 y el 40 % de impuestos relacionados sobre vehículos.<br/>Artículo 6°. Las alcaldías locales y distritales podrán eximir de pico y placa y crear parqueaderos especiales y gratuitos como estímulos para el uso de los vehículos eléctricos.</p> | <br>Ministerio de Hacienda<br>y Crédito Público<br>República de Colombia<br><br>  |
| 2010 | <p><b>Decreto 2658-2011:</b> Se hace una extensión de la eximición de impuestos de aduanas del 0% para 161 vehículos eléctricos que no ingresaron al país en el periodo comprendido entre el 2009 y 2011. Hasta diciembre del 2011.</p> <p><b>Decreto 4931-2011:</b> Se hace una extensión de la eximición de impuestos de aduanas del 0% para 161 vehículos eléctricos que no ingresaron al país en el periodo comprendido entre el 2009 y 2011. Hasta diciembre del 2012.</p>  | <br>Ministerio de Hacienda<br>y Crédito Público<br>República de Colombia<br><br><br>Ministerio de Comercio,<br>Industria y Turismo<br>República de Colombia<br>Libertad y Orden |
|      |  |   |

|                    |  |   |
|--------------------|--|---|
| <p><b>2012</b></p> | <p><b>Plan Acción 2012-2016:</b> Se plantea el cambio del transporte público de vehículos tradicionales a vehículos a gas y puramente eléctricos.</p> <p><b>Decreto 407-2012:</b> La realización de planes piloto en Bogotá, para el uso de 50 vehículos de transporte público meramente eléctricos por un periodo de 5 años a partir del registro del vehículo.</p>   |    |
| <p><b>2012</b></p> | <p><b>Resolución 778 -2012, Resolución 186-2012:</b> hacer la transición de vehículos de combustión a vehículos eléctricos en los medios de transporte público en un porcentaje del 0.33 al 2015.</p>  |   |
| <p><b>2013</b></p> | <p><b>Decreto 2909-2913- Arancel de 0% para 750 EVs/año durante 3 años:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuesto del 5 % para 750 vehículos híbridos durante un periodo de 3 años. Aplicable para taxis, buses, camionetas y cualquier otro medio de transporte a fin.</li> <li>• Importación de 100 electrolineras bajo un impuesto del cero por ciento por un tiempo de 3 años. El costo del cargador de los Evs e híbridos no debe superar un precio de 52000 dólares para acceder a la exención.</li> </ul> |  |

Fuente: (Hinestroza Olascuaga, 2014)

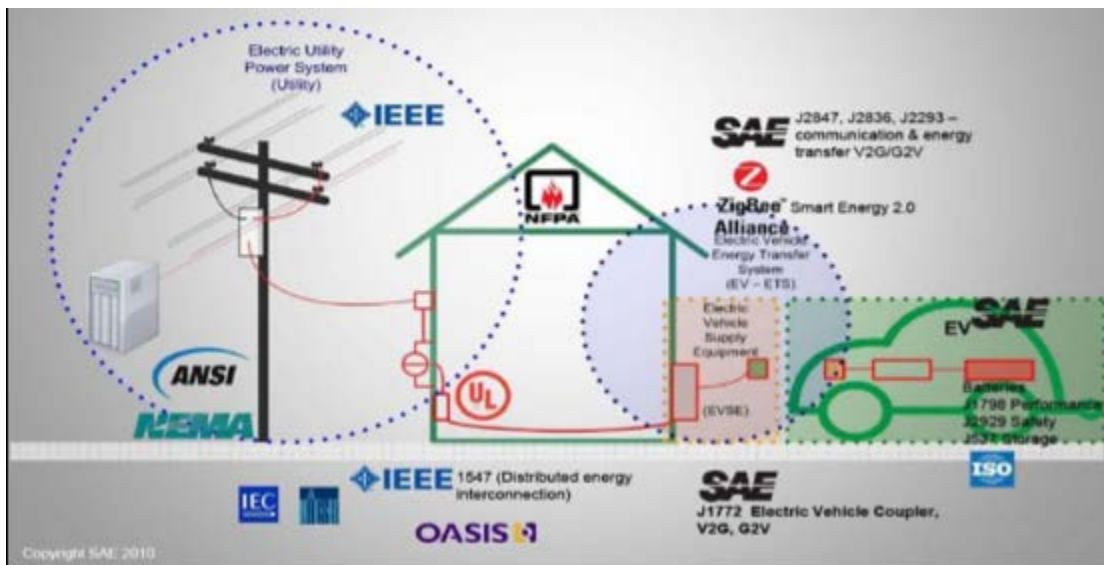
### Normativa internacional.

A nivel internacional existen una gran variedad de normas relacionadas sobre el uso de los vehículos eléctricos sus implicaciones en el medio y la sociedad. Gracias al rápido desarrollo tecnológico que han tenido los vehículos eléctricos en la última década, se ha generado un plus en la masificación de este medio de transporte en especial en los países



de Europa, estados unidos y algunos de los países más desarrollados de Asia. Este nuevo desarrollo automotriz ha traído consigo una variedad de normas con el fin de establecer estatutos que respalden la seguridad humana. Estas barreras se hacen con el fin de eliminar barreras técnicas que impiden la comercialización del producto, de esta manera se los requisitos se hacen generales y logren aplicarse en distintas naciones. A modo mundial existen entidades instituciones comprometidas en la realización de normativas y regulación de las misma para los vehículos eléctricos como se ilustra a continuación véase Figura 30

Figura 30. Instituciones comprometidas en la realización de normativas y regulación



Fuente: (Rodriguez, 2011)

A continuación, algunas normas de referencia a nivel internacional para puntos de recarga de vehículos eléctricos:

A nivel internacional los lineamientos Normativos son conducidos por la IEC (International Electrotechnical Commission) y el EN (european norma).

**IEC 61851-1:2010-** Sistema guía de recarga para Evs, esta norma no se usa para autobuses híbridos, trenes, vehículos de carga pesada, esta e aplica para cargar vehículos



eléctricos de carretera a tensiones de alimentación de corriente alterna hasta 1000V utilizando un cable de carga desmontable.

**IEC 61851.22:2001-** Modelo guía para la recarga de Evs:  
Electrolinera de recarga en corriente alterna para Evs.

**EN 50438:2013** – Condiciones para el enlace de micro generadores en paralelo con enlaces comunes de suministro en baja tensión.

**ITC-BT-18-** Conexiones de puesta a tierra, los dispositivos a tierra pueden ser utilizados separados o a la vez.

**ITC-BT\_23-** Protección contra sobre voltajes en las conexiones eléctricas interiores, Los sobre voltajes espora neos que se generan sobre las líneas de conexiones y generadas por descargas atmosféricas, conmutaciones en las líneas y fallas existentes en las redes eléctricas.

Tabla 9. Incentivos internacionales

| PAIS | INCENTIVO  | AÑO  |
|------|--|--|
|      | Los vehículos eléctricos e híbridos se encuentran libre de pagar un impuesto anual de rodamiento. Eximir de cobros fiscales a quienes compren Evs, además podrán | Desde 2010, Por un por un tiempo de 5 años a partir de |

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
Soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación  
FECHA APROBACION:

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| <b>Alemania</b>   | parquear en lugares especiales de estacionamientos y también se les permitirá el tránsito por zonas restringidas para otros automóviles, así como carriles exclusivos de buses  | la inscripción de la matrícula del vehículo   |
| <b>Austria</b>    | Los Evs están exentos del pago del impuesto del consumo de combustibles ya también del impuesto de rodamiento que se paga de manera mensual, además recibirán bonos por un costo de los 800 euros por reducción de emisiones de co2   | A partir del 2008<br>Hasta Ago-2012   |
| <b>Bélgica</b>    | Reducir impuestos hasta del 30 % por la compra de los Evs para vehículos de un valor hasta los 9150 euros. Reducciones de hasta un 40% en los impuestos para la adquisición de electrolinerías, hasta por un costo de 250 euros.  | No aplica para PHEV Hasta Dic-2012  |
| <b>Canadá</b>     | En Canadá, en algunas provincias se han promovido decretos que incentivan el uso de los Evs.<br>Provincia Columbia Británica: En esta provincia es legal conducir Evs de alta velocidad.<br>Provincia Ontario: en la provincia de Ontario existen descuentos especiales para la adquisición de vehículos híbridos además de generar permisos para transitar por zonas especiales.<br>Quebec: existen descuentos especiales para la adquisición de vehículos eléctricos e híbridos, además de aplicar un reembolso de 7000 dólares para vehículos eléctricamente puros | Disponible para los primeros 1000 Evs. A partir de Julio del 2010 hasta marzo del 2013 o hasta terminar presupuesto<br>A partir de Enero del año 2012<br>Máximo número de vehículos 10000 Evs y 5000 vehículos híbridos hasta el 2015 |
| <b>China</b>      | Incentivos económicos para los vendedores de hasta 6000yuanes para vehículos eléctricos y de 5000 yuanes para vehículos híbridos, en ciudades como Shanghai, shenzhen Hangzhou Hefei y Changchun.   | Para las primeras 50000 unidades vendidas   |
| <b>Costa Rica</b> | Eximición del impuesto de consumo para Evs<br>Eximición del impuesto de importación para Evs  | A partir del 2006<br>A partir de enero del 2013   |
| <b>Dinamarca</b>  |   | A partir del 2011   |

|                       |  |   |
|-----------------------|--|---|
|                       | Vehículos eléctricos de batería menores del peso determinado están eximidos del pago del registro del vehículo.  |   |
| <b>España</b>         | <p>Generación de subsidios en la adquisición de los Evs, de un rango de autonomía de 5 kilómetros hasta los 40 kilómetros. Hasta en un 25 % del valor total del vehículo.</p> <p>Para Evs con una autonomía de 40 a 90 kilómetros con un subsidio de hasta 4000 euros y un subsidio de 6000 euros para vehículos con una autonomía superior de 90 kilómetros</p>   | Aplica tanto para el vehículo como para sus baterías hasta el 2013                            |
| <b>Estados Unidos</b> | <p>En los estados unidos se generan créditos federales de hasta los 8000 dólares para la adquisición de los vehículos eléctricos.</p> <p>Los Evs podrán utilizar los carriles especiales para determinado número de pasajeros por vehículos. Además se considera la ampliación de este crédito por hasta por unos 3000 dólares en la ubicación de las electrolineras y créditos fiscales por 1000 dólares para la instalación de puntos de recarga residenciales</p> | <p>En el periodo comprendido del 2009 - 2015</p> <p>A partir del 31 de diciembre del 2011</p> |
| <b>Estonia</b>        | Generación de subsidios para unos 500 Evs  | A partir del 2013   |
| <b>Francia</b>        | En Francia se ofrecen reembolsos de 5000 euros por la compra de Evs y además de 2000 euros de para vehículos de gas natural  | A partir de agosto del 2012   |
| <b>Grecia</b>         | En Italia los vehículos eléctricos, híbridos e híbridos enchufables están exentos de pagar el impuesto de matrícula del vehículo   | A partir del 2011   |
| <b>Inglaterra</b>     | Se ofrecen subsidios del 25 % en el valor total de la compra de los Evs para los vehículos con un valor no superior de 5000 dólares  | A partir d enero del 2011   |
|                       | Los vehículos eléctricos están libres del pago de impuesto de rodamiento de hasta un 75 %,   |   |

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| <b>Italia</b>          | además de tener un acceso a parqueaderos gratuitos y a subsidios de hasta un 35 % del valor total de la compra  | A partir del 2011 por un periodo de 5 años |
| <b>Japón</b>           | Subsidios para compras de vehículos eléctricos por un valor de 1000000 yenes para automóviles nuevos y de 50000 yenes para vehículos pequeños y un tipo de mini subsidio para buses y camionetas que cumplan los criterios de eficiencia  | A partir del 2009 hasta el 2012            |
| <b>Luxemburgo</b>      | Estímulos de aproximadamente 3000 euros para vehículos eléctricos, y que tengan conexión a fuentes de energía alternativa   | A partir de diciembre del 2011             |
| <b>Mónaco</b>          | Subvenciones de ayuda de hasta 9000 euros en la compra de vehículos eléctricos, además de acceso de parqueaderos gratis   | A partir del 2011                          |
| <b>Noruega</b>         | Para vehículos puramente eléctricos estarán exentos del pago de impuestos de compra, de impuestos de rodamiento y acceso a parqueaderos públicos.   | Hasta 2017                                 |
| <b>Países Bajos</b>    | Exoneración de impuestos de matrícula de rodamiento para vehículos eléctricos, vehículos híbridos e híbridos enchufables.   | A partir del 2010                          |
| <b>Portugal</b>        | Subvenciones en la compra de vehículos eléctricos por valor de 5000 euros para los primeros 5000 vehículos que se vendan en el país de además un estímulo de 1500 euros si el usuario entrega su vehículo a combustión como parte de pago | A partir del 2011                          |
| <b>República Checa</b> | Los vehículos eléctricos estarán libres del impuesto de rodamiento  | A partir del 2011                          |
| <b>Rumania</b>         | Estímulos de hasta un 25 % del valor total del vehículo eléctrico con una restricción máxima del precio de 5000 euros además de la entrega de bonos de 5000 euros por entrega del vehículo viejo de combustión como parte de pago         | A partir del 2011                          |

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
|                      |   |   |
| <p><b>Suecia</b></p> | <p>Liberación del impuesto de rodamiento para vehículos eléctricos e híbridos, además de la reducción en el impuesto de matrícula del auto en un 40 %</p> | <p>A partir del 2012 por un periodo de 5 años</p> |

Fuente: (Hinestroza Olascuaga, 2014)

En la Tabla 9. Se describe los incentivos que han desarrollado alrededor de los vehículos eléctricos a nivel mundial, en algunos casos estos han ido evolucionando y consolidándose se en cambio otros han ido desapareciendo.

### **Criterios que se pueden tener a consideración al asignar los lugares de electrolineras**

- Que las curadurías tengan definidos los criterios de implantación para la instalación de este tipo de infraestructuras.
- El POT debe contemplar a las electrolineras o estaciones de carga dentro de los usos del suelo.
- Incluir en las normas de construcción una capacidad adicional para cargas de estaciones de carga.
- Los funcionarios públicos deben contar con el conocimiento frente a lo que es y cómo opera una estación de carga para vehículos eléctricos, ya que se asimila a estaciones de combustible.
- Que no exista restricción en la utilización del espacio público para la adecuación de puntos de carga.
- se desarrolle una norma técnica que unifique los criterios de construcción de las electrolineras
- Que haya un mayor compromiso de las administraciones locales, para incentivar la masificación del tráfico de los vehículos eléctrica en los municipios.
- Eliminar el IVA del servicio de recarga vehicular.
- En el reglamento de propiedad horizontal definir la posibilidad de instalación de estaciones de carga.
- Reconsiderar la certificación como carga especial en el RETIE para instalación de EDC. Debería ser válido con auto certificación.

- Permitir el uso de parqueaderos especiales exclusivos para los evs, en lugares públicos como alrededores de parques y entidades públicas, como parte de los incentivos

#### 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

##### 4.1. Pasos para el desarrollo del proyecto bajo la Metodología del Marco lógico.

###### 4.1.1 Matriz de Involucrados.

La matriz de involucrados es una herramienta informativa que nombra y describe a las entidades o personas que participaran en el proyecto, manifestando las cualidades y los resultados que se espera a obtener de esta participación.

Tabla 10. Matriz de involucrados

| Involucrado                       | Expectativa   | Fuerza  | Resultado |
|-----------------------------------|---|---|-----------|
| Área Metropolitana de Bucaramanga | <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta (5)</li> <li>Mejorar la calidad del aire en el área metropolitana</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Buena (4)</li> <li>Promover las reuniones con las entidades concernientes del cuidado del medio ambiente</li> <li>Promover el uso del vehículo eléctrico en los trabajadores de la alcaldía</li> </ul> | 20        |
| ESSA                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Muy alta (5)</li> <li>Suministrar la red eléctrica para la implementación de los nuevos sistemas de carga.</li> <li>Identificar problemas en la red de distribución, dar solución inmediata y sostener la calidad de la energía demanda</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Buena (4)</li> <li>Explorar los nuevos campos de generación de las energías alternativas</li> </ul>  | 20        |

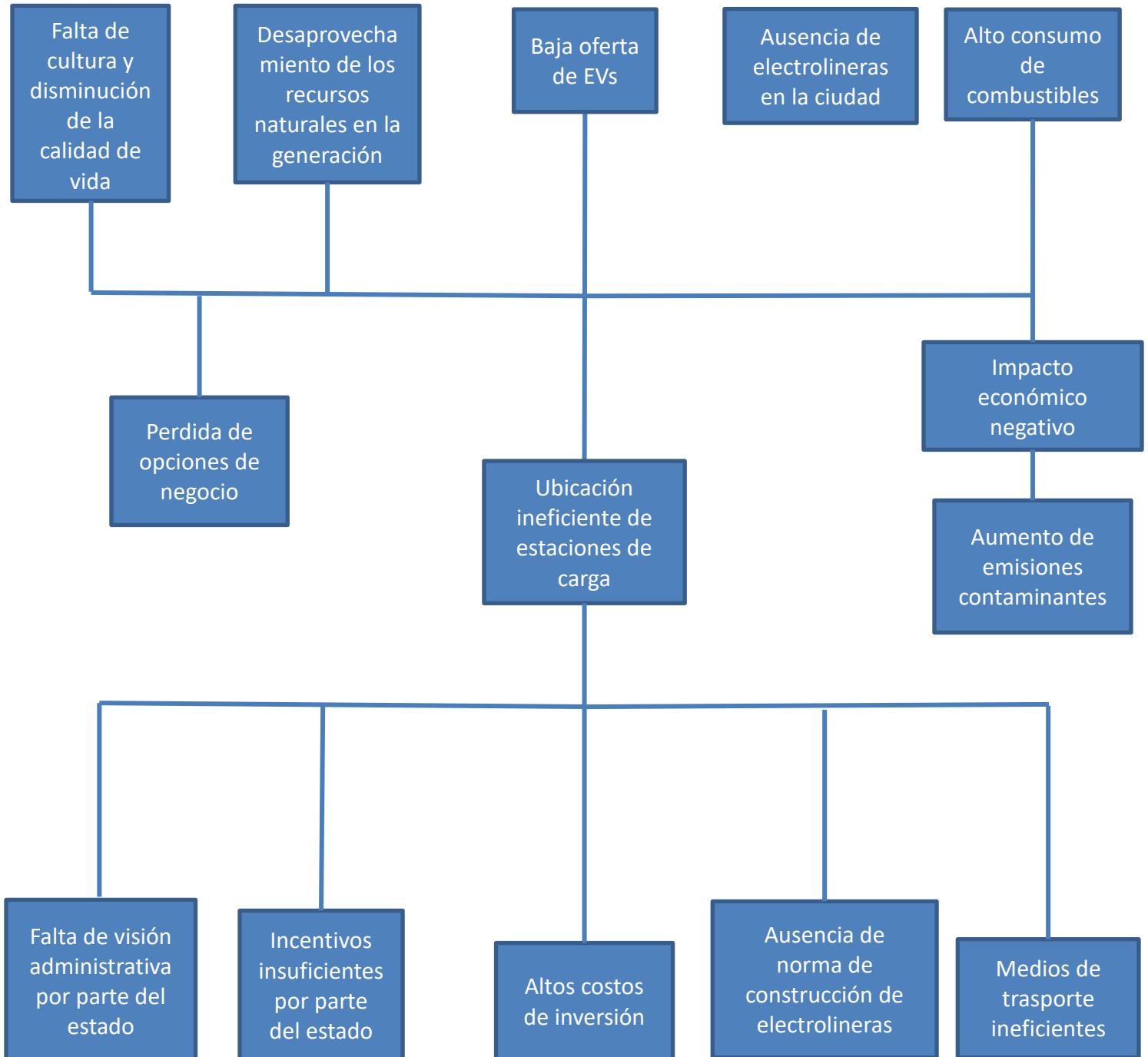


|   |  |   |           |
|---|--|---|-----------|
| <p>Unidades<br/>Tecnológicas de<br/>Santander</p> | <p>Alta (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover e incentivar la investigación de este tipo de tecnologías a través del semillero de investigación GIE</li> <li>• Contribuir al cuidado del medio ambiente</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja (2)</li> <li>• gestionar la financiación del desarrollo de los proyectos</li> </ul>   | <p>8</p>  |
| <p>Comunidad en<br/>General</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (5)</li> <li>• Promover el uso de los vehículos eléctricos</li> <li>• Crear conciencia de la contaminación medioambiental</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja (2)</li> <li>• Indagar los beneficios tributarios de los vehículos eléctricos</li> <li>• Excepción de pico y placa</li> </ul> | <p>10</p> |

Fuente: (Autor)

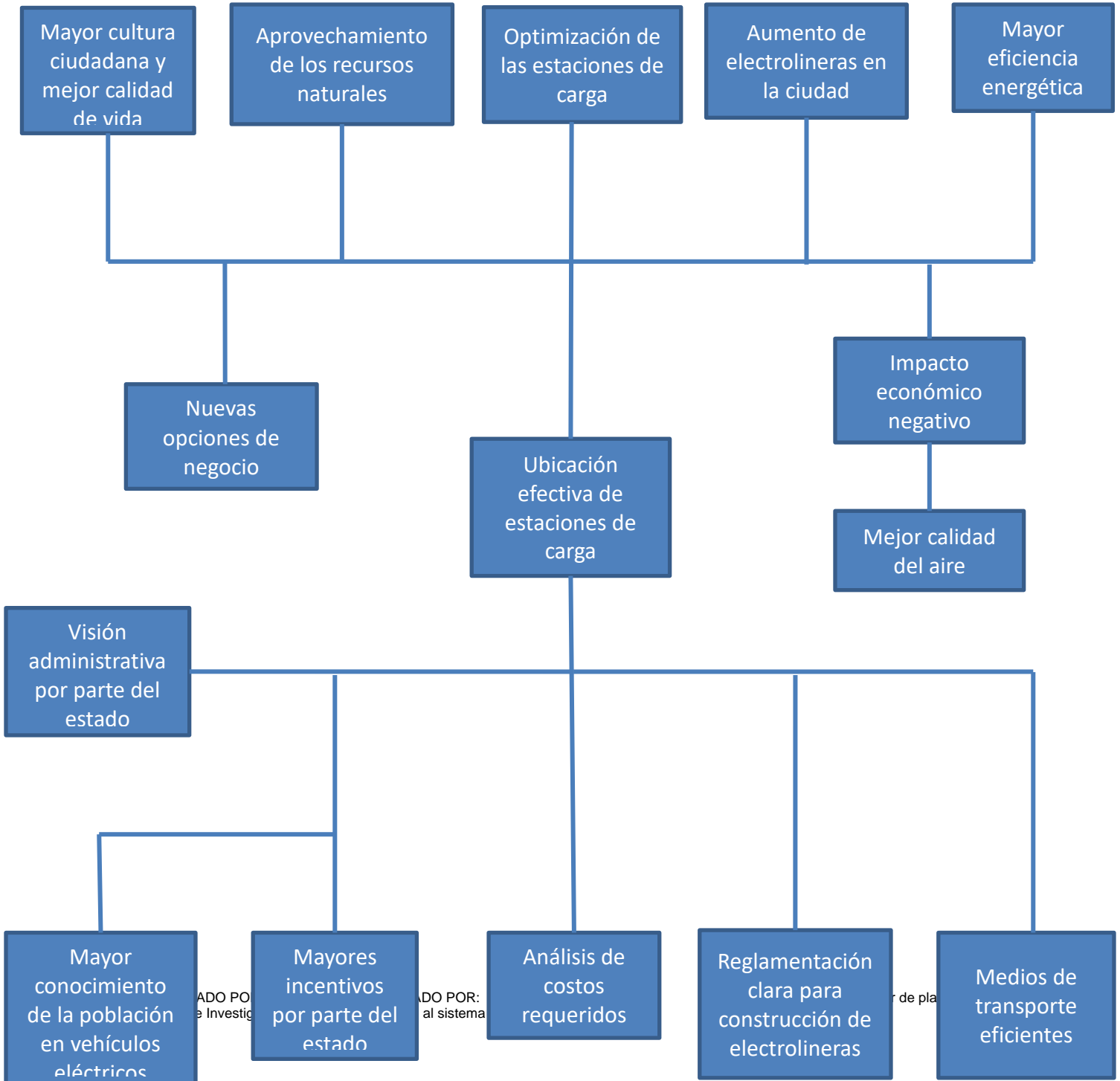
#### 4.1.2 *Árbol de problemas.*

El árbol de problemas parte de la problemática principal que trae consigo el no desarrollo de esta clase de proyectos, sus posibles implicaciones, causas y consecuencias.



### 4.1.3 Árbol de objetivos.

En el siguiente árbol de objetivos se realiza un diagrama para definir los criterios de evaluación de las distintas soluciones a un problema principal que se había planteado en el árbol de problemas.



#### 4.1.4 Alternativas de solución.

Como principal alternativa de solución para la ubicación de estaciones de carga eléctricas se propone un modelo de optimización a partir de la obtención de datos estadísticos de tráfico simplificado para la movilidad urbana y el consumo de energía de los vehículos. Este método de estudio es interesante para prototipos y estudios iniciales sobre el despliegue de estaciones de carga, pues obtiene los datos del flujo vehicular medidos en las principales avenidas y puntos neurálgicos de tráfico en la ciudad.

La segunda alternativa de solución que se propone es el de Big Data en donde se recolectaba la información a través del patrón de viaje informado de la flota de taxis, medio por el cual se logró recolectar datos de recorrido por las principales avenidas, determinando así los lugares idóneos en la ubicación de estaciones de carga teniendo cuenta los recorridos más frecuentes de la ciudad.

#### 4.1.5 Matriz de marco lógico.

En la siguiente matriz de marco lógico se realiza el diseño, planificación, ejecución y evaluación de proyecto.

Tabla 11. Matriz de Marco Lógico

| Nivel              | Resumen Narrativo de Objetivos  | Indicadores   | Medios de Verificación                          | Supuestos   |
|--------------------|---|---|---|---|
| <b>Fin</b>         | Establecer criterios para determinar la ubicación de estaciones de carga eléctrica con el fin de ofrecer un buen servicio   | Nivel de satisfacción del usuario con la prestación del servicio          | Encuestas y datos de uso                        | Mayor demanda de vehículos eléctricos   |
| <b>Propósito</b>   | Proponer una investigación formal sobre la utilización y medios que trae consigo el empleo de los Evs a través del grupo de investigación AGE de las unidades tecnológicas de Santander | Mayor número de proyectos de investigación sobre los vehículos eléctricos | Informes, propuestas y prototipos desarrollados | Un mayor compromiso económico de la institución en proyectos de vehículos eléctricos y fuentes de energías alternativas |
| <b>Componentes</b> | Diseñar la estación de carga  | Prototipo funcional   | Verificación y comprobación de los estudios     | Disponer de capital humano y financiero   |

| Nivel              | Resumen Narrativo de Objetivos  | Indicadores   | Medios de Verificación  | Supuestos  |
|--------------------|---|---|---|--|
|                    | Estudios técnicos de ubicación eficientes   | Número de estaciones de carga por número de vehículos eléctricos en uso   | Registro de vehículos eléctricos  | Mayor aprovechamiento de la autonomía que ofrecen las baterías           |
|                    | Validación de la información  | Número de usuarios por estación   | Encuesta de satisfacción  | Mayor número de vehículos  |
| <b>Actividades</b> | Determinar el tipo de estación de carga que se desea instalar                                     | Diseño a partir de los estudios realizados                                | Crear una comisión profesional calificada que verifique los procesos de validación    | Gestionar los recursos sociales y financieros                            |
|                    | Ofrecer y examinar las distintas alternativas tecnológicas para desarrollar los estudios técnicos | Plan de trabajo para diseño y construcción de las estructuras             | Establecer la normativa de eficiencia energética y etiquetado de vehículos eléctricos | Hacer pruebas en programa de simulación de recorridos                    |
|                    | Ejecutar pruebas de calidad para comprobar la integridad y validez de la información              | Creación de tarjeta de pago en electrolinera para almacenamiento de datos | Determinar los parámetros de satisfacción   | Coordinación de política pública de movilidad eléctrica nacional y local |

Fuente: (Autor)

#### 4.1.6 Documento Técnico.

En el siguiente documento técnico se hace una descripción detallada de las acciones que se plantean para la ejecución del proyecto.

Tabla 12. Documento técnico

|  |  |
|--|--|
| Instituciones formuladoras                     | Unidades Tecnológicas de Santander   |
| Grupos de Investigación Vinculadas al Proyecto | Grupo de Investigación en Energía  |
| Instituciones de Apoyo                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sena</li> <li>• Colciencias</li> <li>• Ministerio de minas y energía</li> <li>• Corporación Centro de Investigación y CIDET (Desarrollo Tecnológico en el Sector Eléctrico)</li> <li>• Empresa Electrificadora de Santander-ESSA</li> </ul>   |
| Pertinencia de la Guía Sectorial               | <p><b>Tipología 1.</b> Investigación y Desarrollo Experimental<br/>Subtipología 1.3 Desarrollo experimental <b>Tipología VII.</b> Innovación<br/><b>Subtipología 7.2</b> Innovación de proceso<br/><b>Subtipología 7.5</b> Innovación social <b>Subtipología 7.6</b> Servicios de apoyo a la innovación.</p> <p><b>PAED:</b><br/><b>Apuesta País 1.</b> Producción científica ambiciosa con enfoque, gerencia y disciplina:<br/><b>Objetivo 2:</b> Generar frentes de conocimiento que promuevan la interacción del conocimiento entre la sociedad y las empresas involucradas con el objetivo de reforzar la competencia de investigación, en especial los puntos de estrategia establecidos en la visión de CT en el estado</p> <p><b>Apuesta País 2.</b> Compañías novedosas y sofisticadas:<br/><b>Objetivo 1:</b> promover novedosas tecnologías empresariales por medio de conexiones entre la parte productiva, el sector científico y el sector público en los puntos claves en la visión del CT del estado.</p> |
| Licencias de construcción                      | Licencias de construcción no reglamentadas y falta de claridad sobre el uso del suelo para estaciones de carga en el POT   |
| Área   | Área metropolitana de Bucaramanga  |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <p>Análisis de riesgos</p> | <p><b>Ambientales:</b> Las condiciones climáticas extremas pueden afectar el desarrollo del proyecto, puesto las baterías de iones de litio se establece en una reacción electroquímica, estas reacciones se ralentizan en bajas temperaturas afectando así la corriente máxima del vehículo y por ende también su aceleración afectando así la autonomía del vehículo. Por otro lado, el calor extremo también afecta la batería del vehículo, ya que acelera las reacciones electroquímicas, en estas condiciones la batería podría dar más potencia, se descarga antes y además tendrá un rápido envejecimiento, a la vez que tiene una mayor auto descarga.</p> <p><b>Costo-Beneficio:</b> Incremento en el costo de los equipos, varios insumos están sujetos a la variación del dólar.</p> <p><b>Esquemas Sociales:</b> El principal riesgo del proyecto es la resistencia al cambio, pues se requiere de transformar la mentalidad del usuario final, para que accedan a modificar sus hábitos de vida con la implementación del vehículo eléctrico.</p> <p><b>Descargas electrostáticas:</b> Las descargas electrostáticas pueden suceder mediante el proceso de recarga y a través de los operarios por carga acumulada de ellos, por ello tienen que examinarse todas las situaciones en las que podría suceder estas descargas, aun mas cuando las electrolineras funcionaran como subestaciones de alta tensión.</p> <p><b>Normativo:</b> el plan de ordenamiento territorial no contempla la electrolineras o estaciones de carga eléctrica dentro del uso del suelo además es evidente la inexistencia de una norma técnica que unifique los criterios de construcción de las electrolineras, en la que destaca la ausencia de claridad en cuanto al RETIE.</p> |
|                            | <p><b>Académico:</b> Para las Unidades Tecnológicas de Santander, apoyar esta clase de proyectos le genera un gran reconocimiento investigativo, además el proyecto genera un amplio beneficio ya que en su desarrollo es interdisciplinario, permitiendo así la aplicación del conocimiento adquirido por estudiantes de diversos programas académicos dirigidos por los</p>   |



|          |  |
|----------|--|
| Impactos | <p>diferentes grupos de investigación que se puedan integrar al proyecto.</p> <p><b>Económico:</b> El desarrollo e inicio del funcionamiento de las estaciones de carga eléctrica traerá consigo un impacto positivo en todos sus usuarios, ya que la utilización de los EVs representa una mayor eficiencia energética en comparación de los automoviles a combustión, el costo de kwh es mucho menor que un galón de gasolina, lo que se expresara como una mayor extensión y utilización de los recursos monetarios de las personas</p> <p><b>Social:</b> La disminución de gases contaminantes y del ruido en la ciudad, mejorará la calidad de la vida de las personas, que además si a esto le sumamos la disminución de gasto en combustibles se traerá una mejor economía a la vida de las personas.</p> |
|----------|--|

Fuente: (Autor)

**4.1.7 Hilo Conductor.**

Tabla 13. Hilo conductor

| ACTIVIDADES               |  | RUBROS           | DESCRIPCION                                      | CANTIDAD   | VALOR \$  | TIEMPO    | TOTAL \$   |           |
|---------------------------|--|------------------|--|--|-----------|-----------|------------|-----------|
| <b>Estudio de trafico</b> | Recolectar, revisar y analizar los estudios e información de tránsito existente sobre el corredor vial   | Software         | Excel  | 1  | 2.000.000 |           | 2.000.000  |           |
|                           |  | Equipos          | Equipos de almacenaje de información informática | 1  | 1.800.000 | 1         | 18.000.000 |           |
|                           |  | Recursos humanos | Estudiantes que están realizando el proyecto     | 1  | 3.000.000 | 1         | 21.000.000 |           |
|                           | Analizar los posibles impactos en la circulación y nivel de servicio en los corredores e intersecciones afectadas a lo largo del corredor de la estaciones de carga y su área de influencia. | Recursos humanos |  | Asesoría de Ingeniero en transporte y vías                       | 1         | 3.000.000 | 1          | 3.000.000 |
|                           |  |                  |  | Asesoría de Ingeniero urbanista                                  | 1         | 4.500.000 | 1          | 4.500.000 |
|                           | Estimación del Tránsito Promedio Diario para el diseño de la estructura de carga eléctrica   | equipos          |  | Detector de imagen para generación de lazos inductivos virtuales | 1         | 150.000   | 1          | 150.000   |
|                           |  | Recursos humanos |  | Técnico  | 1         | 1.200.000 | 1          | 1.200.000 |
|                           | Estudio de velocidades por vehículo  | equipos          |  | Láser infrarrojo activo  | 1         | 520.000   | 1          | 520.000   |
|                           |  |                  |  | Radar a hiperfrecuencia  | 1         | 735.000   | 1          | 735.000   |
|                           |  |                  |  | Radar a efecto doppler   | 1         | 1.650.000 | 1          | 1.650.000 |
|                           |  | Recursos humanos |  | Estudiantes  | 1         | 3.000.000 | 1          | 3.000.000 |

| ACTIVIDADES               |                      | RUBROS           | DESCRIPCION        | CANTIDAD | VALOR \$  | TIEMPO | TOTAL \$   |
|---------------------------|----------------------|------------------|--------------------|----------|-----------|--------|------------|
| <b>Estudio de trafico</b> | Imágenes satelitales | Software         | Google Earth       | 1        | 0         | 1      | 0          |
|                           |                      | equipos          | Equipos de computo | 1        | 1.800.000 | 1      | 1.800.000  |
|                           |                      | Recursos humanos | Estudiantes        | 1        | 3.000.000 | 1      | 3.000.000  |
| Total                     |                      |                  |                    |          |           |        | 60.555.000 |

Fuente: Autor

Tabla 14. Costos por rubros

| COSTOS POR RUBROS           |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>Recursos humanos</b>     | 35.700.000 |
| <b>Equipos y Software</b>   | 24.855.000 |
| <b>Materiales e insumos</b> | 1.300.000  |
| <b>Total</b>                | 61.855.000 |

Fuente: (Autor)

## 5. CONCLUSIONES

La ubicación óptima de estaciones de carga eléctrica en el área metropolitana de Bucaramanga, representa un reto, pues las implementaciones de las electrolineras deben suplir el abastecimiento básico de energía para la demanda de los diferentes tipos de vehículos que funcionan a partir de electricidad, uno de los instrumentos más primordiales de los Evs, son las baterías, y tienen como objetivo primordial en el desarrollo y ampliación en el mercado nacional e internacional, pues ellas nos generan la autonomía o rango de trabajo que puede tener un vehículo, en este caso el área metropolitana comprende un área de 1.479 km<sup>2</sup> lo cual hace inherente que la ubicación de las estaciones puedan generar una máxima eficiencia de la carga de la batería.

Así mismo se puede inferir que además de las estaciones de carga eléctrica tipo electrolineras también se pueden respaldar la carga de los vehículos eléctricos con módulos de carga domiciliarios de carga lenta, que pueden proveer de electricidad a los Evs mientras estos se encuentran en los parqueados en sus respectivas residencias.

Además de esto ay otras ideas que se pueden explorar como lo son los estacionamientos especiales ubicados en lugares públicos como lo son los estacionamientos de edificios empresariales, centros comerciales y en la periferia de los parques, que harían parte del estímulo que tendrían el uso de los Evs (acceso a parqueaderos especiales solo para Evs).

Como se mencionó en la problemática uno de los impactos que tiene el uso constante de los vehículos a combustión en el área metropolitana ha sido el deterioro de la calidad del aire llegando a niveles de riesgo para la salud humana, se espera que con la implantación y la ubicación óptima de las estaciones de carga eléctrica, estimule el uso de vehículos Evs y así mejorar la calidad del aire

Además, esto trae consigo un ahorro en materia del uso de los impuestos pues al eliminar una de las variables que es causante de enfermedades respiratorias, menos impuestos serán necesarios para invertir en el área de la salud.

En cuanto a rubros de inversión de estaciones de carga en comparación con la cantidad de energía de combustibles fósiles que no se utilizaría, hace que sea rentable este tipo de inversiones pues la masificación del uso de vehículos eléctricos tendrá un impacto positivo en la economía de las personas.

El modelo matemático que se plantea optimización a partir de la obtención datos estadísticos de tráfico, es la respuesta para el tipo de movilización urbana que se desarrolla en el área metropolitana donde la mayoría de tráfico se moviliza en calles y avenidas principales, creando unos patrones de comportamiento de flujo vehicular que nos permite calcular un aproximado del número de vehículos que se movilizan por determinadas zonas del proyecto.

## 6. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta las experiencias vividas de países en otros países, se hace necesario que el gobierno nacional y el congreso de la república aceleren el proyecto de ley que implementa e incentiva el uso de los Evs en Colombia.

Además, es de suma importancia que los gobiernos locales sigan promoviendo el uso de los Evs a través de otorgamientos y beneficios tributarios como lo es el congelamiento del impuesto de rodaje por determinado número de años o hasta que recupere la inversión a aquellos que conviertan su vehículo de combustión a eléctrico, también continuar con las estrategias de movilidad como la exención del pico y placa a los propietarios de estos vehículos.

Es bueno tomar como referencia o ejemplo a los países europeos, donde las empresas distribuidoras de vehículos eléctricos se unen entre sí con las generadoras de energía locales para desarrollar y optimizar la instalación de las estructuras de carga eléctrica.

Como adicional a todo lo anterior se recomienda que en las estaciones de carga eléctrica se tenga en cuenta que:

- Se cumpla las distancias de seguridad establecidas en el RETIE.
- El operador de Red, garantice que el sistema eléctrico no genere ningún fenómeno de chispa, estática o sobrecarga de voltaje, que genere riesgo a la Estación de Servicio.
- Se adelante los análisis de riesgos específico y planes de contingencia.
- No se generen filas de vehículos para el ingreso a la electrolinera.
- La consideración si requiere o no Estudio de Tránsito deba ser clara y que sus resultados sean de comunicación pública
- La subestación de energía de alimentación al sistema eléctrico del punto de recarga, debe preferiblemente ubicarse en forma subterránea en el espacio privado.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMB, A. M. de B. (2019a). *REPORTE-MENSUAL-ICA-PM-2.5-01-MARZO-2019.pdf*. Retrieved from <https://www.amb.gov.co/calidad-del-aire/>
- AMB, A. M. de B. (2019b). *Reporte-sonoro-areametropolitana*. Retrieved from <https://www.amb.gov.co/ruido/>
- Ambiente, M., & Madrid, C. (2010). *Aportaciones para el diseño de una política energética española sostenible*. Retrieved from [http://istas.net/descargas/Doc\\_Energia\\_Completo\\_v11\\_VERSION\\_WEB.pdf](http://istas.net/descargas/Doc_Energia_Completo_v11_VERSION_WEB.pdf)
- Andemos. (2018). *Andsociacion nacional de movilizacion sostenible*. Retrieved from <http://www.andemos.org/>
- Bañeres S., M., & Cortina P., J. L. (2003). Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso. *UPCommons*, 1–102. Retrieved from <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3095>
- Barti, R. (2016). *El vehículo eléctrico y la reducción del ruido ambiente en las ciudades* (p. 10). p. 10. Retrieved from [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/132\\_01.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/132_01.pdf)
- Blaz Peternel, Tomaz Lovrencic, N. G. (2016). *D2.2.2 Methodology and key performance indicators for resilient dense prosumer oriented DEG smart grid energy and communications network*. (619437).
- BloombergNEF. (2018). *Electric Vehicle Outlook*. Retrieved from <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>
- BMW. (2019). *bmw-i3*. Retrieved from <https://www.bmw.com.co/es/all-models/bmw-i/i3/2017/de-un-vistazo.html>
- Building a better working world. (2017). *Mitos y verdades*. Retrieved from [https://www.ey.com/en\\_gl/who-we-are](https://www.ey.com/en_gl/who-we-are)
- BYD. (2019). *BYD*. Retrieved from <http://www.byd.com.co/Autos/Qin/tabid/2379/Default.aspx>
- Congreso de la República de Colombia. *Ley 23 de 1973: Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones*. , 1973 § (1973).
- Congreso de la República de Colombia. *Artículo 79*. , (1991).
- Congreso de la República de Colombia. *LEY 99 DE 1993*. , (1993).
- Congreso de la República de Colombia. *LEY 164 DE 1994*. , (1994).
- Congreso de la República de Colombia. *LEY 1819 DE 2016*. , (2016).
- Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. (1998). *Protocolo de Kioto*. *Protocolo de Kioto*, 61702, 20. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1205634>
- Cop21. (2015). *Cop21- Paris* (Vol. 01194). Retrieved from <http://www.cop21paris.org/>
- Daim, T. U., Oliver, T., & Phaal, R. (2018). Technology roadmapping. *Technology Roadmapping*, 1–783. <https://doi.org/10.1142/10859>
- Dhianeshwar, A., Kaur, P., & Nagarajan, S. (2017). EV: Communication Infrastructure Management System. *2016 1st International Conference on Sustainable Green Buildings and Communities, SGBC 2016*. <https://doi.org/10.1109/SGBC.2016.7936090>
- Dickinson, D., & Nasri, M. (2014). Range extender vehicle concept based on high temperature Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell. *2014 9th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2014*.

- <https://doi.org/10.1109/EVER.2014.6844106>
- Dolan, D. S. L., Taufik, T., & Ducasse, M. (2014). Quantifying variability in detailed energy useage on repeated trips in the chevrolet volt. *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition, EVS 2014*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/EVS.2013.6914758>
- Du, Y., Zhou, X., Bai, S., Lukic, S., & Huang, A. (2010). Review of non-isolated bi-directional DC-DC converters for plug-in hybrid electric vehicle charge station application at municipal parking decks. *Conference Proceedings - IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition - APEC*, (1), 1145–1151. <https://doi.org/10.1109/APEC.2010.5433359>
- Electromovilidad. (2019). Modos de carga. Retrieved from <http://electromovilidad.net/>
- ELMOTOR. (2018). Evolución del vehículo eléctrico. Retrieved from <https://motor.elpais.com/electricos/evolucion-coches-electricos/>
- EPM. (2018). *Instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos*. 1–26.
- EPRI. (2010). Electric Energy Storage Technology Options: A White Paper Primer on Applications, Costs and Benefits. *Epr*, 1–170. [https://doi.org/EPRI\\_1020676](https://doi.org/EPRI_1020676)
- escamilla, jose. (2013). *Docking\_station\_for\_connector\_for\_electric\_vehicle.pdf*.
- Essa. (2019). estacion de carga para vehiculos electricos bucaramanga. Retrieved from <https://www.essa.com.co/site/Saladeprensa/¡Súbetealamovilidadeléctricaydaleunrespiroalplaneta!.aspx>
- European Smart Metering Industry Group ESMIG. (2012). medidor inteligente. Retrieved from medidor inteligente website: <http://pr.euractiv.com/pr/smarter-energy-energy-efficiency-meter-grid-91035>
- Festkorperforschung, M. P. I. (1983). *F 1000*. 27(6), 1983.
- Foley, A. M., Winning, I. J., & Gallachóir, B. P. . (2010). State-of-the-art in electric vehicle charging infrastructure. *2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2010*. <https://doi.org/10.1109/VPPC.2010.5729014>
- Frieske, B., Kloetzke, M., & Mauser, F. (2014). Trends in vehicle concept and key technology development for hybrid and battery electric vehicles. *2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition, EVS 2014*, 1–12. <https://doi.org/10.1109/EVS.2013.6914783>
- Fundación Asturiana de la Energía. (2012). *Recarga del Vehículo Eléctrico*. 3. Retrieved from [http://www.faen.es/batterie/Recarga\\_vehiculo\\_electrico.pdf](http://www.faen.es/batterie/Recarga_vehiculo_electrico.pdf)
- Gil, S., & Prieto, R. (2013). *Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?*
- Gobierno de Chile. (2018). *Guía de Buenas Prácticas en Movilidad Eléctrica*. 1, 1–34.
- Gomez Peña, J. R. (2017). *Impacto de las estaciones de carga para vehículo eléctrico en la ciudad de Cuenca - Ecuador*.
- Graham-cumming, J. (2009). *The geek atlas*. Retrieved from [https://books.google.com.co/books?id=HhEC0q-O1ewC&pg=PA95&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=HhEC0q-O1ewC&pg=PA95&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Green Transportation .info. (2017). Millas por galón por fuente de electricidad. Retrieved from <https://greentransportation.info/index.html>
- Grid, I. outlook E. (2015). *EV-smart grid integration*. (January), 1–26.
- Habib, S., Khan, M. M., Abbas, F., Sang, L., Shahid, M. U., & Tang, H. (2018). A Comprehensive Study of Implemented International Standards, Technical Challenges, Impacts and Prospects for Electric Vehicles. *IEEE Access*, 6(c), 13866–13890. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2812303>
- HERNANDEZ- ROMERO, A. (2011). Baterías para Almacenamiento de Energía.



- Universidad De Sevilla*, 45–59.
- Hernandez, Roberto; Fernández, Collado; Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta edi; S. A. D. C. V. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, Ed.). Retrieved from [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Methodologia de la investigación 5ta Edición.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Methodologia_de_la_investigacion_5ta_Edicion.pdf)
- Hinestroza Olascuaga, L. M. (2014). *Formulación de un marco regulatorio para la integración óptima del vehículo eléctrico con el sector eléctrico y la movilidad urbana de Bogotá D.C.* 142. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/41990/>
- Hockicko, P., Dubovan, J., Marković, M., Institute of Electrical and Electronics Engineers. Region 8, IEEE Czechoslovakia Section, Žilinská univerzita. Electrotechnická fakulta, & Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2018). ELEKTRO 2018: 12th International Conference: conference proceedings: Mikulov, Czech Republic, May 21st-23rd, 2018, University of Žilina, Faculty of Electrical Engineering. *2018 Elektro*, 1–5.
- Ingeniería, A. (2019). *Batería de iones de litio, ¿Cómo funciona?* Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=ydCfLFJqaBw&t=6s>
- IPCC. (2014). *Informe de síntesis, Cambio Climático.* Retrieved from <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Kenney, M., Breznitz, D., Murphree, M., Bercovitz, J., Martens, A., Savage, J., ... Silwal, A. (2011). VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS VEHICULOS ELECTRICOS COMO TPI SEGÚN LA PERCEPCION DE SUS CONDUCTORES EN LA CIUDAD DE BOGOTA. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(1), 136–150. <https://doi.org/10.1287/orsc.7.2.136>
- Kia. (2019). *Kia e Nero.* Retrieved from <https://www.kia.com/es/modelos/e-niro/descubrelo/>
- Leonel, M. S. (2016). MODELO MATEMÁTICO PARA EL PROBLEMA INTEGRADO DE UBICACIÓN ÓPTIMA DE ESTACIONES DE INTERCAMBIO DE BATERÍAS, RUTEO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 3(1), 56. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>
- Li, T., Zhang, J., Zhang, Y., Jiang, L., Li, B., Yan, D., & Ma, C. (2018). An optimal design and analysis of a hybrid power charging station for electric vehicles considering uncertainties. *Proceedings: IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 1, 5147–5152. <https://doi.org/10.1109/IECON.2018.8592855>
- Liberto, C., Valenti, G., Orchi, S., Lelli, M., Nigro, M., & Ferrara, M. (2018). The impact of electric mobility scenarios in large urban areas: The Rome case study. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(11), 3540–3549. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2832004>
- Lixin, S. (2009). Electric vehicle development: The past, present & future. *2009 3rd International Conference on Power Electronics Systems and Applications, PESA 2009*, 1–3.
- Magara Gomez, K. T. (2019). El doctor Kento Taro Magara docente UPB, invitado en el Foro Regional Calidad del Aire 2019. *Agencia de Noticias UPB - Bucaramanga.* Retrieved from <https://www.upb.edu.co/es/noticias/calidad-del-aire-en-bucaramanga-upb>
- Mintransporte. (2019). RUNT, REGISTRO UNICO NACIONAL DE TRANSITO. Retrieved



- from  
[https://www.runt.com.co/cifras?field\\_grafica\\_value=5&field\\_fecha\\_de\\_la\\_norma\\_value%5Bvalue%5D%5Byear%5D=2019](https://www.runt.com.co/cifras?field_grafica_value=5&field_fecha_de_la_norma_value%5Bvalue%5D%5Byear%5D=2019)
- Mohan, N., Underland, T. D., & Robbins, W. P. (2003). *Power Electronics - Converters, Applications, and Design* John Wiley & Sons, Inc (p. 802). p. 802.
- Mojica, P., Cuéllar, S., & Medina, C. (2016). *Sistemas de Carga para vehículos eléctricos*. 74.
- Morgan, T. (2012). *Smart Grids and Electric Vehicles: Made for Each Other? Discussion Paper No. 2012-02*. Retrieved from [www.internationaltransportforum.org](http://www.internationaltransportforum.org)
- Mpa, M. (2011). *MPa E α t E α t*. 3–6.
- Muangjai, W., Thanin, P., Jantee, W., Ngaodet, M., & Nantakusol, N. (2019). An Apply IoT for Collection and Analysis of Specific Energy Consumption in Production Line of Ready-to-Drink Juice at the Second Royal Factory Mae Chan. *Proceedings of the Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy, ICUE, 2018–Octob*(October), 1–4. <https://doi.org/10.23919/ICUE-GESD.2018.8635775>
- Mwasilu, F., Justo, J. J., Kim, E. K., Do, T. D., & Jung, J. W. (2014). Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 501–516. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.031>
- ONU, O. de las N. U. (2019). Cambio Climático. Retrieved from <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Quintana, B. M. (2014). Modelo de masificación de vehículos eléctricos en Bogotá D.C. *Universidad Nacional De Colombia. Departamento De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica*, 137.
- R. Iglesias, A. Lago, A. Nogueiras, C. Martínez-Peñalver, J. Marcos, C. Quitans, M. M. and M. V. (2015). *Modelado y simulación de una batería de Ion-Litio comercial multicelda*. (November 2016).
- Rajashekara, K. (1994). History of Electric Vehicles in General Motors. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 30(4), 897–904. <https://doi.org/10.1109/28.297905>
- Rashid, M. H. (2001). *Electronica de Potencia* (p. 721). p. 721.
- Renault. (2019a). Renault Zoe. Retrieved from <https://www.renault.com.co/gama/electricos/zoe/galeria.html>
- Renault. (2019b). TWIZY. Retrieved from <https://www.renault.com.co/gama/electricos/twizy/galeria.html>
- Revista vec. (2019). *Ranking de ventas de vehículos eléctricos en colombia*. Retrieved from <https://www.vehiculoselectricos.co/>
- Rodrigo Paz Franca, Dupont, F. H., & Pinheiro, J. R. (2018). ESTUDO DA GENESE DE INSTABILIDADES EM SISTEMAS DE CONVERSORES ESTATICOS EM CASCATA. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rodriguez, C. (2011). Revisión Y Análisis De La Normatividad Actual De Productos Y Equipos. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 5(2011), 111–123. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5001682>
- Santamarta, J. (2009). El futuro del automóvil es eléctrico. *Técnica Industrial*, 281, 26. Retrieved from <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/63/39/a39.pdf>
- Sociedad de Técnicos de Automoción. (2011). El vehículo Eléctrico. In *El vehículo eléctrico : desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportunidades de negocio* (p. 240). Retrieved

- from  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=z6VIQmSodD8C&oi=fnd&pg=PA12&dq=historia+de+vehiculos+electricos&ots=qS4\\_nDC0f0&sig=PbM2QtrzrKxdB0vQGMzVytMXfcc#v=onepage&q=historia de vehiculos electricos&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=z6VIQmSodD8C&oi=fnd&pg=PA12&dq=historia+de+vehiculos+electricos&ots=qS4_nDC0f0&sig=PbM2QtrzrKxdB0vQGMzVytMXfcc#v=onepage&q=historia+de+vehiculos+electricos&f=false)
- Tech, P. (1999). Power Tech 99. *Electronics*.
- Terpel. (2018). *Movilidad Eléctrica Terpel*.
- Unidad de planeación Minero Energética - (UPME). (2017). *Plan de acción inidcativo de eficiencia energética PAI-PROURE 2017-2022*. 157. Retrieved from [http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI\\_PROURE\\_2017-2022.pdf](http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/MarcoNormatividad/PAI_PROURE_2017-2022.pdf)
- Valseira-Naranjo, E., Sumper, A., Lloret-Gallego, P., Villafáfila-Robles, R., & Sudria-Andreu, A. (2009). Electrical vehicles: State of art and issues for their connection to the network. *2009 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, EPQU'09*, 2–4. <https://doi.org/10.1109/EPQU.2009.5318813>
- Varta automotive. (2016). baterias varta. Retrieved from <https://www.varta-automotive.es/es-es/por-que-varta/confie-en-varta>
- Velasco, M., Licea, L., & Rodriguez, J. C. O. (2017). *Caracterización electroquímica de materiales activos nanoestructurados y nanoadicionados para una batería plomo-ácido*. (June).
- Vepachedu, S., Institutes, N., View, E., View, G., & Vepachedu, S. (2016). *The Andhra Journal of Industrial News*. (February).
- Xie, W. D., & Luan, W. (2011). Modeling and simulation of public EV charging station with power storage system. *2011 International Conference on Electric Information and Control Engineering, ICEICE 2011 - Proceedings*, 2346–2350. <https://doi.org/10.1109/ICEICE.2011.5776823>
- Yaich, M., Hachicha, M. R., & Ghariani, M. (2016). Modeling and simulation of electric and hybrid vehicles for recreational vehicle. *16th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering, STA 2015*, 181–187. <https://doi.org/10.1109/STA.2015.7505098>
- Yu, Y., Yang, S., Bao, J., & Cheng, S. (2012). Research on car-carried charger of polymer lithium battery used in electric vehicle. *Conference Proceedings - 2012 IEEE 7th International Power Electronics and Motion Control Conference - ECCE Asia, IPEMC 2012*, 3, 1536–1539. <https://doi.org/10.1109/IPEMC.2012.6259060>

## 8. ANEXOS

### REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA INSTALACION DE LAS ESTACIONES DE CARGA

La ubicación de electrolineras de carga debe cumplir con los requisitos establecidos en las normas IEC 61851-1, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, Artículo 20.7, la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y las normas de EPM.

#### **Instalación de estaciones de carga pública.**

Dadas las características de este tipo de carga y las diversas condiciones y particularidades de cada uno de los sitios donde pueden ser instaladas, las estaciones de carga pública requerirán la asignación de un punto de conexión y la instalación de un transformador exclusivo, cuyo voltaje y potencia corresponde a la requerida por la estación(es) de carga(s).

Para carga pública en AC, podrán tenerse puntos de carga desde 7.2kVA hasta 43kVA, con salidas simples o duales, que permiten la carga simultanea de dos vehículos eléctricos. En algunos casos la alimentación podrá ser a 208-240V o a 400V trifásica. La capacidad del transformador dependerá del número de estaciones de carga a instalar.

La carga pública en DC es generalmente a 50kVA, con salidas simples o duales en DC y también con salida para carga en AC a 43kVA. Permiten simultáneamente la carga en AC y DC. La alimentación es a 400V trifásica. Se requiere un transformador exclusivo para su alimentación.

Para cada uno de los proyectos, será necesario realizar un diseño el cual debe seguir los lineamientos existentes en EPM para los proyectos particulares y las recomendaciones de instalación y construcción del fabricante.(EPM, 2018)