

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas Carrera de Ingeniería en Electricidad

Estudio del impacto de la electromovilidad del transporte urbano en las redes de distribución del cantón Ibarra.

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electricidad

Autor:

Lenin Omar Reina Villota

Tutor:

Msc. Gerardo Isaías Collaguazo Galeano

Ibarra-Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004551535		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Reina Villota Lenin Omar		
DIRECCIÓN:	Av. Luis Cristóbal Tobar Subía y Fernando Negrete		
EMAIL:	loreinav@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0994557035

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Estudio del impacto de la electromovilidad del transporte urbano en las redes de distribución del cantón Ibarra.
AUTOR (ES):	Reina Villota Lenin Omar
FECHA: DD/MM/AAAA	07/07/2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Electricidad
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Gerardo Isaías Collaguazo Galeano PHD

Constancia

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor a terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 7 días del mes de julio de 2023

EL AUTOR:

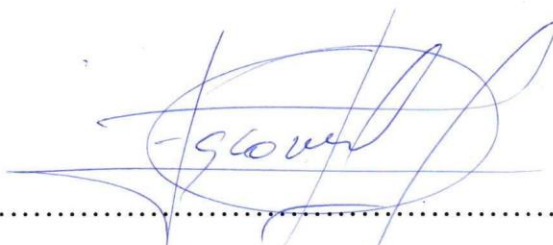
Lenin Omar Reina Villota

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ph.D. Gerardo Collaguazo

CERTIFICA

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Reina Villota Lenin Omar, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado "ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA ELECTROMOVILIDAD DEL TRANSPORTE URBANO EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN IBARRA". Para la obtención del título de Ingeniero Eléctrico: aprobando la defensa, impresión y empastado.



Ph.D. Gerardo Collaguazo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Dedicatoria

Quiero dedicar el trabajo de grado a mi familia quienes fueron el pilar fundamental en vida y motivarme a salir adelante, a mi tutor que gracias a su paciencia y constancia me ha permitido culminar el desarrollo del presente trabajo de grado. A mis amigos por siempre extenderme la mano cuando más lo necesite, en especial a Lenin por haber sido aquella persona que siempre me ayudo en los momentos más difíciles de mi vida académica y personal.

Agradecimiento

Quiero agradecer a mi familia que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades y para mis amigos los cuales muchos de ellos se han convertido en mi cómplices y hermanos. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

INDICE

INDICE DE TABLAS	9
CAPITULO 1	16
Análisis del estado actual de la transportación convencional y eléctrica	16
1.1 Transporte público	16
1.1.1 Uso del transporte público a nivel mundial	16
1.1.2 Utilización del transporte público a nivel nacional.....	17
1.1.3 Cantidad de vehículos de transporte publico.....	18
1.1.4 Emisiones de gases de efecto invernadero por el sector transporte a nivel mundial	18
1.2 Sistema eléctrico y perturbaciones usuales.....	19
1.2.1 Picos (Spike) y Muecas (Notch)	20
1.2.2 Microcortes (Dropout)	20
1.2.3 Sobretensión y subtension.....	20
1.2.4 Armónicos de corriente y tensión	20
1.2.5 Perturbaciones de alta frecuencia	20
1.3 Electromovilidad	21
1.3.1 Tendencias de la electromovilidad	21
1.3.2 Autobús Eléctrico	22
1.3.3 Cantidad de autobuses eléctricos a nivel mundial	22
1.3.4 Cantidad de autobuses eléctricos a nivel nacional	23
1.3.4 Situación actual y energética de la electromovilidad	23
1.4 Estudios anteriores impacto de los cargadores en la red	24
CAPITULO 2.....	25
Descripción de las estaciones de carga, redes de distribución y marco legal que incentiva la movilidad eléctrica	25
2.1 Metodología.....	25
2.2 Estaciones de carga	26
2.2.1 Componentes principales de la estación de carga	26
2.3 Datos del bus eléctrico	31
2.4 Estado actual de la red de distribución	32
2.4.1 Generación energética nacional.....	32
2.4.2 Subestaciones de la ciudad de Ibarra	32
2.5 Normativa que incentiva la movilidad eléctrica	37
2.5.1 Subsidio de adquisición.....	38
2.6 Determinación geográfica de puntos de alimentación express	38
2.6.1 Subestación San Agustín	39
2.6.2 Subestación El Retorno.....	39

2.6.3 Subestación Ajaví	40
2.6.4 Subestación Alpachaca.....	41
2.6.5 Ubicación estaciones de carga.....	41
CAPITULO 3.....	44
Determinación del impacto y acciones para la mitigación asociados al suministro de energía eléctrica	44
3.1 Demanda para el escenario 1 (30% de implementación).....	44
3.2 Demanda para el escenario 2 (70% de implementación).....	44
3.3 Demanda para el escenario 3 (100% de implementación).....	45
3.4 Determinación de la demanda para los distintos escenarios	45
3.4.1 Escenario 1 (30% de implementación)	45
3.4.2 Escenario 2 (70% de implementación)	51
3.4.3 Escenario 3 (100% de implementación)	53
3.5 Impacto en las redes de distribución.....	56
3.5.1 Alimentador 4 de la Sub estación El Retorno	56
3.5.2 Alimentador 4 de la Sub estación Ajaví	59
3.5.3 Alimentador 5 Sub estación Alpachaca	62
3.5.4 Alimentador 2 Sub estación San Agustín	63
3.6 Acciones de mitigación del impacto de la demanda en las redes	65
3.6.1 Cambio de calibres de conductores sobrecargados	66
3.7 Descripción de electrolinera utilizada.....	67
3.8 Análisis reducción de emisión de gases del sector transporte publico	68
3.8.1 Escenario 1	68
3.8.2 Escenario 2	69
3.8.3 Escenario 3	70
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA.....	79

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Porcentaje de la población que utilizó el transporte público en el periodo 2017-2021	17
Fig. 2. Habitantes que utilizaron el transporte público en el periodo 2018-2021	17
Fig. 3. Cantidad de autobuses matriculados en el periodo 2018-2021	18
Fig. 4. Emisiones globales de CO2 procedentes de la actividad industrial y los combustibles fósiles de 2016 a 2021	19
Fig. 6. Stock vehículos eléctricos año 2010-2019	22
Fig. 7. Diagrama de flujos	25
Fig. 8. Diagrama de bloques de componentes de la estación de carga.....	26
Fig. 9. Contador principal	26
Fig. 10. Contador secundario	27
Fig. 11. Base de toma corriente	27
Fig. 12. Tipos de cargadores según tecnología de bus eléctrico y esquema de carga	29
Fig. 13. Componentes modo de carga 1	29
Fig. 14. Componentes modo de carga 2	30
Fig. 15. Componentes modo de carga 3	30
Fig. 16. Componentes modo de carga 4	31
Fig. 17. Protecciones necesarias en una electrolinera	31
Fig. 18. Datos de potencia activa, reactiva y aparente de la Sub estación Alpachaca.....	33
Fig. 19. Curva de carga Sub estación Alpachaca.....	33
Fig. 20. Datos de potencia activa reactiva y aparente de la Sub estación El Retorno	34
Fig. 21. Curva de carga Sub estación El Retorno.....	34
Fig. 22. Datos de potencia activa reactiva y aparente de la Sub estación Ajaví	35
Fig. 23. Curva de carga Sub estación Ajaví	35
Fig. 24. Datos de potencia activa reactiva y aparente de la Sub estación San Agustín	36
Fig. 25. Curva de carga Sub estación San Agustín	36
Fig. 26. Rutas de los autobuses en la ciudad de Ibarra.....	38
Fig. 27. Ubicación geográfica Subestación San Agustín	39
Fig. 28. Ubicación geográfica Subestación El Retorno.....	40
Fig. 29. Ubicación geográfica Subestación Ajaví.....	40
Fig. 30. Ubicación geográfica Subestación San Agustín	41
Fig. 31. Estación de carga conectada a la Sub estación Ajaví	42
Fig. 32. Estación de carga conectada a la Sub estación Alpachaca.....	42
Fig. 33. Estación de carga conectada a la Sub estación El Retorno.....	43
Fig. 34. Estación de carga conectada a la Sub estación San Agustín	43
Fig. 35. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.	45
Fig. 36. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Ajaví.	46
Fig. 37. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.	47
Fig. 38. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Alpachaca.....	48
Fig. 39. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.	48
Fig. 40. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación El Retorno.	49
Fig. 41. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.	50
Fig. 42. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación San Agustín.....	50
Fig. 43. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Ajaví.	51

Fig. 44. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Alpachaca.....	52
Fig. 45. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación El Retorno.	52
Fig. 46. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación San Agustín.....	53
Fig. 47. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Ajaví.	54
Fig. 48. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Alpachaca.....	54
Fig. 49. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación El Retorno.	55
Fig. 50. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación San Agustín.....	55
Fig. 51. Parámetros de configuración de alimentador	56
Fig. 52. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador El Retorno para el escenario 1.	57
Fig. 53 Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador El Retorno para el escenario 2.	57
Fig. 54 Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador El Retorno para el escenario 3.	58
Fig. 55 Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Ajaví para el escenario 1.	59
Fig. 56. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Ajaví para el escenario 2.	60
Fig. 57. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Ajaví para el escenario 3.	61
Fig. 58. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Alpachaca para el escenario 1.	62
Fig. 59. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Alpachaca para el escenario 2.	63
Fig. 60. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Alpachaca para el escenario 3.	63
Fig. 61. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador San Agustín para el escenario 1.....	64
Fig. 62. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador San Agustín para el escenario 2.....	64
Fig. 63. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador San Agustín para el escenario 3.....	65
Fig. 64. Configuración 3 para estación de carga de vehículos pesados.	67
Fig. 65. Reducción de emisiones de CO2 en kg Años (2022-2030).	69
Fig. 66. Reducción de emisiones de CO2 en kg Años (2030-2035).	69
Fig. 67. Reducción de emisiones de CO2 en kg Años (2035-2040).	70

INDICE DE TABLAS

TABLA 3.1	58
TABLA 3.2	60
TABLA 3.3	61

Resumen

El incremento de barriles de petróleo ha ido en aumento, debido a que es el componente principal para la elaboración del diésel, que es el combustible que utilizan los vehículos para su funcionamiento y movilización. La contaminación por el uso de vehículos a diésel se ha ido incrementando, específicamente en el sector del transporte con el uso de buses de combustión interna, por tanto, se buscó un método alternativo para el transporte público, con esto se busca reemplazar los buses de combustión con buses eléctricos para reducir el impacto en el medioambiente. Se ha planteado el objetivo de analizar el impacto de la implementación de la electromovilidad del transporte urbano en las redes de distribución mediante la determinación de la demanda de las estaciones de carga para el cantón Ibarra. Para lograr este objetivo se utilizó un análisis de proyección y viabilidad dividido en tres etapas de implementación, siendo estas el 30, 50 y 100% de implementación. Se obtuvo una reducción de emisiones de gases contaminantes y un incremento en el consumo eléctrico en las redes de distribución de la ciudad, las cuales se encuentran preparadas para este aumento. Esto permitirá un impacto positivo en el medioambiente y una mejora en la eficiencia del transporte público.

Palabras clave: bus eléctrico, subestación, cargadores, estación de carga.

Abstract

The increment of oil's barrels has increased due to it's the principal component for diesel elaboration, that's the fuel is used by vehicles for your operation and mobilization. Contamination by the use of diesel vehicles has increased specifically in transport sector with the use of internal combustion vehicles therefore there's an alternative method for reduce the impact in environment which is replace conventional buses by electrical buses. The objective for this investigation was analyze the impact of the implementation of urban transport electromobility in distribution networks by demand determination in charging stations. To achieve this an analysis of projection and viability used and divided in three implementation stages which are 30, 50 and 100%. An emission of polluting gases was obtained and an increment of electric consumption in distribution network of the city which are prepared for this increment in addition allow a positive impact in the environment and an improvement in the efficiency of public transport.

Keywords: electric bus, substation, chargers, charging station

Introducción.

Contextualización

Según la Agencia Internacional de la Energía a nivel mundial ha existido un incremento de barriles de petróleo, las cifras van por los 96,7 millones de barriles de petróleo por día, debido a que es el componente principal para la elaboración del diésel, que es el combustible que utilizan los vehículos de transporte urbano (International Energy Agency, 2021).

Además, en la misma agencia se menciona la cantidad de emisiones de dióxido de carbono generadas por los vehículos de transporte urbano, la cual está en una alarmante cifra de 500 millones de toneladas de emisión de dióxido de carbono y se espera que esta cifra para 2030 suba aún más hasta alcanzar los 521 millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono (International Energy Agency, 2020). Uno de los principales efectos de la emisión de dióxido de carbono es el calentamiento global esto debido a que gran cantidad de la emisión de dióxido de carbono la producen la quema de combustibles fósiles, también la deforestación para la utilización del suelo, dichas condiciones unificadas hacen que la tierra quede gravemente afectada con daños que a estas alturas pueden ser irreversibles (twenergy, 2019). En América latina la demanda de barriles de petróleo es de alrededor de 9,2 millones de barriles de petróleo, siendo la mayoría para la generación de gasolina y diésel, además se espera un aumento en la demanda de alrededor de un 22%, esto debido a la gran cantidad de transportes urbanos y el combustible que estos necesitan (Viscidi & O'Connor, 2017).

Más demanda de petróleo genera más emisiones de dióxido de carbono, el principal causante de estas emisiones exceptuando las que generan la gasolina y diésel, son los vehículos de transporte donde se incluye el transporte de mercancías y el transporte de pasajeros, ya que estos constituyen el 73% de las emisiones del dióxido de carbono, enfocándonos en el tema de los vehículos de transporte urbano, estos emiten alrededor de 12 millones de toneladas de dióxido de carbono (Viscidi & O'Connor, 2017). Además del dióxido de carbono existen otros gases que también generan contaminación, entre ellos los que más destacan son el monóxido de carbono que se genera debido a la combustión incompleta de gas, petróleo, gasolina, carbón y aceite en consecuencia genera problemas de salud si se tiene una exposición prolongada (European Chemicals Agency, 2020). Por otra parte, tenemos el óxido de nitrógeno que se genera en procesos de combustión que se llevan a cabo en relación con el tráfico y al igual que el caso anterior también genera problemas de salud con una exposición prolongada (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019).

En el Ecuador se utilizan alrededor de 972 toneladas de petróleo distribuido en todo el país, además de esa cantidad se crean los diferentes tipos de combustibles tales como el diésel, gasolina, gas licuado de petróleo entre otros, en la provincia de Imbabura se tiene alrededor de 36.43 toneladas de petróleo y el que destaca es el tipo de combustible a base de residuos (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2019).

La mayor cantidad de contaminación ambiental en el país es la generada por los vehículos debido al gas que estos emiten y además genera problemas de salud a las personas que pasan por lugares donde hay más emisión de gases o dichos gases son muy fuertes, además específicamente para el transporte urbano estos generan mayor contaminación y también generan mucho ruido generado malestar entre la población (Caizaluisa, 2016).

En el cantón Ibarra se dispone de dos cooperativas de transporte urbano, siendo una de ellas la cooperativa San Miguel de Ibarra la cual posee 127 unidades para realizar un 37.5% de las rutas, por otro lado, tenemos a la cooperativa 28 de septiembre la cual cuenta con 160 unidades para cubrir el 62.5% de las rutas totales, también hay que tomar en cuenta aspectos como el número de los recorridos, la cantidad de vueltas entre otros (Lopez, 2018).

Los vehículos eléctricos en promedio consumen alrededor de 40kW, lo cual es suficiente para la movilización y las actividades cotidianas siendo cargado cada día (Martín, 2020). En el caso de los buses eléctricos en promedio consumirían alrededor de 200kW brindando la autonomía necesaria para realizar los recorridos respectivos, cabe resaltar que estas informaciones pueden variar dependiendo del tipo de motor, su uso, cantidad de pasajeros entre otros (Distrito Metropolitano de Quito, 2019). Actualmente se está incentivando a las personas a la utilización de vehículos eléctricos debido a su costo y el beneficio que estos tienen al medio ambiente para su posible implementación en taxis, vehículos comunes y buses en general, el propósito de estos es reducir la contaminación generada y aprovechar la generación de energías renovables para abastecer la demanda que se tendría de vehículos eléctricos.

Planteamiento del problema

El uso de combustibles derivados del petróleo en el proceso de combustión dentro de un motor deja como resultado gases contaminantes y nocivos para la salud, como el monóxido de carbono, dióxido de carbono, azufre y óxidos de nitrógeno. En las personas, estos gases producen problemas cardiovasculares, respiratorios, entre otros por con una exposición prolongada. Además, el CO₂ es uno de los gases causantes del calentamiento de la atmósfera. La cantidad total de buses que circulan por las distintas rutas en la ciudad de Ibarra son de alrededor de 287 unidades con un consumo de combustible de aproximadamente 14924 galones de diésel. Este combustible contiene azufre en un promedio de 462 partes por millón (ppm) (Cardenas, Rosero, & Garzón, 2017). Dentro de las principales emisiones gases que genera un bus en promedio es 1.8% de óxido de carbono, 12% de dióxido de carbono y 8% de hidrocarburos no quemados (Pashma & Toscano, 2019). Estos porcentajes, en una jornada laboral típica de un autobús se convierten en valores representativos que conducen al deterioro progresivo del medio ambiente. Además, el funcionamiento del motor de combustión de los autobuses produce contaminación acústica que se encuentra alrededor de 79 dB que es un valor elevado que puede causar mucho malestar para la población.

Formulación del problema

¿Cuál será el impacto a nivel de crecimiento de demanda en las redes de distribución del cantón Ibarra si se implementan los vehículos eléctricos de transporte urbano en sustitución de los buses convencionales?

Justificación del problema

El presente proyecto se justifica en el plan nacional de desarrollo (PND) 2013-2018 que contempla líneas de acción en el tema de movilidad sustentable que pueden ser ligadas en el tema de electromovilidad, los cuales son: “contribuir a mejorar la calidad del aire y reducir emisiones de compuestos de efecto invernadero mediante combustibles más eficientes, programas de movilidad sustentable y la eliminación de los apoyos ineficientes a los usuarios de los combustibles fósiles”. “Promover el uso de sistemas y tecnologías avanzados, de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes o compuestos de efecto invernadero”.

SEMANART (Estrategia Nacional de Cambio Climático 2014-2018), en su visión contiene una prospectiva de la movilidad a 10, 20 y 40 años, que comprende la adopción de sistemas de movilidad sustentables y el uso de vehículos eléctricos:

Visión a 10 años: los sectores público y privado adoptan sistemas de movilidad sustentables, existen esquemas socioeconómicos que incentiven el uso de transporte sustentable y existe un uso común de vehículos eléctricos en transporte público.

Visión a 20 años: los planes de desarrollo urbano integran sistemas de transporte sustentable para cubrir las necesidades de la población de forma limpia, eficiente y segura, el transporte de carga es multimodal, eficiente y de bajas emisiones.

Visión a 40 años: hay un uso común de trenes y vehículos eléctricos.

Alcance del proyecto

El presente del proyecto está enfocado en el estudio, tanto del impacto ambiental por el uso del transporte convencional, como también el impacto a nivel de la demanda de energía eléctrica que tendrá la implementación de buses eléctricos en las redes de distribución del cantón Ibarra. Además, se identificarán las posibles acciones para la mitigación del impacto en el suministro eléctrico.

El análisis se lo realizará en 3 escenarios de implementación de transporte urbano eléctrico con un horizonte de 15 años, como sigue: escenario 1, año 2030 hasta el 30%; escenario 2, año 2035 hasta el 70% (40% adicional); y finalmente el escenario 3, año 2040 el 100% (30% restante). Para la adquisición de la información básica se realizará una investigación de la cantidad de vehículos de transporte urbano que se encuentran en operación actualmente, también se identificará el tipo de bus eléctrico apropiado al relieve de la ciudad y sus características eléctricas, como también las características de las estaciones de cargas necesarias para recargar las baterías de los buses.

Objetivo General

Analizar el impacto de la implementación de la electromovilidad del transporte urbano en las redes distribución mediante la determinación de la demanda de las estaciones de carga para el cantón Ibarra.

Objetivos específicos

1. Analizar el estado actual del transporte convencional y eléctrico.
2. Describir las estaciones de carga, estado actual de las redes de distribución y marco legal que incentiva la movilidad eléctrica.
3. Determinar el impacto y acciones para la mitigación asociados al suministro de energía eléctrica que los buses eléctricos generaran en las redes de distribución.

CAPITULO 1

Análisis del estado actual de la transportación convencional y eléctrica

De la investigación y obtención de datos previa, se realizó el análisis de la transportación convencional enfocado en la utilización e impacto ambiental, así como el transporte eléctrico orientado al uso y su introducción a nivel mundial y nacional.

1.1 Transporte público

El transporte público es un sistema el cual utiliza vehículos para el traslado de las personas, garantizando una movilización masiva de la población a distintas partes de la ciudad y así cubrir la necesidad del desplazamiento de forma rápida, eficiente, cómoda y segura permitiendo que las personas desarrollen sus actividades. El medio de transporte público que más se utiliza es el autobús debido a que los costos de inversión son menores y tiene una mayor adaptación al crecimiento de la población (Ortega, 2018).

1.1.1 Uso del transporte público a nivel mundial

El porcentaje de utilización del transporte público a nivel mundial en el año 2017 fue de 56.2%, en la actualidad este porcentaje es de 56.1% teniendo un decremento del 0.1%, la razón de este decremento se dio por el impacto de la emergencia sanitaria, conjuntamente, teniendo porcentajes relativamente bajos de 51.2% y 46.8% en lo que respecta año 2020 y 2021 (Orús, 2022). Además, se espera un crecimiento del 7.4% aproximadamente para el año 2026 como se puede apreciar en la Figura1.

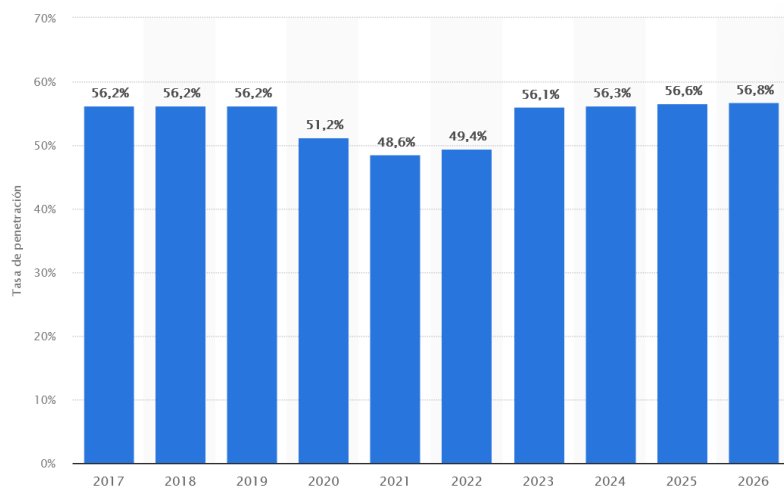


Fig. 1 Porcentaje de la población que utilizó el transporte público en el periodo 2017-2026. Fuente: (Orús, 2022).

1.1.2 Utilización del transporte público a nivel nacional

En el Ecuador haciendo referencia al año 2018 la cantidad de usuarios que utilizaron el sistema de transporte público fue de aproximadamente 1.156.605, sin embargo, para el año 2021 esta cifra disminuyó moderadamente a 973.174 usuarios lo que representa una reducción de 15,86% con respecto al año 2018 como se puede observar en la Figura 2, esta reducción se debe al aislamiento producido por la emergencia sanitaria a nivel nacional que se vivió en los años 2020 y 2021 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021).

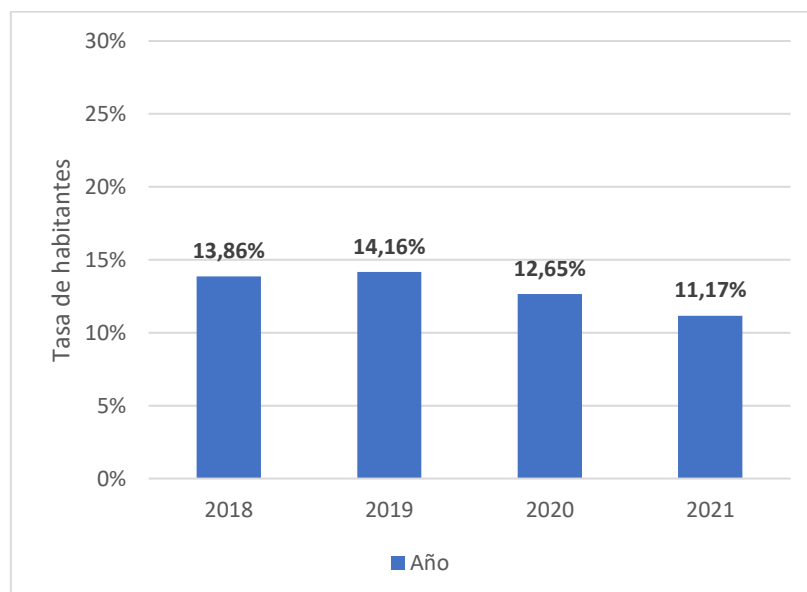


Fig. 2. Habitantes que utilizaron el transporte público en el periodo 2018-2021. Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021).

1.1.3 Cantidad de vehículos de transporte público

Tomando como punto de inicio el año 2018 en el Ecuador la cantidad de autobuses fue de 27.839 unidades distribuido por las distintas provincias del país, en la actualidad la cantidad de autobuses es de 22.193 unidades, durante el transcurso de estos 4 años y debido a varios aspectos como baja rentabilidad para los dueños de estos vehículos, altos costos de mantenimiento, el precio de los combustibles entre otros. En la Figura 3 se puede observar un decremento aproximado de 5.000 unidades (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021).

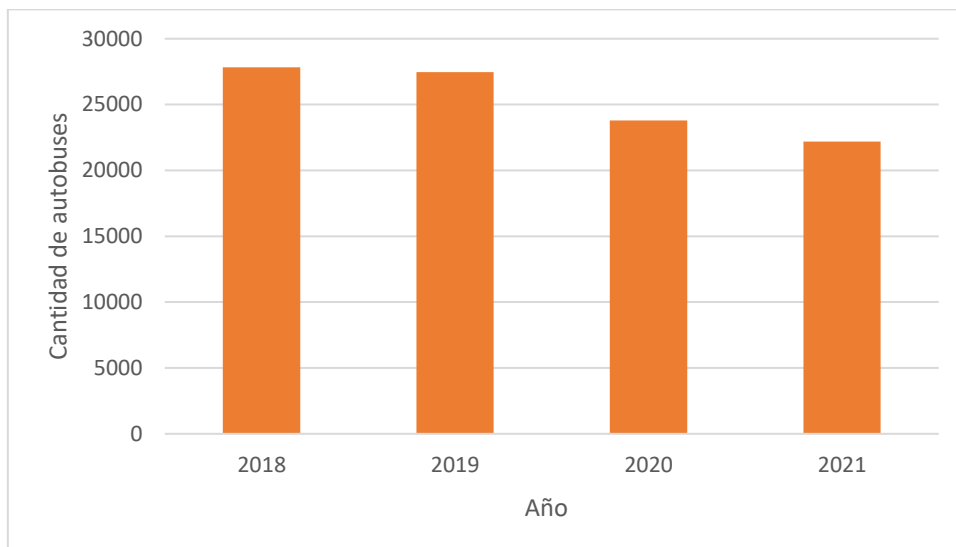


Fig. 3. Cantidad de autobuses matriculados en el periodo 2018-2021. Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021).

1.1.4 Emisiones de gases de efecto invernadero por el sector transporte a nivel mundial

La quema de una gran cantidad de derivados de petróleo es utilizada para el abastecimiento de combustible de los vehículos de transporte para su respectiva movilización, sin embargo, estos vehículos emiten gases contaminantes como el dióxido de carbono, el monóxido de carbono e hidrocarburos entre otros. Estos contaminantes inciden sobre el medio ambiente siendo el efecto más relevante el invernadero, que es causado por estos gases que a largo plazo generan calentamiento global y al aumentar ocasiona alteraciones en el cambio climático y por ende en todos los ecosistemas (Bouzas, 2020).

El consumo de combustibles fósiles con el paso de los años ha ido en aumento, sobre todo en el sector del transporte ya que, cada día son necesarios más unidades de transporte para cubrir la demanda de movilización de la creciente población, lo que desencadena en una mayor contaminación de gases de efecto invernadero a la atmosfera teniendo emisiones que sobrepasan los valores registrados como se puede apreciar en la Figura 4, llegando a un valor nunca antes alcanzado cercano a 400 ppm. Dicho incremento produce un aumento de 1°C en la temperatura global. (Rico, 2021)

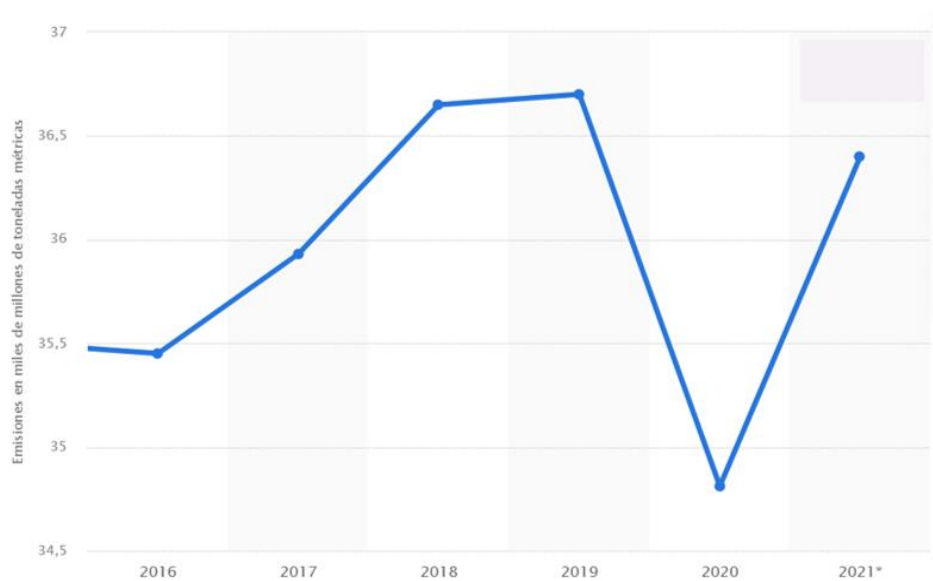


Fig. 4. Emisiones globales de CO2 procedentes de la actividad industrial y los combustibles fósiles de 2016 a 2021 Fuente: (Statista Research department, 2022).

Actualmente el banco mundial emitió un informe en que detalla que la contaminación del transporte público representa un 23% del total de emisiones de GEI, sin embargo, se pronostica que, si continua en aumento la población alcanzara fácilmente el 30%, ya que el transporte público es muy importante para el desarrollo social y económico de la humanidad.

1.2 Sistema eléctrico y perturbaciones usuales.

En un sistema eléctrico existe perturbaciones ya sea de tensión o de corriente en la señal, esto sucede debido a que generalmente aumentó la electrónica de potencia tanto en la generación como en el consumo, en la actualidad ya existen normas nacionales e internacionales con las cuales se establecen límites de perturbaciones para que de esta manera no cause inconvenientes tanto al usuario como al sistema eléctrico.

1.2.1 Picos (*Spike*) y Muestras (*Notch*)

Sucede por dos situaciones, los producidos por rayos a las líneas aéreas y los que son producidos por variaciones bruscas de corriente y la conexión y desconexión de las cargas ya sean capacitivas o inductivas. Cuando ya exceden estos dos límites por lo general causan daños en los semiconductores o en los aisladores. (SALICRU, 2022)

1.2.2 Microcortes (*Dropout*)

Son caídas de tensión ya sea totales o profundas con una duración de milisegundos, estos micro cortes se generan debido a cortocircuitos cercanos a los consumidores o por interrupciones del suministro que se produce por la conmutación y disparo de protecciones. Esta perturbación suele provocar fallos funcionales en aquellos equipos que tiene memoria o lógica ya que son muy sensibles y puede haber pérdida de información de los equipos. (Paredes, 2008)

1.2.3 Sobretensión y subtenión.

La sobretensión de corta y larga duración es debido a la disminución de carga en las redes con alta impedancia, por lo general acortan el tiempo de vida las luminarias y producen fallos en la alimentación de los equipos informáticos.

La subteniones de corta y larga duración suceden por sobrecargas ya sean permanentes o momentáneas en la red eléctrica, esta perturbación ocasiona disminución de velocidad de motores de inducción, esto a su vez aumenta el consumo y puntos oscuros en las instalaciones de iluminación. (De la Cruz, 2019)

1.2.4 Armónicos de corriente y tensión

Algunos receptores consumen cargas no lineales, en otras palabras, corrientes armónicas, estos armónicos ocasionen caídas de tensión, las cuales modifican la onda de tensión senoidal que se produce en el origen específicamente en los alternadores de las centrales de generación.

1.2.5 Perturbaciones de alta frecuencia

Estas señales esta superpuestas al voltaje de alimentación, son señales de frecuencia variable ya sea definida o de banda ancha que suelen ser de carácter estacionario, las perturbaciones son en impulsos repetitivos o también a ráfagas.

Se generan debido a la unión indeseada de las líneas de red con ciertos aparatos que utilizan tecnología de conmutación que en otras palabras son de alta frecuencia. Dependiendo del tipo de unión producida se presenta ya sea de modo común como modo diferencial, esta perturbación provoca fallos en equipos, averías de carácter permanente y fallos funcionales. (SALICRU, 2022)

1.3 Electromovilidad

La electro movilidad puede definirse como la movilización de las personas mediante el uso de vehículos de transporte de carácter eléctrico, dichos vehículos hacen uso de energías alternativas las cuales impulsan uno o más motores eléctricos.

Sin embargo, el concepto en si debe ser más amplio ya que tiene que albergar los diferentes tipos de vehículos eléctricos los cuales son aquellos que poseen batería eléctrica o como son llamados normalmente vehículos 100% eléctricos, los que son híbridos que manejan un motor eléctrico y un motor térmico para la combustión del combustible, este tipo de vehículos también se los llama plug-in hybrid y aquellos vehículos que poseen celdas de combustible, estos vehículos utilizan pilas de combustible para producir energía eléctrica y hacer funcionar al motor (ICCT, 2020).

1.3.1 Tendencias de la electromovilidad

Hablando de las ventas de vehículos eléctricos a nivel mundial, en el año 2010 el stock de vehículos eléctricos era de alrededor de 0,02 millones, ya para el año 2017 esta supero el millón de unidades con una tasa de crecimiento del 54% referente al año 2016 donde las ventas de vehículos fueron en un total 750 mil unidades. Para el año 2017 el stock de vehículos eléctricos a nivel mundial supero los 3 millones, para el año 2018 este número se incrementó a alrededor de 5,11 millones de vehículos y para el año 2019 este número se incrementó aún más llegando alrededor de 7,17 millones de vehículos eléctricos (BID, 2018). En la Figura 6 se puede apreciar el stock de vehículos eléctricos del año 2010-2019 así como los tipos de vehículos eléctricos utilizados (International Energy Agency, 2020).

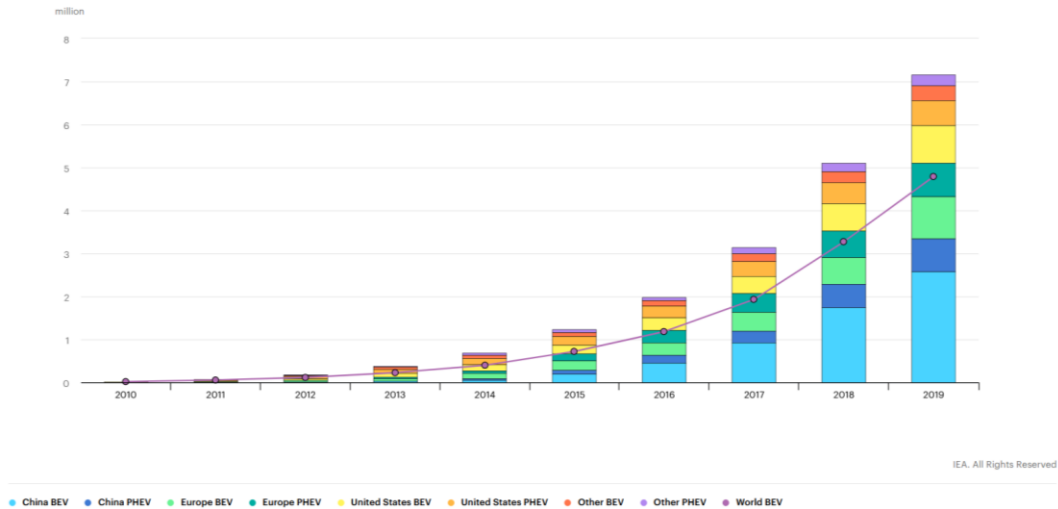


Fig. 5. Stock vehículos eléctricos año 2010-2019. Fuente: (International Energy Agency, 2020).

En la Figura 6 también se puede destacar que los líderes en stock de vehículos eléctricos son China, Europa y Estados Unidos siendo los identificadores los colores celeste, verde y amarillo respectivamente, además también podemos distinguir los vehículos más vendidos siendo estos el (BEV) el 100 % eléctrico y (PHEV) siendo los vehículos híbridos.

1.3.2 Autobús Eléctrico

Es un vehículo de transporte público el cual utiliza energía eléctrica para su operación, se caracterizan por tener un funcionamiento 100% eléctrico lo cual ayuda a reducir el impacto ambiental debido a su sistema de recarga mediante infraestructura o puntos de recarga, evitando así el consumo de combustibles fósiles.

1.3.3 Cantidad de autobuses eléctricos a nivel mundial

Se estima que en el mundo existen alrededor de unos 400.000 autobuses distribuidos en el mundo siendo un 98% de estos que se encuentran en circulación en China, el 2% se distribuye en países como Estados Unidos, India y Europa. En el caso de América latina, son muy pocas las unidades que se manejan sin embargo se espera una considerable expansión en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y sus propuestas que permiten el desarrollo del transporte público libre de contaminación ambiental y acústica (BID, 2018).

1.3.4 Cantidad de autobuses eléctricos a nivel nacional

En el caso de Ecuador se estima que existen un aproximado de 106 unidades siendo Quito y Guayaquil las ciudades que gozan de estos teniendo 85 y 20 unidades respectivamente, aunque son cifras muy pequeñas se prevé que para el año 2025 y mediante él (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2019) se aplique la Ley de Eficiencia Energética la cual se enfoca en aspectos principales como:

- Racionalización del consumo energético y preservación de recursos energéticos, renovables y no renovables.
- Mejoramiento de la productividad y la competitividad a través de la reducción de costos por uso eficiente de la energía.
- Promoción de energía limpia y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Fomento de una cultura nacional orientada al uso eficiente de los recursos energéticos.
- Transparencia e información adecuada para los consumidores y tomadores de decisión.

1.3.4 Situación actual y energética de la electromovilidad

En el Ecuador la electromovilidad aún debe desarrollarse tanto como concepto y como implementación haciendo énfasis en lo que tiene que realizar el país para poder realizar este proceso progresivo del cambio de las tecnologías usadas actualmente basadas en combustibles fósiles, por esta nueva tecnología la cual nos ayudara a reducir las emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente y las dependencia del petróleo, sin embargo, este último representa un reto debido a que Ecuador se puede considerar como un país petrolero o tiene una alta dependencia del mismo.

En referencia a la situación energética del Ecuador, el transporte es y aún sigue siendo aquel sector con el mayor consumo de energía con alrededor del 50% de los 95 millones de barriles de equivalente de petróleo que se consumen anualmente, tomando este último dato como fuente el 31% corresponde a diésel oíl y el 27% gasolina, es por esta razón que el principal cambio se realizara en el sector transporte enfocado en las nuevas tecnologías ya que gracias a estas existe un beneficio económico de hasta 435.000 USD anuales producto del ahorro del combustible en este caso la gasolina realizando la sustitución de un vehículos de combustión por uno eléctrico (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2016).

1.4 Estudios anteriores impacto de los cargadores en la red

Los cargadores de vehículos eléctricos son cargas no lineales y con frecuencia suelen causar problemas de calidad de energía dentro de los circuitos, lo cual generan efectos perjudiciales en los componentes del sistema, tales como distorsión armónica, fenómenos transitorios, desequilibrio de fase, entre otros.

Según estudios realizados por la Universidad Estatal de Portland se evidenció que, al realizar mediciones de calidad de energía en los cargadores de los vehículos eléctricos, presenta altos niveles de distorsión armónica total, el cual es el principal causante de los impactos en el sistema de distribución, específicamente en aquellos dispositivos magnéticos.

También se describió que la distorsión armónica total varía en cada ciclo de carga, tomando la curva de carga comúnmente inicia con un valor bajo durante el periodo de alta corriente, pero disminuye progresivamente conforme disminuye la corriente, además, todos los problemas relacionados a la calidad de energía mencionados presentan problemas graves si el sistema de distribución no está diseñado apropiadamente para mitigar de forma adecuada. (Bass & Zimmerman, 2022)

CAPITULO 2

Descripción de las estaciones de carga, redes de distribución y marco legal que incentiva la movilidad eléctrica

Posterior al análisis de las transportación convencional y eléctrica se realizó una descripción de las estaciones de carga que utilizan los buses eléctricos para el abastecimiento de energía, además una descripción del estado actual de la red de distribución desde el punto de vista de la potencia eléctrica demandada y la normativa nacional que incentiva la movilidad eléctrica a nivel nacional.

2.1 Metodología

Tomando en cuenta la problemática de la contaminación ambiental que poseen los buses convencionales se propone la idea de estimación de la demanda para la sustitución de buses convencionales por eléctricos mediante el proceso que se observa en la Figura 7.

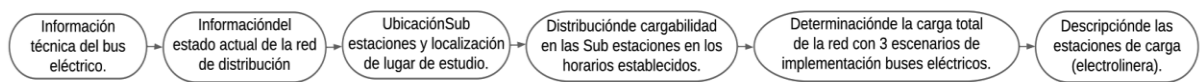


Fig. 6. Diagrama de flujos. Fuente: Autor.

Primero se obtuvo la información del bus eléctrico, las características más relevantes para el presente estudio, posteriormente se obtuvo la información de las redes de distribución en concreto las subestaciones que alimentan a la ciudad de Ibarra y la cantidad que se está consumiendo actualmente, en la distribución de cargabilidad se distribuyó la cantidad de potencia que consumen las estaciones de carga equitativamente para las 4 subestaciones.

Para la determinación de la carga se utilizó un alimentador por cada subestación como referencia para realizar los tres casos de estudio propuestos y determinar si la red de distribución soporta la demanda que va a ser inyectada a la red para finalmente realizar una descripción de la estación de carga referente a cantidad de cargadores a utilizar, tipo de conexión entre otros.

2.2 Estaciones de carga

Las electrolinerías son estaciones de servicio similares a una estación de gasolina donde, su principal diferencia es que en vez de recargar gasolina estas dispensan energía eléctrica para poder recargar las baterías de los vehículos eléctricos.

2.2.1 Componentes principales de la estación de carga

La infraestructura de recarga es la que se encarga de establecer la conexión entre la red del suministro eléctrico y el vehículo en concreto, con la finalidad de realizar el proceso de recarga, para esto se necesitan los elementos para transportar la energía de forma segura desde la red hasta el vehículo, los cuales son: contador principal, contador secundario, base de toma de corriente, protecciones y cargador que se representa en la Figura 8.

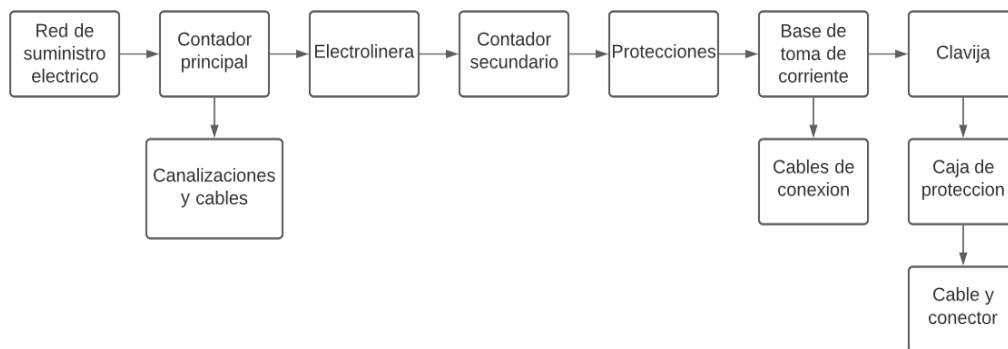


Fig. 7. Diagrama de bloques de componentes de la estación de carga. Fuente: (Smartwallbox, 2021).

2.2.1.1 Contador principal

Es el encargado de realizar el proceso de facturación del consumo de toda la instalación, lo utiliza la compañía que se encarga de suministrar la energía generalmente se lo coloca en la caja de protección y medida.



Fig. 8. Contador principal. Fuente: (Focus Technology, 2018).

2.2.1.2 Contador secundario

Este contador se encuentra en la estación de carga en concreto, es la encargada de la gestión y control de la carga, es decir cuanto consumo existe en ese punto, así como otros consumos que están en la misma instalación.



Fig. 9. Contador secundario. Fuente: (Focus Technology , 2018).

2.2.1.3 Base de toma de corriente

Se refiere a las tomas o conectores para conectar el vehículo a la red, para este punto es importante conocer los tipos de conectores y su compatibilidad, esta base también se encarga de establecer los límites de potencia que se puede utilizar y el modo de carga que se usa.



Fig. 10. Base de toma corriente. Fuente: (Ibáñez, 2018).

2.2.1.4 Cargador

Es el que se utiliza para la carga de la batería de los vehículos ya sea en corriente continua o alterna, este dispositivo puede encontrarse dependiendo de la tipología de recarga ya sea en el vehículo o en el equipo de recarga, existen distintos tipos de cargadores según el tipo de bus y su esquema de carga que se pueden apreciar en la Figura 12.

Tipo plug-in.

Es el cargador más popular y más usado por los buses eléctricos, debido a la gran autonomía que poseen sus baterías, esto sumado a la poca accesibilidad de los otros tipos de cargadores hacen que esta tecnología avance de manera exponencial, en temas como la estandarización de los modelos compatibles con los distintos fabricantes, su sistema plug-in de carga rápida el cual permite realizar una carga del 80% en 30 minutos, reduciendo las 4 o 5 horas de sus predecesores y su fácil instalación ya que no requieren espacios en la vía pública y su potencia dependerá de la cantidad de cargadores que se instalen en la terminal seleccionada (Castrosua, 2021).

Tipo pantógrafo.

Este cargador no tiene popularidad a pesar de ser una tecnología que te permite gestionar la autonomía del vehículo, reducir la cantidad de baterías y a su vez un menor costo de inversión del bus eléctrico, costos bajos y un peso liviano hacen que el pantógrafo sea una opción adecuada, sin embargo, el gran espacio que requiere en la vía pública para su instalación, juntos con los inconvenientes relacionados a permisos y seguridad hacen que su aceptación sea reducida en la sociedad. En la actualidad se encuentra versiones de carga rápida con un tiempo de 3 a 5 minutos y de carga lenta con un tiempo de 30 minutos (Irizar, 2017).

Cargador por inducción.

Esta tecnología no ha tenido el crecimiento esperado debido a que los buses eléctricos deben disponer del sistema de inducción para su carga, existen una cantidad limitada de empresas que han lanzado estos modelos de buses con tecnología inalámbrica, existe una nueva aplicación para los cargadores por inducción desarrollado en Corea del Sur llamado Online Electric Vehicle, consiste en un vehículo que carga de forma inalámbrica mientras se desplaza mediante inducción electromagnética, esto funciona utilizando una carretera segmentada de recarga la cual induce la corriente en los módulos pick up del

vehículo, haciendo que no sea necesario detenerse y realizar el proceso de carga o necesitar de un pantógrafo. Estos cargadores inductivos tienen potencias entre 100 y 200 (kW) (Ecoinventos, 2018).

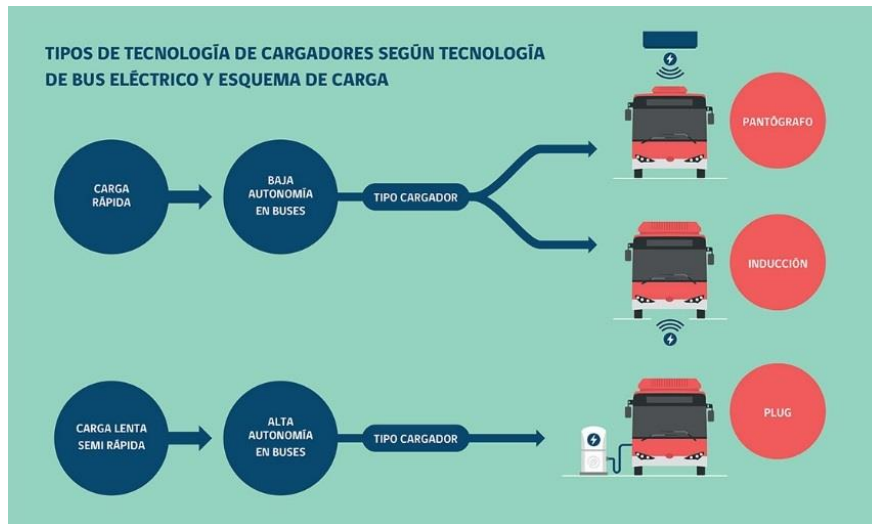


Fig. 11. Tipos de cargadores según tecnología de bus eléctrico y esquema de carga. Fuente: (Electromovilidad de Chile, 2019).

Modos de carga

Existen cuatro tipos de modos de carga que varían dependiendo de su voltaje, corriente y tipo de carga que se describe a continuación.

Modo de carga 1

Su modo de conexión es mediante tomacorrientes convencionales del tipo doméstico hacia la red de suministro eléctrico, posee una puesta a tierra incorporada, esta no excede los 16 A y con un voltaje menor o igual a 250 V en corriente alterna y del mismo modo 480 V en trifásica, además, estos componentes como el cargador, el cable o el sistema de control forman parte de vehículo en concreto.

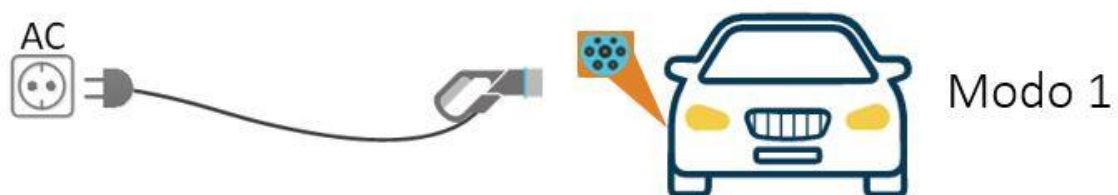


Fig. 12. Componentes modo de carga 1. Fuente: (TUVATIO, 2022).

Modo de carga 2

Su modo de conexión es del vehículo eléctrico hacia la red de suministro eléctrico, esta no debe exceder los 32 A y los 250V de corriente alterna monofásica o 480 trifásica, mediante el uso de tomacorrientes convencionales, también se utiliza conductor de puesta a tierra, sistema de protección contra choque eléctrico y conductores de potencia.



Fig. 13. Componentes modo de carga 2. Fuente: (TUVATIO, 2022).

Modo de carga 3

Su modo de conexión del vehículo hasta la red de suministro eléctrico es mediante el uso de un cargador de vehículo dedicado, dicho cargador permanece siempre conectado mediante corriente alterna, debe tener un conductor para tierra ya sea en su toma de alimentación o en el conector, la alimentación debe ser trifásica de 400V con un máximo de 64 A y según el catálogo la potencia debe de ser 22kW o 43kW.

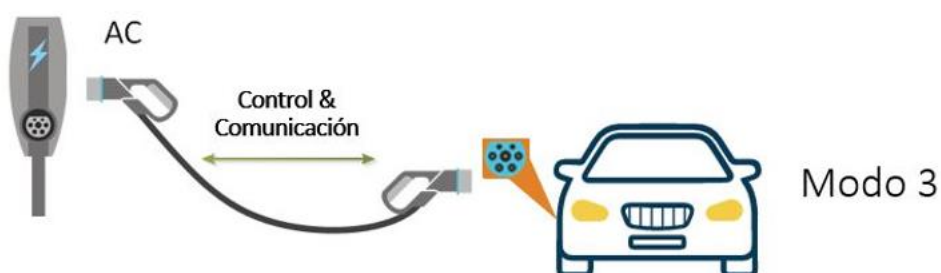


Fig. 14. Componentes modo de carga 3. Fuente: (TUVATIO, 2022).

Modo de carga 4

Su modo de conexión es similar al anterior, pero en este caso también se puede utilizar corriente directa usando un cargador externo al vehículo y la función control piloto va desde el cargador hasta el vehículo, su alimentación debe ser trifásica de 400V y la potencia máxima

mediante sus catálogos debe de ser 50 kW o 150kW. (De Aragón, 2018)



Fig. 15. Componentes modo de carga 4. Fuente: (TUVATIO, 2022).

2.2.1.5 Protección de la estación de carga

Para la utilización de la estación de carga se requiere el uso de elementos de protección como se puede apreciar en la Figura 17, para precautelar y garantizar la seguridad ya sea de la infraestructura, así como los individuos que se encuentren en el lugar.

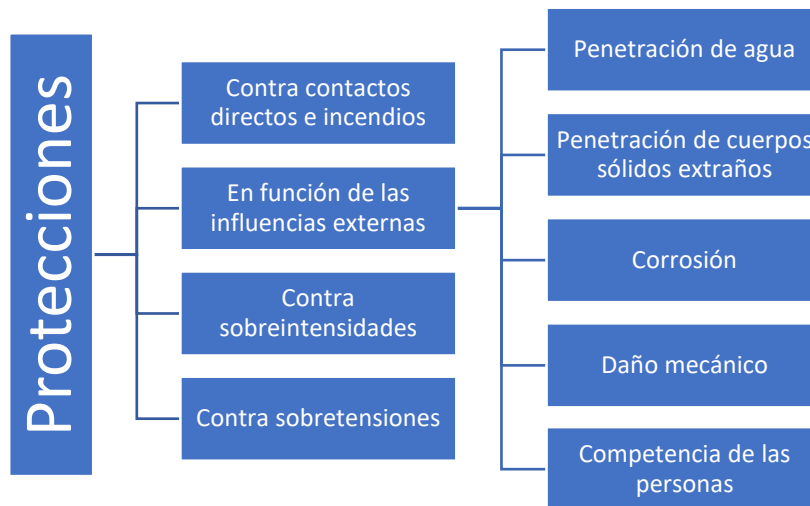


Fig. 16. Protecciones necesarias en una electrolinera. Fuente: (Smartwallbox, 2021).

2.3 Datos del bus eléctrico

El vehículo a utilizar es el modelo E12 de la marca Yutong, esto debido a que cumple con las características de uso en la ciudad de Ibarra, además, este modelo garantiza su funcionamiento pleno, posee una batería de 374kWh lo cual garantiza una distancia de 300

km aproximadamente y se puede aprovechar el sistema de regeneración de batería mediante el sistema de frenos, tiene un motor de 350 kW, potencia suficiente para vías exigentes, tiene el mismo dimensionamiento de los buses convencionales y tiempo tiempos de carga de 1.5 horas aproximadamente para revisar las características completas del vehículo véase anexos.

2.4 Estado actual de la red de distribución

La red de distribución es la encargada de suministrar energía desde las subestaciones de distribución hasta los usuarios finales.

2.4.1 Generación energética nacional

La mayor cantidad de producción de energía a nivel nacional proviene de recursos renovables siendo el más destacado la generación hidráulica, en general se tiene un 81.4% de la generación total que es aproximadamente 21.231,54 MWh, por otra parte, se tiene un 18.6% proveniente de recursos no renovables siendo el más destacado la generación por fuentes fósiles, la generación es de aproximadamente 8.011,35 MWh.

2.4.2 Subestaciones de la ciudad de Ibarra

A continuación, se describirá el estado energético de las subestaciones de la ciudad de Ibarra, tomando en cuenta la capacidad máxima y la cantidad de energía que se está consumiendo actualmente, además, las potencias activas y reactivas de las mismas.

2.4.2.1 Sub estación Alpachaca

Esta sub estación tiene una capacidad de 20MVA, se utilizaron los datos correspondientes al mes de octubre del año 2022, teniendo los resultados obtenidos en la Figura 18, de la cual se puede destacar que se está consumiendo un aproximando de 10MVA, en términos de disponibilidad se tiene un 50% restante de potencia nominal de la subestación que no está siendo utilizada, parte que se utilizó para el presente estudio.

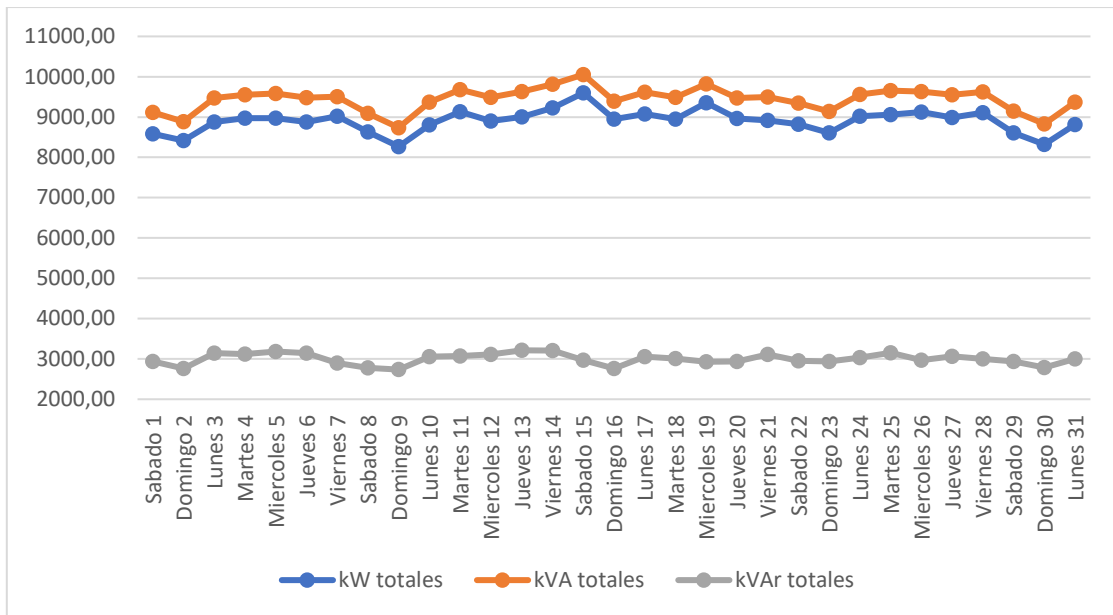


Fig. 17. Datos de potencia activa, reactiva y aparente de la Sub estación Alpachaca. Fuente: (Emelnorte, 2022).

Para la obtención de la curva de carga se utilizaron los datos mencionados anteriormente correspondientes al mes de octubre, en el cual se utilizó el día con mayor demanda para poder tener una estimación real del consumo de la sub estación en los distintos horarios del día que se representa con la Figura 19.

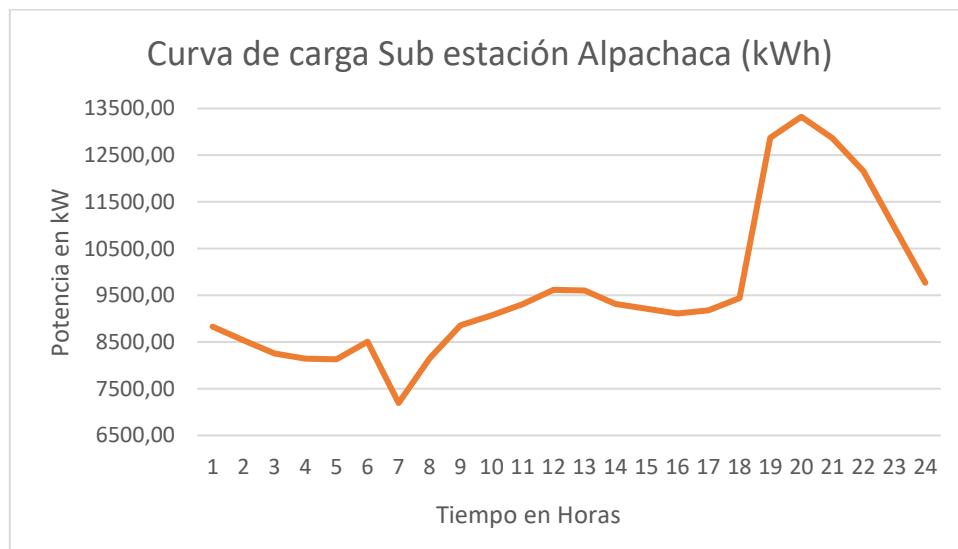


Fig. 18. Curva de carga Sub estación Alpachaca. Fuente: (Emelnorte, 2022)

2.4.2.2 Sub estación el Retorno

Esta sub estación tiene una capacidad de 10 MVA, se utilizaron los datos respectivos, teniendo los resultados obtenidos en la Figura 20, de la cual se puede destacar que se está consumiendo un aproximado de 4,7MVA, en términos de disponibilidad se tiene un 60,83% restante de potencia nominal de la subestación que no está siendo utilizada.

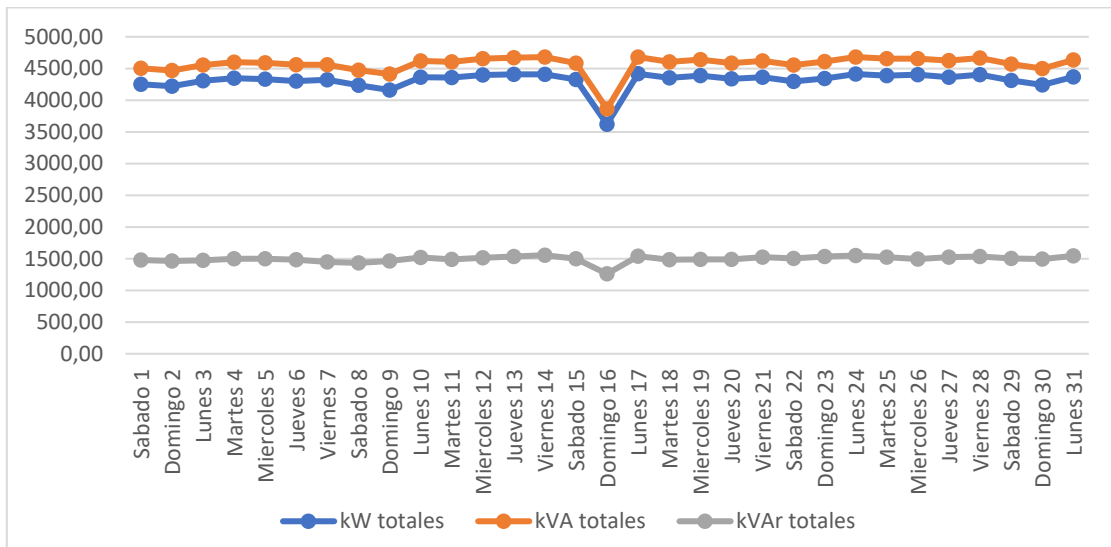


Fig. 19. Datos de potencia activa reactiva y aparente de la Sub estación El Retorno. Fuente: (Emelnorte, 2022)

Para la obtención de la curva de carga se utilizaron los datos correspondientes al mes de octubre, en el cual se utilizó el día con mayor demanda para poder tener una estimación real del consumo de la sub estación a plena carga en los distintos horarios del día que se representa con la Figura 21.

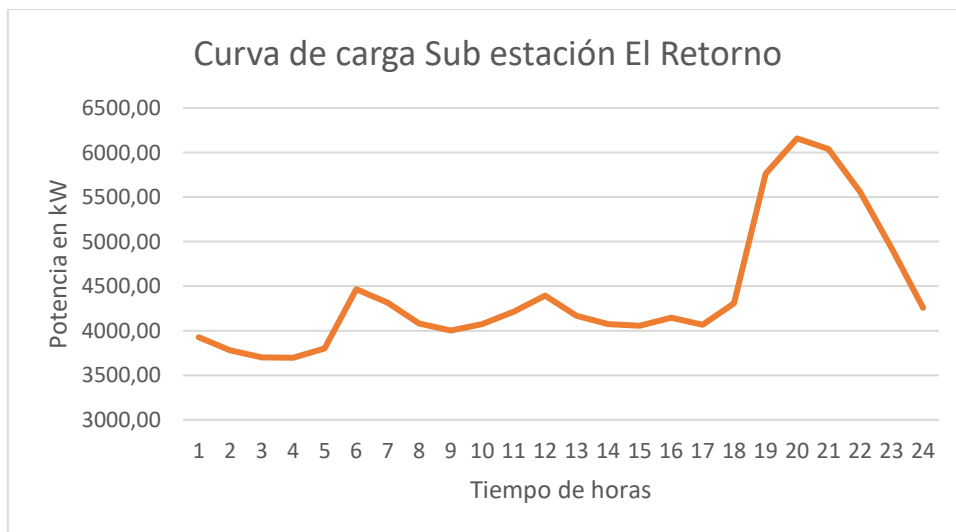


Fig. 20. Curva de carga Sub estación El Retorno. Fuente: (Emelnorte, 2022).

2.4.2.3 Sub estación Ajaví

Esta sub estación tiene una capacidad de 10 MVA, se utilizaron los datos respectivos, teniendo los resultados obtenidos en la Figura 22, de la cual se puede destacar que se está consumiendo un aproximando de 5,8MVA, en términos de disponibilidad se tiene un 51,66% restante de potencia nominal de la subestación que no está siendo utilizada.

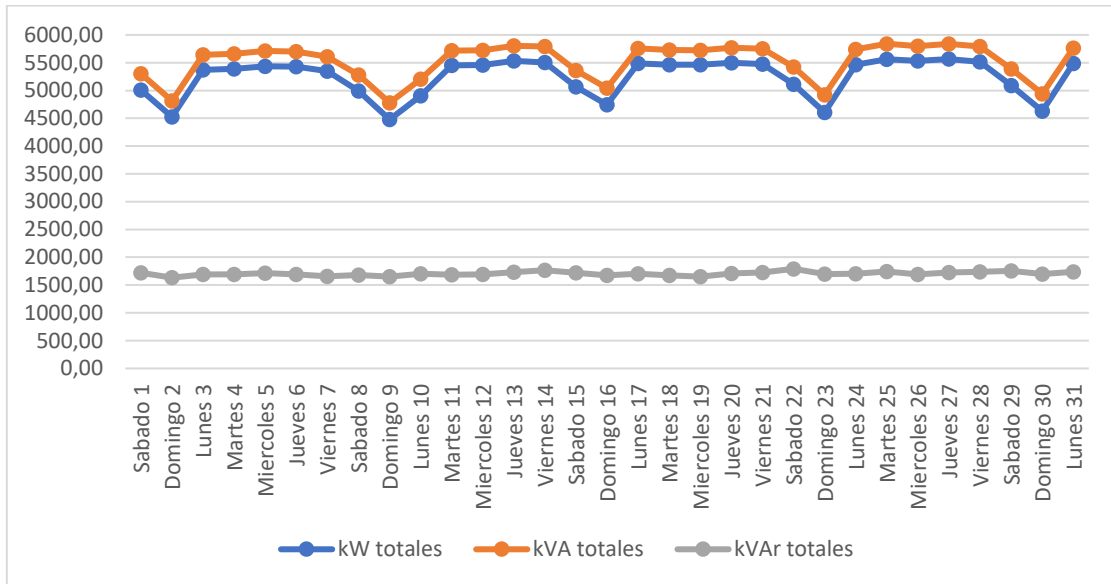


Fig. 21. Datos de potencia activa reactiva y aparente de la Sub estación Ajaví. Fuente: (Emelnorte, 2022).

Para la obtención de la curva de carga se utilizaron los datos correspondientes al mes de octubre, en el cual se utilizó el día con mayor demanda para poder tener una estimación real del consumo de la sub estación a plena carga en los distintos horarios del día que se representa con la Figura 23.

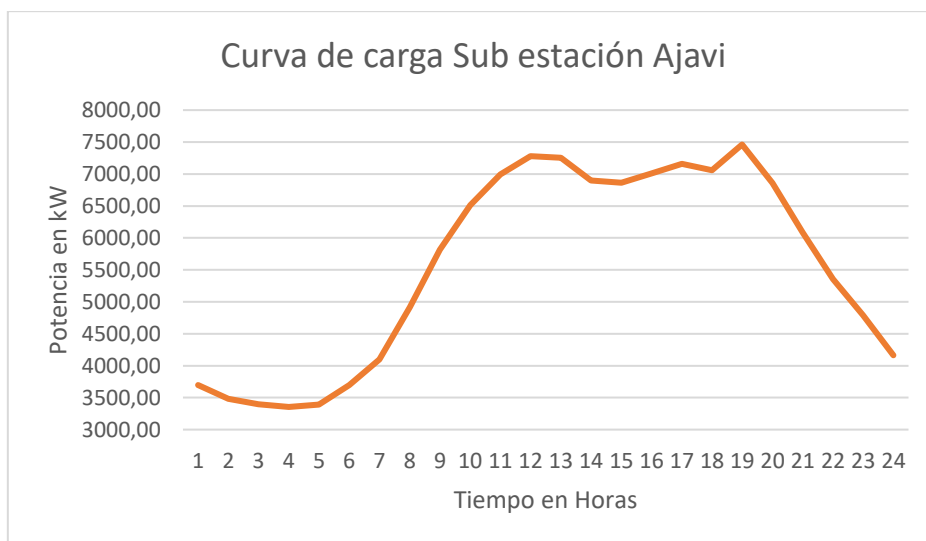


Fig. 22. Curva de carga Sub estación Ajaví. Fuente: (Emelnorte, 2022).

2.4.2.4 Sub estación San Agustín

Esta sub estación tiene una capacidad de 10 MVA, se utilizaron los datos respectivos, teniendo los resultados obtenidos en la Figura 24, de la cual se puede destacar que se está consumiendo un aproximado de 5,7MVA, en términos de disponibilidad se tiene un 52,5% restante de potencia nominal de la subestación que no está siendo utilizada.

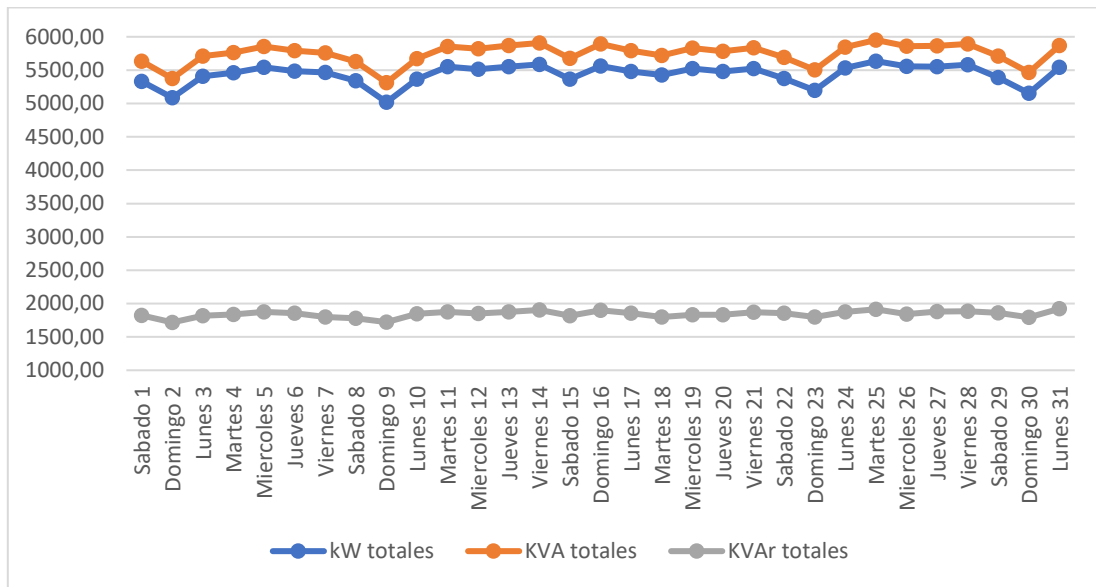


Fig. 23. Datos de potencia activa reactiva y aparente de la Sub estación San Agustín. Fuente: (Emelnorte, 2022).

Para la obtención de la curva de carga se utilizaron los datos correspondientes al mes de octubre, en el cual se utilizó el día con mayor demanda para poder tener una estimación real del consumo de la sub estación a plena carga en los distintos horarios del día que se representa con la Figura 25.

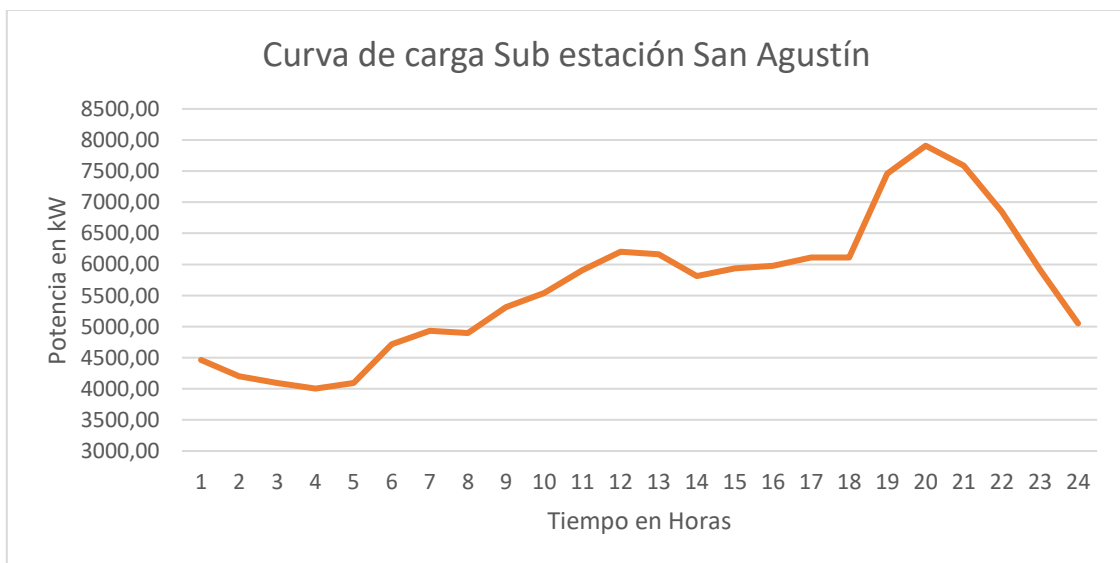


Fig. 24. Curva de carga Sub estación San Agustín. Fuente: (Emelnorte, 2022).

2.5 Normativa que incentiva la movilidad eléctrica

Los cuerpos legales indican que de los países que conforman Latinoamérica el Ecuador es uno de los países más avanzados en fomentar el uso de la movilidad eléctrica de manera sostenible. Dentro del estado lo encargados de tomar acciones con respecto al uso de vehículos eléctricos son: La constitución, el Código Orgánico del Ambiente, Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, la Ley de Eficiencia Energética.

En la Carta Magna en el año 2008 y en los artículos 15 y 413, se hace énfasis exigir de cierta manera a el estado y el sector privado de promover el uso de tecnologías y energías alternativas limpias con un bajo impacto medioambiental, para ello creó el Código Orgánico del Ambiente aprobado por la Asamblea Nacional el año 2017 que manifiesta lo siguiente “medios de transporte sostenibles y bajos en emisiones de gases de efecto invernadero” (Código orgánico del Ambiente, 2017).

El Código Orgánico del Ambiente en su artículo 285 también establece que para la ciudadanía que opte por el uso de tecnologías o energías limpias, abra incentivos económicos o no económicos, tributarios o fiscales, siempre y cuando cumplan con ciertas condiciones como, por ejemplo: reducción en las emisiones de efecto invernadero, innovación en el sector tecnológico, reducción en el impacto medioambiental entre otros (Código orgánico del Ambiente, 2017).

Para el año 2019 la Ley de Eficiencia Energética en su artículo 14 tiene un enfoque más preciso y ambicioso; publicando que se debe priorizar “el transporte público, de carga pesada y de uso logístico por medios eléctricos” y exige al gobierno que se debe tener un plan de chatarrización para los vehículos que sean remplazados por los eléctricos (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019).

Uno de los párrafos que sin duda tiene mayor relevancia es el que manifiesta que en el año 2025 será el año en el que “todos los vehículos que se incorporen al servicio de transporte público urbano e Inter parroquial, en el Ecuador continental, deberán ser únicamente de medio motriz eléctrico (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019, 6-7).

2.5.1 Subsidio de adquisición

El decreto legislativo más reciente aprobado por La Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial en el año 2021 en su artículo 214 literal A, señala que la movilidad eléctrica es de “interés público” y resaltar la “promoción del transporte terrestre eléctrico y de cero emisiones en todo el territorio nacional”(Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, 2021).

La ley Orgánica de Transporte Terrestre en su artículo 214 literal B incita a el Gobierno Nacional y a los municipios a ofrecer “incentivos que impulsen el transporte terrestre ciento por ciento eléctrico y de cero emisiones.”. Sin embargo, en los artículos 214 literal C, D y E, otorga a los vehículos eléctricos el uso de parqueaderos públicos de forma gratuita y exige a las entidades privadas destinar al menos un 2% de su espacio en sus parqueaderos. Además, los excluye de las restricciones de circulación(Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, 2021).

2.6 Determinación geográfica de puntos de alimentación express

Para determinar la ubicación de los cuatro puntos de alimentación se necesitó conocer las distintas rutas por donde transitan los autobuses para establecer el lugar adecuado para el estudio, como se puede apreciar en la Figura 26 las líneas de distinto color representan varias de las rutas utilizadas de ambas cooperativas que operan actualmente en la ciudad de Ibarra.

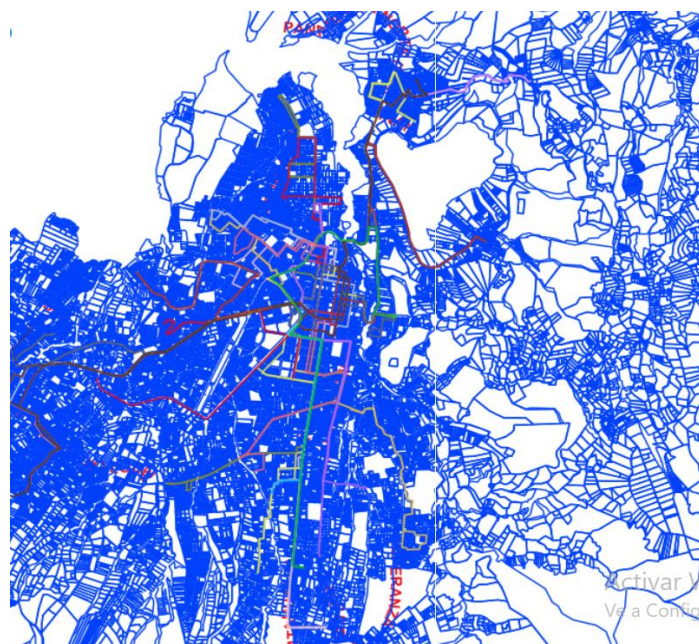


Fig. 25. Rutas de los autobuses en la ciudad de Ibarra.

Una vez conocidas las rutas por donde circulan se localizó la ubicación de las 4 subestaciones que distribuyen la energía a toda la ciudad de Ibarra siendo las subestaciones Ajaví, Alpachaca, El Retorno, San Agustín, a continuación, se describe la ubicación geográfica de las 4 subestaciones.

2.6.1 Subestación San Agustín

La Subestación San Agustín se encuentra localizada en la parroquia de San Francisco, en las coordenadas latitud: 0.338697 y longitud: -78.130254 tiene una capacidad de 10/12.5 MVA y recibe de las líneas de transmisión de alto voltaje 69 kV, con el transformador reductor lo reduce a 13.8 kV, en la Figura 27 se aprecia la ubicación geográfica de la subestación.



Fig. 26. Ubicación geográfica Subestación San Agustín

2.6.2 Subestación El Retorno

La Subestación El Retorno se encuentra localizada en la parroquia de Caranqui, en las coordenadas latitud: 0.307319 y longitud: -78.125031 tiene una capacidad de 10/12.5 MVA y recibe de las líneas de transmisión de alto voltaje 69 kV, con el transformador reductor lo reduce a 13.8 kV, en la Figura 28 se aprecia la ubicación geográfica de la subestación.

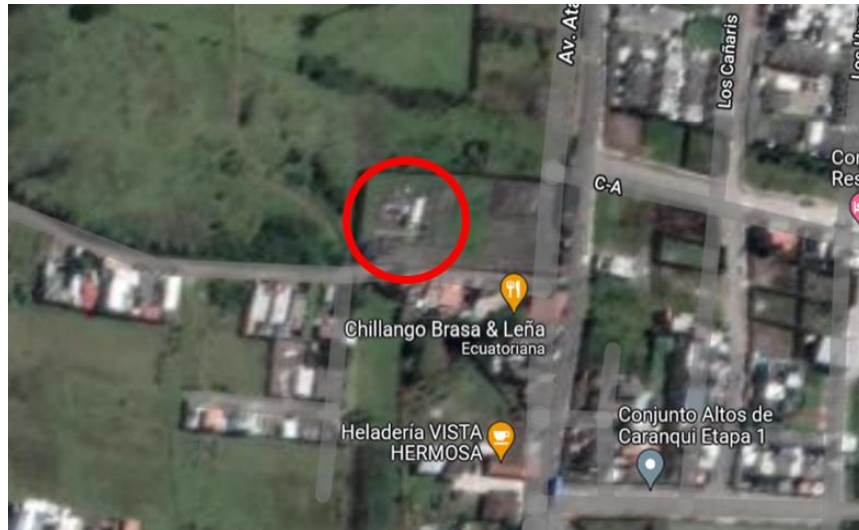


Fig. 27. Ubicación geográfica Subestación El Retorno

2.6.3 Subestación Ajaví

La Subestación Ajaví se encuentra localizada en la parroquia del Sagrario, en las coordenadas latitud: 0.357056 y longitud: -78.125031 tiene una capacidad de 10/12.5 MVA y recibe de las líneas de transmisión de alto voltaje 69 kV, con el transformador reductor lo reduce a 13.8 kV, en la Figura 29 se aprecia la ubicación geográfica de la subestación.



Fig. 28. Ubicación geográfica Subestación Ajaví

2.6.4 Subestación Alpachaca

La Subestación Alpachaca se encuentra localizada en la parroquia de Alpachaca, en las coordenadas latitud: 0.366633 y longitud: -78.134797 tiene una capacidad de 20 MVA y recibe de las líneas de transmisión de alto voltaje 69 kV, con el transformador reductor lo reduce a 13.8 kV, en la Figura 30 se aprecia la ubicación geográfica de la subestación.



Fig. 29. Ubicación geográfica Subestación San Agustín

2.6.5 Ubicación estaciones de carga

Para determinar la ubicación de las electrolineras se consideró la disponibilidad de espacio y la cercanía con las redes de medio voltaje para que la implementación se realice de forma más sencilla, además, se escogió una ubicación de fácil acceso y que queden distribuidas lo más equidistante posible, de tal manera que las estaciones de carga; sean accesibles desde cualquier parte de la ciudad.

2.6.5.1 Estación de carga Ajaví

A continuación, en la Figura 31 se muestra ubicación de la estación de carga para el sector de la Ajaví que estará conectada a las redes de medias tensión de la subestación Ajaví, cerca al parque pilanquí encontrándose entre las rutas de los buses, con unas coordenadas de 0.341056, -78.128689.

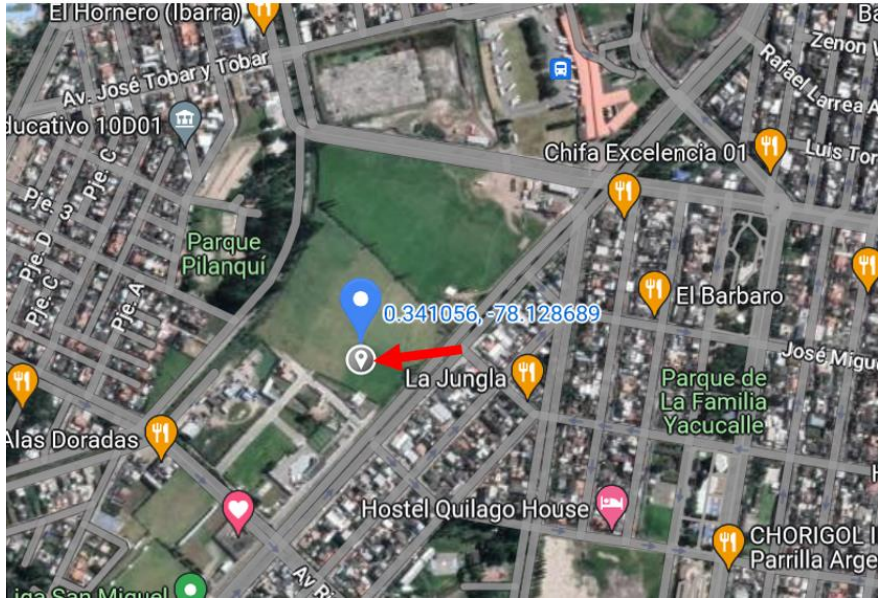


Fig. 30. Estación de carga conectada a la Sub estación Ajaví. Fuente:(Google Maps, 2022).

2.6.5.2 Estación de carga Alpachaca

En la Figura 32 se muestra la ubicación de la estación de carga para el sector de la Alpachaca que estará conectada a las redes de medias tensión de la subestación Alpachaca, cerca al estadio la Cocha encontrándose entre las rutas de los buses, con unas coordenadas de 0.367979, -78.136568.

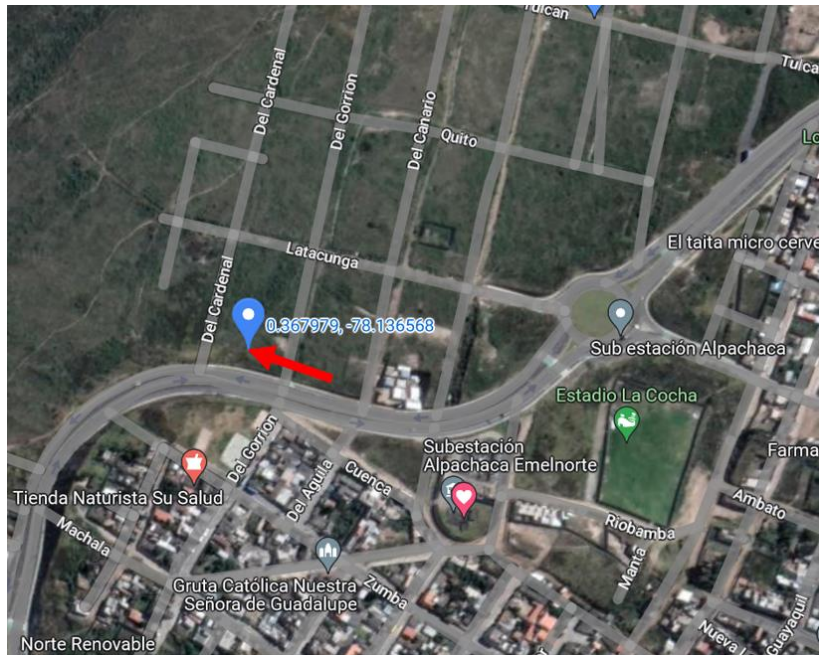


Fig. 31. Estación de carga conectada a la Sub estación Alpachaca. Fuente:(Google Maps, 2022).

2.6.5.3 Estación de carga El Retorno

En la Figura 33 se muestra la ubicación de la estación de carga para el sector de Caranqui que estará conectada a las redes de medias tensión de la subestación El Retorno, cerca al Polideportivo Caranqui encontrándose entre las rutas de los buses y con unas coordenadas de 0.317722, -78.122271.

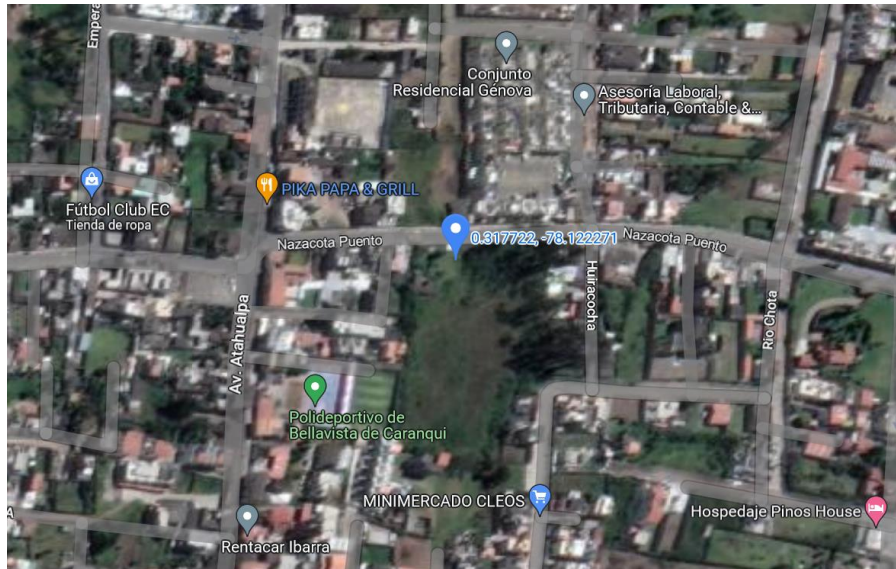


Fig. 32. Estación de carga conectada a la Sub estación El Retorno. Fuente:(Google Maps, 2022).

2.6.5.4 Estación de carga San Agustín

En la Figura 34 se muestra la ubicación de la estación de carga para el sector de Huertos Familiares que estará conectada a las redes de medias tensión de la subestación San Agustín, cerca al Polideportivo Caranqui encontrándose entre las rutas de los buses y con unas coordenadas de 0.366100, -78.119418.



Fig. 33. Estación de carga conectada a la Sub estación San Agustín. Fuente:(Google Maps, 2022).

CAPITULO 3

Determinación del impacto y acciones para la mitigación asociados al suministro de energía eléctrica

Una vez descrito las estaciones de carga y los buses eléctricos a utilizar, se realizó la determinación de la demanda en los tres escenarios establecidos, siendo estos con 30%, 70% y 100% de implementación de los buses eléctricos, además de su análisis tomando en cuenta franjas horarias de carga, horario de mayor, menor y media demanda, también se describió posibles acciones de mitigación de esta demanda y la reducción de emisiones del CO₂ del sector transporte público.

3.1 Demanda para el escenario 1 (30% de implementación)

Para la determinación de la demanda se tiene que tomar en cuenta la potencia del cargador que para este caso en particular va a ser de 300kW con un tiempo de carga aproximado de 1,5 horas, además, se investigó en la ciudad de Ibarra existe un total de 268 unidades de transporte público que se encuentran operando y se dividió en 3 casos, siendo este el primer caso en concreto con el 30% de implementación de los vehículos eléctricos es decir 80 unidades que se dividen para los cuatro puntos de alimentación, teniendo 20 unidades por cada punto.

3.2 Demanda para el escenario 2 (70% de implementación)

En el escenario 2 para la determinación de la demanda se tiene un 70 % de implementación de los buses eléctricos, es decir, que para este punto se tendría una cantidad de 184 buses eléctricos y 94 buses convencionales operando en las distintas rutas de la ciudad, de las unidades eléctricas se dividen para los cuatro puntos de alimentación, teniendo 46 vehículos por cada punto y en dos de ellos 47 unidades para completar la cantidad de vehículos del escenario 2.

3.3 Demanda para el escenario 3 (100% de implementación)

Para determinar la demanda en el escenario 3 ya se tiene un 100 % de implementación de los buses eléctricos, esto quiere decir se tendría la flota completa de los 268 buses eléctricos operando en las distintas rutas de la ciudad, estas unidades se dividen para los cuatro puntos de alimentación, teniendo 67 vehículos por cada punto completando así toda la flota de buses en la ciudad de Ibarra.

3.4 Determinación de la demanda para los distintos escenarios

Posterior a la distribución de los buses eléctricos en los 3 casos de estudio de manera general y considerando el caso de alta y baja demanda se realizó la determinación basada en la demanda energética que se inyecta para posteriormente determinar el impacto en la capacidad de la subestación.

3.4.1 Escenario 1 (30% de implementación)

En el escenario 1 correspondiente a la implementación de 80 buses eléctricos, los cuales se distribuye entre los 4 puntos de alimentación, para el presente análisis se tomó en cuenta las horas en las cuales la demanda es menor con la finalidad de aplacar la curva de carga y así evitar sobrecargar la red eléctrica.

3.4.1.1 Sub estación Ajaví

Para el caso del alimentador conectado a la sub estación Ajaví y al observar su curva de carga basado en el escenario de mayor demanda y de menor demanda, se determinó el horario que se tiene disponible, donde la demanda es menor y por ende se podría realizar el proceso la carga en los tiempos determinados sin producir picos de consumo como se aprecia en la Figura 35.

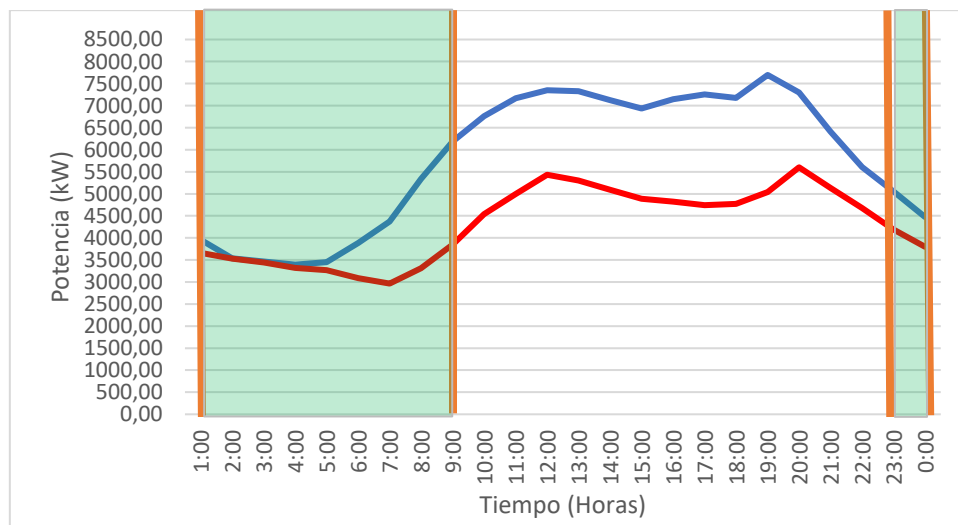


Fig. 34. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.

De la Figura 35 podemos observar que las líneas verticales de color anaranjado representan el tiempo que se puede utilizar para realizar el proceso de carga con la finalidad de aplacar la curva de carga que en este caso sería desde la 1am hasta las 9 am y de 10pm a 12am, la línea de color rojo representa la curva de carga de baja demanda y la línea de color azul representa la curva de carga de alta demanda.

El tiempo promedio de carga del bus eléctrico seleccionado al 100% es de aproximadamente 1.5 horas, con ese dato como referencia principal, se realizó una carga coordinada de los 20 buses eléctricos a cargar, teniendo como referencia la figura anterior se decidió realizar la carga simultanea de 3 buses eléctricos consecutivos en el transcurso del día hasta cumplir la totalidad de vehículos cargados como se aprecia en la Figura 36.

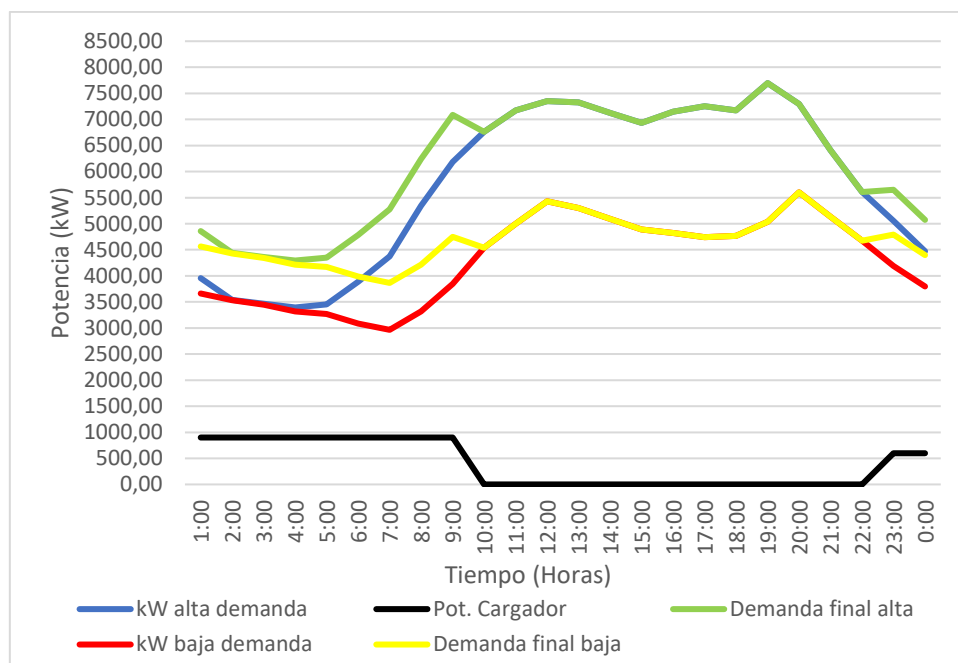


Fig. 35. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Ajaví.

De la figura 36 se puede observar que las líneas de color azul y rojo representan las curvas de carga en alta demanda y baja demanda respectivamente, la línea de color negro representa la potencia consecutiva de los cargadores de los buses eléctricos y las líneas verde y amarillas representan las nuevas curvas de carga en alta y baja demanda respectivamente.

3.4.1.2 Sub estación Alpachaca

Para el caso del alimentador conectado a la sub estación Alpachaca y al observar su curva de carga basado en el escenario de mayor demanda y de menor demanda, se determinó el horario que se tiene disponible, donde la demanda es menor y por ende se podría realizar el proceso la carga en los tiempos determinados sin producir picos de consumo como se aprecia en la figura 37.

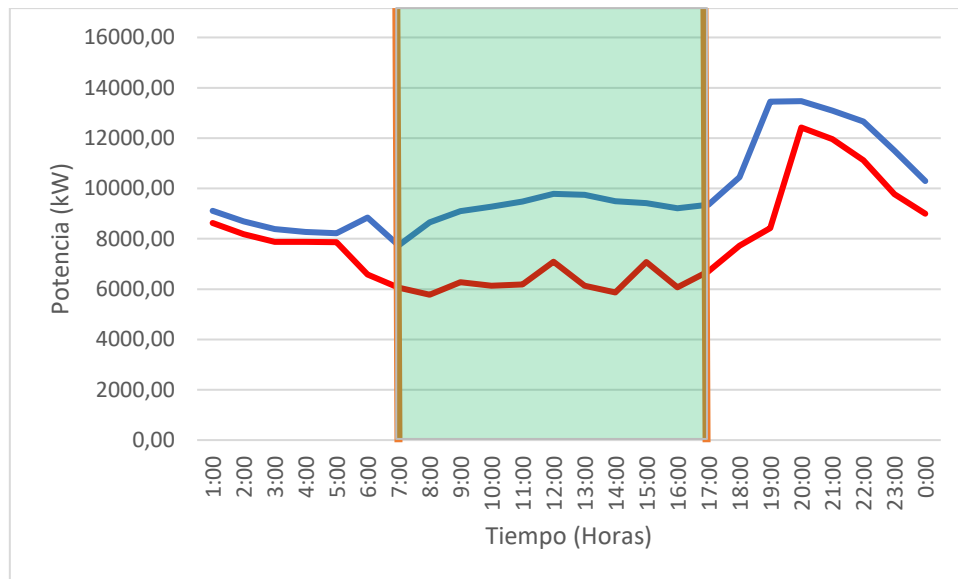


Fig. 36. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.

De la Figura 37 podemos observar que las líneas verticales de color anaranjado representan el tiempo que se puede utilizar para realizar el proceso de carga con la finalidad de aplacar la curva de carga que en este caso sería desde la 7am hasta las 5 pm, la línea de color rojo representa la curva de carga de baja demanda y la línea de color azul representa la curva de carga de alta demanda.

Con el dato del tiempo de carga como referencia principal, se realizó una carga coordinada de los 20 buses eléctricos a cargar, teniendo esto como dato inicial se decidió realizar la carga simultanea de 3 buses eléctricos como se aprecia en la Figura 38.

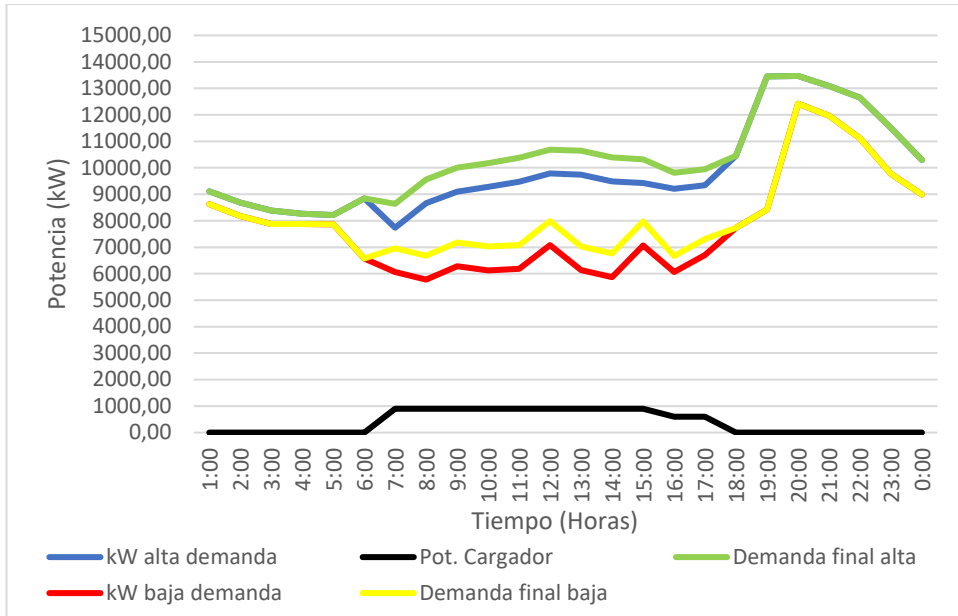


Fig. 37. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Alpachaca.

3.4.1.3 Sub estación El Retorno

Para el caso del alimentador conectado a la sub estación El Retorno y al observar su curva de carga basado en el escenario de mayor demanda y de menor demanda, se determinó el horario que se tiene disponible, donde la demanda es menor y por ende se podría realizar el proceso la carga en los tiempos determinados sin producir picos de consumo como se aprecia en la figura 39.

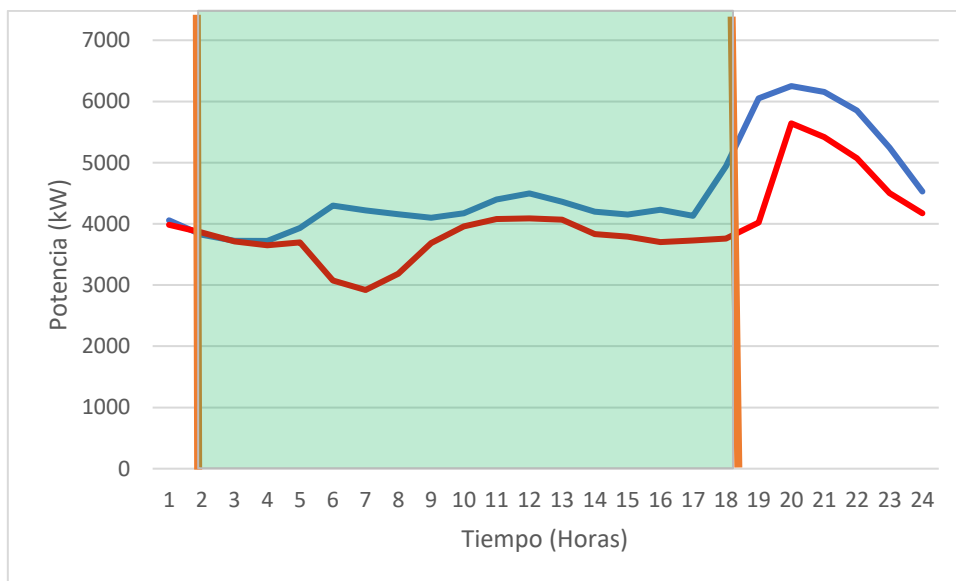


Fig. 38. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.

De la Figura 39 podemos observar que las líneas verticales de color anaranjado representan el tiempo que se puede utilizar para realizar el proceso de carga con la finalidad de aplacar la curva de carga que en este caso sería desde la 1 am hasta las 6 pm, la línea de color rojo representa la curva de carga de baja demanda y la línea de color azul representa la curva de carga de alta demanda.

Con el dato del tiempo de carga como referencia principal, se realizó una carga coordinada de los 20 buses eléctricos a cargar, teniendo esto como dato inicial se decidió realizar la carga simultanea de 3 buses eléctricos como se aprecia en la Figura 40.

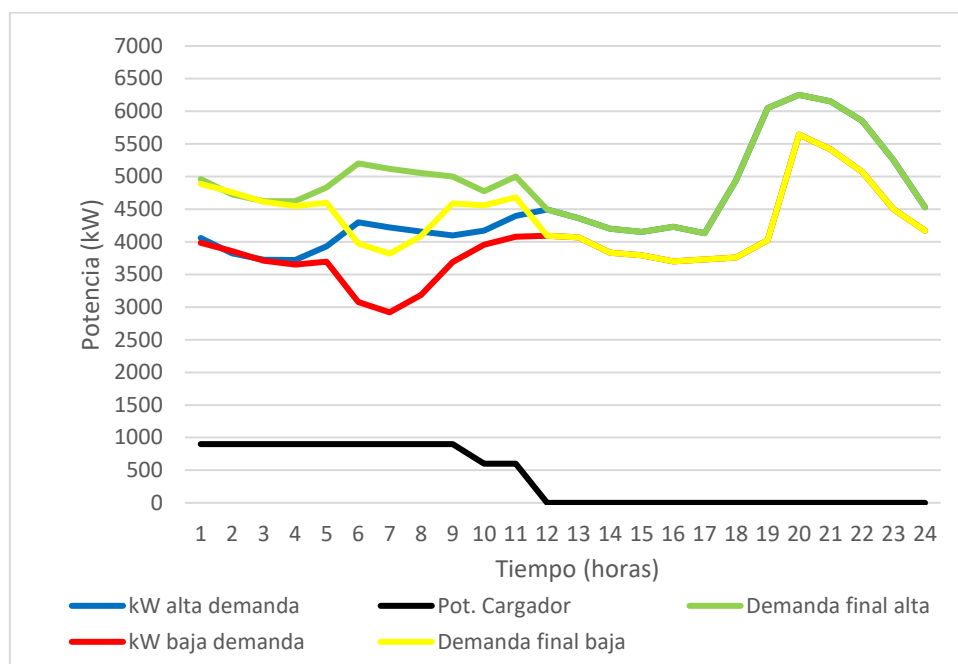


Fig. 39. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación El Retorno.

3.4.1.4 Sub estación San Agustín

Para el caso del alimentador conectado a la sub estación Alpachaca y al observar su curva de carga basado en el escenario de mayor demanda y de menor demanda, se determinó el horario que se tiene disponible, donde la demanda es menor y por ende se podría realizar el proceso la carga en los tiempos determinados sin producir picos de consumo como se aprecia en la Figura 41.

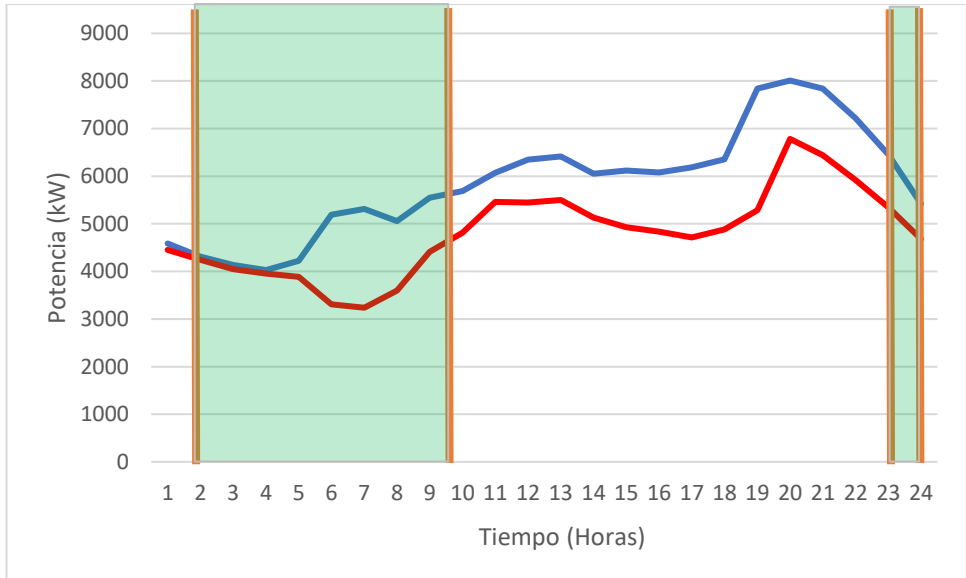


Fig. 40. Horario disponible para la carga en alta y baja demanda.

De la Figura 41 podemos observar que las líneas verticales de color anaranjado representan el tiempo que se puede utilizar para realizar el proceso de carga con la finalidad de aplacar la curva de carga que en este caso sería desde la 1am hasta las 9 am y de 11pm a 12am, la línea de color rojo representa la curva de carga de baja demanda y la línea de color azul representa la curva de carga de alta demanda.

Con el dato del tiempo de carga como referencia principal, se realizó una carga coordinada de los 20 buses eléctricos a cargar, teniendo esto como dato inicial se decidió realizar la carga simultanea de 3 buses eléctricos como se aprecia en la Figura 42.

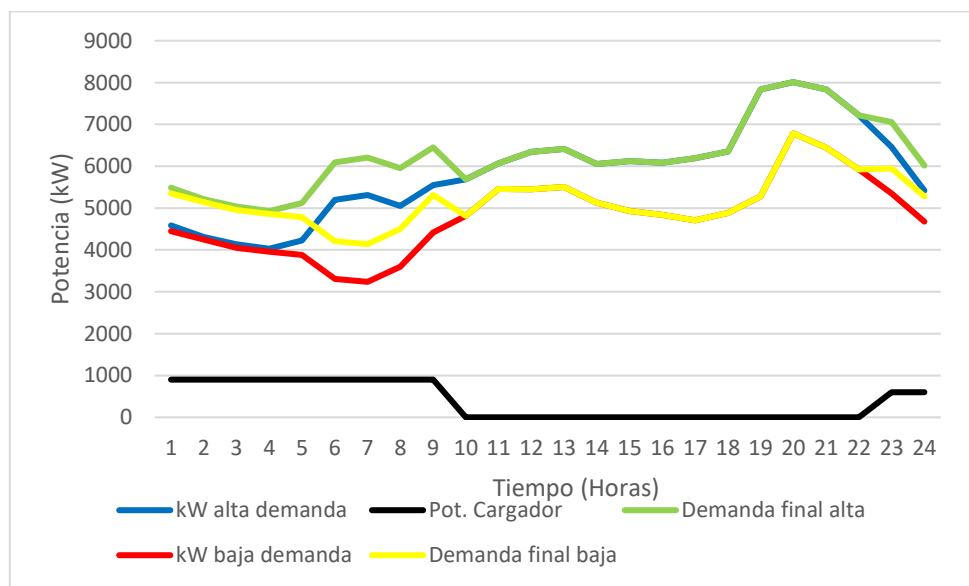


Fig. 41. Impacto implementación de 20 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación San Agustín.

3.4.2 Escenario 2 (70% de implementación)

En el escenario 2 correspondiente a la implementación de 187 buses eléctricos, los cuales se distribuyen entre los 4 puntos de alimentación, con una cantidad de 46 vehículos por punto, para el análisis se determinó la demanda que generan en las horas donde la demanda es menor con la finalidad de aplacar la curva de carga y así evitar sobrecargar la red eléctrica.

3.4.2.1 Sub estación Ajaví

Para el caso de la sub estación Ajaví y tomando en cuenta el horario disponible para la recarga de los vehículos que se realizó en el escenario 1, que en este caso no va a variar, se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este caso serán 46 vehículos, cabe destacar que en el estudio solo considera una carga por vehículo, entonces, la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 43.

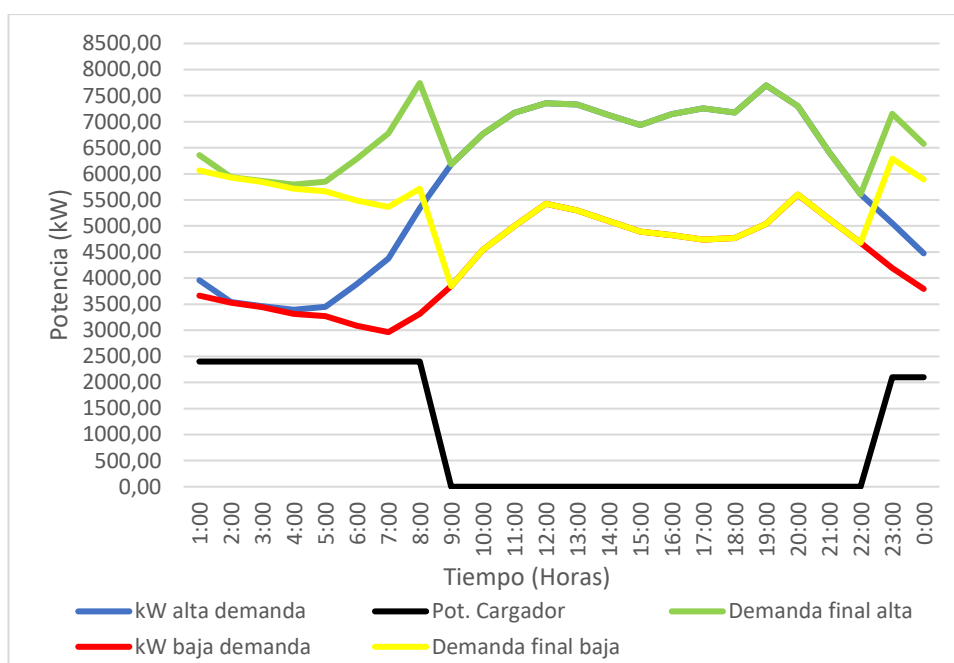


Fig. 42. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Ajaví.

3.4.2.2 Sub estación Alpachaca

Para el caso de la sub estación Alpachaca se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este caso serán 46 vehículos, cabe destacar que en el estudio solo considera una carga por vehículo, entonces la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 44.

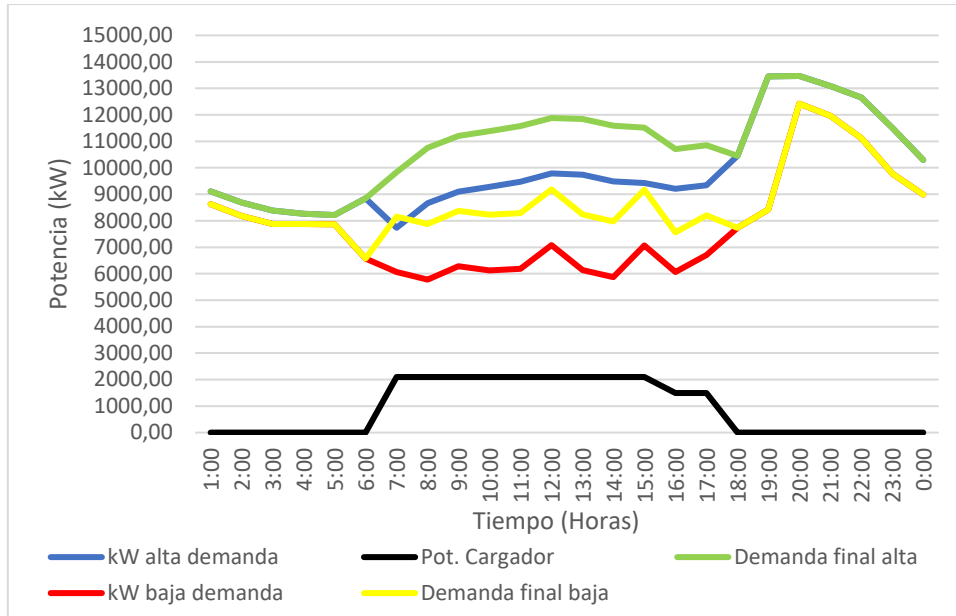


Fig. 43. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Alpachaca.

3.4.2.3 Sub estación El Retorno

Para el caso de la sub estación El Retorno se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este caso serán 34 vehículos, cabe destacar que en el estudio solo considera una carga por vehículo, entonces, la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 45.

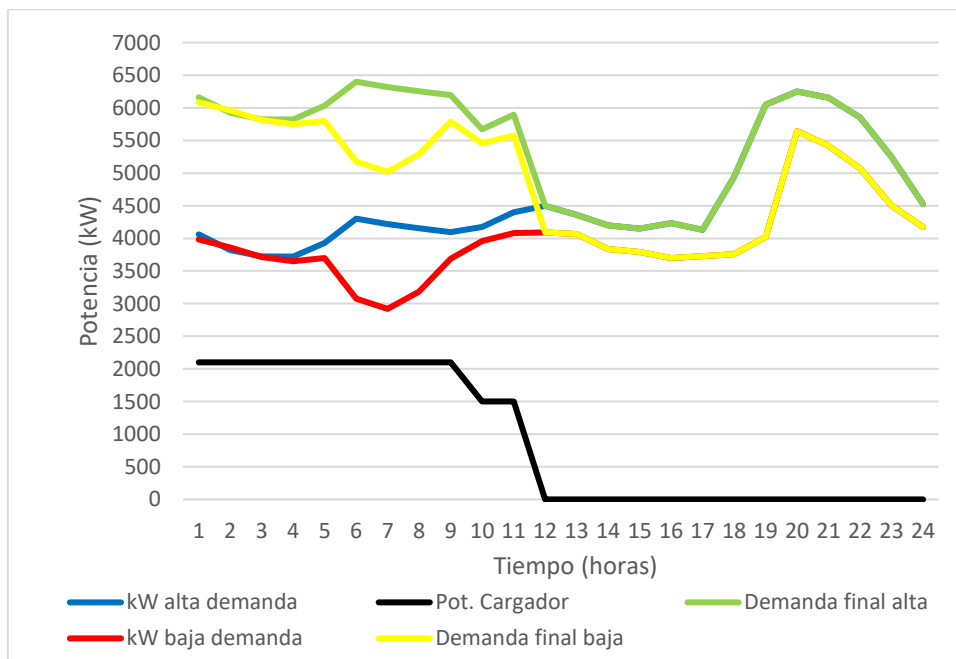


Fig. 44. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación El Retorno.

3.4.2.4 Sub estación San Agustín

Para el caso de la sub estación San Agustín se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este caso serán 33 vehículos, cabe destacar que en el estudio solo considera una carga por vehículo, entonces, la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 46.

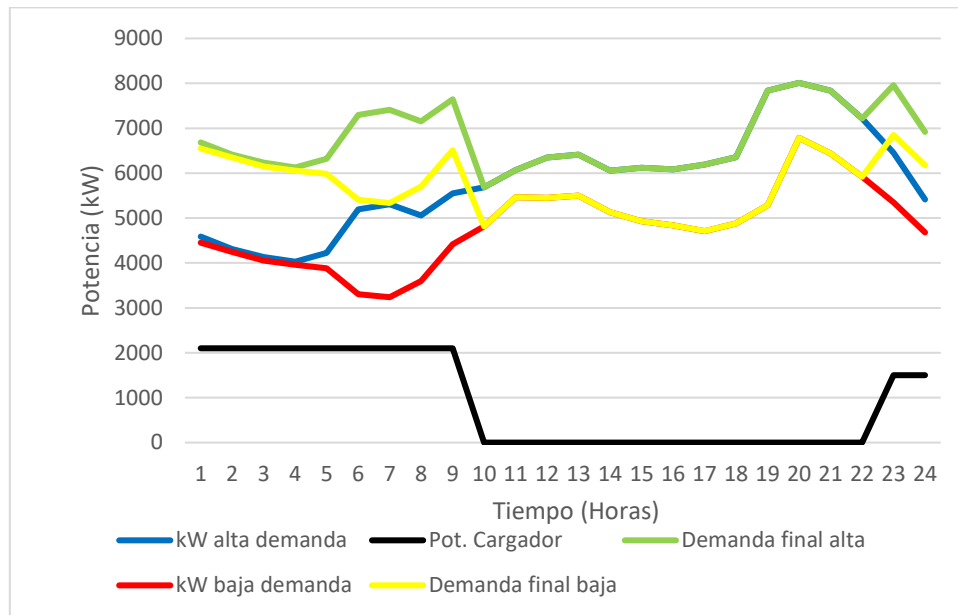


Fig. 45. Impacto implementación de 46 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación San Agustín.

3.4.3 Escenario 3 (100% de implementación)

En el escenario 3 corresponde a la implementación de los 268 buses eléctricos, operando en las distintas rutas de la ciudad, que se distribuyen entre los 4 puntos de alimentación, con una cantidad de 67 vehículos por punto, para el análisis se determinó la demanda en las horas donde la demanda es menor con la finalidad de aplacar la curva de carga y así evitar sobrecargar la red eléctrica.

3.5.3.1 Sub estación Ajaví

Para el caso de la sub estación Ajaví y tomando en cuenta el horario disponible para la recarga de los vehículos que se realizó en los escenarios anteriores, que en este caso no va a variar, se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este

caso serán 67 vehículos, cabe destacar que en el estudio solo considera una carga por vehículo, entonces, la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 47.

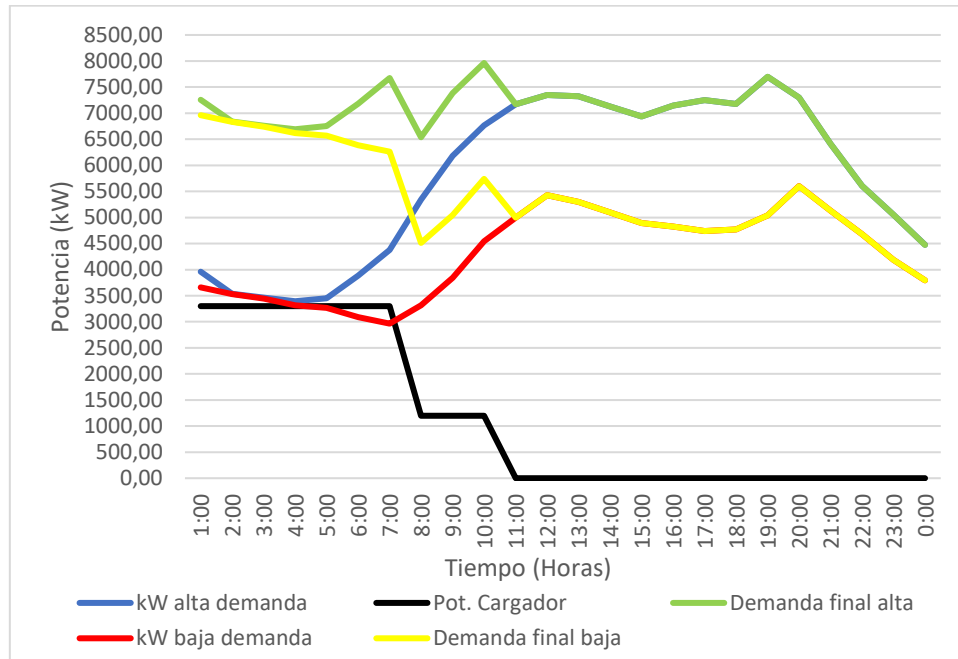


Fig. 46. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Ajaví.

3.5.3.2 Sub estación Alpachaca

Para el caso de la sub estación Alpachaca se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este caso serán 67 vehículos, cabe destacar que en el estudio solo considera una carga por vehículo, entonces la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 48.

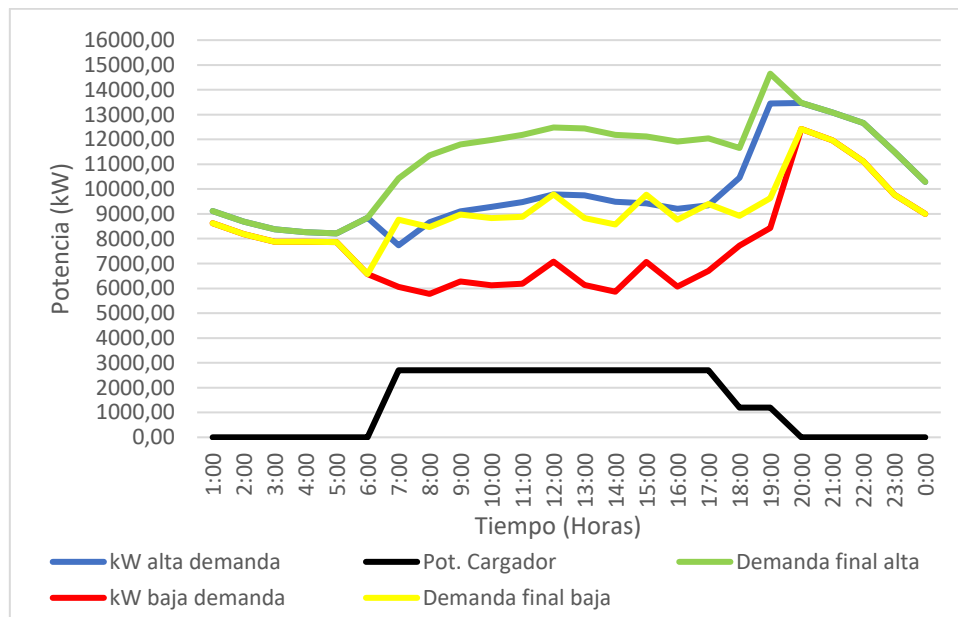


Fig. 47. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación Alpachaca.

3.5.3.3 Sub estación El Retorno

Para el caso de la sub estación El Retorno se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este caso serán 67 vehículos, entonces, la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 49.

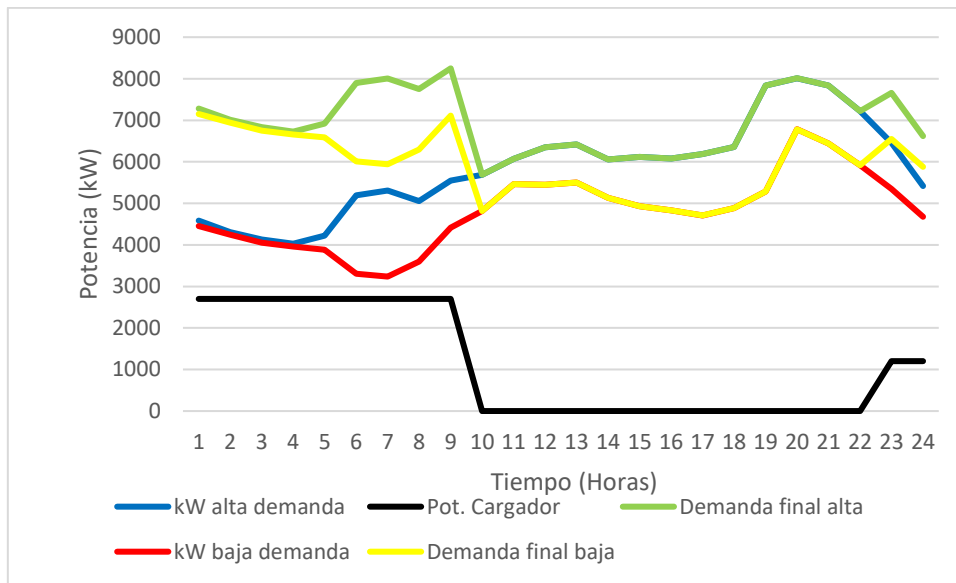


Fig. 48. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación El Retorno.

3.5.3.4 Sub estación San Agustín

Para el caso de la sub estación San Agustín se realizó el mismo estudio aumentando la cantidad de vehículos que en este caso serán 67 vehículos, entonces, la curva de carga vendría a ser representada por la Figura 50.

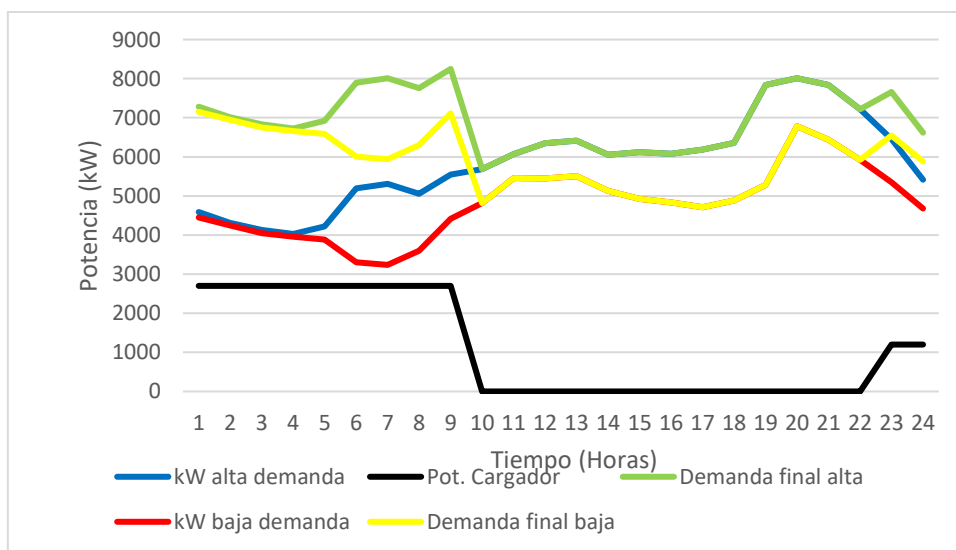


Fig. 49. Impacto implementación de 67 vehículos para la carga en alta y baja demanda en Sub estación San Agustín.

3.5 Impacto en las redes de distribución

Para la determinación del impacto a nivel de demanda nos apoyamos en una herramienta ofimática conocida como CYME el cual es un programa que se utiliza para realizar, planificar y simular el estado de las redes eléctricas que se utilizaron en el presente estudio de forma más practica y sencilla.

Con la determinación de los puntos donde se colocarán las subestaciones se determinó las redes de media tensión a utilizar y a su vez el alimentador al que se encuentran conectados cada una de ellas como se muestran a continuación.

3.5.1 Alimentador 4 de la Sub estación El Retorno

De la misma manera que en el análisis de las subestaciones se lo realizo en los tres escenarios propuestos de implementación. Primero se debe realizar el análisis en la hora de mayor demanda dentro del periodo de tiempo donde se realizará la carga, en este caso de 10 am a 11 am. Posteriormente se insertan los parámetros que se obtiene mediante los datos del alimentador seleccionado los cuales son voltaje nominal, voltaje en por unidad en cada fase y la demanda máxima en el horario establecido.

Demanda	
<input checked="" type="checkbox"/> Ingresar la demanda de la red	
Modelo de carga: DEFAULT	<input checked="" type="checkbox"/> Conectado
Tipo: kW-kvar	<input checked="" type="checkbox"/> Total
Total	1404,91 446,87
	<input data-bbox="654 1198 742 1220" type="button" value="Precisión..."/>


Modelo de carga		Configuración	
Modelo: DEFAULT			
Tensiones del equivalente de fuente			
Nominal: 13,8	kVLL	<input type="checkbox"/> Equilibrado	
Servicio: 7,95	8,05	7,94	kVLN
Ángulo: 0,0	-120,0	120,0	°

Fig. 50. Parámetros de configuración de alimentador

Luego se procedió a realizar la distribución de carga en el alimentador para poder apreciar los efectos de la carga en la red y posteriormente insertar la demanda de los buses eléctricos para el primer escenario, como se mencionó anteriormente son 20 buses para cada alimentador, luego se realizó la simulación de flujo de carga para determinar el estado de la red ingresando la demanda de la estación de carga, como se puede apreciar en la Figura 52 las líneas de color negro representan las líneas de media tensión y las líneas entrecortadas representan las líneas de baja tensión.



Fig. 51. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador El Retorno para el escenario 1.

En la Figura 52 también se puede apreciar que para el primer escenario la red no presenta inconvenientes, debido a que cuando se encuentran las líneas en sobrecarga que es cuando la corriente que circulan por los conductores es mayor al calibre del conductor y se tornan las líneas de color amarillo, para este 3 caso la red soporto la demanda inyectada.

Para el segundo escenario la cantidad de vehículos aumenta a 33 provocando que la demanda aumente, se procede a realizar el proceso anterior de flujo de carga ingresando la demanda de la estación de carga para determinar el estado de la red. Como se puede apreciar en la Figura 53 en el segundo escenario la red también soporta la demanda de la estación de carga sin ningún inconveniente



Fig. 52 Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador El Retorno para el escenario 2.

Para el tercer escenario que corresponde al 100% de implementación aumenta la cantidad de vehículos a 67 por punto y provoca que aumente más la demanda, al realizar el flujo de carga con la demanda de la estación de carga podemos apreciar que varios tramos

tienen sobrecarga que sucede cuando la corriente que circula por ese tramo es mayor o está al límite que soporta el calibre del conductor siendo estos los tramos que se muestran en la Figura 54 de color amarillo.



Fig. 53 Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador El Retorno para el escenario 3.

En la Tabla 3.1 se describió en concreto los tramos con el nombre que se encuentran sobrecargados de la Figura anterior además del calibre de conductor que está actualmente instalado, la corriente máxima que soporta este conductor, la corriente que fluye por la red y el porcentaje de sobrecarga correspondiente al alimentador 4 de El Retorno. Además, también se consideró aquellos tramos que se encuentran al límite de la sobrecarga.

TABLA 3. 1
RESULTADOS ANALISIS FLUJO DE CARGA
ALIMENTADOR 4 EL RETORNO

Nombre del tramo	Calibre del conductor	Corriente máxima que soporta (A)	Corriente que fluye por la red (A)	Porcentaje de sobrecarga
434449_MTA	ASCR.2	184	203,1	110,38%
307512_MTA	ASCR 1/0	241	229	95,02%
307518_MTA	ASCR 1/0	241	228,8	94,97%
307977_MTA	ASCR.2	184	176,5	95,92%
495699_MTA	ASCR.2	184	176,5	95,92%
307976_MTA	ASCR.2	184	176,4	95,86%
307978_MTA	ASCR.2	184	176,3	95,81%
495700_MTA	ASCR.2	184	176,3	95,81%
495701_MTA	ASCR.2	184	176,3	95,81%
308676_MTA	ASCR.2	184	176,1	95,70%
495372_MTA	ASCR.2	184	176,1	95,70%
308138_MTA	ASCR.2	184	176,0	95,65%
308390_MTA	ASCR.2	184	176,0	95,65%

3.5.2 Alimentador 4 de la Sub estación Ajaví

Realizando el análisis anterior en la hora donde la demanda es mayor dentro del periodo de tiempo donde se realizará la carga, que en este caso de 8 am a 9 am. Posteriormente se insertan los parámetros que se obtiene mediante los datos del alimentador seleccionado.

Luego se procedió a realizar la distribución de carga del alimentador para poder apreciar los efectos de la carga en la red, para posteriormente insertar la demanda de los buses eléctricos para el primer escenario, luego se realiza la simulación de flujo de carga para determinar el estado de la red, como se puede apreciar en la Figura 55 para el primer escenario la red no presenta inconvenientes por lo cual la red soportó la demanda inyectada

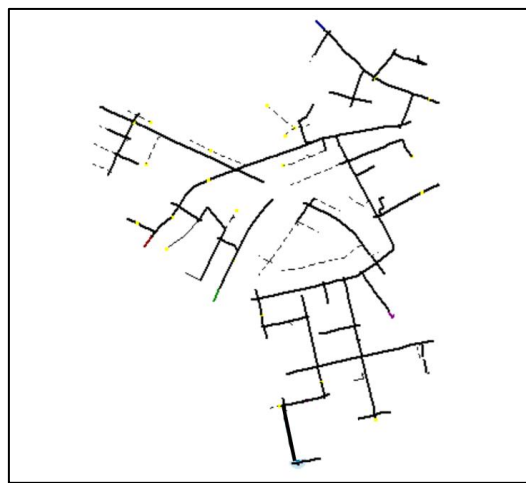


Fig. 54 Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Ajaví para el escenario 1.

En la Figura 55 también se puede apreciar que para el primer escenario la red no presenta inconvenientes, en otras palabras, la red soporto la demanda inyectada.

Para el segundo escenario, se procedió a realizar el proceso anterior de flujo de carga ingresando la demanda de la estación de carga para determinar el estado de la red. Como se puede apreciar en la Figura 56 en el segundo escenario la red posee varios tramos que se encuentran de color amarillo representando a tramos sobrecargados.

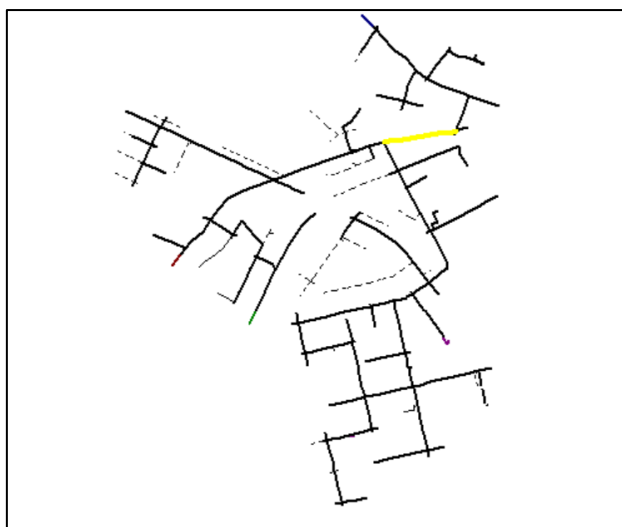


Fig. 55. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Ajaví para el escenario 2.

En la Tabla 3.2 se describió en concreto los tramos que se encuentran sobrecargados de la Figura anterior además del calibre de conductor, la corriente máxima que soporta este conductor, la corriente que fluye por la red y el porcentaje de sobrecarga correspondiente al alimentador 4 de Ajaví. Además, también se tomó en cuenta los tramos que se encuentran cercanos a estar en sobrecarga.

TABLA 3.2
RESULTADOS ANALISIS FLUJO DE CARGA
ALIMENTADOR 4 AJAVI
70% DE IMPLEMENTACION

Nombre del tramo	Calibre del conductor	Corriente máxima que soporta (A)	Corriente que fluye por la red (A)	Porcentaje de sobrecarga
320573_MTA	ASCR.4	139	169,6	122,01%
605171_MTA	ASCR.4	139	169,2	121,72%
320576_MTA	ASCR.4	139	169,2	121,72%
320575_MTA	ASCR.4	139	169,2	121,72%
320574_MTA	ASCR.4	139	169,2	121,72%
550803_MTA	ASCR.4	139	166,8	120,00%
400502_MTA	ASCR.2	184	175,2	95,21%
320681_MTA	ASCR.2	184	174,8	95,00%
320682_MTA	ASCR.2	184	174,8	95,00%
320683_MTA	ASCR.2	184	174,8	95,00%
322433_MTA	ASCR.2	184	174,5	94,83%
322077_MTA	ASCR.2	184	174,5	94,83%
322076_MTA	ASCR.2	184	174,5	94,83%
322075_MTA	ASCR.2	184	174,5	94,83%

Para el tercer escenario que corresponde al 100% de implementación aumenta más la demanda de la estación de carga, al realizar el flujo de carga podemos apreciar que varios

tramos tienen sobrecarga siendo estos los tramos que se muestran en la Figura 57 de color amarillo.

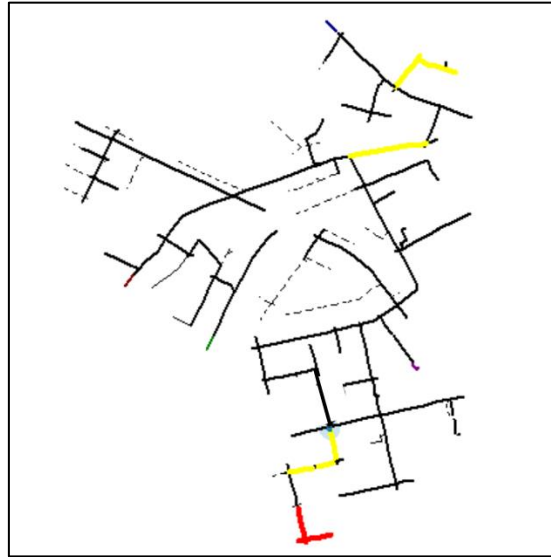


Fig. 56. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Ajaví para el escenario 3.

En la Figura se puede destacar una línea de color rojo la cual indica que en esos tramos existe subtensión, para corregir esta situación basta con insertar un condensador tipo shunt que reduce la corriente para reducir la carga reactiva en la red.

En la Tabla 3.3 se describió en concreto los tramos con el nombre que se encuentran sobrecargados de la Figura anterior además del calibre de conductor que está actualmente instalado, la corriente máxima que soporta este conductor, la corriente que fluye por la red y el porcentaje de sobrecarga correspondiente al alimentador 4 de Ajaví.

Tabla 3.3
RESULTADOS ANALISIS FLUJO DE CARGA
ALIMENTADOR 4 AJAVI
100% DE IMPLEMENTACION

Nombre del tramo	Calibre del conductor	Corriente máxima que soporta (A)	Corriente que fluye por la red (A)	Porcentaje de sobrecarga
400502_MTA	ASCR.2	184	221,4	120,33%
320681_MTA	ASCR.2	184	220,9	120,05%
320682_MTA	ASCR.2	184	220,9	120,05%
320683_MTA	ASCR.2	184	220,9	120,05%
322433_MTA	ASCR.2	184	220,6	119,89%
322077_MTA	ASCR.2	184	220,6	119,89%
322076_MTA	ASCR.2	184	220,6	119,89%
322075_MTA	ASCR.2	184	220,6	119,89%
550803_MTA	ASCR.4	139	215,9	155,32%
320573_MTA	ASCR.4	139	215,7	155,18%
605171_MTA	ASCR.4	139	215,3	154,89%
320576_MTA	ASCR.4	139	215,3	154,89%
320575_MTA	ASCR.4	139	215,3	154,89%
320574_MTA	ASCR.4	139	215,3	154,89%
332472_MTA	ASCR.4	139	173,3	124,68%

332319_MTA	ASCR.4	139	166,3	119,64%
464330_MTA	ASCR.4	139	166,3	119,64%
332317_MTA	ASCR.4	139	160,3	115,32%
332314_MTA	ASCR.4	139	157,1	113,02%
407190_MTA	ASCR.4	139	157,1	113,02%
332316_MTA	ASCR.4	139	155,3	111,73%
332474_MTA	ASCR.4	139	155,3	111,73%

3.5.3 Alimentador 5 Sub estación Alpachaca

Realizando el mismo análisis en la hora donde la demanda es mayor dentro del periodo de tiempo donde se realizará la carga, en este caso de 4 pm a 5 pm. Posteriormente se insertan los parámetros que se obtiene mediante los datos del alimentador en el horario establecido.

Luego se procede a realizar la distribución de carga del alimentador para poder apreciar los efectos de la carga en la red, para posteriormente insertar la demanda de la estación de carga para el primer escenario y como se puede apreciar en la Figura 58 varias partes de la red del alimentador poseen un color rojo lo que significa que los tramos están en subtensión que sucede cuando el voltaje es menor al valor limite que está definido.

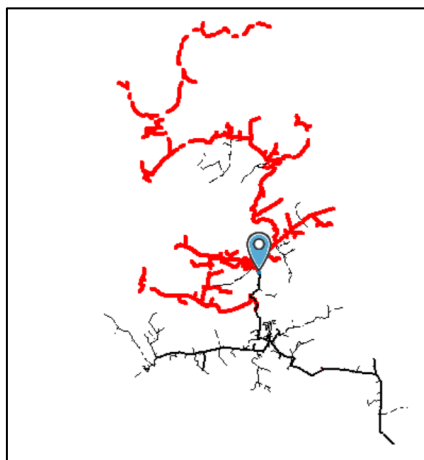


Fig. 57. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Alpachaca para el escenario 1.

Para corregir la subtensión en la red se coloca un condensador del tipo shunt como se realizó en el caso del alimentador 4 de Ajaví para reducir la corriente que a su vez reduce la carga reactiva.

Para el segundo escenario, se procedió a realizar el proceso de flujo de carga ingresando la demanda de la estación de carga para determinar el estado de la red. Como se puede apreciar en la figura en el segundo escenario la red no posee tramos que se encuentren sobrecargados lo que significa que la red se encuentra preparada para soportar la demanda.



Fig. 58. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Alpachaca para el escenario 2.

Para el tercer escenario que corresponde al 100% de implementación aumenta más la demanda de la estación de carga, al realizar el flujo de carga en la Figura 60 se puede apreciar que un tramo tiene sobrecarga el cual es 434449_MTA con un calibre de conductor ASCR.2, salvo este tramo quiere decir que la red soporta la demanda ingresada sin ningún inconveniente, sin embargo, aparecen zonas que se encuentran en subtensión las cuales se corrigen insertando el condensador tipo shunt.

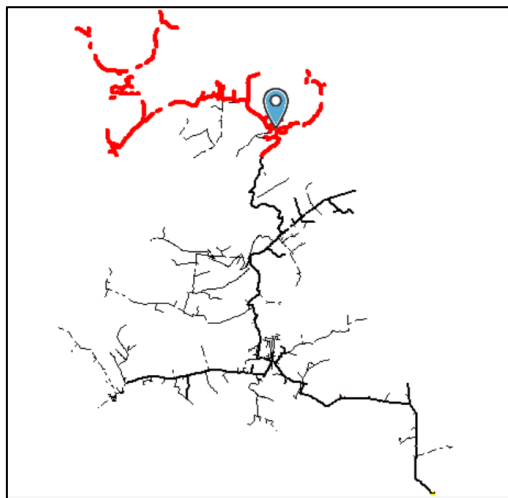


Fig. 59. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador Alpachaca para el escenario 3.

3.5.4 Alimentador 2 Sub estación San Agustín

Al igual que los análisis anteriores se realizó en la hora donde la demanda es mayor dentro del periodo de tiempo donde se realizará la carga, en este caso de 10 pm a 11 pm. Posteriormente se insertan los parámetros que se obtiene mediante los datos del alimentador en el horario establecido.

Luego se procedió a realizar la distribución de carga del alimentador para poder apreciar los efectos de la carga en la red, para posteriormente insertar la demanda de la

estación de carga para el primer escenario y como se puede apreciar en la Figura 61 para el primer escenario la red no presenta inconvenientes por lo cual la red soportó la demanda inyectada.

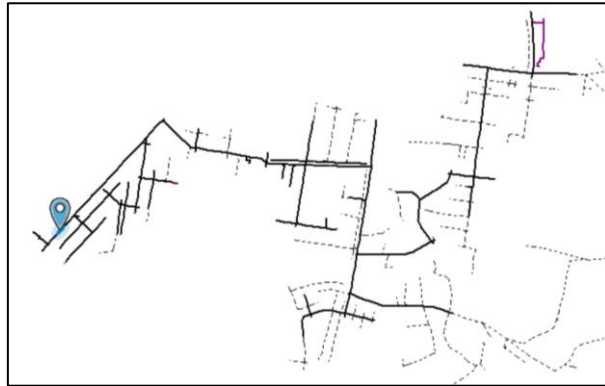


Fig. 60. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador San Agustín para el escenario 1.

Para el segundo escenario, se procedió a realizar el proceso de flujo de carga ingresando la demanda de la estación de carga para determinar el estado de la red. Como se puede apreciar en la figura en el segundo escenario la red no posee tramos que se encuentran sobrecargados.



Fig. 61. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador San Agustín para el escenario 2.

Para el tercer escenario que corresponde al 100% de implementación aumenta más la demanda de la estación de carga, al realizar el flujo de carga con la demanda se puede apreciar en la Figura 63 que dos tramos tienen sobrecarga los cuales son 3859_MTS y 89361_MTS con un calibre de conductor 3P_15KV.CU.2.



Fig. 62. Simulación de cálculo de flujo de carga en la red del alimentador San Agustín para el escenario 3.

3.6 Acciones de mitigación del impacto de la demanda en las redes

Como es de conocimiento la curva de carga nos muestra cómo se comporta la demanda un periodo real de tiempo, para este caso 24 horas donde se nota el comportamiento de consumo de los buses eléctricos frente a la red de distribución, en otras palabras, es una descripción de la cantidad de demanda durante el periodo de 24 horas, donde en esta curva los picos más altos son en el horario de 7-8 pm en los cuatro alimentadores, este pico de demanda es importante debido a que es ese horario cuando se producen pérdidas de energía y potencia además de presentar una saturación en el sistema eléctrico.

La obtención de la curva de carga es un proceso que lleva bastante complejidad debido a que no se conoce a ciencia cierta el uso que le dan los usuarios y su afectación a la demanda, por tanto, la utilización de algún software basado en algoritmos computacionales que su funcionamiento sea fundamentado en las estadísticas y bases de datos previos haría que podamos tener una predicción con mayor exactitud es decir muy cercanas al valor real.

El aplanamiento de la curva de carga es un aspecto fundamental debido a que de esta manera es más sencillo diversificar la carga y a su vez mejorar el factor de utilización del sistema eléctrico, así mismo, para una buena optimización de la utilización de la carga ya que esta curva sería más constante y tendría un mejor equilibrio beneficiando también a la eficiencia de la producción.

Una estrategia primordial para modificar el comportamiento de los valores pico al momento de la implementación de los buses eléctricos, consiste en cómo se apreció en el la determinación de la demanda del presente trabajo es programa de manera adecuada el horario de carga, pero también realizar la carga en horario donde el precio de kWh sea superior en los horarios pico mediante las franjas horarias teniendo así si se recarga en un

horario de pico se cobre un valor mayor al normal para poder compensar el costo que genera por la saturación de la red.

Cabe mencionar como dato adicional que se podría hacer pequeñas cargas para recuperar lo utilizado en el transcurso de una ruta, debido a que dentro de las rutas de la ciudad de Ibarra se tiene un intervalo de 2 horas entre cada viaje, tiempo más que suficiente que puede utilizar para recargar la batería perdida, además este modelo en específico recupera energía mediante el sistema de frenos regenerativos, además, este tipo de cargas en cortos periodos de tiempo también ayudan a no saturar las electrolineras ya que los puntos no son suficientes para realizar una carga simultanea de todos los vehículos.

3.6.1 Cambio de calibres de conductores sobrecargados

Como se pudo observar existen algunos tramos que se encuentran sobrecargados luego de la inyección de demanda de la estación de carga, para el cambio de calibre de conductores se tomara en cuenta 2 criterios principales los cuales son evitar que el tramo se encuentre sobrecargado y escoger el calibre adecuado en base la normalización establecida por la empresa que se encarga de distribuir la energía los cuales son:

Troncal principal: conductor ACSR 3/0 para fase y neutro.

Derivación primaria: conductor ACSR 2/0 para fase y neutro.

Derivación secundaria, terciaria y posteriores: conductor ACSR 1/0 para fase y neutro.

Para el alimentador del Retorno se recomienda cambiar el calibre del conductor de los 11 tramos que tenían ASCR.2 (184A) a ASCR 2/0 (241A) y para el caso de los dos tramos restantes que tienen un calibre ASCR1/0 (241A) pasarían a ASCR2/0 (275A) para evitar así que se sobrecarguen y cumplir con la norma establecida.

Para el alimentador de Ajaví se recomienda cambiar el calibre de los conductores de los 14 tramos que poseen actualmente ASCR.4 (139A) a ASCR 2/0 (275A) y para los 8 tramos restantes que poseen actualmente ASCR.2 (184A) pasarían a ASCR 2/0 (275A) con la finalidad de dejar un excedente de corriente por el crecimiento de la demanda general.

Para el alimentador Alpachaca no habría inconvenientes debido a que la red soporta la demanda inyectada por las estaciones de carga.

Para el alimentador San Agustín se recomienda cambiar los tramos subterráneos de 3P_15KV.CU.2 a 3P_15KV.CU.2/0 ya que con este calibre de conductor evitamos la sobre carga y tenemos un excedente que se utilizara por el crecimiento de la demanda.

3.7 Descripción de electrolinera utilizada

Una vez realizado los análisis requeridos se procede a definir las características de las electrolineras que irán conectado a cada punto de alimentación express, para este caso en particular se optó por utilizar la estación de carga la cual usa un inversor AC/DC, convertor DC/DC, módulo de comunicación y gestión de carga y cargadores como se puede apreciar en la Figura 64.

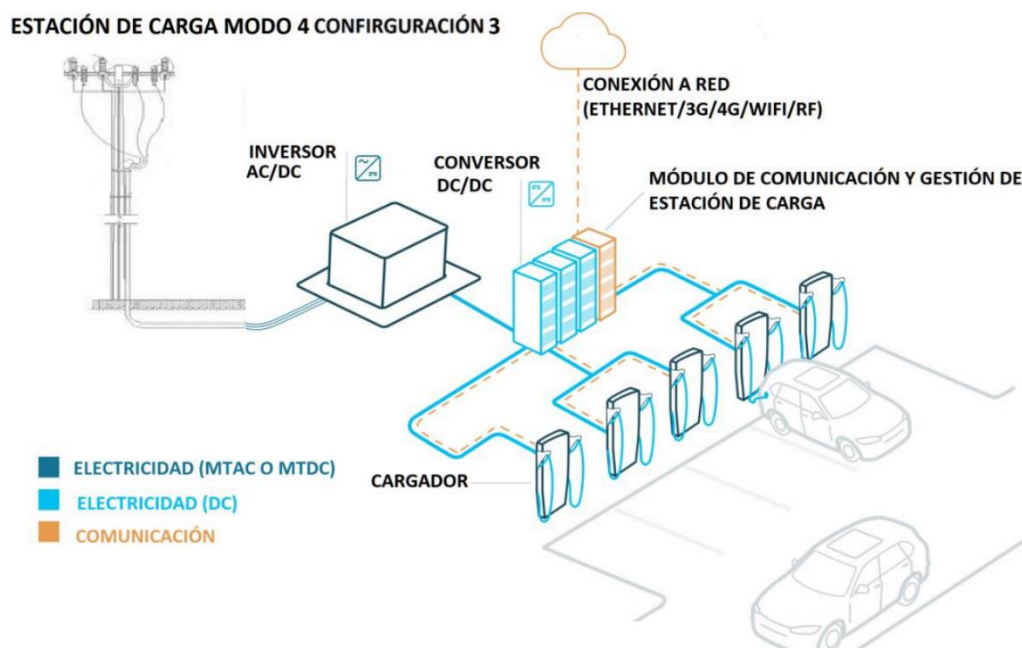


Fig. 63. Configuración 3 para estación de carga de vehículos pesados.

De la Figura 64 hay que destacar un dato importante y es que si se alimenta directamente de la red de media tensión no sería necesario la utilización del inversor AC/DC y que la conexión a red de internet es necesaria para llevar el control y gestión de la estación de carga.

Ahora bien, la cantidad de cargadores a colocar en cada uno de los puntos de alimentación, para el caso del primer escenario de implementación como se apreció a lo largo del estudio se requiere una cantidad de 3 cargadores debido a que en el escenario 1 fue necesario realizar cargas simultaneas de 3 vehículos para poder cumplir en las horas descritas.

Para el escenario 2 en el cual la cantidad de vehículos aumento y por ende existe más demanda, se requiere 5 cargadores para que de esta manera al cargar de manera simultánea se podría abastecer a todas las unidades dentro de los tiempos de carga que permiten cada subestación

Para el escenario 3 en el cual ya está la flota completa de buses eléctricos existe una mayor demanda, se requiere de 11 cargadores para de esta manera al cargar de manera simultánea se pueda abastecer a todas las unidades dentro de los tiempos de carga que permite cada sub estación, con la peculiaridad que como varía la cantidad de tiempo que se puede realizar la carga en cada una de las subestaciones en algunos casos será necesario el uso de 5 o 9 cargadores para cumplir con la demanda esperada.

3.8 Análisis reducción de emisión de gases del sector transporte público

Según datos de La Confederación Española de Transporte en Autobús (CONFEBUS), un autobús convencional promedio emite 28.4 gramos de CO₂ por kilómetro recorrido, tomando como referencia la ruta Santa Isabel que es la más cercana al promedio de todas las rutas con un aproximado de 37 km, tomando el promedio anterior se tiene un aproximado de 1kg CO₂ por ruta, ahora bien, se conoce que un bus promedio recorre dicha ruta durante 5 veces al día entonces, el promedio de emisión de CO₂ en un día de un autobús es 5kg de CO₂ (Confederación Española de Transporte en Autobús, 2020).

Ahora si se realiza el mismo procedimiento para las 268 unidades que se encuentran activas se tiene un promedio de emisión de CO₂ de 1.340kg en un día. Teniendo 9.380kg de CO₂ en una semana, 37.520kg de CO₂ en un mes y 450.250 kg de CO₂ al año.

3.8.1 Escenario 1

Para la primera etapa se toma como referencia las emisiones de CO₂ correspondientes año 2022 que es un aproximado de 450.240kg CO₂, debido a que es el 30% de implementación se reduce la cantidad de 268 a 188 unidades con lo cual reduce la cantidad de contaminación de 450.240 a 315.840 kg de CO₂, la Figura 65 representa la reducción de emisiones de CO₂ en el transcurso anual de la primera etapa.

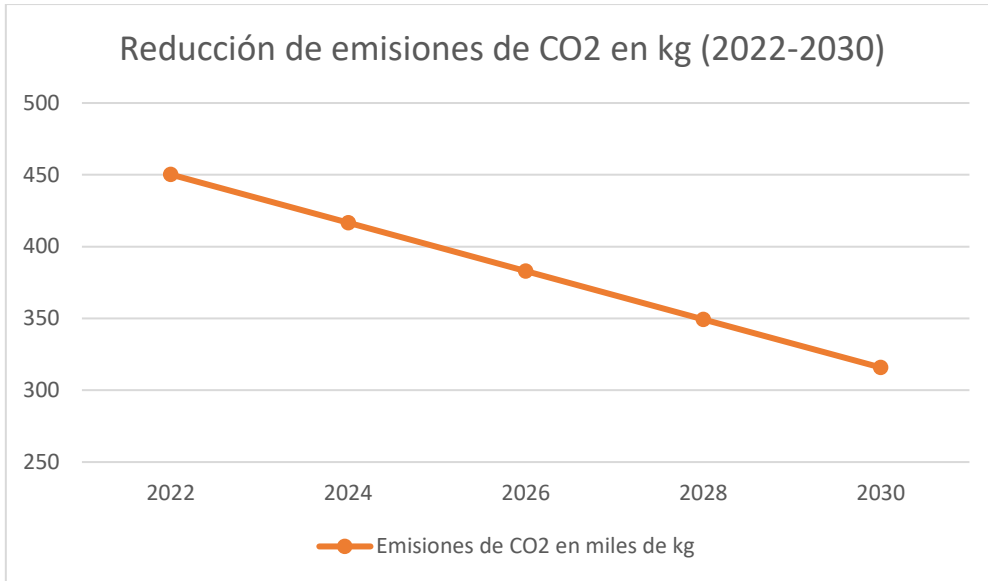


Fig. 64. Reducción de emisiones de CO2 en kg Años (2022-2030).

3.8.2 Escenario 2

Para la segunda etapa se toma como referencia las emisiones de CO2 correspondientes al año 2030 que es un aproximado de 315.840kg de CO2, debido a que ya es un 70% de implementación de los buses eléctricos tendríamos 81 unidades convencionales y 187 unidades eléctricas, la reducción de emisiones de CO2 pasaría de 315.840kg a 136.080kg aproximadamente como se puede apreciar en la Figura 66.

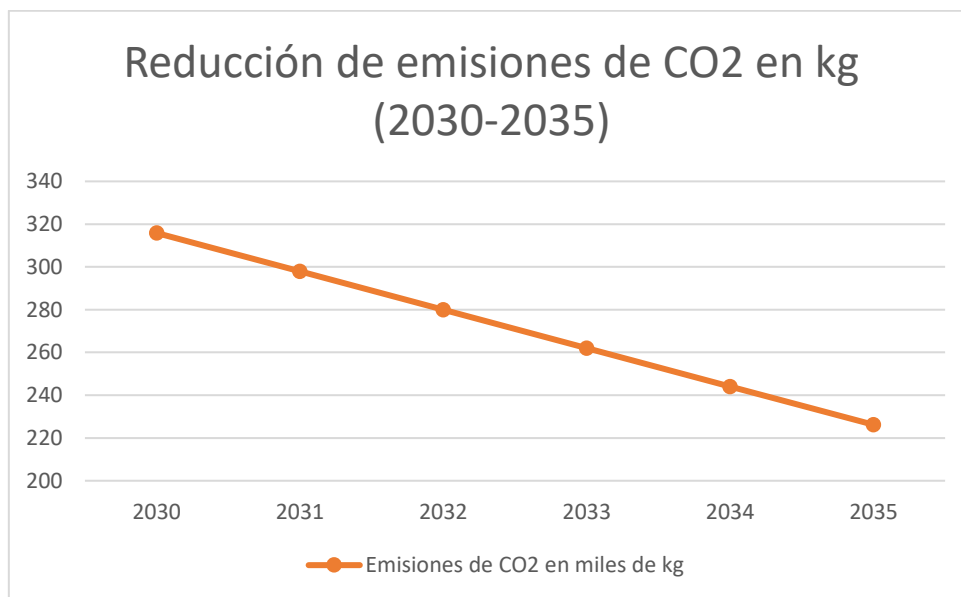


Fig. 65. Reducción de emisiones de CO2 en kg Años (2030-2035).

3.8.3 Escenario 3

Para la tercera etapa como referencia las emisiones de CO2 correspondientes al año 2035 que es un aproximado de 136.080kg de CO2, como en esta etapa ya es una implementación del 100% de los buses eléctricos la emisión de CO2 es 0 tomando en cuenta solo la cantidad de CO2 producida por el sector transporte público como se aprecia en la Figura 67.

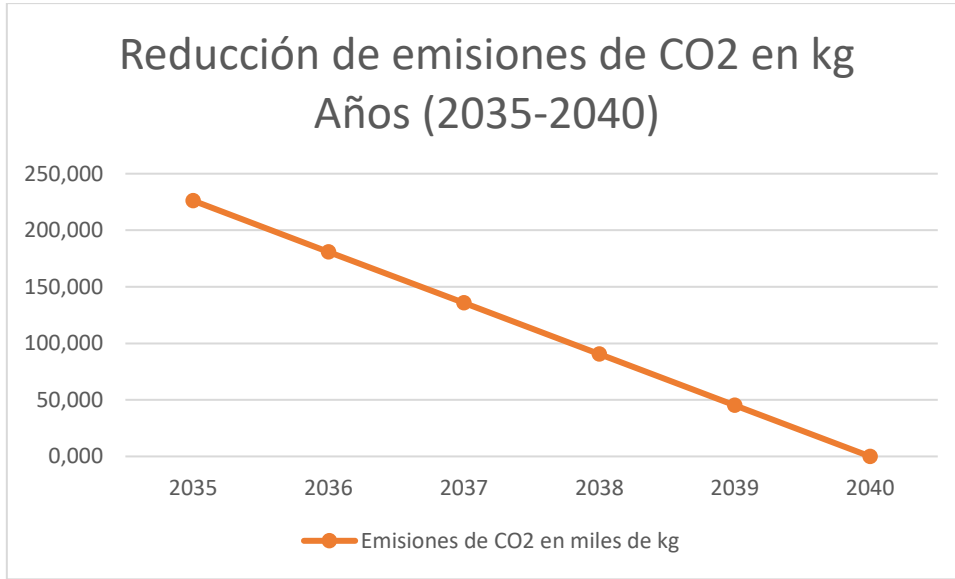


Fig. 66. Reducción de emisiones de CO2 en kg Años (2035-2040).

CONCLUSIONES

Al realizar el análisis del estado del transporte actual y eléctrico se concluye que esta tecnología es relativamente nueva en el país siendo apenas 2 ciudades las que cuentan con unidades eléctricas para el servicio siendo estas Quito y Guayaquil, a pesar que para 2025 la ley indica que las nuevas unidades deben ser 100% eléctricas en la ciudad de Ibarra todavía no se pone en marcha este proceso de cambio.

Las redes de distribución haciendo alusión a las subestaciones que alimentan a la ciudad de Ibarra se encuentran en buenas condiciones y cabe resaltar que a nivel de consumo las 4 presentan más de un 50% de consumo sin embargo la cantidad restante fue suficiente para el abastecimiento de las estaciones de carga del presente estudio. A nivel de alimentadores utilizados de cada una de las subestaciones ciertos tramos presentan sobrecargas debido al calibre del cable que estas presentan.

La cantidad de potencia que consumen las estaciones de carga en sus tres etapas de implementación son 1MW, 2.5MW y 3.25MW respectivamente cabe resaltar que la cantidad se refiere a demanda simultánea, en cuanto a las posibles acciones de mitigación la principal es que el proceso de carga sea fuera del horario con pico de demanda con el fin de reducir el impacto en la red asociado al incremento de potencia.

RECOMENDACIONES

Teniendo como base el estudio realizado se recomienda realizar un análisis considerando un estudio del funcionamiento real del bus eléctrico en ciertas condiciones determinadas, puesto que para el presente estudio se utilizaron los datos brindados por el fabricante teniendo un resultado lineal, además, se recomienda aumentar la cantidad de puntos de recarga y utilizar más alimentadores de las subestaciones respectivas para estudios futuros debido a que se puede hacer una mejor distribución de cargabilidad y así no saturar un solo alimentador. También se debe realizar un análisis de económico y de viabilidad para la construcción de las electrolineras ya que estas presentan un valor sumamente elevado para su proceso de construcción e implementación.

ANEXOS



FICHA TÉCNICA UNIDAD YUTONG ESTILO BUS ELÉCTRICO E12

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

DIMENSIONES:

Info. básico	L* L* A (mm)	12170*2550*3310	Distancia entre ejes (mm)	6000, 2740/34300	Velocidad máxima (km/h)	60	Volumen del maletero (m3)	0
	Altura interna del salón (mm)	2200	Distancia entre ruedas dela. /tras. (mm)	2164/1854	Ángulo de entrada/salida (°)	7.5/7.5	Distancia mínima al suelo (mm)	160
	Peso vehicular (kg)	13000	Eje dela./eje tras. (kg)	4400/8600	Peso máximo vehicular (kg)	18700	Eje delantero/eje trasero (kg)	7000/11700
	Radio Giro (m)	Menos de 23	Cantidad nominal de pasajeros	86	Carga máxima permitida del chasis (kg)	19000	Eje delantero/eje trasero (kg)	7000/12000
Motor	Emisión	Modelo	Tipo de motor	Potencia nominal (kW/rpm)	Torque nominal (N.m/rpm)	Tipo de batería	Modelo	
	Cero	YTM280-CV9-H	Double	500	2400	Litio-ferrosfario	ZK6128BEVG	

MOTOR:

- **Doble Motor**
- Posición del motor (Trasero)
- Potencia de motor 500 kW/rpm
- Torque nominal 2400 N.m/ rpm
- Batería de Litio-Ferrosfario
- Cero emisiones de gases

CHASIS:

- Eje delantero **ZF**, suspensión independiente con freno de disco y eje trasero **Eje ZF** con freno de disco
- Suspensión neumática
- Sistema de dirección de timón izquierdo
- Frenos WABCO ABS, EBS, ECAS y Kneeling
- Llantas 6+1, Michelin 295/80R22.5, aros de aluminio
- Capacidad de baterías **374 Kw/h en 12 cajas**
- Ubicación de baterías 8 en el techo y 4 en el piso en la parte trasera con peso aprox de 2532kg
- Chasis con proceso electroforesis total (anticorrosión) Garantía 10 años
- Enchufe de carga, sistema inteligente de monitorización, ICARD

CARROCERIA:

- 44+2+1 Asientos urbanos
- Zona de silla de ruedas (con el cinturón de 3 puntos)
- Aire acondicionado **Kelin**
- Decoración color blanco
- Piso de madera, piso bajo

- Puertas delantera y trasera neumáticas, de dos hoja abriendo hacia dentro
- Ventana del chofer corrediza color blanco
- Ventanas laterales corredizas color gris, las últimas ventanas son fijados
- Parabrisas de vidrio pegado delantero y vidrio templado trasero
- Asiento del chofer con cinturón de tres puntos (con amortiguador), con dispositivo de alarma
- Defroster de aire natural
- Retrovisor eléctrico
- Cortina del chofer delantera dos pedazos y lateral
- Pasamanos de acero de color gris
- 5 martillos de seguridad
- 1 extinguidor de 2kg y 1 extinguidor de 8kg, 2 bombas de extinción sobre el motor
- Herramientas básicas
- Manual de mantenimiento preventivo y manual de operador
- Sistema 24V, un cable, la punta negativa conecta a la tierra
- Luces delanteros y traseros
- Alarma de temperatura del motor
- Sistema de alimentación eléctrica de 2 baterías de 90Ah
- Sistema audiovisual de CCTV de 6 cámaras
- Cámara de reversa
- Tacógrafo VDO
- Rótulo de rutas Led en color blanco, delantero y lateral
- Limpia parabrisas
- Puertos USB (menos en la última fila)
- Botón de bajar
- Wifi reservado para su instalación posterior

***Imágenes con fines ilustrativos:**











BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (19 de Mayo de 2019). *Mapas del sector Eléctrico*. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/mapas-del-sector-electrico/>
- Bass, R., & Zimmerman, N. (2022). *Impacto de los cargadores de vehículos eléctricos en el sistema de distribución de energía eléctrica*. Universidad Estatal de Portland, Oregon.
- BID. (2018). *Banco Interamericano de desarrollo*. Obtenido de <https://www.iadb.org/es/solr-search/content?keys=electromovilidad>
- Bouzas, V. (2020). El impacto del transporte público en el medio ambiente. *TYS Magazine*.
- Caizaluisa, D. (2016). "La Contaminación Del Aire Por Emisión de Gases Tóxicos Vulnera El Derecho Del Buen Vivir, En El Distrito Metropolitano de Quito Barrio Los Dos Puentes, Durante El Año 2014."
- Cardenas, C., Rosero, F., & Garzón, L. (2017). Consumo de combustible de las unidades de transporte urbano de la ciudad de Ibarra. *Análisis comprensivo de las variables*. INFOCIENCIA.
- Castrosua. (29 de Marzo de 2021). *Sistemas de recarga de autobuses eléctricos*. Obtenido de <https://blog.castrosua.com/2021/03/sistemas-de-recarga-para-buses-electricos/>
- Confederación Española de Transporte en Autobús. (06 de Junio de 2020). *CONFEBUS*. Obtenido de <http://www.confibus.org/publicaciones/ver/2873/el-autobus-es-el-modo-que-menos-emisiones-gei-genera-37-veces-menos-que-el-avion-55-veces-menos-que-el-automovil-y-un-13-menos-que-el-tren>
- De Aragón, E. (21 de Julio de 2018). *Movilidad Eléctrica*. Obtenido de <https://movilidadelctrica.com/modos-y-tipos-de-carga-de-un-vehiculo-electrico/>
- De la Cruz, E. (23 de abril de 2019). *ANÁLISIS DE SUBTENSIONES Y SOBRETENSIONES*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/407301497/Analisis-de-Subtensiones-y-Sobretensiones#>
- Distrito Metropolitano de Quito. (2019). *ADQUISICIÓN DE VEINTE (20) BUSES ARTICULADOS ELÉCTRICOS*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Administraci%C3%B3n%202019-2023/Sesiones%20de%20Concejo/2019/Sesi%C3%B3n%20Extraordinaria%202019-12-05/II.-%20Presupuesto%202020/Informes%20recabados/Empresa%20de%20Transporte/articulados.pdf
- Ecoinventos. (09 de Febrero de 2018). Obtenido de <https://ecoinventos.com/madrid-estrena-su-primera-linea-100-electrica-de-autobuses-urbano-con-carga-por-induccion/>
- Electromovilidad de Chile. (12 de Diciembre de 2019). *Electromov*. Obtenido de <https://www.electromov.cl/2019/12/12/tres-sistemas-de-tecnologias-para-cargar-buses-electricos-que-se-utilizan-en-el-transporte-publico/>
- Emelnorte. (Octubre de 2022). *Emelnorte*. Obtenido de <https://www.emelnorte.com/eern/>

- European Chemicals Agency. (2020, Noviembre 09). *Carbon monoxide*. Retrieved from <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.010.118>
- Focus Technology . (2018, Diciembre 28). *Made in china. Connecting Buyers with Chinese Supplies*. Retrieved from https://es.made-in-china.com/co_microgrid-solution/product_Single-Phase-and-Three-Phase-Electric-Energy-Power-Meter-with-Mic-CE-Ea-Certificates-for-EV-Charger_uoysehinnu.html
- Ibáñez, P. (11 de Octubre de 2018). *Xataka*. Obtenido de *Cómo instalar un punto de recarga para vehículos eléctricos en el garaje (2018)*: <https://www.xataka.com/automovil/como-instalar-un-punto-de-recarga-para-vehiculos-electricos-en-el-garaje>
- ICCT. (2020). *The International Council on Clean Transportation*. Obtenido de <https://theicct.org/>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2021). *Ecuador en cifras*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-transporte-2020/>
- International Energy Agency. (2020, June). *Global EV Outlook 2020*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>
- International Energy Agency. (2020). *Tracking Transport 2020*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020/trucks-and-buses>
- International Energy Agency. (2021, Abril). *Oil Market Report - April 2021*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-april-2021>
- Irizar. (19 de 06 de 2017). *Autobús 100% eléctrico*. Obtenido de https://www.irizar.com/italy/wp-content/uploads/sites/19/2017/06/Irizar-i2e_esp.pdf
- Lopez, S. (2018). *“TRANSPORTE, MOVILIDAD, DESARROLLO URBANO Y MEDIO AMBIENTE: UNA NECESIDAD EN LA CIUDAD DE IBARRA.”*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR.
- Martín, J. (25 de Junio de 2020). *Motor pasión*. Obtenido de *Cuánto cuesta cargar un coche eléctrico con las tarifas de la luz que hay en España en 2020*: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/cuanto-cuesta-cargar-coche-electrico-tarifas-luz-que-hay-espana-2020>
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). *Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035*. Obtenido de https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2017/09/1.PLAN_NACIONAL_EFICIENCIA_ENERGETICAmaqueta-final-digital.pdf
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2019). *Ley Organica de Eficiencia Energética*. Obtenido de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *Óxidos de Nitrógeno*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/calidad-del-aire/salud/oxidos-nitrogeno.aspx>
- Ortega, S. F. (2018). *Análisis del sistema de transporte público privado de la ciudad. Espacios*, 1.

- Orús, A. (11 de Octubre de 2022). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1012265/tasa-de-penetracion-del-transporte-publico-en-el-mundo/>
- Paredes, G. (2008). *Micro Cortes de Suministro: Impacto y Técnicas de Mitigación en Generación Distribuida*. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile, Chile.
- Pashma, A., & Toscano, L. (2019). *ANALISIS DE GASES DE ESCAPE EN UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA, UTILIZANDO UN COLECTOR DE ADMISION DE ALUMINIO Y UN COLECTOR DE PLASTICO*. Quito.
- Rico, L. (2021). Estudio de emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la implementación de autobuses eléctricos en la flota de transporte urbano colectivo de la ciudad de ibagué. (*Tesis de magisterio*). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- SALICRU. (2022). *Principales tipos de Perturbaciones Eléctricas*. Obtenido de <https://www.salicru.com/ec-es/principales-tipos-de-perturbaciones-electricas.html>
- Smartwallbox. (21 de Febrero de 2021). *Guía de la Infraestructura de recarga de vehículos eléctricos*. Obtenido de <https://www.smartwallboxes.com/infraestructura-de-recarga-de-vehiculos-electricos/>
- Statista Research department. (28 de Octubre de 2022). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/635382/emisiones-historicas-de-co2-globales/>
- TUVATIO. (30 de Noviembre de 2022). Obtenido de Modos de carga para vehículo eléctrico: <https://tuvatio.es/blog/modos-de-carga-vehiculo-electrico/>
- twenergy. (13 de Diciembre de 2019). *Emisiones de CO2*. Obtenido de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/huella-ecologica/emisiones-de-co2-458/>
- Viscidi, L., & O'Connor, R. (2017). La Energía de Transporte. *Un Enfoque En El Transporte Urbano En America Latina*. Johns Hopkins University Sais.