



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN AL IMPLEMENTAR
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE MACHALA.**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO.**

AUTOR: ESTHEFANÍA DEL CISNE GUTIÉRREZ MENA.

DIRECTOR: ING. ARIAS REYES PABLO DANILO MSc.

CUENCA - ECUADOR

2020

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

DECLARACIÓN

Yo, Esthefanía del Cisne Gutiérrez Mena, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink that reads "Esthefanía". The signature is written in a cursive style and is enclosed within a hand-drawn oval shape.

Esthefanía del Cisne Gutiérrez Mena

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Esthefanía del Cisne Gutiérrez Mena, bajo mi supervisión.



Ing. Pablo Arias Reyes MsC.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este amplio, extenso y excelente trabajo a mi amado hijo Abraham de Jesús y a mi amado esposo Luis Alberto Arciniega ya que por ellos es mi esfuerzo, lucha dedicación entrega y anhelo.

Este trabajo de investigación lo dedico con mucho amor mis padres Carmen y Eduardo por todo su apoyo y poner su confianza en mí durante toda la carrea que desde un principio decidí seguir.

Este trabajo y todo mi esfuerzo se lo dedico a ustedes con amor.

Atentamente: Esthefanía del Cisne Gutiérrez Mena.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme las fuerzas, la inteligencia y la sabiduría durante el trayecto de este trabajo de investigación y toda mi carrera universitaria. A mis padres, mi esposo, mi hijo, hermanos y a todos aquellos que me apoyaron de alguna u otra manera, dándome ánimos, apoyo moral y apoyo académico.

Agradecer al Ing. Pablo Arias que como tutor ha mostrado su interés orientándome, corrigiéndome en el transcurso de la realización de este trabajo y en todo lo que ha sido necesario para la culminación del mismo. A los docentes de la UCACUE que a lo largo de mi carrera estudiantil me han instruido brindándome sus conocimientos.

RESUMEN

El presente estudio tiene como fin realizar un análisis del impacto que tendrán las redes de distribución al implementar vehículos eléctricos en la ciudad de Machala.

Para la validación del diagnóstico del impacto en las redes de distribución, como metodología nos basaremos en simulaciones realizadas mediante el software DlgSILENT® Powerfactory a nivel de los transformadores con la información de la zona de estudio brindada por la Corporación Nacional de Electricidad CNEL-EP.

Dentro del estudio específicamente se plantean 49 transformadores que se encuentran dentro del Alimentador 1 en la ciudad de Machala. Proponiendo dos casos de estudio, el primero caso analizando cada transformador determinando si está dentro de su capacidad máxima para abastecer en condiciones normales la demanda de energía y el segundo caso con un incremento de carga al implantar vehículos eléctricos.

Además, dar opciones para no afectar la calidad en las redes de distribución en el caso de que no exista la capacidad de abastecer la carga de los vehículos eléctricos.

Palabras clave: VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, IMPACTO DE CARGA, REDES DE DISTRIBUCIÓN, MOVILIDAD SUSTENTABLE, MACHALA.

ABSTRACT

This study aims at analyzing the impact that the distribution networks will have when implementing electric vehicles in the city of Machala.

To validate the diagnosis of the impact on the distribution networks, as a methodology we will rely on simulations performed by DIgSILENT® Powerfactory software at the level of the transformers with the information of the study area provided by the National Corporation of Electricity (CNEL-EP).

Within the study specifically raised 49 transformers that are within Feeder 1 in the city of Machala. Two case studies are proposed, the first analyzing each transformer to determine if it is within its maximum capacity to supply the energy demand under normal conditions and the second case with an increase in load when implementing electric vehicles.

Furthermore, options should be provided so as not to affect the quality of the distribution networks if the capacity to supply the electric vehicle load does not exist.

KEYWORDS: ELECTRIC VEHICLES, CHARGE IMPACT, DISTRIBUTION NETWORKS, SUSTAINABLE MOBILITY, MACHALA.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x

ABSTRACT.....	7
CAPITULO 1	14
1 INTRODUCCION	14
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo general	15
1.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Justificación.....	15
1.4 Nomenclatura.....	16
CAPITULO 2	17
2.1 Introducción a los VE.....	17
2.2 Historia de los VE.....	17
2.3 Principio de funcionamiento de VE.	18
2.4 Ventajas de vehículos de combustión interna vs. VE.....	18
2.5 Tipos de vehículos eléctricos disponibles en el mercado.	20
2.7 El vehículo eléctrico como almacenamiento	22
CAPITULO 3	24

3.1 SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MACHALA.....	24
3.2 Rentabilidad de los Vehículos Eléctricos.....	24
3.3 Plan Maestro de electrificación.....	25
3.3.1 Expectativas en la ciudad de Machala	26
3.4 Sistemas para la descarga del VE (alimentación a la red).....	26
3.4.1 Infraestructura para la carga de batería de los VEs.	27
3.4.2 Puntos de recarga Pública.	31
3.5 SISTEMAS DE CARGA DE LOS VEs	33
3.5.1 SISTEMA DE CARGA LENTA.....	33
3.5.2 SISTEMAS DE CARGA MEDIA	34
3.5.3 SISTEMAS DE CARGA RAPIDA	34
3.6 Soporte de la red.....	35
CAPITULO 4	37
4.1 Análisis de los requerimientos energéticos en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano.	37
4.1.1 Demanda energética Nacional	37
4.2 Análisis de la demanda energética del sistema de distribución de la ciudad de Machala.	42
4.3 Demanda energética actual.....	44
4.4 Escenarios de estudio.....	44
4.5 Escenario 1.	46
4.6 Escenario 2.	48
4.7 Demanda energética con la implementación de los VE (proyectada).	49
CAPITULO 5	49
5.1 Impactos en la red de distribución de la ciudad de Machala.....	49
5.2 Resultados.....	50
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
Bibliografía.....	68

LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Coupe eléctrico Lohner-Porsche, año 1899.....	17
Fig 2. Sistema de comunicación para la descarga de Energía Eléctrica del VE y la red eléctrica.	27
Fig 3. Tipos de alimentadores eléctricos para los puntos de carga.....	28
Fig 4. Caso A. Conexión de VE a la estación de recarga mediante un cable terminado en clavija con el cable solidario al VE.....	29
Fig 5. Caso B. Conexión del VE a la estación de recarga mediante un cable terminado por un extremo en clavija y por el otro en un conector, donde el cable es un accesorio del Vehículo eléctrico.....	29
Fig 6. Caso C. Conexión del Vehículo Eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado en un conector; el cable forma parte de la instalación fija.....	30
Fig 7. Modo de carga CA/ CC.....	30
Fig 8. Un punto de carga gratuito en casa para incentivar el coche eléctrico.....	31
Fig 9. Punto de carga pública.....	32
Fig 10. Electrolinera subterránea ciudad Cuenca.....	32
Fig 11. Sistema de Carga Lenta.....	33
Fig 12. Sistema de Carga media o de Oportunidad.....	34
Fig 13. Sistema de Carga Rápida Marca ChadeMo.....	35
Fig 14. Evolución de la demanda nacional de energía eléctrica.....	37
Fig 15. Evolución histórica y proyección del consumo en el sector residencial.....	39
Fig 16. Evolución histórica y proyección del consumo en el sector comercial.....	40
Fig 17. Evolución histórica y proyección del consumo en el sector industrial.....	40
Fig 18. Evolución histórica y proyección del consumo en el alumbrado público.....	41
Fig 19. Proyección de la demanda de energía por grupo de consumo.....	41
Fig 20. Balance Nacional de Energía Eléctrica (BNEE)-Julio 2018.....	42
Fig 21. Balance Nacional de Energía Eléctrica en el sector del Transporte.....	43
Fig 22. Ubicación geográfica a estudiar Alim 1 que pertenece a la S/E Machala-Centro ARIZAGA.....	46
Fig 23. Ubicación geográfica del transformador N° 23359 que pertenece a la S/E Machala-Centro ARIZAGA y usuario N° 3111121935.....	47
Fig 24. Diagrama unifilar del transformador N° 23359.....	47
Fig 25. Diagrama unifilar del transformador N° 23359 estado actual.....	48
Fig 26. Diagrama unifilar del transformador N° 23359 con un incremento del 30% del Vehículo eléctrico.....	49
Fig 27. Diagrama unifilar N° 27743.....	50
Fig 28. Diagrama unifilar en el estado actual del transformador N° 27743.....	51
Fig 29. Diagrama del transformador N° 27743 con el incremento del 30% de carga.....	51
Fig 30. Diagrama unifilar del transformador N° 27734.....	52
Fig 31. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 en estado actual.....	53
Fig 32. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 con un incremento de 30% de carga.....	54
Fig 33. Diagrama unifilar del transformador N° 13433.....	55
Fig 34. Diagrama unifilar del transformador N° 13433 en estado actual.....	55

Fig 35. Diagrama unifilar del transformador N° 13433 con un incremento de 30% de carga.	56
Fig 36. Diagrama unifilar del transformador N° 27734.....	56
Fig 37. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 en estado actual.....	57
Fig 38. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 con un incremento de 30% de carga.	57
Fig 39. Diagrama unifilar del transformador N° 14310; 14312; 14311.....	58
Fig 40. Diagrama unifilar del transformador N° 14310; 14312; 14311 en estado actual.....	59
Fig 41. Diagrama unifilar del transformador N° 14310; 14312; 14311 con un incremento de 30% de carga.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de motores eléctricos	19
Tabla 2. Características del motor	19
Tabla 3. Venta de Vehículos eléctricos por marcas y unidades.	20
Tabla 4. Consumo de un VE por cada 100km en cada parte del sistema eléctrico.....	21
Tabla 5. Comparación de consumo energético con diferentes marcas de VE.....	22
Tabla 6. Evolución y previsión de la demanda de Energía y potencia eléctrica.....	38
▣Tabla 7. PParámetros para considerar.....	45
Tabla 8. Demanda máxima unitaria proyectada, lotizaciones y urbanizaciones del sector urbano.....	46
Tabla 9. Porcentaje de transformadores que cumplen con el 5% del voltaje nominal.	61
Tabla 10. Transformadores capaces de abastecer la carga al incrementar vehículos eléctricos.	62
Tabla 11. Porcentaje de Transformadores que no cumplen con el 5% del voltaje nominal. ..	62
Tabla 12. Transformadores que no son capaces de abastecer la carga al incrementar vehículos eléctricos.....	63

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A Pliego tarifario a nivel de Voltaje	73
ANEXO B Pliegos tarifarios a nivel de demanda horaria.....	74

CAPITULO 1

1 INTRODUCCION

Uno de los sectores que contaminan el medio ambiente en el Ecuador es el transporte causante de del 45.16% Gg de CO_2 . (Estratégicos., 2015) Por eso se ha implementado el decreto donde menciona que en el “Ecuador a partir del año 2025 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” ((LOEE), 2019). Con este preámbulo nace el presente trabajo de investigación que se ha planteado como el “Análisis del impacto en las redes de distribución al implementar vehículos eléctricos en la ciudad de Machala”.

En el entorno de estudio se tiene como objetivo el identificar cuáles serían los posibles los impactos en la red de distribución de energía eléctrica en la ciudad de Machala además como consecuencia de la implementación de los VE en la ciudad cuales son las posibles acciones para garantizar la ejecución eficiente de los VE en Machala. Y del análisis del impacto del uso de combustibles fósiles en comparación con el uso de la tecnología eléctrica para los automóviles.

Teniendo en cuenta que a partir del año 2025 la movilidad del país y de la provincia de El Oro va orientando a la adquisición de los VE, debemos estar preparados para el cambio de movilidad, para esto nos planteamos las siguientes interrogantes, ¿Cuál es el énfasis en el análisis de transporte público de la ciudad de Machala?, ¿Cuáles son las expectativas de sostenibilidad y los requerimientos energéticos del sistema eléctrico ecuatoriano?, ¿El impacto de este proyecto en la red de distribución de Machala? Con estos cuestionamientos partimos a la realización el siguiente trabajo de investigación. El VE como un consumidor nuevo y eventualmente proveedor de energía eléctrica, en el futuro se puede convertir en un factor importante para operar de manera más eficiente el sistema eléctrico de nuestro país, admitiendo minimizar las grandes diferencias que se producen entre los periodos de mayor y menor consumo eléctrico y apuntalando los beneficios que traen las energías renovables, en especial la hidroelectricidad que es la fuente dominante en el Ecuador. Así en esta investigación se opta por la utilización de vehículos eléctricos en la ciudad de Machala, por ende, se debe determinar el potencial energético demandado y tratar de modificar para nivelar el comportamiento de la curva de demanda de la ciudad.

La penetración de VE en el parque automotor depende de muchas variables (económicas, institucionales, de mercadeo, entre otras.), este estudio se fundamenta, en la recolección de información sobre la implementación de los VE y análisis del mismo, por lo que resulta adecuado utilizar una metodología de revisión de la información que permita disponer acerca

de todo lo que implica la implementación de los VE y su uso; temas acerca de la historia de los VE, impacto ambiental que generan los vehículos a combustión interna vs los VE, implementación de los VE en la red de energía eléctrica.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Identificar los impactos en la red de distribución de energía eléctrica como resultado de la implementación y uso de los vehículos eléctricos en la ciudad de Machala.

1.2 Objetivos específicos

- Efectuar simulaciones para determinar si la red eléctrica de la ciudad de Machala esta dimensionada correctamente al momento de implementar VE.
- Analizar las ventajas y desventajas del uso de combustibles fósiles versus eléctricos en la transportación.
- Obtener resultados de los impactos asociados al suministro en la red de energía eléctrica con respecto a la implantación de VE.
- Identificar las posibles acciones destinadas a garantizar una operación de los autos eléctricos en la ciudad de Machala.

1.3 Justificación

La transportación pública en la ciudad de Machala, así como en muchas ciudades del país y el mundo, va creciendo con base a la demanda de la ciudadanía que van acorde a sus necesidades, sin embargo, esto conlleva inconvenientes con la emisión de gases de efecto invernadero, perjudicando la salud de la población y el ambiente.

A pesar del crecimiento sostenido del parque automotor ecuatoriano y de la importancia económica del sector automotriz, la gran cantidad de vehículos tiene impactos negativos reflejados en la situación ambiental de varias ciudades. Así mismo, el uso de combustibles subsidiados tiene una importante repercusión en la economía nacional (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017).

Al respecto, el Ecuador y Gobierno Autónomo Municipal – GAD de Machala busca aportar en la mejora de la transportación pública, a través de la implementación y uso de autos eléctricos en parte de la flota de autobuses en la ciudad.

Es necesario considerar que el suministro de energía eléctrica en la actualidad en la provincia de El Oro no está acondicionado para abastecer los requerimientos de carga rápida

de las baterías de autos eléctricos, motivando el estudio desde todas sus perspectivas, en especial desde el punto de la red de distribución eléctrica y su incidencia en la operación de este tipo de automotores.

Un estudio realizado por Santiago Losada señala que el éxito de las flotas de vehículos eléctricos depende de la aplicación de un buen sistema de recarga que sea eficiente, fiable, adaptativo y completamente monitorizable (Losada, 2014).

1.4 Nomenclatura

CNEL EP: CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD EP.

VE: VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

GAD: GOBIERNO AUTONOMO DECENTRALIZADO.

PRM: REVOLUCIONES POR MINUTO

COMEX: COMITÉ DE COMERCIO EXTERIOR

AEADE: ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR

V2G: VEHICLE TO GRID:

PME: PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN

ESS: ENERGY STORAGE SYSTEM (SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA)

SIN: SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

GWH: GIGA VATIO POR HORA

KVA: KILO VOLTIO AMPERIO

KV: (KILO VOLTIO

TWH: TERA WATIOS HORA

LOSPEE: LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

BT: BAJA TENSIÓN

MT: MEDIA TENSIÓN

DMU: DEMANDA MÁXIMA UNITARIA

AWG: AMERICAN WIRE GAUGE

FP: FACTOR DE POTENCIA

CAPITULO 2

2.1 Introducción a los VE

Un vehículo eléctrico (VE), también conocido como vehículo de accionamiento eléctrico, es un vehículo que su movimiento es producido por motores eléctricos para su propulsión. Por otra parte, se lo interpreta como un transporte que emplea energía concentrada en baterías que sean recargadas mediante una conexión a la red eléctrica con una infraestructura apta para el VE (REVE, 2016).

2.2 Historia de los VE

La historia de los automóviles eléctricos comenzó a mediados del siglo XIX, y la invención del automóvil eléctrico se atribuye a varios inventores. Un húngaro Ányos Jedlik inventó un primer tipo de motor eléctrico, creó un modelo de automóvil pequeño impulsado por el entonces nuevo tipo de motor (Moreno, Mayo 2016). En 1834 en Vermont, Thomas Davenport inventó el primer motor eléctrico estadounidense DC (Mora, 2006). Las baterías recargables que proporcionan una forma viable de almacenar electricidad en el automóvil no existieron hasta 1840.

La invención de la tecnología con los esfuerzos de Gaston Plante y su compatriota Camille Faure, finalmente abrió el camino para los autos eléctricos y su expansión en Europa (Mora, 2006).

Antes de la mejora del motor de combustión interna, los autos eléctricos tenían muchos récords en cuanto a velocidad y alcance. Aunque Thomas Davenport fue uno de los primeros en instalar un motor eléctrico en un vehículo, el automóvil eléctrico en el sentido convencional no se desarrolló hasta algún momento alrededor de 1891 (Latorre, 2016).



Fig 1. Coupe eléctrico Lohner-Porsche, año 1899.

Fuente: (Curtis D. Anderson, 2010).

2.3 Principio de funcionamiento de VE.

Los EV utilizan un motor eléctrico para girar las ruedas de los vehículos. Estos incluyen vehículos con un solo motor eléctrico grande acoplado a las ruedas traseras a través de una carcasa diferencial.

También se define como un vehículo que genera movimiento debido a la fuerza que produce su motor alimentado con electricidad. El motor eléctrico se alimenta por las interacciones electromagnéticas que se producen en su interior por elementos conductores que se mueven y producen energía cuando están dentro de un campo magnético alimentado con la corriente eléctrica (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017).

El motor, como parte principal del VE, cuenta con un controlador y baterías para su funcionamiento. Dicho controlador puede enviar numerosos niveles de potencia con los que el conductor podrá ir regulando la velocidad según le pise más o menos. Por tanto, un mayor abuso de velocidad conllevará un mayor gasto de batería y viceversa (Castilla y León, 2011).

2.4 Ventajas de vehículos de combustión interna vs. VE.

Al hablar de vehículos eléctricos y vehículos de combustión interna tenemos varios factores a comparar dependiendo del modelo de cada uno. Sin embargo, sistema de conducción de un vehículo eléctrico realiza las mismas funciones que el de un vehículo propulsado por un motor de combustión interna. En un EV, no es necesaria una transmisión. Una transmisión en un vehículo de combustión interna o estándar se usa para darle al vehículo un cierto par o potencia a ciertas velocidades cambiando la relación de entrada/salida del engranaje dentro de la transmisión (TOTAL gas y electricidad España, 2019).

Los motores eléctricos convierten la energía eléctrica en energía mecánica. Se utilizan dos tipos de motores eléctricos en vehículos eléctricos para proporcionar potencia a las ruedas. El motor de corriente continua (CC) y el motor de corriente alterna (CA). Los motores de CC están compuestos por tres componentes principales:

- Un conjunto de bobinas de campo alrededor del perímetro del motor que crea las fuerzas magnéticas que proporcionan torque.
- Un rotor o armadura montada sobre cojinetes que gira dentro del campo magnético creado por las bobinas de campo.

Un motor de CA es similar al motor de CC en que también tiene un conjunto de bobinas de campo y un rotor o armadura, sin embargo, dado que hay una inversión continua de corriente (CA), no se necesita un dispositivo de conmutación. Ambos tienen las ventajas y desventajas que se enumeran a continuación:

Tabla 1. Comparación de motores eléctricos

MOTOR AC	MOTOR DC
Transmisión de una sola velocidad	Transmisión de varias velocidades
Peso ligero	Más pesado a potencia equivalente
Menos costoso	Más costoso
95% de eficiencia a plena carga	85-95% de eficiencia a plena carga
Controlador más caro	Controlador simple
Motor / controlador / inversor más caro	Motor / controlador menos costoso

Fuente: (Centro de Energía, 2015).

Como se muestra en la comparación, un motor de CA es menos costoso que un motor de CC, un sistema de CA es más caro debido al costo de la electrónica compleja asociada con el inversor de CA y el controlador del motor. Los motores de CA son muy confiables y, debido a que contienen una sola parte móvil, deben durar la vida útil del vehículo con poco o ningún mantenimiento. Las características típicas del motor se enumeran en la tabla 2 a continuación:

Tabla 2. Características del motor

	<i>Tipo DC Brush</i>	DC imán permanente sin escobillas	Inducción de CA
Eficiencia máxima	85-89	95-97	94-95
Eficiencia al 10% de carga	80-87	73-82	93-94
Max. RPM	4.000-6.000	4.000-10.000	9.000-15.000
Costo por eje Hp	\$100-150	\$100-130	\$50-75
Costo relativo del controlador al tipo de Brush DC	1	3-5	6-8
1 Hp= 746 Watts			

Fuente: (Centro de Energía, 2015).

El controlador del vehículo eléctrico es el dispositivo que funciona entre las baterías y el motor para controlar la velocidad y la aceleración. Esto se conoce como frenado regenerativo y en el transcurso de una sola carga puede devolver hasta el 10% o más de la energía consumida por el sistema de accionamiento a las baterías (Híbridos y Eléctricos, Tecnologías de frenado regenerativo para coches eléctricos., 2019).

2.5 Tipos de vehículos eléctricos disponibles en el mercado.

En el Ecuador según la COMEX existe la exoneración total de aranceles a la importación de vehículos eléctricos, baterías y cargadores para este tipo de automóviles abre la posibilidad a una mayor oferta en este mercado en el mediano plazo (PLENO COMITE DE COMERCIO EXTERIOR, 2019).

Cabe destacar que estos vehículos ya contaban con una exoneración del arancel, también sus partes y piezas, esto se da cuando el precio en el lugar de origen del vehículo no supere los USD 40.000. Si el precio sería mayor, la tasa de su arancel podría llegar hasta un 40% sobre el valor de importación.

Tabla 3. Venta de Vehículos eléctricos por marcas y unidades.

MARCA	MODELO	2017	2018	2019
DAYANG	CHOK CROSS AC 5P 4X2 TA EV	-	13	31
KIA	SOUL EV	20	33	23
DAYANG	DY-GD04B AC 3P 4X2 TA EV	13	67	23
BYD	K9G-S AC 3P 4X2 TA EV	-	-	16
BYD	K9G-I AC 3P 4X2 TA EV	-	-	4
DAYANG	DY-GD04A AC 2P 4X2 TA EV	33	7	3
RENAULT	TWIZY PASAJEROS Z.E.	13	6	1
BMW	X5 AC 5P 4X2 TA EV	-	-	1
BYD	E5 AC EV	-	-	1
OTRAS	-	44	4	-
TOTAL	-	123	130	103

Fuente: (Asociación de Empresas Automotrices Del Ecuador, 2019).

El año pasado se vendieron en el país 103 unidades de autos eléctricos, siete más que el año previo, según datos de la Aeade (Asociación de Empresas Automotrices Del Ecuador, 2019). Y aún la participación sigue siendo escasa. Para la Aeade, el incentivo arancelario favorecerá la llegada al país de vehículos eléctricos de última tecnología y alta gama, cuyo costo de producción es más elevado (González, 2019). Baldeón aclaró que la introducción de autos eléctricos debe acompañarse de temas como: desarrollo de la infraestructura de recarga de los VE, incentivos a las tarifas eléctricas e incentivos por parte de los gobiernos locales y nacional (González, 2019).

En la actualidad en el Ecuador se comercializan los VE importados como: dos modelos de la marca Dayang (China); uno de BYD (China) y el Soul de la surcoreana Kia (Asociación de

Empresas Automotrices Del Ecuador, 2019). Hyundai aún no ha importado unidades eléctricas en el país, pero trajo un pequeño número de unidades del modelo Ioniq, para hacer pruebas en Cuenca con una estación de carga rápida. El proyecto busca evaluar la factibilidad para colocar una red de electrolineras en la capital azuaya. Hyundai y la Empresa Eléctrica Centro Sur, firman un convenio con la que ofertará energía gratuita en las estaciones hasta diciembre del 2020 (Magazine, 2019). La reducción arancelaria, podría abrir una venta de oportunidad para que crezca este segmento de vehículos eléctricos en el Ecuador, pero para que sea viable el proyecto la red de carga debe crecer.

2.6 El vehículo eléctrico como carga.

Un auto eléctrico consume alrededor de un 70 – 90% de Energía menos que un vehículo de combustión interna (Kammpam, 2010). El gasto energético del motor de un vehículo eléctrico promedio está entre los 13.78 kWh en un recorrido de 100 km (Red Eléctrica Española, 2011). El proceso de carga de la batería o el transporte y distribución de la electricidad tienen pérdidas causadas por no tener un rendimiento perfecto, la cantidad de kWh que necesitan extraerse de una toma de corriente o que se fabrican en la central eléctrica son algo superiores como se puede observar en la siguiente tabla 3 (Red Eléctrica Española, 2011). Con esto podemos calcular la energía real que debe pasar por cada elemento del sistema para que lleguen esos 13,78 kWh a la batería de un coche eléctrico cada 100km (Kammpam, 2010).

Tabla 4. Consumo de un VE por cada 100km en cada parte del sistema eléctrico.

$kWh_{me}/100km$	$kWh_B/100km$	$kWh_C/100km$	$kWh_G/100km$	$kWh_M/100km$
Son los kWh que cada 100km se transforman en energía mecánica aprovechable, a partir de los 13,78 kWh de la batería	Son los kWh que cada 100km se consumen de la batería	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del enchufe de carga para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh que pagamos cada 100km	Son los kWh que cada 100km se han producido en la central para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh empleados para los cálculos de contaminación de $kgCO_2/kWh$ de las centrales	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del medio para proporcionar los 13,78 kWh a la batería
9,73	13,78	14,38	15,35	31,66

Fuente: (Red Eléctrica Española, 2011).

En Ecuador el coste del kWh para pequeños consumidores es de 0,10ctvs de dólar (ARCONEL, Diciembre 2019). Por lo tanto, el coste de utilización de un vehículo eléctrico es de USD 1,50/100 km. Esto es uno de los puntos fuertes de los vehículos eléctricos a baterías. Si se compara con el consumo de un vehículo equipado con un motor convencional, es ciertamente ventajoso (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017). En la tabla 5 se comparan el

consumo energético de tres marcas de fabricantes de VE, esto se realizó en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca con distancias establecidas y diferentes condiciones geográficas.

Tabla 5. Comparación de consumo energético con diferentes marcas de VE.

SOUL						TEÓRICO	
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km	
74%	58%	16%	34,00		4,32	12,71	
100%	57%	43%	73,00	13,16	11,61	15,90	
100%	63%	37%	72,00	13,38	9,99	13,88	
73%	22%	51%	87,90	0,11	13,77	15,67	
100%	51%	49%	87,20	27,24	13,23	15,17	
KANGOO						TEÓRICO	
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km	
63%	26%	37%	39,00		8,14	20,87	
100%	37%	63%	72,00	15,77	13,86	19,25	
100%	38%	62%	72,50	15,01	13,64	18,81	
100%	12%	88%	89,10	13,09	19,36	21,73	
100%	16%	84%	87,70	19,83	18,48	21,07	
LEAF						TEÓRICO	
INICIAL	FINAL	DIF	DISTANCIA km	CARGA kWh	kWh	kWh/100km	
64%	35%	29%	39,60		6,96	17,58	
100%	42%	58%	75,30	13,96	13,92	18,49	
100%	49%	51%	73,20	12,19	12,24	16,72	
100%	12%	88%	89,10	20,98	21,12	23,70	
98%	23%	75%	89,40	16,46	18,00	20,13	

Fuente: (Juan Pablo Díaz, 2016).

Al integrar los VEs como una carga que consume cierta cantidad de energía incrementando la demanda, la cual deberá ser suplida con mayor generación en un país. Para el caso ecuatoriano se debe considerar los recursos energéticos incluidos en el plan maestro de electrificación donde se deberá considerar una proyección de consumo de energía que será consumida por el nuevo parque automotor en su totalidad (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017).

Según datos se tuvo la incorporación de 1000 vehículos eléctricos por año entre el 2015 y 2016; lo que implicara una demanda de energía eléctrica en aproximadamente 300MWh anualmente lo que representaría el 0.01% de la demanda de energía prevista para el año 2022 con la implementación de los proyectos emblemas ya en operación ((MEER), 2012).

2.7 El vehículo eléctrico como almacenamiento

Los VEs permiten el almacenamiento en horas hueco y la recuperación de electricidad en horas pico desde las baterías de los vehículos eléctricos a la red. Un VE conectado a una red inteligente diría al vehículo cuando debe recargar e incluso cuando puede ceder electricidad a la red, los VEs jugarían un papel importante en la gestión de la curva de carga. Teniendo en cuenta que los vehículos eléctricos tienen entre 10 y 100 kWh de capacidad y pasan más del 90% de su vida aparcados, sistemas como V2G (Vehicle to Grid) tendrán un papel central en la transformación de los sistemas de energía. Fuentes como la solar, la eólica no son constantes; a veces producen demasiada energía, que se desaprovecha, y en otras no generan energía, por lo que dejan de abastecer a sus usuarios. Así, las baterías de los coches

eléctricos o híbridos podrían almacenar también la electricidad generada por estas fuentes renovables (Red Eléctrica Española, 2011).

CAPITULO 3

3.1 SISTEMA DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MACHALA.

La ciudad de Machala se encuentra al sur del Ecuador, pertenece a la provincia de El Oro y es considerada la capital bananera del mundo, debido a sus grandes exportaciones de banano. La ciudad se ubica entre 0 y 12 metros de altitud sobre el nivel del mar y ocupa una superficie de 40 km² y posee un clima cálido con un promedio de 20°C a 40°C durante el día. Las coordenadas geográficas corresponden en la latitud -3.25861 y longitud -79.96053. Sus actividades se centran comercio, la acuicultura, la industria y la agricultura.

La ciudad de Machala tiene una conformación La red vial cantonal principal (1er orden: más de 2 carriles). Según los estudios realizados por el Gobierno autónomo descentralizado (GAD) Municipal durante el año 2018 toda la población tiene acceso a vías desde sus hogares, lo cual facilita y mejora la movilidad., un 65% de la totalidad de la población utiliza el transporte urbano en la ciudad, la movilidad en la ciudad de Machala figura como uno de los servicios de uso frecuente, ya sea mediante sistemas de transporte como el automóvil, transporte público, todo con la finalidad de desplazarse de un lugar a otro (GAD Machala, 2010) .

3.2 Rentabilidad de los Vehículos Eléctricos.

El principal aspecto de un vehículo eléctrico es amigable con el medio ambiente; ya que evitamos las emisiones de Co2 y GEI. En “Análisis energético y económico del vehículo eléctrico” detallan las cifras concretas. Destacamos entre ellas que el sector transporte consume directa o indirectamente el 65% de la producción anual mundial de petróleo (Laverón Simavilla F., Muñoz Rodríguez M.A., & G., 2010).

En cuanto a rentabilidad de los VE la revista Enel publica en su artículo “La súper rentabilidad de los autos eléctricos” en cuanto a los carros 100% eléctricos no emiten ni un solo gramo de Co2, y es una solución a que contribuyan con la protección del medio ambiente, además de ser una manera sostenible y muy innovadora con la que puedes atender tus necesidades de transporte y movilidad (Revista Enel-X, 2019).

Con 390 vehículos vendidos, en Colombia nos consolidamos en el 2018 como el principal mercado de estos autos en la región. Muy por encima de México con 201 carros vendidos, Chile con 129 y Ecuador con 130 (Revista Enel-X, 2019).

Por otra parte, la rentabilidad económica del sistema eléctrico del Ecuador, principalmente será el soporte eléctrico del cambio que se dará al implementar a una movilidad sustentable, es preciso que las autoridades competentes predominen conocimientos acerca de electricidad y económicos, con el fin de desarrollar estudios profundos e integrales respecto al impacto que el sistema eléctrico tendrá en la oferta de energía eléctrica para los VE. Por lo tanto, el

autor León plantea la necesidad de realizar un examen riguroso de las capacidades del Sistema Eléctrico Nacional, así como el regional, que permita estimar el nivel de afectación sobre el sistema debido a la nueva demanda para los VE y, además, se ofrezcan las soluciones pertinentes en función de la promoción de políticas públicas orientadas al uso de energías limpias y renovables (Freddy Leonardo León Estrella, 2017).

3.3 Plan Maestro de electrificación.

En el Plan Maestro de Electrificación 2018-2027 (PME) se presenta con base a los objetivos nacionales de desarrollo. En este sentido, el plan nacional tiene por objetivo aprovechar el potencial energético del país, estableciendo la participación de recursos renovables, implementado políticas orientadas a la eficiencia energética y ahorro de la misma sin descuidar la cobertura, calidad y seguridad. Asimismo, el plan busca mejorar el desarrollo del país mediante la inclusión de tecnologías que empleen los recursos de una manera eficiente, económica y amigable con el medio ambiente, todo esto con la finalidad de implementar un sistema inteligente y sostenible para la población (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD 2018-2027, 2018). El plan es exponer un estudio de proyección acerca de la demanda que tendrá el país para el período de años 2018-2027 sustentado en datos históricos, políticas, información económica, demográfica y tecnológica.

Según el autor León esto genera nuevas políticas que consideran aspectos como: las realidades y políticas de todos los sectores de la economía, el crecimiento tendencial de la población y del consumo, los proyectos de expansión en los sectores productivos del Estado, el desarrollo de megaproyectos, articulación entre el sector eléctrico y el sector petrolero, el desarrollo de los proyectos emblemáticos y, como factor de control, considerar los niveles mínimos de reserva para garantizar el abastecimiento interno, todo en pro de la expansión de la transmisión y distribución de la energía eléctrica (Freddy Leonardo León Estrella, 2017).

Entre los proyectos de desarrollo considerados en el plan de expansión, que demandarán importantes cargas en el sistema, se encuentran:

- Transporte.
- Cambio de la matriz energética productiva del país, entre otros

El plan contempla el transporte dentro de sus objetivos por lo que en el análisis de la demanda se tendrá en cuenta la implementación de estaciones de recarga para vehículos eléctricos o híbridos (Plan Maestro de Electricidad, 2018-2027).

3.3.1 Expectativas en la ciudad de Machala

Una de las ciudades pioneras en la implementación de servicio de transporte público eléctrico fue la ciudad de Loja que tuvo la finalidad de poner en marcha proyectos eco amigables. En donde se aprobó el funcionamiento de taxis eléctricos (Roberto Alvarado, 2017). La cooperativa conformada por este tipo de vehículos asumió el nombre de "ECO Taxi". BYD E Motors, entregó al Gobierno Autónomo Descentralizado de Loja 3 electrolineras de carga rápida, que tienen una capacidad de 380 voltios y 40 kilovatios cada una según el informe de la Movilidad eléctrica y Sostenible (Movilidad Eléctrica y Sostenible - VEC., 2017).

Según estudios previos al Plan de Movilidad de la ciudad de Machala elaborados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Machala (2019), la competencia del transporte público y colectivo se encuentra a cargo de la Empresa pública y Dirección Municipal de Movilidad, que a la vez conglomerada a 24 entidades que brindan transporte inter parroquial, inter-cantonal, interprovincial e internacional, siempre y cuando tengan su punto de partida en esta ciudad. El plan tiene entre sus objetivos principales el propiciar las condiciones necesarias para la mejora de la calidad de vida de la población a través de un sistema de transporte público que ofrezca las condiciones de movilidad responsable requeridas (Empresa Pública Municipal de Movilidad de Machala EPMM-M, 2019).

3.4 Sistemas para la descarga del VE (alimentación a la red).

La contribución de los VE que dan a la red se basa en la transferencia de flujo de energía eléctrica bidireccional controlable del VE y la red eléctrica. Gracias al sistema V2G, un VE podrá participar en la operación del sistema incrementando la seguridad del suministro en horas pico, sin embargo esta capacidad necesita de la implantación de sistemas de comunicación bidireccionales entre usuario/operador del sistema mediante un agregador; este es un nuevo agente del sistema eléctrico que integrará a múltiples usuarios de VE y que dispondrá de sistemas de comunicación directa con el TSO (Transmission System Operator), con el fin de dar soporte a los requerimientos de seguridad del suministro, participando en productos o servicios para el operador del sistema, a la vez que se satisfacen los compromisos de servicio con los usuarios de cada vehículo (Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléctricas., 2010).

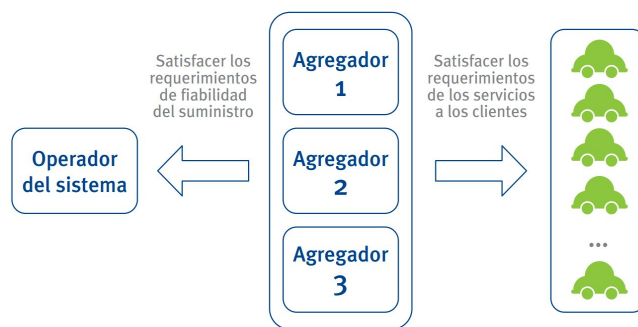


Fig 2. Sistema de comunicación para la descarga de Energía Eléctrica del VE y la red eléctrica.

Fuente: (Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléctricas., 2010).

Los VEs, se los pueden considerar como cargas estos podrían servir para acrecentar la generación de energía durante los periodos de baja demanda, teniendo en cuenta que la carga de los VEs se puede realizar en la noche (Red Eléctrica Española, 2011). Por ende, es una alternativa económica, más aún, considerando que estos se debieran encontrar distribuidos en los mismos centros de cargas y así disminuir las pérdidas que se asocian a la transmisión y distribución; existiendo la posibilidad de sustituir para las plantas de generación abastecedoras de los picos de demanda del sistema (DENHOLM P. & y SHORT W., Oct. 2006).

Las descargas constantes de una flota de VEs deberá efectuarse controlada directamente o indirectamente desde un despacho de carga de modo de maximizar el valor económico de los VEs (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017). Por medio de un control directo, desde el sistema se puede enviar una señal hacia un vehículo. El control directo también puede ser realizado por medio de un “agregador” de demanda, que recompensa a una empresa que vendería esta demanda agregada al sistema en el mercado eléctrico. El control indirecto, implicaría un sistema inteligente de respuesta en tiempo real que se conecte para vender o comprar energía en el momento apropiado (F. Soto & B. Díaz, 2009).

3.4.1 Infraestructura para la carga de batería de los VEs.

La carga de vehículos eléctricos (VE) es un aspecto importante de la propiedad de un vehículo eléctrico. La infraestructura de carga necesaria para que los vehículos eléctricos transfieran energía eléctrica desde la red de distribución hasta la batería del vehículo. Incluyendo equipos adicionales como transformadores, generadores o dispositivos de almacenamiento pueden ser parte de la infraestructura en algunos casos (Empresite, 2016). El ofrecer un abastecimiento rápido de energía a los VEs; la autonomía de éstos ya no sería un limitante tan fuerte. Por eso, se conocen diferentes alternativas que van desde la opción de puntos de recarga rápida, semi-rápida hasta el intercambio de baterías. Para ello se necesitan de infraestructuras específicas para un buen funcionamiento. Al momento de

establecer una infraestructura para movilidad eléctrica, se deben tener en cuenta los factores que la afectan o que se deben contemplar para que ésta sea funcional. Los factores se enumeran a continuación (Gómez, Rivier, & Sanchez, 2011).

- Las infraestructuras deben estar equipadas para los diferentes modelos de vehículos eléctricos que existen.
- Deben suplir la demanda, entre otros.

El suministro eléctrico es un componente vital en la infraestructura para movilidad eléctrica, este consta de tres partes: la generación de energía, la transmisión y la distribución. Existen diferentes tipos de alimentadores, y son utilizados acorde necesidades y condiciones del espacio en el que se instalará la infraestructura. En la figura 3 se muestran diferentes alimentadores. El alimentador debe instalarse a menos de 6 metros del punto de carga, cuando se trata de carga lenta o media y a menos de 3 metros si se trata de carga rápida (Comisión Nacional de Energía Española, 2012).



Fig 3. Tipos de alimentadores eléctricos para los puntos de carga.

Fuente: (Traspor of London, 2011).

La configuración de una infraestructura de recarga para los VEs está constituida por varios elementos como se muestra en las figuras.

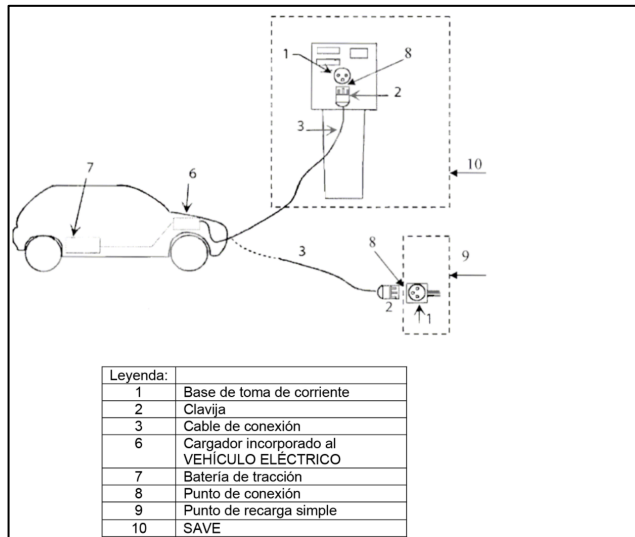


Fig 4. Caso A. Conexión de VE a la estación de recarga mediante un cable terminado en clavija con el cable solidario al VE.

Caso A1: conexión a un punto de recarga simple mediante una toma de corriente para usos domesticos y analogos. Caso A2: conexión a un punto de recarga tipo SAVE.

Fuente: (Ministerio de Industria, 2014).

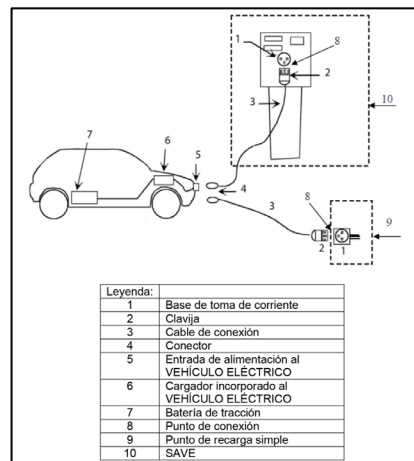


Fig 5. Caso B. Conexión del VE a la estación de recarga mediante un cable terminado por un extremo en clavija y por el otro en un conector, donde el cable es un accesorio del Vehículo eléctrico.

Caso B1: conexión a un punto de recarga simple mediante una toma de corriente para usos domesticos y analogos. Caso B2: conexión a un punto de recarga tipo SAVE.

Fuente: (Ministerio de Industria, 2014).

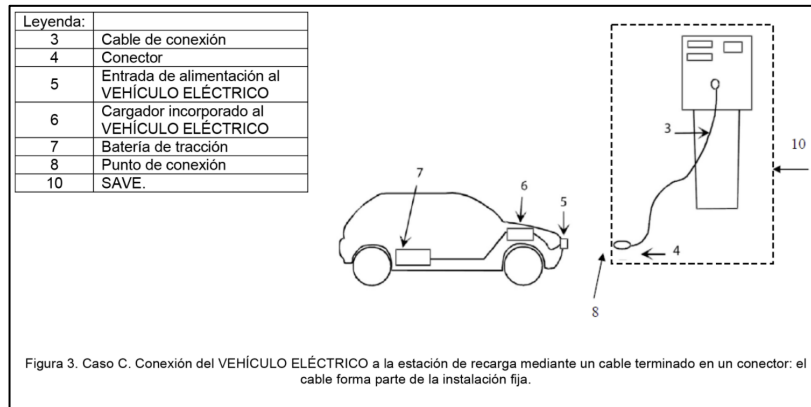


Fig 6. Caso C. Conexión del Vehículo Eléctrico a la estación de recarga mediante un cable terminado en un conector; el cable forma parte de la instalación fija.

Fuente: (Ministerio de Industria, 2014).

3.4.1.1 RECARGA EN CORRIENTE CONTINUA Y CORRIENTE ALTERNA

Los vehículos eléctricos tienen un dispositivo para realizar la carga la batería; este abarca un convertidor de corriente que transforma la corriente alterna de la red en corriente continua. En cargas en corriente alterna todos los equipos se sitúan en el vehículo. Para cargas en corriente continua, todo o parte del equipo que hacen este trabajo lo contiene el equipo exterior (Esther Aragón, 2018).

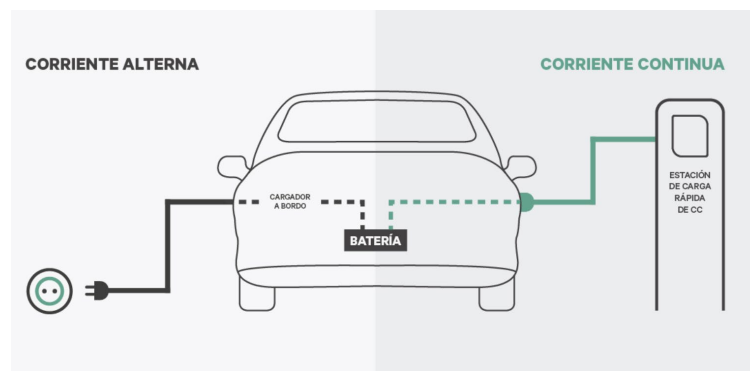


Fig 7. Modo de carga CA/ CC

Fuente: (Wallbox Chargers, 2020).

Los sistemas de recarga lenta se alimentan normalmente de CA y los sistemas de recarga rápida de CC, aunque se pueden dar casos híbridos. Las principales diferencias entre ambos sistemas de recarga según los autores (Castilla y León, 2011).

- Los tiempos de recarga, de 15 a 30 minutos en el sistema rápido y de 5 a 8 horas en el sistema lento.
- La potencia necesaria es de 50Kw en sistema rápido y 3,7Kw en el sistema lento.

- El costo de un equipo de recarga rápida puede estar por encima de los 25000 USD, en cambio, la recarga lenta necesita inversiones mucho más moderadas.

3.4.1.2 PUNTOS DE RECARGA

Para los VEs se requieren de una fuente que los suministre en distintos puntos los cuales necesitan de varios parámetros que están asociados en su utilización, consumo, accesibilidad y disponibilidad para la recarga de las baterías para el acceso a la fuente de energía que alimenta a su motor en este caso la energía eléctrica (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017).

El objetivo de ésta es que cada usuario pueda recargar su vehículo en casa o electrolinerías. Su característica se basa en una carga normal o lenta que dura entre 6 u 8 horas, la cual, suele realizarse en la noche, 12am y 8am, periodo conocido como hora valle o No pico de electricidad (Energía-IDAE, 2011). En la figura 8 el tipo de infraestructura, el punto de carga está destinado únicamente a las tasas normales de carga, es decir 220V a 16 Amp que permite la carga potencial de 3 kW (Comisión Nacional de Energía Española, 2012).



Fig 8. Un punto de carga gratuito en casa para incentivar el coche eléctrico.

Fuente: (Esmartcity.es, 2016).

Otro tipo de recarga aparte de la del hogar o electrolinerías son las de lugar de trabajo. La intención de instalar infraestructuras de recarga en los puntos de trabajo, no busca incentivar el uso del vehículo de quien no lo haya tenido antes, por esto, estos puntos de recarga en los lugares de trabajo, debe estar ubicados en lugares donde ya se acostumbraba a ir en vehículo a trabajar (Comisión Nacional de Energía Española, 2012).

3.4.2 Puntos de recarga Pública.

La idea de la infraestructura pública es dejar la dependencia de la autonomía de la batería y permitir que, el vehículo eléctrico, pueda recorrer largas distancias, adaptando puntos de recarga intermedios entre los destinos. Es decir, se busca que tenga la misma posibilidad de funcionamiento y brinde la misma comodidad que un vehículo de combustión interna al usuario (Natalia Arango-Nader, 2012).

Los puntos se instalarían en lugares estratégicos del centro urbano, la red de carreteras y servicios de autopistas como se ve en la figura 9.



Fig 9. Punto de carga pública.

Fuente: (Cargacar, 2019).

3.4.2.1 Aparcamientos Subterráneos

En grandes ciudades, se encuentran estacionamientos públicos subterráneos ya sean en edificios, centros comerciales, parques, entre otros. En la ciudad de Cuenca adaptaron un punto de recarga subterránea con una carga promedio de 2 horas en la estación de 220 voltios un vehículo eléctrico obtendrá una autonomía de 50 kilómetros lo que le permitiría recorrer la ciudad para otras gestiones y llegar a casa (J. Guambaña, 2019). En estos lugares se tiene que garantizar que los puntos de recarga sean visibles cerca de las entradas y salidas principales, como se muestra en la figura 10.



Fig 10. Electrolinera subterránea ciudad Cuenca

Fuente: (J. Guambaña, 2019).

3.4.2.2 Puntos de Recarga en Estaciones de Servicio (Electrolineras).

Las Electrolineras se definen como las gasolineras de vehículos eléctricos. Estas infraestructuras se caracterizan por tener costos muy elevados y, en el caso de las electrolineras de carga rápida. Es por esto, que la modalidad de carga rápida se utiliza únicamente en casos extraordinarios, sin embargo, su existencia es fundamental para incentivar el uso del vehículo eléctrico pues psicológicamente atrae al consumidor, dándole garantía de encontrar recarga en cualquier lugar y no estar limitado por la autonomía de la batería de su vehículo (Circutor, 2019).

3.5 SISTEMAS DE CARGA DE LOS VEs

En cuanto a la autonomía de las baterías; tendrían para una durabilidad poca competitiva con los vehículos convencionales, se han establecidos diferentes sistemas de carga. Se deberá especificar el tiempo necesario para cargar totalmente una batería de un vehículo eléctrico que está en función del tamaño de la batería y la cantidad de energía eléctrica o kilovatios (kW) que un circuito eléctrico puede entregar a ésta. Un circuito de 110-120 voltios de corriente alterna (VAC), de 15 amperios, entregará, como mínimo, 1,1 kW a una batería. Por otra parte, uno de 220-240 VAC, 40 A entregarán, como mínimo, de 6 kW a una batería (Hydro Quebec, 2012).

3.5.1 SISTEMA DE CARGA LENTA

Este sistema podemos adaptarlo en nuestras casas como se ve en la figura 11. Para realizar este tipo de carga sólo es necesario un enchufe monofásico convencional, es decir, como todos los que hay en los hogares. En Ecuador el voltaje es de 110-220V y una potencia promedio entre 4.6 ó 5.75 kW, esto influye directamente en el tiempo que puede durar un vehículo en cargarse. Este tipo de carga, se acostumbra a llevarse a cabo en las noches, debido al largo tiempo que supone la recarga completa (García, López, & Zabala, 1997).



Fig 11. Sistema de Carga Lenta

Fuente: (Híbridos. & -Eléctricos.).

3.5.2 SISTEMAS DE CARGA MEDIA

Este sistema de carga, consta de un circuito monofásico con tensiones nominales entre 220V y 400V (dependiendo del país) ofreciendo una potencia entre 7 y 43 kW lo que permite que el vehículo eléctrico puede cargarse totalmente entre 1 y 4 horas (IDAE, 2011). El objetivo principal, es que el vehículo no recargue completamente su batería, sino que sea un apoyo a la carga que se hizo durante la noche, esto se debe al cargar en horas no pico de la demanda de electricidad diaria, los costos y la potencia de la red eléctrica se ven afectados (Híbridos y Eléctricos, Claves para desarrollar una infraestructura de recarga global para coches eléctricos, 2020).

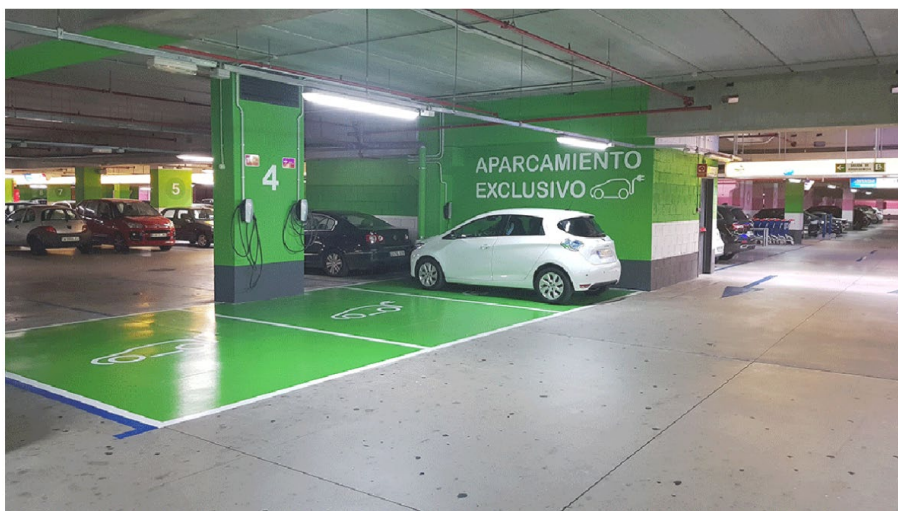


Fig 12. Sistema de Carga media o de Oportunidad.

Fuente: (Híbridos&Eléctricos.).

3.5.3 SISTEMAS DE CARGA RAPIDA

Este Sistema es optado por las estaciones de recarga ó “Electrolineras” presentan impedimentos para su implementación: 1) la capacidad de la batería para absorber carga en tiempos cortos, 2) la capacidad de suministro del sistema y 3) la dificultad de asegurar una eficiente conexión entre la red y la batería (Chademo Association, 2014). La carga rápida necesita de mayor potencia e intensidad que requiere de controles y medidas de protección, lo cual incide en un aumento de los costos de las infraestructuras de suministro (Chademo Association, 2014).

El objetivo es poder recargar el 100 % de la batería del vehículo en menos de 5 minutos, para de esta manera poder llegar a competir con el tiempo que puede demorarse un vehículo de combustión interna en una estación de servicio (Chademo Association, 2014).



Fig 13. Sistema de Carga Rápida Marca ChadeMo.

Fuente: (Fred Lambert, 2018).

3.6 Soporte de la red.

Hay dos categorías principales de soporte. Una de las primeras opciones es brindar potencia máxima; al satisfacer las demandas de potencia máxima actualmente es una obligación muy ostentosa para el MEER. Si los Sistemas eléctricos de Almacenamiento del vehículo lograrían cargarse durante las horas pico y luego ser descargadas selectivamente para "disminuir el pico", la empresa podría renunciar a la necesidad de poner en marcha una pico central, esto ahorraría costos de operación y mantenimiento y produciría beneficios ambientales significativos. La capacidad de activar el almacenamiento distribuido, junto con los activos tradicionales de respuesta a la demanda (RD), ofrece una alternativa económica y limpia a los generadores de "pico centrales" que producen costosas y con un uso intensivo de capital. Por lo tanto, el costo-beneficio de un sistema V2G como sustituto de una planta de pico dependerá de la utilidad, región, mezcla de plantas de energía y demanda (Willett Kempton & Steven E. Letendre, 1998). Otra categoría para el sistema lo brinda la reserva de operación; es la capacidad de generación que está disponible para conectarse en un tiempo corto en caso de interrupciones en el suministro eléctrico. Las plantas de reserva de operación requieren tiempos de respuesta rápidos, fuente de alimentación precisa y se usan típicamente para cortas duraciones; Estos criterios coinciden exactamente con las capacidades de los ESS de vehículos Eléctricos. Las empresas de servicios públicos deben tener acceso a las plantas de reserva de operación para las 8,760 horas del año (W. Kempton & Letendre., 2002).

La Sand National Laboratories (SAND2010-0815) delineó desde el punto de vista tecnológico las aplicaciones y beneficios potenciales de mercado para el uso de almacenamiento agregado de energía con la generación a la red eléctrica, Transmisión y distribución. Las aplicaciones de almacenamiento de energía identificadas con las aplicaciones V2G apropiadas (SAND2010-0815., 2010).

- Capacidad de suministro eléctrico

- Capacidad de reserva de suministro eléctrico
- Apoyo de voltaje
- Apoyo de transmisión
- Alivio de congestión de transmisión
- Aplazamiento de actualización de transmisión y distribución
- Gestión de costos de energía de tiempo de uso
- Gestión de la carga de la demanda
- Confiabilidad del servicio eléctrico
- Calidad de la energía del servicio eléctrico
- Reafirmación de la capacidad de las energías renovables

La lista anterior de aplicaciones potenciales de V2G ilustra el concepto de atractivo para (Bradford P. Roberts & Chet Sandberg, 2011).

CAPITULO 4

4.1 Análisis de los requerimientos energéticos en el Sistema Eléctrico Ecuatoriano.

El Ministerio de transporte y obras públicas tiene una relación muy estrecha con el desarrollo económico del país lo que hace posible un nivel de mayor ingreso a las personas y la posibilidad de adquirir un vehículo con el fin de mejorar su estilo de vida ya sea como fuente de trabajo o como fuente de transporte. El transporte hace posible el acceso a recursos, bienes, insumos, también es una actividad esencial para el desarrollo de las relaciones humanas que de otra manera no serían asequibles por razones de distancia. Así, el transporte ayuda a diversificar y especializar la economía. En la economía ecuatoriana el sector “transporte y almacenamiento” se refleja un incremento del 1% en comparación con el año 2018 representa aproximadamente un 3,6% del PIB ((BCE), 2019). Entonces considerando el transporte es muy significativo, su mejora permitirá mejorar el sector económico y a su vez un incremento del PIB con la introducción de los VEs, así eliminando gastos y subsidios al estado ecuatoriano. También es importante la disminución de contaminación ambiental por menor utilización de combustibles fósiles por lo que su introducción puede ser muy acertada de acuerdo con el cambio de matriz energética, tanto para el país como para enfrentar el calentamiento global (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017).

4.1.1 Demanda energética Nacional

La evolución del mercado eléctrico en el Ecuador, refiriéndonos a demanda de energía y potencia, ha continuado con una situación declinante durante varios años. En la figura 14, se presenta la evolución de la demanda de energía a nivel de bornes de generación en el Sistema Nacional Interconectado (S.N.I) durante los años 2008 y 2018, teniéndose una tasa media anual de crecimiento del 3,96% (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Estudio de Demanda 2018, 2018).

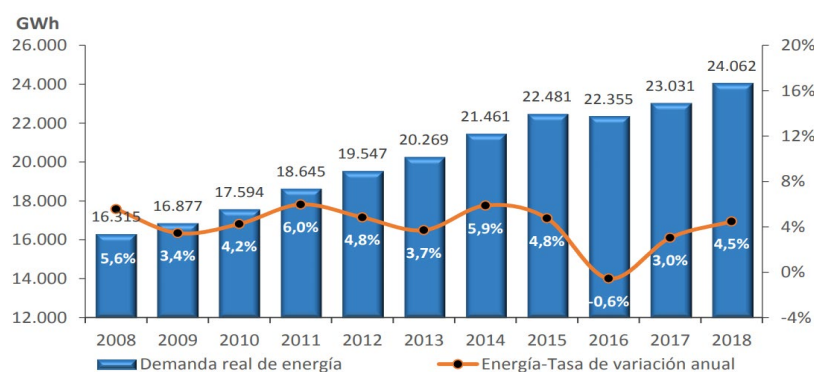


Fig 14. Evolución de la demanda nacional de energía eléctrica.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Estudio de Demanda 2018, 2018).

La producción de energía eléctrica en el Ecuador es uno de los ejes estratégicos para el desarrollo político, social y ambiental, por lo que el sistema debe brindar las garantías necesarias para suministrar energía eficientemente a todo el país. Con esto se busca incrementar la participación de la generación hidroeléctrica, la cual es una de las principales fuentes de energía renovable (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Plan Maestro de Eléctricidad 2016-2025, 2016).

El Ecuador en la actualidad se encuentra en uno de los mejores momentos en cuanto a la generación y distribución de energía se refiere. Mediante el Plan Maestro de Electricidad, uno de los parámetros que contempla es el cambio de transporte alimentado por combustible de petróleo hacia un transporte eléctrico. Mediante esto se busca proveer energía eléctrica que brinde condiciones de seguridad, calidad y confianza, mediante normativas técnicas, económicas, sociales, ambientales y administrativas. Todo esto inmerso en una visión centrada en el uso de recursos renovables que el país tiene a su disposición, para el desarrollo de proyectos energéticos de corto, mediano y largo plazo (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD 2018-2027, 2018).

En lo referente a la distribución, se tiene previsto del “Plan de Expansión de la Distribución” consolidándose el compromiso de las Empresas Eléctricas de Distribución de las diferentes regiones del país con lo técnico, económico, social y ambiental. Los resultados consolidados de la planificación efectuada por las Empresas Distribuidoras, cuyos requerimientos avalan a los análisis eléctricos y económicos para la expansión y mejora de los Sistemas de Distribución durante los próximos 10 años (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD 2018-2027, 2018).

De acuerdo con el PME 20016, la demanda de energía apareció tres escenarios: menor, medio y mayor, que responden a la evolución de las variables macroeconómicas y de los diferentes sectores del país. De esta manera, en el año 2007 la demanda de energía fue de 14.781 GWh (Giga Vatio por hora), mientras que en el 2012 la demanda de energía a nivel nacional había llegado hasta 19.957 GWh (Giga Vatio por hora). Asimismo, para el 2016 la demanda de energía había alcanzado el valor de 24.901 GWh (CONELEC, 2016).

Tabla 6. Evolución y previsión de la demanda de Energía y potencia eléctrica.

AÑO	ENERGIA (GWh)					POTENCIA MAXIMA (MW)		
	HISTORICO	CRECIMIENTO			HISTORICO	CRECIMIENTO		
		MENOR	MEDIO	MAYOR		MENOR	MEDIO	MAYOR
1996	8 723				1 684			
1997	9 721				1 848			
1998	10 219				1 858			
1999	9 716				1 851			
2000	10 027				1 863			
2001	10 366				1 901			
2002	10 953				2 053			
2003	11 556				2 140			
2004	12 358				2 267			
2005	13 133				2 360			
2006	14 075				2 524			
2007	PERIODO DE PROYECCIÓN DEL PLAN	14 781	14 781	14 781		2 610	2 610	2 610
2008		15 448	15 598	15 746		2 708	2 729	2 750
2009		16 115	16 426	16 747		2 814	2 864	2 911
2010		16 792	17 272	17 775		2 922	3 000	3 074
2011		17 474	18 141	18 844		3 027	3 136	3 244
2012		18 163	19 037	19 957		3 131	3 271	3 417
2013		18 867	19 961	21 116		3 233	3 412	3 598
2014		19 575	20 915	22 326		3 335	3 557	3 787
2015		20 295	21 900	23 587		3 440	3 706	3 984
2016		21 032	22 918	24 901		3 546	3 861	4 191
2017		21 788	23 956	26 263		3 656	4 021	4 406
2018		22 554	25 039	27 688		3 769	4 186	4 628
2019		23 340	26 161	29 177		3 886	4 358	4 860
2020		24 149	27 326	30 735		4 006	4 537	5 103
2021		24 979	28 534	32 364		4 131	4 722	5 354
2022		25 834	29 789	34 069		4 259	4 915	5 618
2023		26 715	31 093	35 856		4 390	5 115	5 893
2024		27 623	32 450	37 731		4 527	5 324	6 183
2025		28 561	33 866	39 702		4 668	5 540	6 486
2026		29 533	35 345	41 778		4 813	5 766	6 806
96-06	4,9%				4,1%			
06-16		4,1%	5,0%	5,9%		3,5%	4,3%	5,2%
16-26		3,5%	4,4%	5,3%		3,1%	4,1%	5,0%

Fuente: (CONELEC, 2016).

En base a estos datos el plan maestro de electrificación año 2018-2027, mediante modelos econométricos y variables como el Producto Interno Bruto (PIB) y el crecimiento poblacional del país, realiza estimaciones acerca de la demanda energética desde el 2018 al 2027. Así, en el sector residencial con un ritmo de crecimiento de 3.7%, la demanda de energía en el período 2018-2027 alcanzará los 10.256 GWh (Giga Vatio por hora) como se refleja en la figura 15.

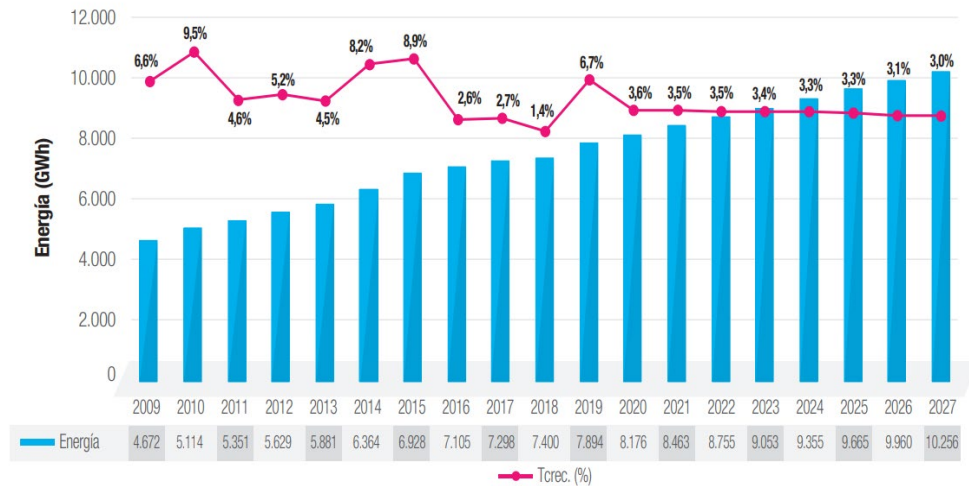


Fig 15. Evolución histórica y proyección del consumo en el sector residencial.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Plan Maestro de Electricidad 2018-2027, 2018).

En el sector comercial la demanda de energía alcanza 6.322 GWh (Giga Vatio por hora) con un crecimiento del sector del 5.74 % como se refleja en la figura 16.

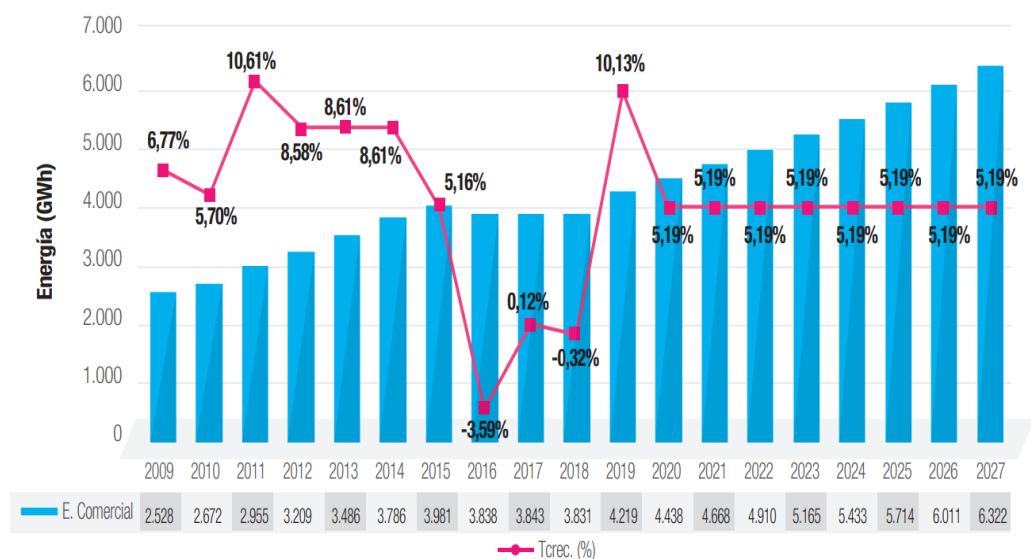


Fig 16. Evolución histórica y proyección del consumo en el sector comercial.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Plan Maestro de Electricidad 2018-2027, 2018).

En el sector industrial, con un crecimiento del 8.38 % la estimación de la demanda energética se ubica en el valor de 15.335 GWh (Giga Vatio por hora) como se refleja en la figura 17.

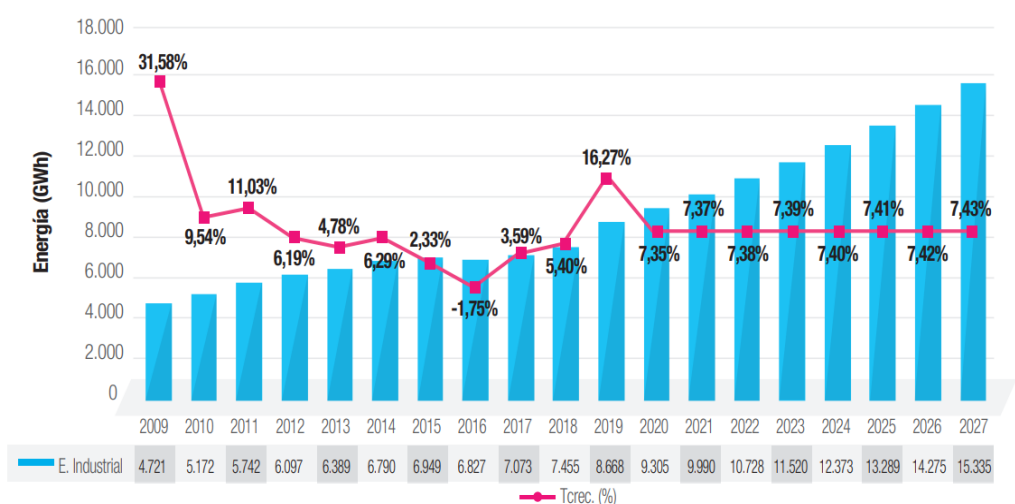


Fig 17. Evolución histórica y proyección del consumo en el sector industrial.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Plan Maestro de Electricidad 2018-2027, 2018).

En cuanto al alumbrado público, el crecimiento la demanda de energía será 1.927 GWh (Giga Vatio por hora) como se refleja en la figura 18.

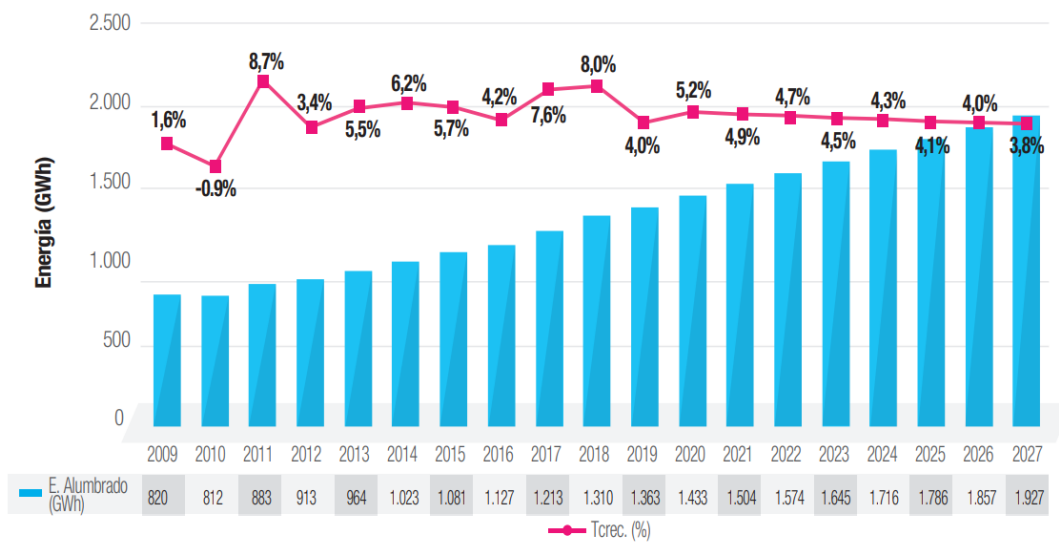


Fig 18. Evolución histórica y proyección del consumo en el alumbrado público.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Plan Maestro de Electricidad 2018-2027, 2018).

Esto da como resultado una demanda de energía nacional de 33.840 GWh (Giga Vatio por hora) para el año 2027 como se refleja en la figura 19.

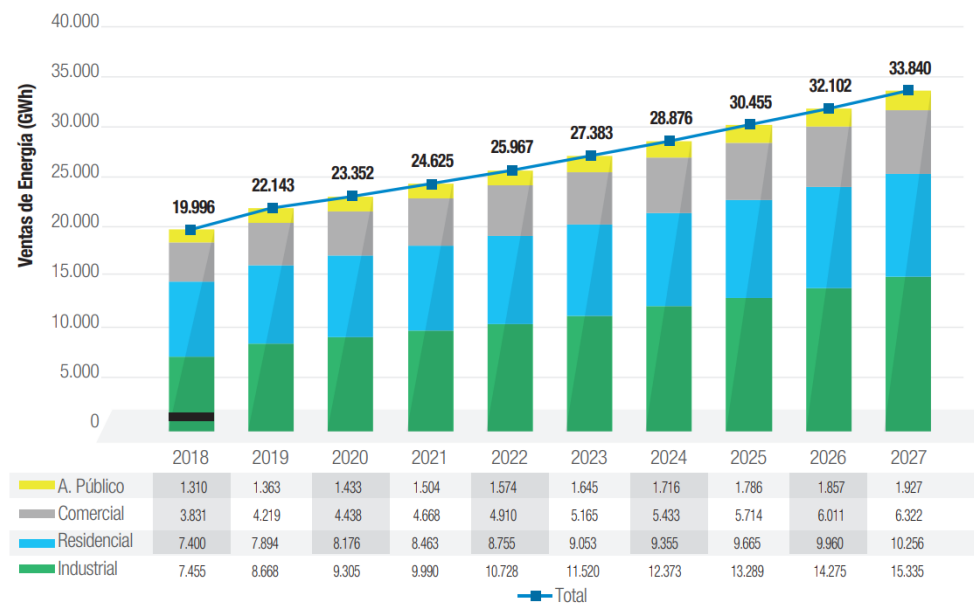


Fig 19. Proyección de la demanda de energía por grupo de consumo.

Fuente: (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Plan Maestro de Electricidad 2018-2027, 2018).

4.2 Análisis de la demanda energética del sistema de distribución de la ciudad de Machala.

En la ciudad de Machala, la demanda por parte de los vehículos eléctricos en la ciudad es baja debido a la reducida cantidad que existe en esta localidad, en un contexto ideal, se busca la generalización del uso de automóviles eléctricos en la ciudad, lo cual tendrá repercusiones sociales y económicas para la localidad.

De esta forma, la implementación de vehículos eléctricos en una ciudad de Machala implica el requerimiento de un estudio que demuestre que las redes de distribución de energía son las aptas, además de revelar si la infraestructura eléctrica cumple con los requerimientos para brindar un servicio eficiente de carga diaria para este tipo de automóviles.

En este contexto, de acuerdo a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica LOSPEE, corresponde a las empresas distribuidoras la actividad de distribución y comercialización, expansión, mejoras de su sistema eléctrico bajo los lineamientos de los organismos de control del sector eléctrico (LOSPEE, 2014).

Para la estimación de la demanda y su proyección se deben analizar las variables históricas según el PME en relación a la cantidad de clientes y energía que cada grupo consume y con base a este comportamiento se debe elegir un método de estimación y proyección (CNEL EP, Estimación de la demanda y su proyección., 2018). Con estas consideraciones se ha determinado el balance de energía para la Corporación Nacional de Electricidad CNEL-EP.

En el Balance Nacional de Energía Eléctrica (BNEE) se presentan grupos de información estadística correspondientes a energía eléctrica (GWh), con su respectiva participación (%) a nivel nacional como se refleja en la figura 20. EL grupo 6 corresponde a consumo de energía para servicio público (residencial, comercial, industrial, otros).

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Var. (%) 2018/2017	Var. (%) promedio anual 2008/2018
TRANSPORTE(1)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	4,7	0,7
INDUSTRIA(2)	4.386	5.994	6.631	7.181	7.993	8.031	8.419	8.580	8.919	9.469	9.998	5,6	7,8
RESIDENCIAL	4.385	4.672	5.114	5.351	5.629	5.881	6.364	6.928	7.105	7.298	7.400	1,4	4,9
COMERCIAL, SERV. PÚBL(3).	3.973	4.025	4.189	4.632	5.050	5.545	6.031	6.438	6.633	6.796	6.939	2,1	5,2
OTROS	859	362	347	458	473	623	579	594	372	399	560	40,3	-3,8
CONSUMO ENERGÉTICO	13.613	15.064	16.291	17.632	19.156	20.091	21.403	22.550	23.039	23.973	24.908	3,9	5,6

Fig 20. Balance Nacional de Energía Eléctrica (BNEE)-Julio 2018.

Fuente: (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018).

Para el caso de transporte se ha proyectado la incorporación de vehículos eléctricos al sistema eléctrico de la distribuidora, con el siguiente consumo a lo largo del periodo como se ve en la figura 21:

AÑO	Unidad	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Var. (%) 2018/ 2017	Var. (%) promedio anual 2008/ 2018
ELECTRICIDAD	GWh	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	4,7	0,7
GAS LICUADO	miles kg	1.046	9.501	11.474	9.795	10.715	9.590	11.264	7.162	6.618	6.757	5.732	-15,2	16,7
GASOLINAS	miles gal	432.796	454.616	648.146	701.004	735.749	773.008	811.831	887.656	924.874	964.680	980.359	1,6	7,7
JET FUEL	miles gal	42.194	50.557	61.538	65.818	47.335	50.894	51.794	51.826	30.712	27.567	28.898	4,8	-3,4
DIÉSEL OIL(1)	miles gal	577.232	588.198	624.908	677.767	711.218	770.275	846.531	858.619	919.688	998.994	1.010.035	1,1	5,2
FUEL OIL	miles gal	-	744	2.463	2.587	3.044	2.375	2.175	2.650	2.588	2.793	2.599	-6,9	-
NO ENERGÉTICO	miles gal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig 21. Balance Nacional de Energía Eléctrica en el sector del Transporte.

Fuente: (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2018).

Con el fin de cubrir la demanda proyectada, se implantan planes de expansión y mejoras del sistema de distribución uno de ellos es el “Plan de Mejoramiento de los Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica (PMD).

Dentro de las actividades a intervenir en el Plan de Expansión de Distribución tenemos las siguientes (PME 2018-2027):

- Adquisición e implementación de equipos de medición.
- Instalación y reposición de acometidas y medidores para clientes nuevos (Media Tensión MT y/o Baja Tensión BT).
- Reubicación de equipos de medición y/o acometidas (MT y/o BT).
- Cambio de redes desnudas a pre ensambladas o anti hurto.
- Estudios relacionados a la planificación y operación de los Sistemas de Distribución.
- Instalación de transformadores nuevos.
- Reconfiguración y/o incremento de calibre del conductor en MT.
- Red nueva de expansión en MT.
- Redes nuevas en BT Remodelación de redes de BT existentes.
- Reposición de transformadores.

4.3 Demanda energética actual.

De manera general, la demanda eléctrica se analiza por la cantidad de potencia y la hora de consumo, del tipo de consumidores correspondiente: residencial, comercial, industrial y alumbrado público. Cada uno de los grupos de consumo tiene un número de clientes, el cual se ha venido incrementando con respecto a años anteriores.

Mediante los datos obtenidos el año 2019, el consumo de energía eléctrica alcanzó 25.310 GWh, lo que significó un incremento del 4,5% en relación a la demanda de energía de 2018, donde el consumo eléctrico fue de 24.213 GWh. En febrero de 2019, se registró un consumo de 1993,5 GWh, este mes fue el de menor consumo. Y en mayo, se utilizaron 2203 GWh, donde fue el de mayor consumo. Asimismo, la energía eléctrica suministrada en el país, fue producida en un 90% con fuentes renovables, esto es un 30% de disminución en el uso de combustibles fósiles, la misma fue distribuida principalmente a las ciudades de Guayaquil, con un 21.6% y Quito con un 17,5% (CENACE, 2020).

El Gobierno Nacional, a través de la gestión de CENACE, administra y opera las transacciones comerciales que generan las infraestructuras eléctricas, entregando un servicio eléctrico seguro, continuo y de calidad para todos los ecuatorianos.

4.4 Escenarios de estudio.

En ciudades como Quito, Guayaquil y Cuenca se han realizado los estudios sobre los impactos en sus redes, dichos estudios se basan en la contaminación del aire de las grandes ciudades, las expectativas se han establecido en los vehículos eléctricos (EV) enchufables. Los vehículos eléctricos están penetrando en los mercados y, próximamente, serán parte de las alternativas de movilidad en las demás ciudades. Por lo tanto, se necesitan esfuerzos en investigación y desarrollo para comprender cómo la conexión masiva de vehículos eléctricos afectará la forma en que operan los sistemas de energía (Jesus Moreno H, 2013), (Johnatan G Vélez Sánchez, 2017), (Juan Pablo Díaz, 2016).

Muchos casos de estudios realizados, hablan sobre las emisiones y el impacto que tendrá la red en la integración VE (Diego Andrés Albendea, 2011). Para este estudio solo se considera el segundo aspecto.

Ciertos impactos específicos que afectan a la red debido a la inserción de VE's entre ellos están: la degradación y fallo de los transformadores (Diego Andrés Albendea, 2011).

Para realizar los escenarios de estudio en la penetración de los vehículos eléctricos, se analizarla zona con el fin de determinar un "modelo" y dimensionar adecuadamente la infraestructura y posterior exportación de los datos en las simulaciones (Jesus Moreno H, 2013).

Dentro de los parámetros a considerar están:

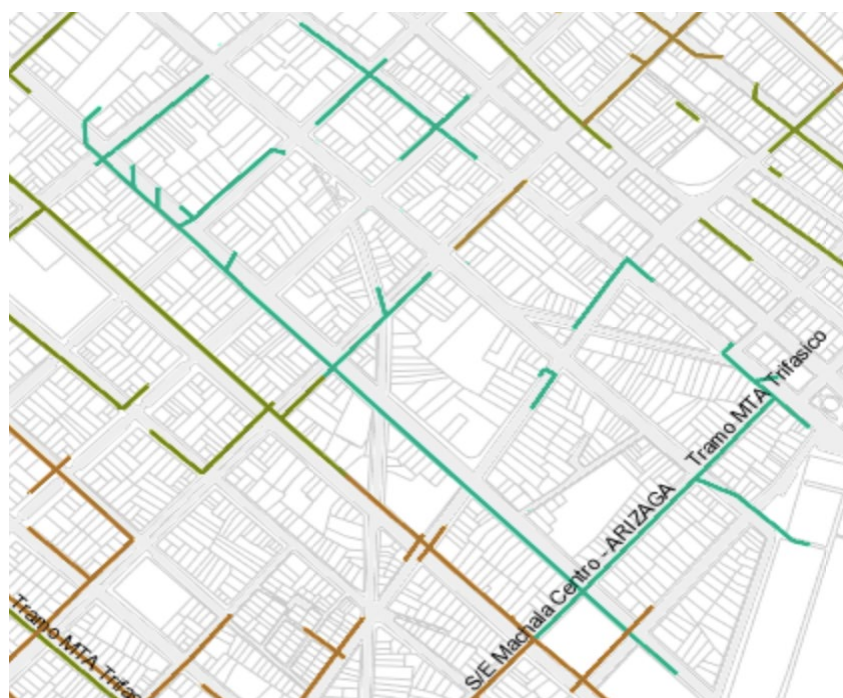
Tabla 7. Parámetros a considerar dentro de la simulación.

Tipo de vehículo	Tipo de batería	Tipo de carga	Horario de carga	Tipo de vivienda
Eléctrico 100%	Ión-litio	Lenta en AC	22H-06H (8 horas)	Casa unifamiliar

Fuente: autor

El escenario de estudio, como ya se lo ha mencionado se lo realizara en la ciudad de Machala. LA ciudad al ser una ciudad en constante desarrollo presenta zonas con diferente consumo residencial para lo cual la CNEL EP estratifica por grupos de consumo, identificando de mejor manera los consumidores con mayores consumos. Por otro lado, para la simulación de las redes eléctricas se plantearon dos escenarios: el escenario 1 que es el estado actual de las redes y el escenario 2 con un incremento de un 30% introduciendo los vehículos eléctricos. La simulación se fundamenta la observación a nivel de transformadores de distribución más no a los alimentadores de distribución sino a nivel de punto de carga.

El área de estudio para este análisis será dentro del Alimentador 1 que pertenece a la S/E Machala-Centro ARIZAGA y se encuentra dentro del área de concesión de CNELEP-EL ORO, cubriendo la zona centro de la ciudad de Machala como se muestra en la figura 22.



S/E Machala Centro-Arizaga —————

Fig 22. Ubicación geográfica a estudiar Alim 1 que pertenece a la S/E Machala-Centro ARIZAGA.

Fuente: (CNEL EP, Geoportal CNELEP, 2020).

4.5 Escenario 1.

El estudio se realiza con base a los criterios de las Lineamientos Técnicos para el Diseño de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), donde determinan la Demanda Máxima Unitaria (DMU), acorde al grupo de consumo.

Tabla 8. Demanda máxima unitaria proyectada, lotizaciones y urbanizaciones del sector urbano.

ÁREA PROMDEIO DE LOTES	TIPO DE GRUPO	DMUp (kVA), (10 años)
A>400	1	4.48
300 < A < 400	2	2.35
200 < A < 300	3	1.33
100< a < 200	4	0.82

Fuente: (CNEL-EP, 2012)

Para el análisis se considera una DMU de 0,82 kVA (Kilo Voltio Amperio), con un FP de 95% (factor de potencia).

Para máxima caída de tensión, esta se calcula desde el transformador hasta donde está ubicada la vivienda más apartada eléctricamente, este valor no deberá exceder los siguientes límites con un 5%; y para los vehículos eléctricos se estableció una potencia de 3,6 kVA (Kilo Voltio Amperio) con un FP del 85% (CNEL-EP, 2012).

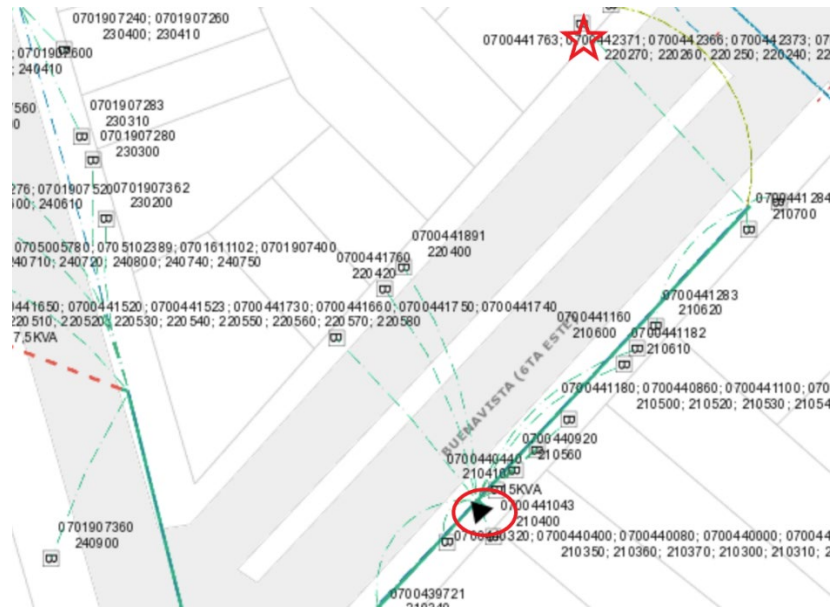


Fig 23. Ubicación geográfica del transformador N° 23359 que pertenece a la S/E Machala-Centro ARIZAGA y usuario N° 3111121935.

Fuente: (CNEL EP, Geoportal CNELEP, 2020).

Para esta simulación se utilizó el programa Power Factory Digsilent 15.1 acorde a información obtenidas por la CNEL-EP, datos de las redes en el diagrama unifilar el que sirvió para determinar los flujos de carga y caídas de voltajes de los transformadores y redes que sirven a los puntos de cargas de los 49 VE. El alimentador está constituido por 49 transformadores; 43 transformadores monofásicos, 6 transformadores trifásicos, Con 3.57 km de red monofásica y 7.97km de red trifásica en Media tensión. Este alimentador sirve a 645 clientes con 6667 puntos de carga de los cuales tomaremos un punto de carga por cada transformador.

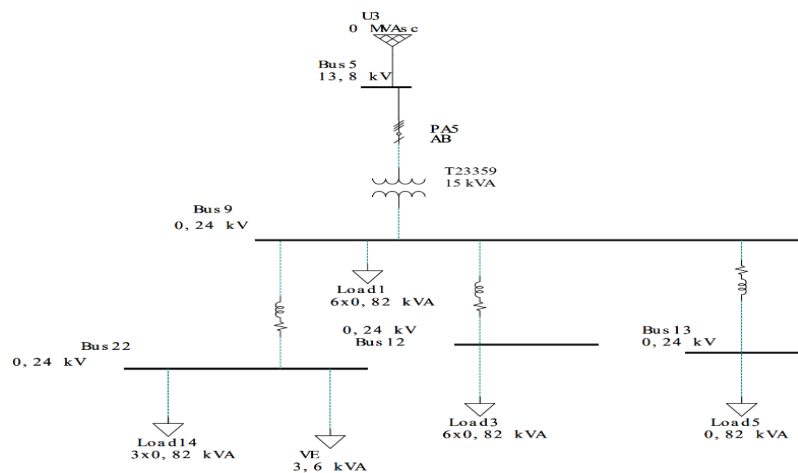


Fig 24. Diagrama unifilar del transformador monofásico 15 kVA N° 23359.

Fuente: Autor

Para la modelación se tomó como barra infinita la red de media tensión, con un voltaje de 13.8 kV (Kilo Voltio) desde la cual se introdujeron los datos técnicos de cada transformador en este caso un transformador de 15kVA además de la impedancia, parámetros de temperatura ambiente, entre otros (CNEL EP, Geoportal CNELEP, 2020). Las redes de baja tensión modelan para una configuración monofásica trefilar 120/240 V (Voltios), con neutro sólido a tierra, para para las fases un conductor número 2/0 American Wire Gauge (AWG), para los transformadores trifásicos un sistema tetrafilar 120/208 V (Voltios) y para el caso de los transformadores monofásicos 1/0 para el neutro (CNEL EP, Geoportal CNELEP, 2020).

Para los voltajes nominales de las barras de baja tensión, se estableció en 240 V (Voltios), además consideraremos que los transformadores tienen el TAP en la posición "0" para minimizar pérdidas (A. MOLINA, D. RODAS, & D. GONZALEZ, 2006).

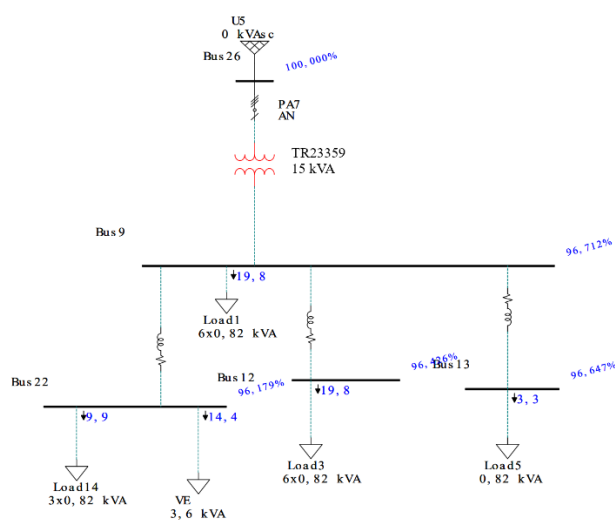


Fig 25. Diagrama unifilar del transformador N° 23359 estado actual.

Fuente: Autor

4.6 Escenario 2.

Una vez ingresado el diagrama unifilar se procedió con el análisis del flujo de carga del transformador de 15 kVA, tanto para el estado actual, como para un incremento del 30% de los VE. Los resultados se muestran a continuación:

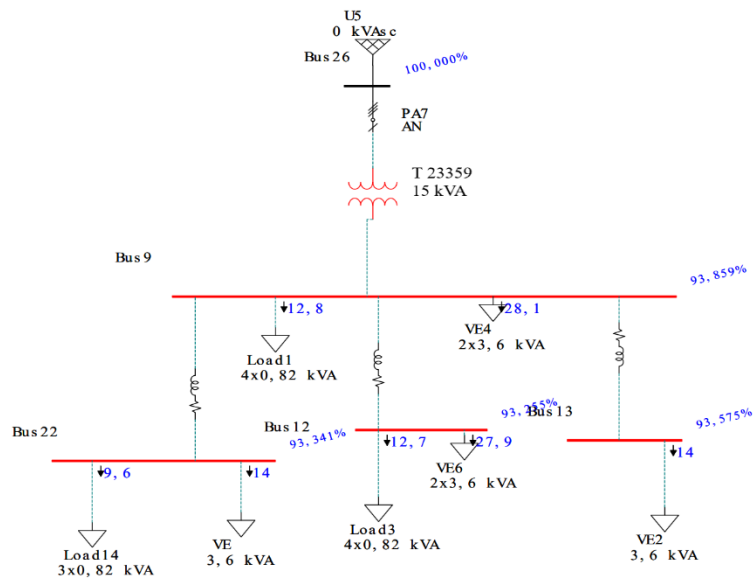


Fig 26. Diagrama unifilar del transformador N° 23359 con un incremento del 30% del Vehículo eléctrico.

Fuente: Autor

Como se refleja en el diagrama unifilar de la figura 26, todas las barras de la red de bajo voltaje visualizan una caída de voltaje mayor al 5% establecido, esto conlleva a una operación fuera de los rangos para un servicio de calidad, ya que se tiene un incremento en las pérdidas técnicas de energía, variaciones de voltajes, incremento de fallas en la red. En el transformador No. 23359, con el incremento del 30% de los vehículos eléctricos, representa una caída de voltaje del 6.75% en el punto más lejano del transformador, lo cual, puede ser manejable con la variación de los taps del mismo.

4.7 Demanda energética con la implementación de los VE (proyectada).

Con la asistencia del software DlgSILENT PowerFactory. Este mismo análisis se realizó a los 49 transformadores del alimentador 1 que suministra a cada carga uno por cada transformador como de los flujos de carga de los 49 transformadores para el estado actual y con el incremento del 30%.

CAPITULO 5

5.1 Impactos en la red de distribución de la ciudad de Machala

El impacto de la implementación de los VE en las redes de distribución depende de la zona de estudio. Lo propuesto en este trabajo de investigación se puede determinar los eventuales

impactos de la implementación de VEs en una red dada (alimentador), dependen de la ocurrencia de algunos de los siguientes factores:

- Una masiva concentración vehículos eléctricos, esto depende de la particularidad de la distribución del parque vehicular de la ciudad de Machala, ya sean para el transporte público, entre otros.
- Que exista concurrencia al instante de cargar los vehículos eléctricos con los máximos de demanda de las redes a las que se conectan.
- Según el tipo de consumo del alimentador, sin considerar la implementación de VEs, lo que hace q se condicione el alimentador con los momentos de máxima potencia.

5.2 Resultados

Gracias al a información brindada por los representantes de la Dirección de estudios técnicos y económicos que conforman el Departamento de Planificación de CNEL-EP en la unidad de negocio EL ORO y los resultados obtenidos en las simulaciones mediante el software DlgSILENT PowerFactory realizamos las tablas 9 y 10 donde interpretamos los resultados:

- Transformador N° 27743 de 5 kVA.

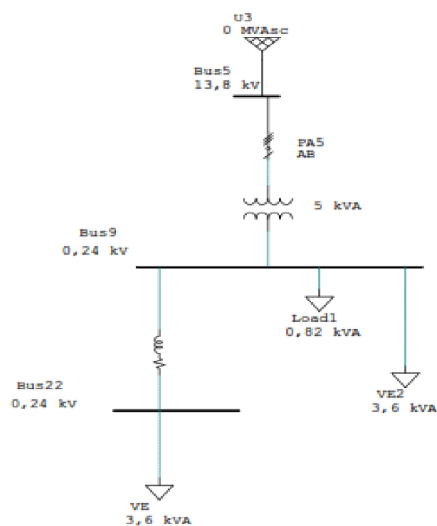


Fig 27. Diagrama unifilar N° 27743.

Fuente: Autor

En su estado actual:

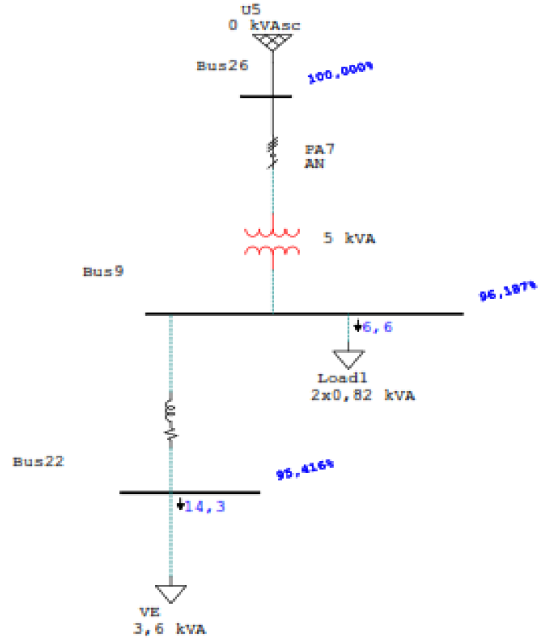


Fig 28. Diagrama unifilar en el estado actual del transformador N° 27743.

Fuente: Autor

Y con el incremento del 30%:

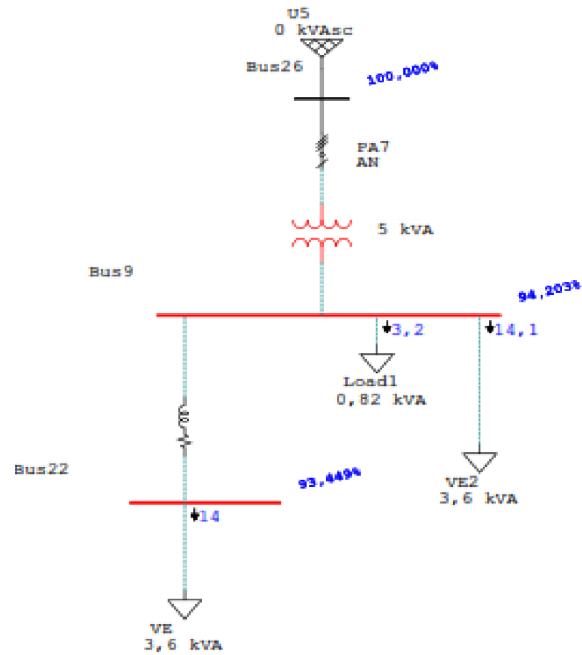


Fig 29. Diagrama del transformador N° 27743 con el incremento del 30% de carga.

Fuente: Autor

- Transformador N° 27734 de 10 kVA.

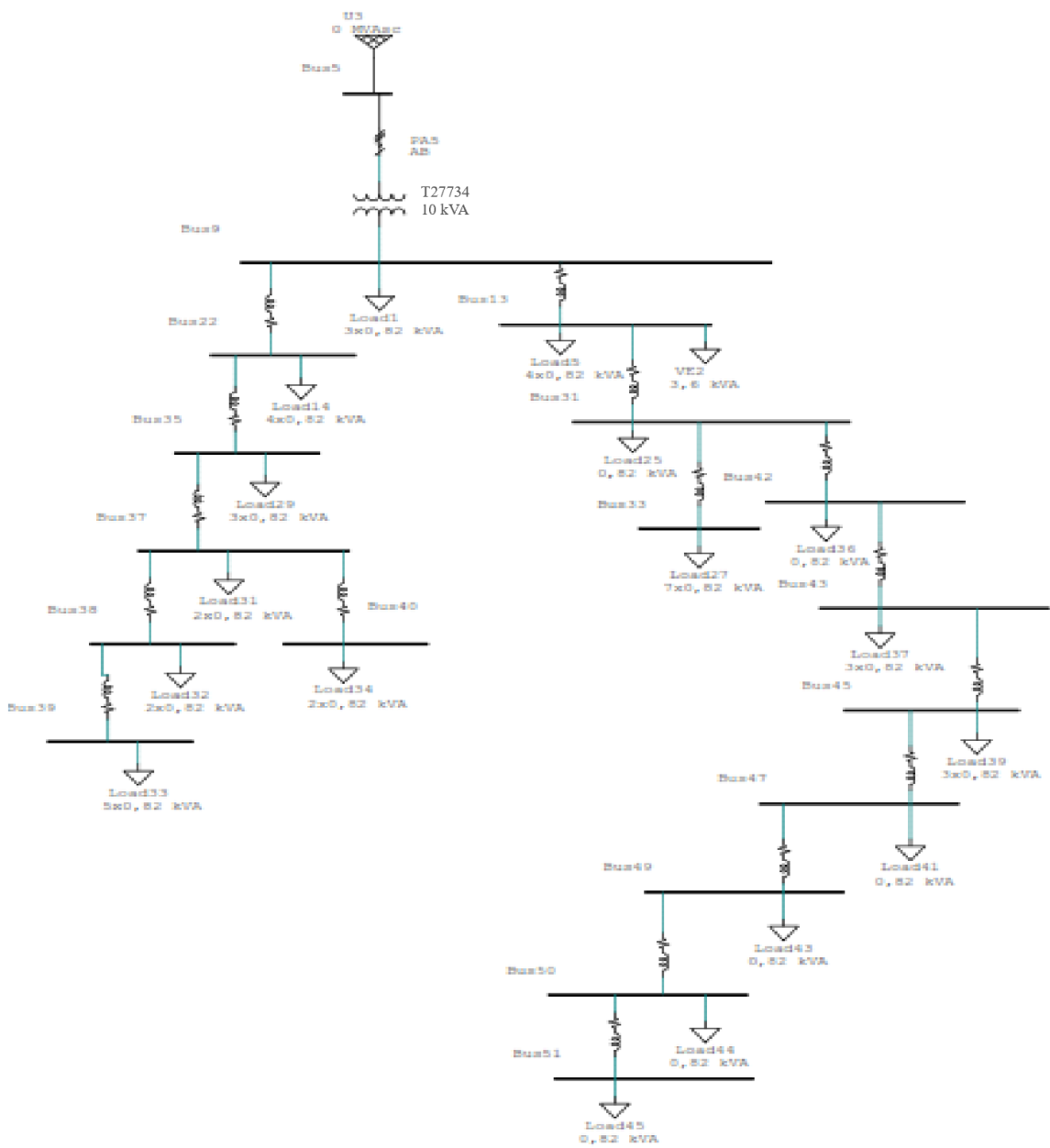


Fig 30. Diagrama unifilar del transformador N° 27734.

Fuente: Autor

En su estado actual:

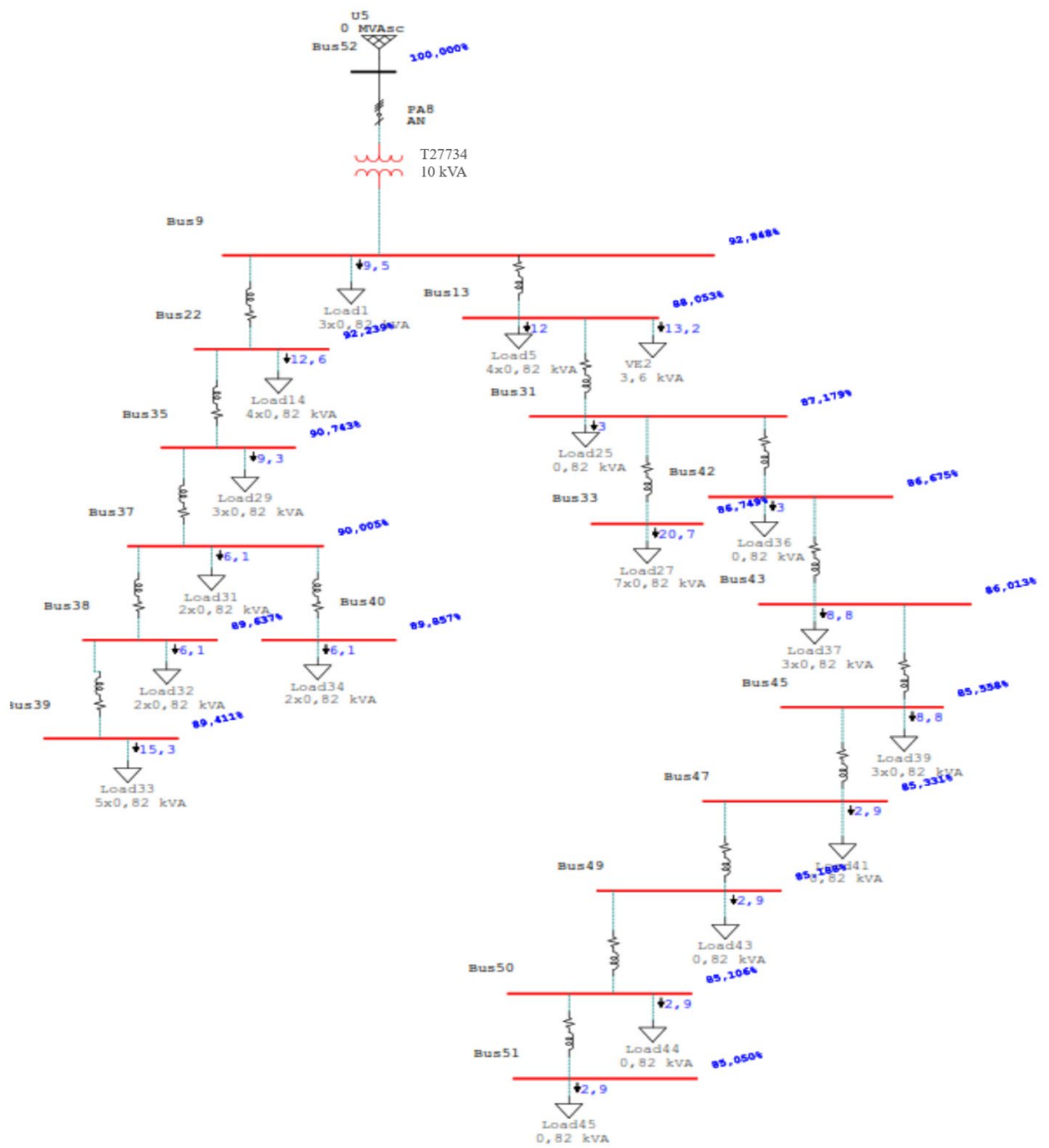


Fig 31. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 en estado actual.

Fuente: Autor

Y con el incremento del 30%:

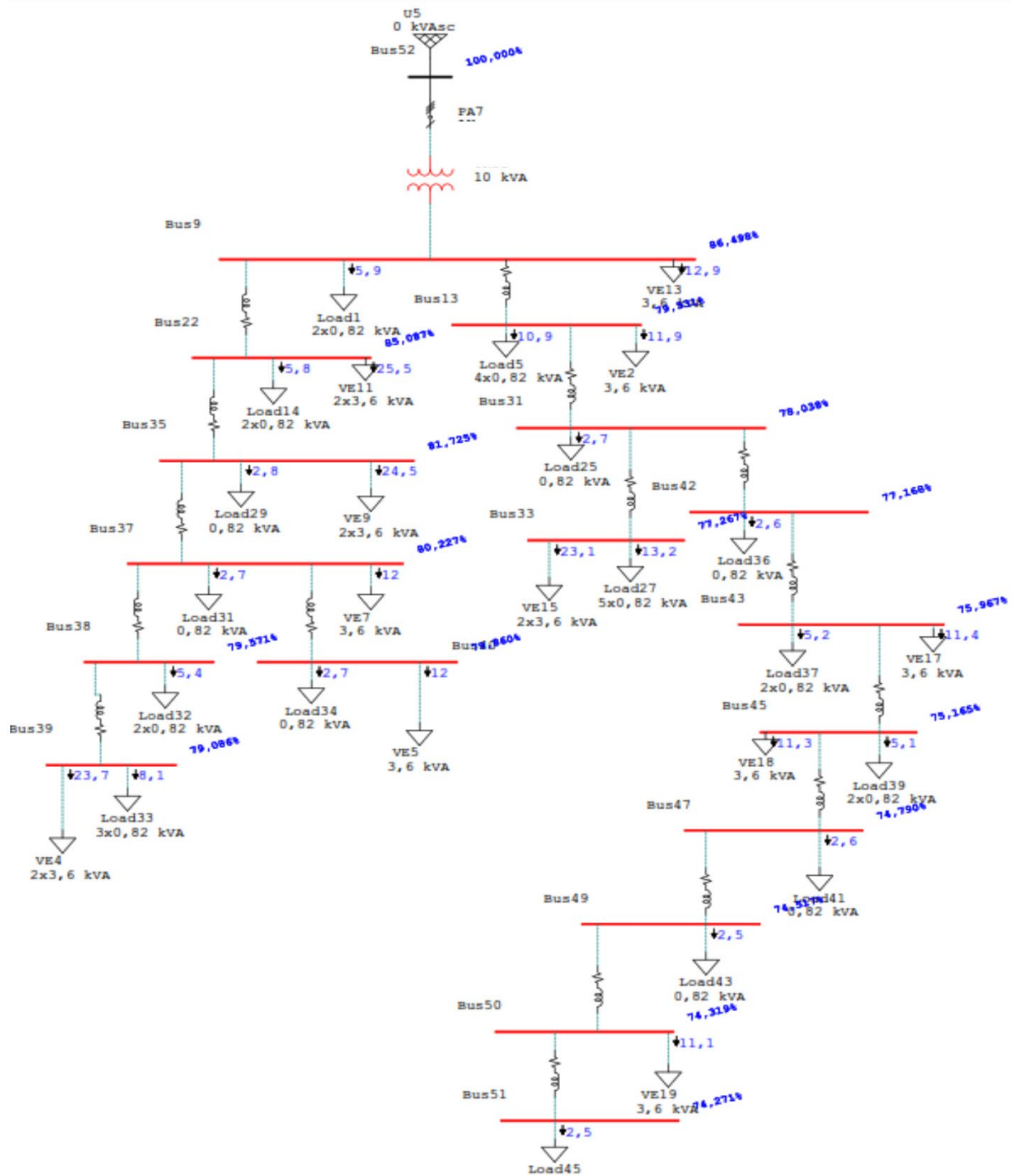


Fig 32. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 con un incremento de 30% de carga.

Fuente: Autor

- Transformador N° 13433 de 25 kVA

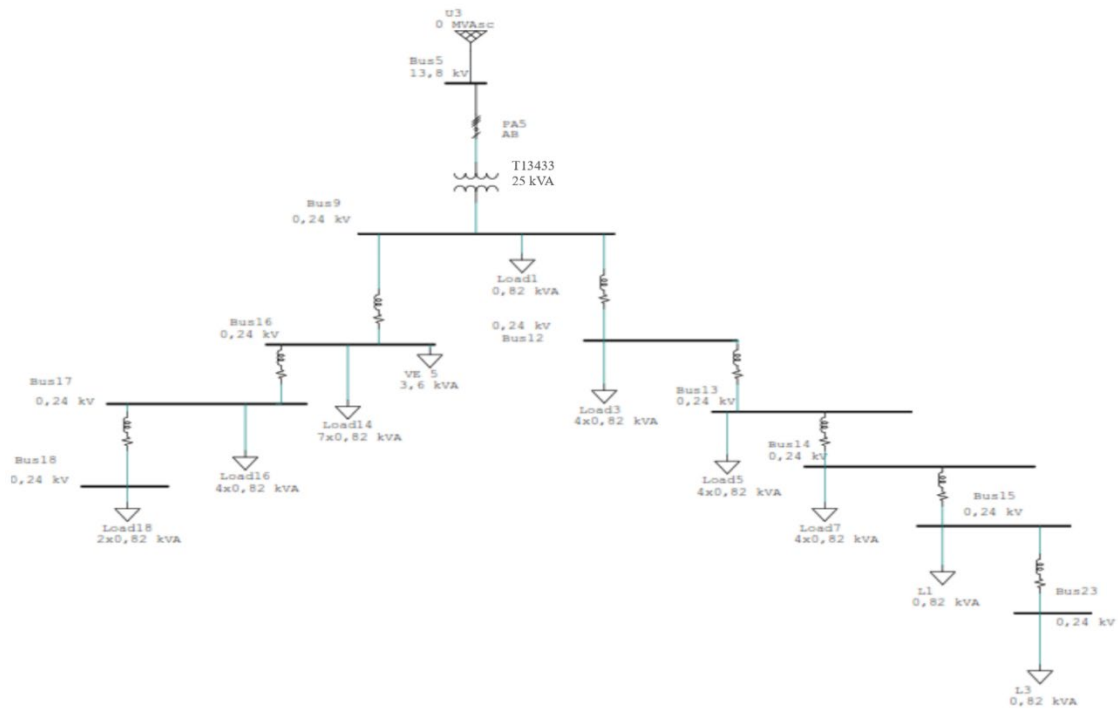


Fig 33. Diagrama unifilar del transformador N° 13433.

Fuente: Autor

En su estado actual:

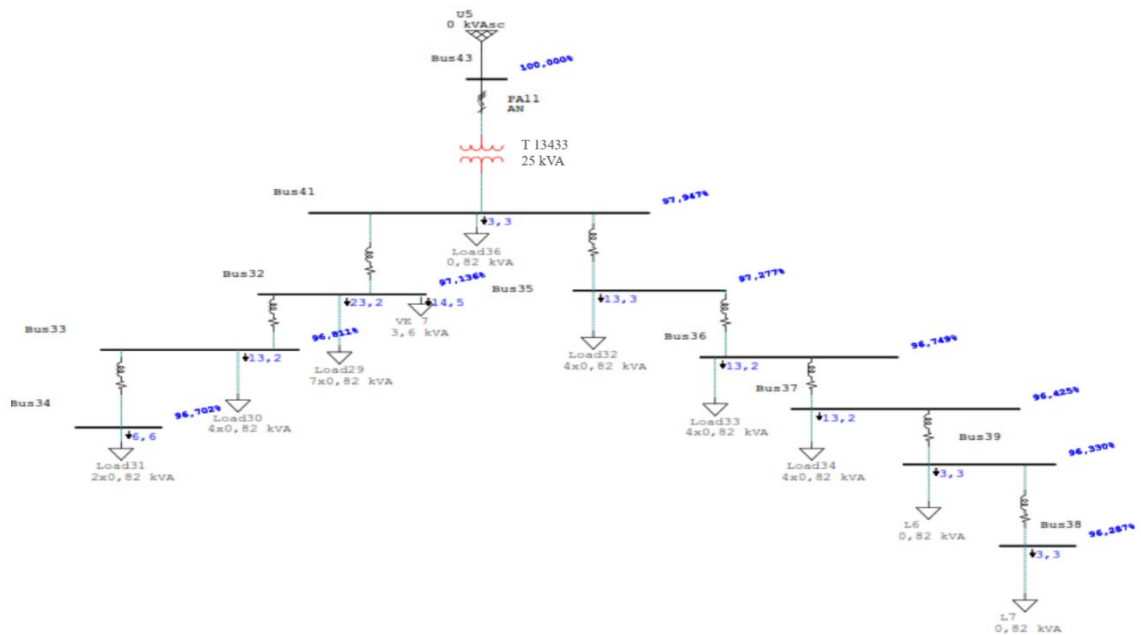


Fig 34. Diagrama unifilar del transformador N° 13433 en estado actual.

Fuente: Autor

Y con el incremento del 30%:

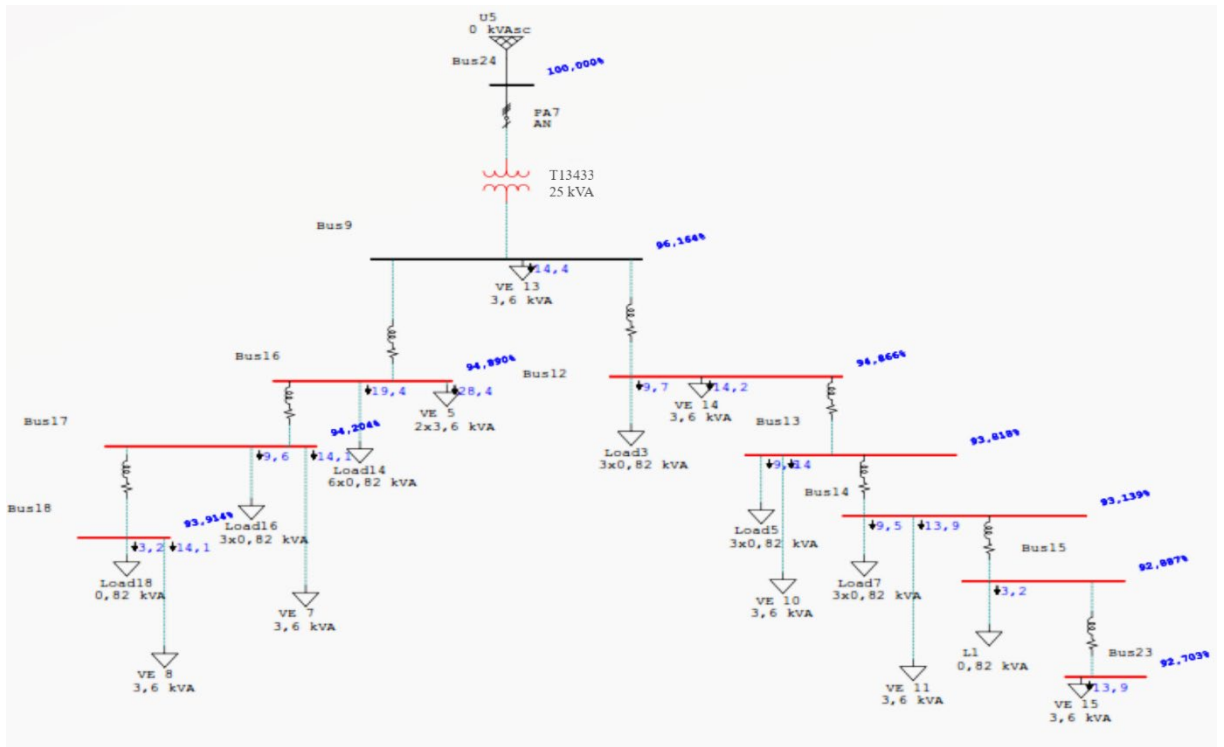


Fig 35. Diagrama unifilar del transformador N° 13433 con un incremento de 30% de carga.

Fuente: Autor

- Transformador N° 27782 de 37,5kVA

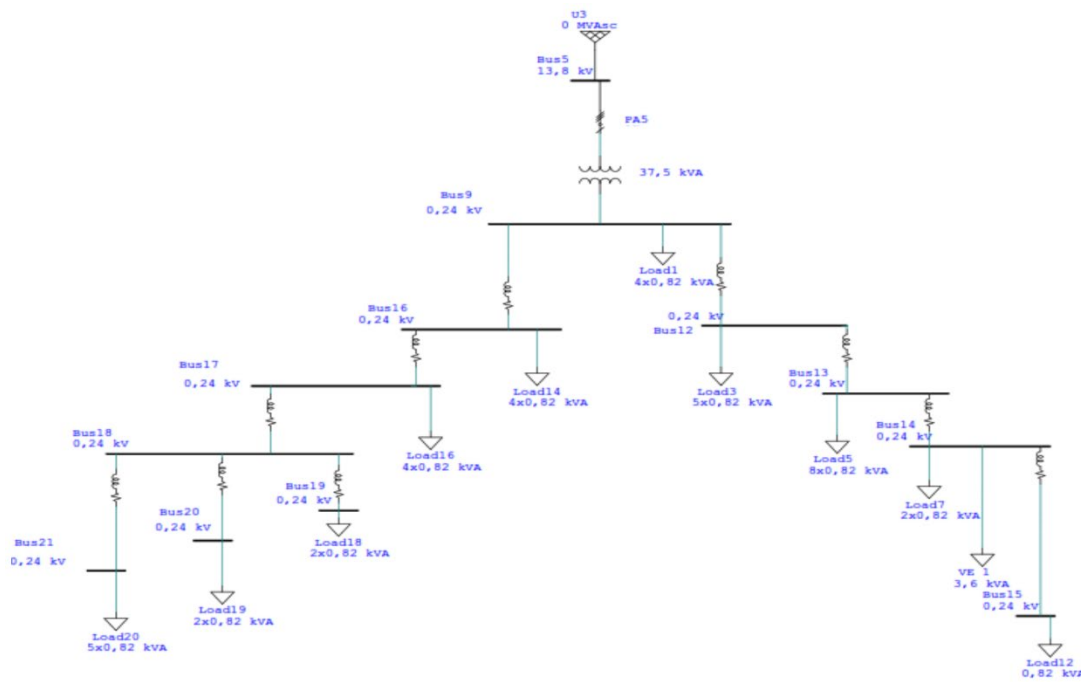


Fig 36. Diagrama unifilar del transformador N° 27734.

Fuente: Autor

En su estado actual:

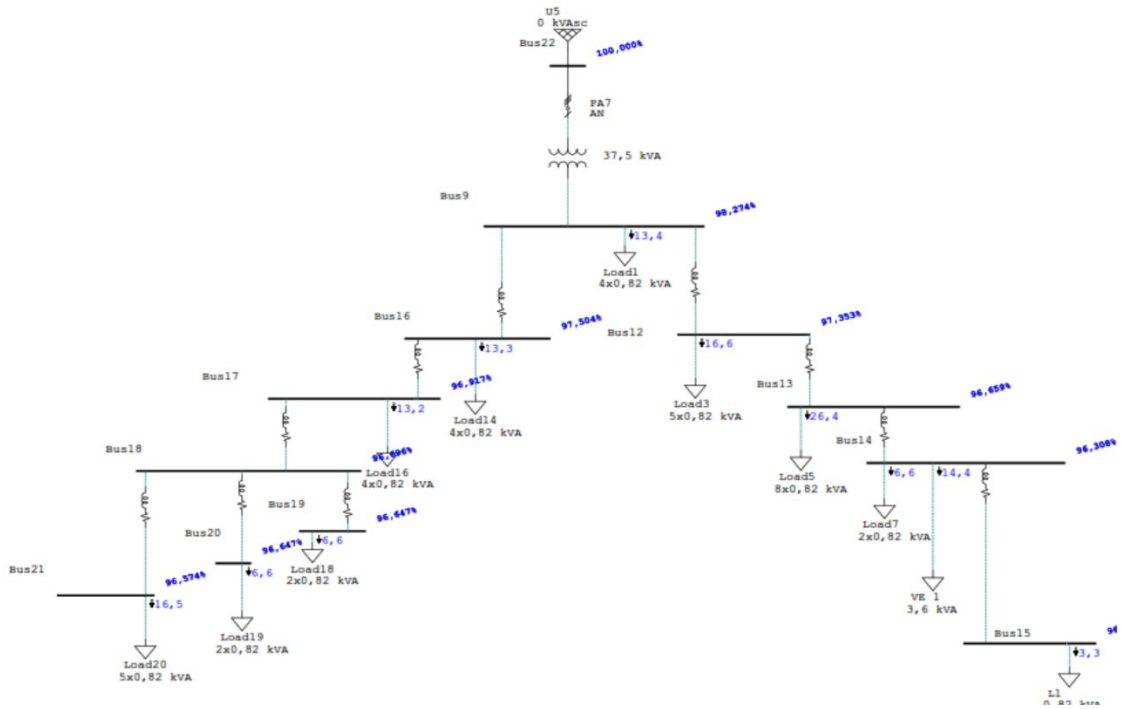


Fig 37. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 en estado actual.

Fuente: Autor

Y con el incremento del 30%:

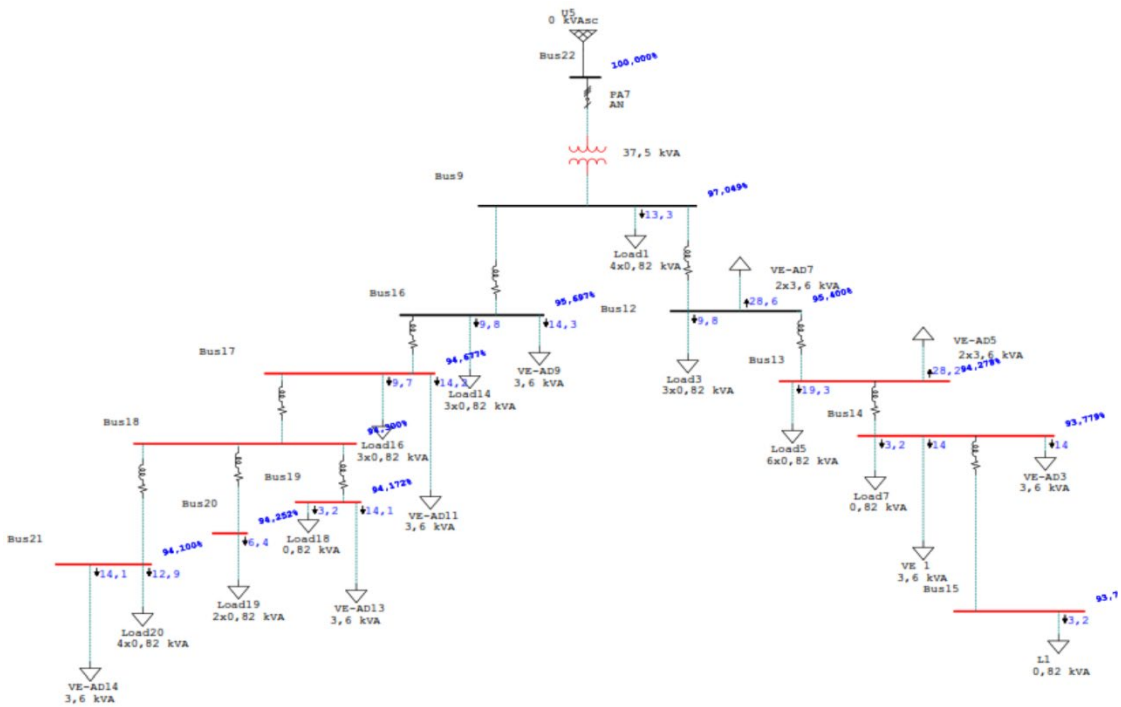


Fig 38. Diagrama unifilar del transformador N° 27734 con un incremento de 30% de carga.

Fuente: Autor

- Transformador N° 14310; 14312; 14311 de 45 kVA.

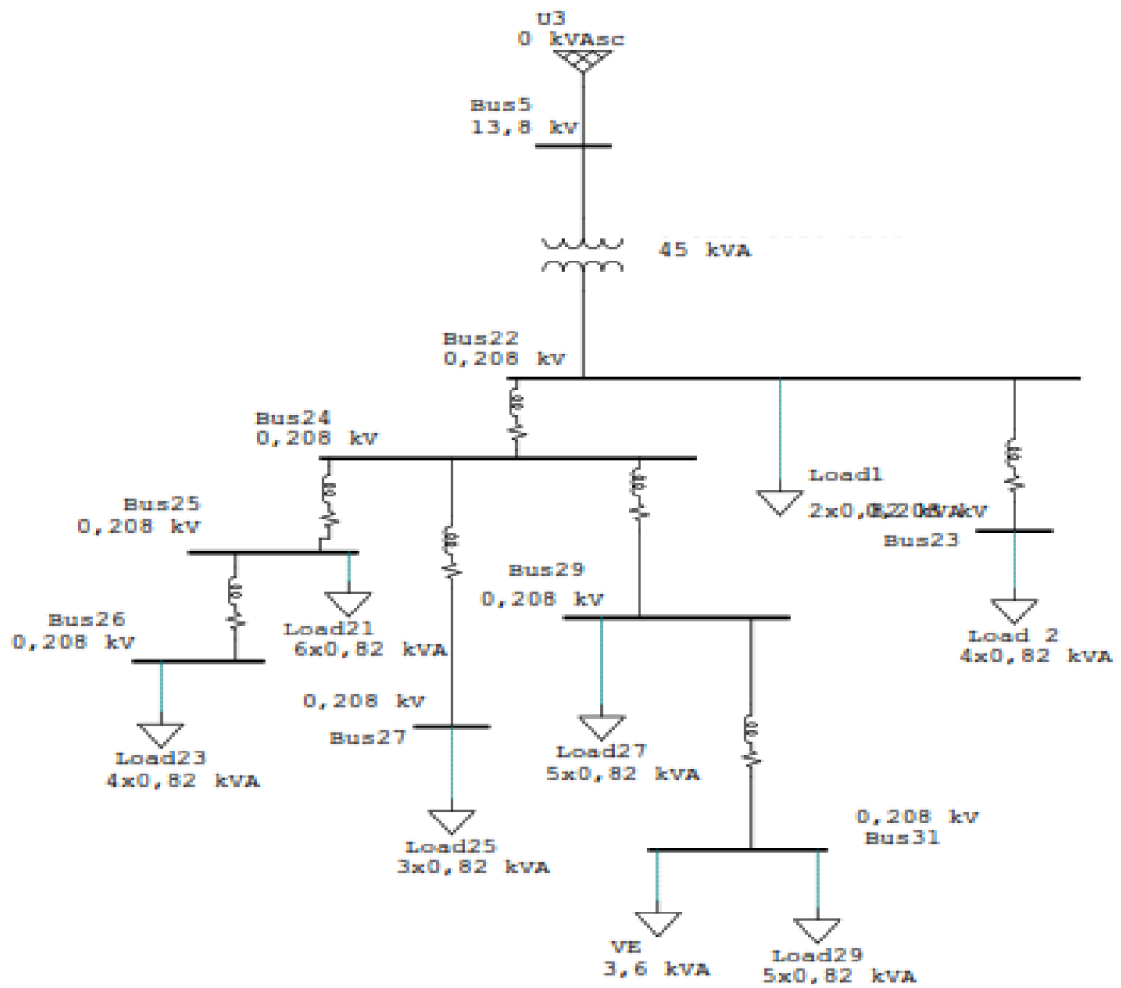


Fig 39. Diagrama unifilar del transformador N° 14310; 14312; 14311.

Fuente: Autor

En su estado actual:

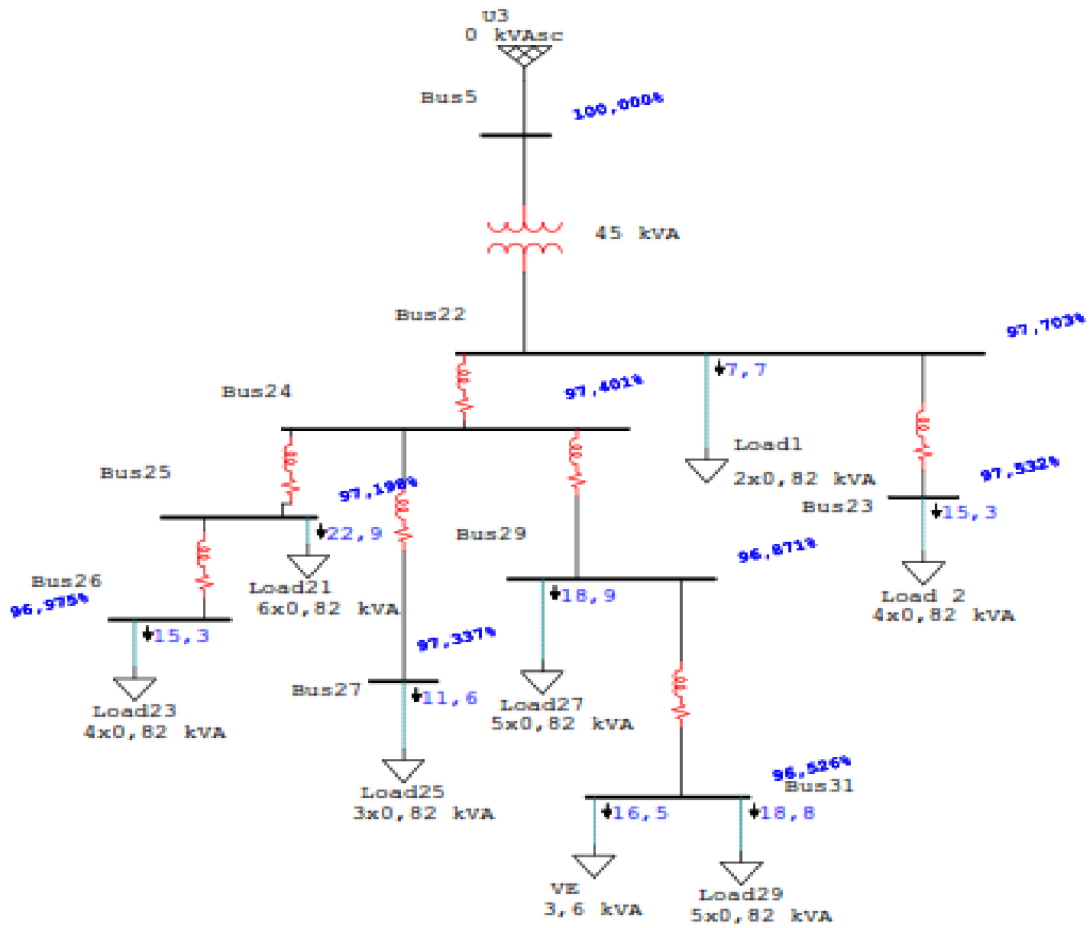


Fig 40. Diagrama unifilar del transformador N° 14310; 14312; 14311 en estado actual.

Fuente: Autor

Y con el incremento del 30%:

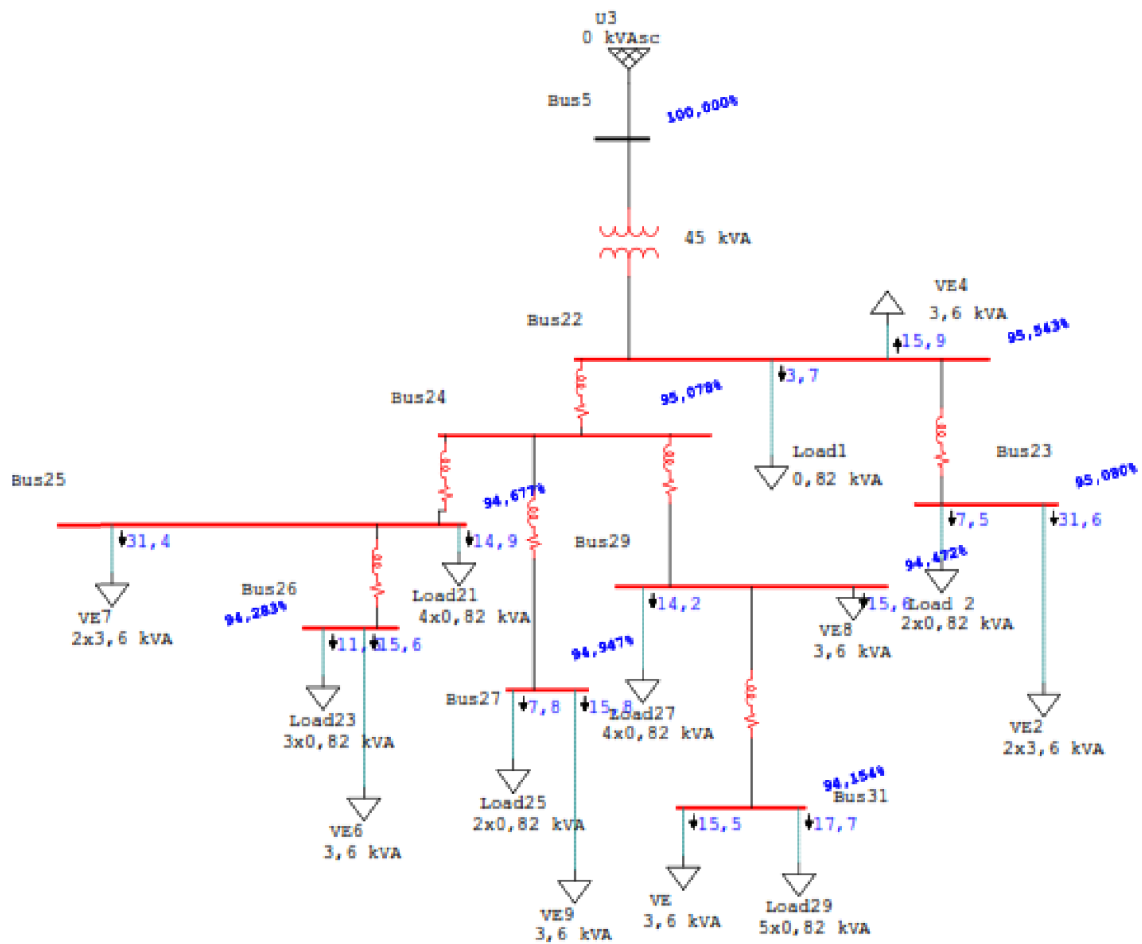


Fig 41. Diagrama unifilar del transformador N° 14310; 14312; 14311 con un incremento de 30% de carga.

Fuente: Autor

- Como se muestra en la tabla 9: El 69% de los transformadores en el estado actual, cumplen con el criterio de que la vivienda más alejada del circuito eléctrico presenta una caída de voltaje menor al 5 % del voltaje nominal.

Tabla 9. Porcentaje de transformadores que cumplen con el 5% del voltaje nominal.

ITEM	POTENCIA	ID DEL TRAFIO	NUMERO DE ABONADOS	% CAIDA DE VOLTAJE ACTUAL EXTREMO DE LA RED	CUMPLE CON EL % MAX EXTREMO DE RED	% CAIDA VOLTAJE EXTREMO INCREMENTO 30%	CUMPLE CON EL 5% MAXIMO DE EXTREMO DE RED
1	45	14310; 14312; 14311	47	96,526	SI	94,154	NO
2	25	13433	29	96,675	SI	90,711	NO
3	25	13434	16	97,858	SI	97,179	SI
4	37,5	23135	23	97,949	SI	96,231	SI
5	37,5	OID25788	33	97,4	SI	95,245	SI
6	75	27757	41	96,756	SI	93,316	NO
7	10	15433	20	95,33	SI	91,837	NO
8	25	20372	22	96,787	SI	95,007	SI
9	15	23178	13	97,914	SI	96,329	SI
10	250	20033	1	100	SI	100	SI
11	15	15470	17	96,179	SI	93,255	NO
12	50	13436	40	96,074	SI	91,543	NO
13	25	13435	29	96,21	SI	92,65	NO
14	10	15471	13	96,331	SI	92,93	NO
15	15	23359	17	96,179	SI	93,255	NO
16	25	16706	33	96,403	SI	91,537	NO
17	25	190405	23	97	SI	92,838	NO
18	25	20971	28	95,01	SI	90,381	NO
19	37,5	OID25797	26	97,648	SI	95,269	SI
20	37,5	13437	31	97,674	SI	95,532	SI
21	37,5	OID25796	24	97,478	SI	95,411	SI
22	25	OID25808	25	96,97	SI	94,3	NO
23	25	13435	39	95,765	SI	92,533	NO
24	25	13434	10	98,765	SI	97,967	SI
25	37,5	22367	32	95,467	SI	91,043	NO
26	25	20372	24	97,557	SI	95,293	SI
27	15	15429	19	95,677	SI	93,654	NO
28	25	17968	38	95,67	SI	94,461	NO
29	37,5	27782	38	96,267	SI	93,74	NO
30	5	27743	3	96,186	SI	94,203	NO
31	25	16197	29	96,286	SI	95,703	SI
32	5	26983	4	96,765	SI	93,765	NO
33	10	27735	12	97,876	SI	96,542	SI
34	15	20175	27	97,654	SI	95,875	SI

Fuente: Autor

- El 29% de los transformadores estarían en la capacidad de abastecer a los VE, en condiciones normales con el incremento del 30%.

Tabla 10. Transformadores capaces de abastecer la carga al incrementar vehículos eléctricos.

ITEM	POTENCIA	ID DEL TRAF0	NUMERO DE ABONADOS	% CAIDA DE VOLTAJE ACTUAL EXTREMO DE LA RED	CUMPLE CON EL % MAX EXTREMO DE RED	% CAIDA VOLTAJE EXTREMO INCREMENTO 30%	CUMPLE CON EL 5% MAXIMO DE EXTREMO DE RED
1	25	13434	16	97,858	SI	97,179	SI
2	37,5	23135	23	97,949	SI	96,231	SI
3	37,5	OID25788	33	97,4	SI	95,245	SI
4	25	20372	22	96,787	SI	95,007	SI
5	15	23178	13	97,914	SI	96,329	SI
6	250	20033	1	100	SI	100	SI
7	37,5	OID25797	26	97,648	SI	95,269	SI
8	37,5	13437	31	97,674	SI	95,532	SI
9	37,5	OID25796	24	97,478	SI	95,411	SI
10	25	13434	10	98,765	SI	97,967	SI
11	25	20372	24	97,557	SI	95,293	SI
12	25	16197	29	96,286	SI	95,703	SI
13	10	27735	12	97,876	SI	96,542	SI
14	15	20175	27	97,654	SI	95,875	SI

Fuente: Autor

- Es indispensable hacer una repotenciación de las redes de distribución en el 31% de los transformadores estudiados y así cumplir con la caída máxima de voltaje permitida en el extremo de la red del escenario 1 (estado actual).

Tabla 11. Porcentaje de Transformadores que no cumplen con el 5% del voltaje nominal.

ITEM	POTENCIA	ID DEL TRAF0	NUMERO DE ABONADOS	% CAIDA DE VOLTAJE ACTUAL EXTREMO DE LA RED	CUMPLE CON EL % MAX EXTREMO DE RED	% CAIDA VOLTAJE EXTREMO INCREMENTO 30%	CUMPLE CON EL 5% MAXIMO DE EXTREMO DE RED
1	50	23924	30	93,725	NO	88,582	NO
2	37,5	23359	57	90,734	NO	85,483	NO
3	37,5	13431	64	88,567	NO	79,678	NO
4	25	13434	43	94,324	NO	88,328	NO
5	37,5	23983	54	91,166	NO	84,127	NO
6	25	16197	52	94,033	NO	86,879	NO
7	25	13475	58	93,137	NO	84,832	NO
8	15	27778	61	89,475	NO	79,458	NO
9	25	13425	41	94,835	NO	89,673	NO
10	15	6759	24	93,109	NO	90,282	NO
11	10	27734	26	94,697	NO	89,509	NO
12	37,5	24248	76	92,008	NO	83,345	NO
13	15	OID25781	39	92,387	NO	86,456	NO
14	15	27778	34	93,018	NO	86,986	NO
15	10	27734	47	85,05	NO	74,271	NO

Fuente: Autor

- Si a futuro se da la implementación de los VE sería necesario repotenciar el 71% de los transformadores.

Tabla 12. Transformadores que no son capaces de abastecer la carga al incrementar vehículos eléctricos.

ITEM	POTENCIA	ID DEL TRAF0	NUMERO DE ABONADOS	% CAIDA DE VOLTAJE ACTUAL EXTREMO DE LA RED	CUMPLE CON EL % MAX EXTREMO DE RED	% CAIDA VOLTAJE EXTREMO INCREMENTO 30%	CUMPLE CON EL 5% MAXIMO DE EXTREMO DE RED
1	50	23924	30	93,725	NO	88,582	NO
2	45	14310; 14312; 14311	47	96,526	SI	94,154	NO
3	25	13433	29	96,675	SI	90,711	NO
4	37,5	23359	57	90,734	NO	85,483	NO
5	37,5	13431	64	88,567	NO	79,678	NO
6	25	13434	43	94,324	NO	88,328	NO
7	75	27757	41	96,756	SI	93,316	NO
8	10	15433	20	95,33	SI	91,837	NO
9	37,5	23983	54	91,166	NO	84,127	NO
10	15	15470	17	96,179	SI	93,255	NO
11	50	13436	40	96,074	SI	91,543	NO
12	25	13435	29	96,21	SI	92,65	NO
13	10	15471	13	96,331	SI	92,93	NO
14	15	23359	17	96,179	SI	93,255	NO
15	25	16197	52	94,033	NO	86,879	NO
16	25	13475	58	93,137	NO	84,832	NO
17	15	27778	61	89,475	NO	79,458	NO
18	25	16706	33	96,403	SI	91,537	NO
19	25	13425	41	94,835	NO	89,673	NO
20	25	190405	23	97	SI	92,838	NO
21	15	6759	24	93,109	NO	90,282	NO
22	25	20971	28	95,01	SI	90,381	NO
23	10	27734	26	94,697	NO	89,509	NO
24	25	OID25808	25	96,97	SI	94,3	NO
25	25	13435	39	95,765	SI	92,533	NO
26	37,5	24248	76	92,008	NO	83,345	NO
27	37,5	22367	32	95,467	SI	91,043	NO
28	15	OID25781	39	92,387	NO	86,456	NO
29	15	15429	19	95,677	SI	93,654	NO
30	25	17968	38	95,67	SI	94,461	NO
31	37,5	27782	38	96,267	SI	93,74	NO
32	5	27743	3	96,186	SI	94,203	NO
33	15	27778	34	93,018	NO	86,986	NO
34	10	27734	47	85,05	NO	74,271	NO
35	5	26983	4	96,765	SI	93,765	NO

Fuente: Autor

- Ciertos transformadores abastecen a número de usuarios excesivo.
- En promedio, para el estudio considerado, con el incremento en el 30% de los vehículos eléctricos alcanza un 4 % en las caídas de voltaje.

Para el siguiente análisis se utilizó el modelo de red de distribución. Este modelo de red incluye la red de distribución desde el nivel de tensión primaria (69 kV) hasta el nivel de baja tensión (240/110 V). La subestación de 69/13.8 kV tiene 1 alimentador saliente de 13.8 kV. Para simplificar el análisis, solo se modeló en detalle al alimentador junto con sus cargas conectadas y EV (si los hubiera).

Con los casos propuestos para analizar se observa que el nivel de calidad de la energía con la utilización de los vehículos eléctricos, bajo el modelado de carga del 30% con una penetración estimada de hasta 49 vehículos pues el 29% no deberían presentar inconvenientes en la calidad del servicio eléctrico en la zona de estudio. Desde el punto de vista de la capacidad del alimentador bajo el 31% escenarios se encontró problemas de dimensionamiento, siendo necesario realizar un análisis de la capacidad del sistema de distribución actual de la ciudad de Machala con el fin de conocer los puntos en los cuales es necesario realizar cambio de cables y/o transformadores con el fin de aumentar su capacidad según sea el caso.

CONCLUSIONES

El uso de los vehículos eléctricos es una opción pues se buscaba encontrar cuales son las mejores estrategias para la integración de vehículos eléctricos a la red de distribución que desde la visualización ambiental, promueve su utilización, simulando para ello un sistema con unos niveles de integración.

En la ciudad de Machala la distribución de VE crece paulatinamente cada año, por la cual, estas expectativas no son del todo reales, puesto que, aunque estudiando la red de distribución de media tensión se pueda prever un nivel de implantación de VE's considerable, es probable que a niveles menores comiencen a aparecer contingencias en la red de baja tensión. Por lo que un siguiente paso, para tener un análisis más aproximado del impacto que producen los VE's en el sistema, sería estudiar también estas redes de baja tensión.

Referente al estudio de cargabilidad actual de los transformadores que servirían a los 49 usuarios con VE, los efectos negativos que presentarían es que están diseñados con una capacidad de carga específica basada en consumo típicos. Entonces se identificó que un 29% están en la capacidad de abastecer el incremento del 30% de los vehículos eléctricos. Al integrar los VE la demanda de energía cambiará y el sistema puede que no sea capaz de asimilar el nuevo modelo, produciendo una degradación en los transformadores. Es decir, técnicamente es necesario aplicar criterios para una repotenciación de las redes de distribución en el 31% de los transformadores, así como, el 71% de las redes frente a un posible incremento de los VE.

Con estos resultados, es indispensable que el Estado a través de sus entes reguladores establezcan estrategias con respecto a la distribución y comercialización de energía eléctrica en el país, donde permitan fortalecer este tipo de servicios en el área de transporte, considerando que la mejora en el sistema, ya que tiene una repercusión económica y en el desarrollo sostenible del país. Promuevan una política de Estado que motive a todas las personas emplear unidades eléctricas, desde la parte técnica de garantía del servicio eléctrico a los usuarios, sin verse afectado la calidad del servicio, además, un plan de tarifa adecuada que refleje costos accesibles a los propietarios de las unidades eléctricas.

Es Estudio de la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Machala, marca un acontecimiento importante para abrirse a nuevas opciones de trasportación eficiente, sin embargo, con solo un posible incremento del 30% de los vehículos eléctricos en la red de distribución de media tensión, se evidencia la necesidad de repotenciar el sistema eléctrico; pues los efectos nocivos de los transformadores surgen de que éstos están diseñados con una capacidad de carga específica basada en un modelo de consumo típicos. Al integrar los

VE's el modelo cambiará y el sistema puede que no sea capaz de asimilar produciendo la degradación de los transformadores. Aunque, cabe decir, que este impacto es más significativo individualmente en los transformadores que en el conjunto de la red.

RECOMENDACIONES

- Los resultados de esta investigación, conllevan a garantizar técnicamente a nivel de todo el sistema de distribución en el País, los valores obtenidos en la simulación de los vehículos eléctricos con una carga lenta en AC, revelan que la implementación de VE en una 30% de carga en la ciudad de Machala es viable, a pesar de ello, se deberá analizar los aspectos técnicos de los VE, para una futura penetración de energía a la red, a través de estas unidades, lo cual mejoraría la rentabilidad de los vehículos.
- Con base a la información obtenida en la presente investigación, profundizar un estudio con respecto a la operación de los sistemas de distribución, a través de acciones que incluyan una repotenciación de la red de distribución de la ciudad de Machala.
- Socializar la información obtenida de con la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL EP), esto ayudará a retroalimentar los resultados que conlleve a conocer las condiciones técnicas de la operatividad que poseen todas las unidades eléctricas referente al funcionamiento de la red de distribución del País.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

(BCE), E. B. (2019). *Análisis Económico*. Quito.

(LOEE), L. O. (2019). *Análisis desde un punto de vista de la Eficiencia Energética (EE)*".

(MEER), M. d. (2012). *Incorporación de Vehículos Eléctricos*.

A. MOLINA, D. RODAS, & D. GONZALEZ. (2006). *Operación de Taps en transformadores de distribución para reducir pérdidas*. Colombia.

ARCONEL. (Diciembre 2019). *Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución*. Quito.

Asociación de Empresas Automotrices Del Ecuador, A. (2019). *ANUARIO- Estadísticas- Cifras de Mercado*.

Asociación de Operadores de Grandes Redes Eléctricas. (2010). *Very Large Power Grid Operators- VLPGO*. España. Obtenido de Red Eléctrica España, :
<https://www.ree.es/es/sostenibilidad/compromiso-con-la-sostenibilidad>

Bradford P. Roberts, & Chet Sandberg, .. (2011). The Role of Energy Storage in Development of Smart Grids. *IEEE*, 1139 - 1144.

Cargacar. (2019). *CARGACAR*. Obtenido de CARGACAR: <https://cargacar.com/noticias/que-es-electrolinera/>

Castilla y León, G. d. (2011). *Guía del Vehículo eléctrico*. España: Juanta Castillo y León.

CENACE. (2020). *En Ecuador, el consumo de energía eléctrica se incrementó en un 4,5% en 2019*. Quito.

Centro de Energía, T. y.-V. (2015). *The University of Tennessee*. Obtenido de The University of Tennessee: <https://www.utc.edu/college-engineering-computer-science/research/cete/>

Chademo Association. (2014). Revolutionising the way the drive and use our vehicles. *ChaDemo fast charging for EVs*.

Chapman, S. J. (s.f.). *Máquina Eléctricas*. Colombia: Mc Graw Hill.

Circuitor. (2019). Recarga inteligente de vehículos eléctricos. *Circuitor.es*, pag. pag. 26.

CNEL EP. (2018). *Estimación de la demanda y su proyección*.

CNEL EP. (Agosto de 2020). *Geoportal CNELEP*. Obtenido de Geoportal CNELEP:
<https://geoportal.cnelep.gob.ec/cnel/>

CNEL-EP. (2012). *Normas técnicas de Redes Eléctricas Urbanas y Rurales* .

- Comisión Nacional de Energía Española. (2012). *Comisión Nacional de Energía Española- CNMC*. Madrid.
- CONELEC. (2016). *Plan Maestro de Electrificación 2007-2016*. Quito.
- Cuauhtli, D., & Sánchez, F. (2009). *Estudio del ajuste y operación de la aplicación del relevador SEL-300G Aplicado a un generador síncrono*. Mexico D.F.: s.e.
- Curtis D. Anderson, J. A. (2010). *Automóviles eléctricos e híbridos: La Historia*. McFarland; Edición: Second Edition.
- DENHOLM P., & y SHORT W. (Oct. 2006). An Evaluation of Utility System Impacts and Benefits of Optimally Dispatched Plug-In Hybrid Electric Vehicles. *National Renewable Energy Laboratory*, 1-24.
- Diego Andrés Albendea. (2011). *ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN*. Madrid.
- Empresa Pública Municipal de Movilidad de Machala EPMM-M. (2019). *El proceso de matriculación de 2019*. Machala.
- Empresite, E. (2016). *Ingeniería De Transporte Y Distribucion De Energia Electrica SI*. Obtenido de Empresite España.
- Energía-IDAE, I. p. (2011). *Guía para la Introducción del Vehículo Eléctrico en los Entornos Urbanos*. Madrid.: MOVELE.
- Esmartcity.es. (2016). Un punto de carga gratuito en casa para incentivar el coche eléctrico. *Esmartcity.es, Todo sobre ciudades inteligentes.*, pág. movilidad urbana.
- Esther Aragón. (2018). Modos y tipos de carga de un vehículo eléctrico. *Movilidad Eléctrica.com*,, pág. 1.
- Estratégicos., M. C. (2015). *Balance Energético*.
- F. Soto, & B. Díaz. (2009). Integración de vehículos eléctricos en el sistema eléctrico español. En: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. *Guía del Vehículo Eléctrico*. (págs. 130-163). Madrid: Conserjería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid.
- Fred Lambert. (2018). CHAdeMO is pushing for faster electric vehicle charging with new 400 kW protocol. . *Electrek*.
- Freddy Leonardo León Estrella, M. X. (2017). *“Implementación y uso de autos eléctricos en el transporte público y su impacto en la red de distribución, Loja 2017”*. Loja.
- GAD Machala. (2010). *Plan de reordenamiento territorial*. Machala.
- García, J., López, F., & Zabala, J. (1997). El vehículo eléctrico. *Tecnología, desarrollo y perspectivas del futuro*.

- Gómez, T., Rivier, M., & Sanchez, A. (2011). Regulatory framework and business models for Charging, plug-in electric vehicles: infrastructure, agents and commercial relationships. *Energy Policy*, vol. 39. pag. 6360-6375.
- González, P. C. (Junio de 2019). Empresas ofrecerán más autos eléctricos en el Ecuador. *El Comercio*. . Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/empresas-oferta-autos-electricos-ecuador.html>
- Grainger, J., & Stevenson, W. (2001). *Análisis de sistemas de potencia*. Mexico: McGRAW-HILL.
- Híbridos&Eléctricos. (s.f.). Claves para desarrollar una infraestructura de recarga global para coches eléctricos. "*Híbridos y Eléctricos*" *ecotecnología del vehículo*.
- Híbridos., & -Eléctricos. (s.f.). Maximiza los beneficios del vehículo eléctrico con la carga lenta. "*Híbridos y Eléctricos*" *Ecotecnología del vehículo*.
- Híbridos y Eléctricos. (2019). *Tecnologías de frenado regenerativo para coches eléctricos*. Mexico.
- Híbridos y Eléctricos. (2020). Claves para desarrollar una infraestructura de recarga global para coches eléctricos. *Híbridos y Eléctricos*,;
- Hydro Quebec. (2012). *Guide Technique d' Installation*. Obtenido de Bornes de recharge pour véhicules électriques: <<http://www.hydroquebec.com/electrificationtransport/pdf/guide-technique.pdf>>
- IDAE. (2011). Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía. . *MOVELE*. Madrid-España.
- J. Guambaña. (Noviembre de 2019). Entró en funcionamiento la primera electrolinera pública de Cuenca. *El Universo*.
- Jesus Moreno H. (2013). *Impacto del vehículo eléctrico sobre las redes de distribución*. Madrid.
- Johnatan G Vélez Sánchez. (2017). *Análisis y Estimación de la demanda Eléctrica con la implementación de vehículos Eléctricos conectados a una Red de Distribución en Cuenca y el Ecuador*. Cuenca.
- Juan Pablo Díaz. (2016). Eficiencia energética de Vehículos Eléctricos en el Ecuador. (*INER-MCPECARCONEL*).
- Kammpam, B. (2010). *Vehículo Eléctrico*.
- Latorre, O. F. (2016). *La evolución del Automóvil*. España.
- Laverón Simavilla F., Muñoz Rodríguez M.A., & G., S. d. (2010). "Análisis energético y económico del vehículo eléctrico". *Revista digital REVE (Wind Energy and the Electric Vehicle)*.
- Losada, S. (2014). La Movilidad Eléctrica en los servicios urbanos: una realidad viable. *III Jornada BioEconomic Sitges*, 24.
- LOSPEE. (2014). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*.

- Magazine, A. (2019). NeoHyundai y E. E. Centro Sur instalarán red de electrolineras. *Revista de la Industria Automotriz, deportes, servicios y afines*.
- Minero, R. (2010). *PRUEBAS EN MAQUINAS SINCRONAS CONFORME A LA NORMA IEC 34 Y LA IEEE STD. 115*. Costa Rica: s.e.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2016). *Plan Maestreo de Eléctricidad 2016-2025*. Quito.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2018). *Estudio de Demanda 2018*. Quito.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2018). *Plan Maestro de Electricidad 2018-2027*. Quito.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2018). *PLAN MAESTRO DE ELECTRICIDAD 2018-2027*. Quito.
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2018). *Balance Nacional de Energía Eléctrica (BNEE)*.
- Ministerio de Industria, E. y. (2014). *Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos*". Madrid .
- Mora, J. F. (2006). *Genios de la Ingeniería Eléctrica* . España : Fundación Iberdrola.
- Moreno, F. M. (Mayo 2016). Vehiculos Electricos, Historia, Estado Actual y Retos Futuros. . *European Scientific Journal*, 14.
- Movilidad Eléctrica y Sostenible - VEC. (2017). *Ecuador se une a la movilidad sostenible con 30 taxis eléctricos BYD*. Loja.
- Moya, R. (1990). *Curso de capacitación para operadores Central Paute Fase AB Generador Principal*. Cuenca: DONSI-INECEL.
- Natalia Arango-Nader. (2012). *EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA MOVILIDAD ELECTRICA URBANA A TRAVÉS DE UN MODELO MIVES*. Barcelona.
- Plan Maestro de Electricidad, P. (2018-2027). *Expansión y Mejora de la distribución*. Quito.
- PLENO COMITE DE COMERCIO EXTERIOR. (2019). *Resolucion No.019-2019*. Quito: COMEX.
- Red Eléctrica Española. (2011). *Consumo de un Vehiculo Electrico*.
- REVE. (2016). *Revista eólica y del vehículo eléctrico*. Obtenido de Revista eólica y del vehículo eléctrico.: <https://www.evwind.com/>
- Revista Enel-X. (2019). *La súper rentabilidad de los autos eléctricos*. Colombia.
- Roberto Alvarado. (2017). *LOJA PIONERA EN EL SERVICIO DE TAXI ELÉCTRICO*. Loja: GAD Loja.
- SAND2010-0815. (2010). *Energy Storage for the Electricity Grid: Benefits and Market Potential Assessment* . California: Sandia National Laboratories .

TOTAL gas y electricidad España. (2019). *Ventajas de los coches eléctricos*.

Traspor of London. (2011).

W. Kempton, & Letendre., S. (2002). "Electric Vehicles as a new power source for electric utilities". *Science Direct "Transportation Research Part D: Transport and Environment"*.

Wallbox Chargers, S. (2020). *Wallbox.com*. Obtenido de Wallbox.com:

https://wallbox.com/es_es/faqs-corriente-de-carga-ev-cual-es-la-diferencia-entre-ca-y-cc

Willett Kempton, & Steven E. Letendre, .. (1998). "Electric Vehicles as a new power source for electric utilities". *Science Direct "Transportation Research Part D: Transport and Environment"*, 157-175.

ANEXOS

ANEXO A Pliego tarifario a nivel de Voltaje

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD



PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE ***

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

CNEL EL ORO - CNEL ESMERALDAS - CNEL GUAYAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBÍOS - GALÁPAGOS

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

JUNIO - NOVIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD kW-mes)	ENERGÍA (USD kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD Consumidor)
CATEGORÍA		RESIDENCIAL	
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		1,414
1-50		0,091	
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	
		RESIDENCIAL TEMPORAL	
		0,1285	
CATEGORÍA		GENERAL	
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE SIN DEMANDA		1,414
COMERCIAL			
1-300		0,092	
Superior		0,103	
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO			
1-300		0,082	
Superior		0,093	
BOMBEO AGUA			
1-300		0,072	
Superior		0,083	
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE			
1-300		0,058	
Superior		0,066	
INDUSTRIAL ARTESANAL			
1-300		0,073	
Superior		0,089	
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO			
1 - 100		0,034	
101-200		0,036	
201-300		0,038	
Superior		0,063	
NIVEL VOLTAJE	BAJO VOLTAJE CON DEMANDA		1,414
COMERCIALES			
	4,790	0,090	
INDUSTRIALES			
	4,790	0,080	
ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES			
	4,790	0,080	
BOMBEO AGUA			
	4,790	0,070	

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

DICIEMBRE - MAYO **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD kW-mes)	ENERGÍA (USD kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD Consumidor)
CATEGORÍA		RESIDENCIAL	
NIVEL VOLTAJE	BAJO Y MEDIO VOLTAJE		1,414
1-50		0,091	
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	
501-700		0,105	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	

ANEXO B Pliegos tarifarios a nivel de demanda horaria.

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD



PERIODO: **ENERO - DICIEMBRE ***

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

CNEL EL ORO - CNEL ESMERALDAS - CNEL GUAYAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBÍOS - GALÁPAGOS

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

JUNIO - NOVIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
NIVEL VOLTAJE				
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA				
COMERCIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,090	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,072		
INDUSTRIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,065		
22:00 hasta 08:00 horas		0,069		
E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS				
SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,080		
22:00 hasta 08:00 horas		0,066		
BOMBEO AGUA				
08:00 hasta 22:00 horas	4,790	0,070	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,056		
NIVEL VOLTAJE				
BAJO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA				
BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	2,620	0,056		1,414
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,095		
L-V 22:00 hasta 08:00 horas***		0,045		
S,D 18:00 hasta 22:00 horas		0,056		
VEHICULOS ELÉCTRICOS				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,080	1,414	
L-D: 18:00 hasta 22:00		0,100		
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas		0,050		
SyD: 08:00 hasta 18:00 horas		0,050		
NIVEL VOLTAJE				
BAJO Y MEDIO VOLTAJE				
BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO				
1-300 Superior		0,040	0,700	
		0,040		
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA				
	3,000	0,065	1,414	
ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA				
08:00 hasta 22:00 horas	3,000	0,065		
22:00 hasta 08:00 horas		0,054		

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Esthefanía del Cisne Gutiérrez Mena** portador de la cédula de ciudadanía N° 0704409887. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Análisis del impacto en las redes de distribución al implementar vehículos eléctricos en la ciudad de Machala”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 30 de Noviembre de 2020



F:

Esthefanía del Cisne Gutiérrez Mena.
0704409887