

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previa a la obtención del título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA:

FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS AL
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO

AUTOR:

ALEX GEOVANNY CÓRDOVA ESPAÑA

DIRECTOR:

MSC. DIEGO ANÍBAL ARIAS CAZCO

Quito, 2015

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Alex Geovanny Córdova España autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 13 de Marzo del 2015

Alex Córdova España

CC: 080236961-1

AUTOR

CERTIFICA

Yo, MsC. Diego Aníbal Arias Cazco tutor, director de la tesis certifico haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos y financieros del informe de la monografía, así como el funcionamiento de la “Factibilidad para la integración de vehículos eléctricos al sistema de distribución eléctrico” realizada por el Sr. Alex Geovanny Córdova España, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 13 de Marzo del 2015

MsC. Diego Aníbal Arias Cazco

DIRECTOR

DEDICATORIA.

Alex Geovanny Córdoba España

Dedico mi trabajo de tesis a DIOS por darme la vida a través de mis queridos padres quienes supieron guiarme y darme fuerzas para seguir adelante con su apoyo, consejos, comprensión y amor. A mi abuelo Oreste España un hombre de lucha y ejemplo de perseverancia porque a pesar de nuestra distancia física siento que siempre estás conmigo y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mis hermanas y a toda mi familia por ser el pilar fundamental de mi vida siempre presentes acompañándome, con su fuerza y cariño me han dirigido por la vida dándome las alas que necesitaba para volar.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco sinceramente a la “Universidad Politécnica Salesiana” por brindarme la oportunidad de estudiar en tan noble institución, y llegar a ser un profesional preparado para el mundo competitivo de hoy. A mi director de tesis, MsC. Diego Aníbal Arias Cazco por su esfuerzo, dedicación y rectitud en su profesión como docente quien a más de impartir sus conocimientos, supo compartir su experiencia, motivándome a finalizar con éxito este importante trabajo de tesis como aporte trascendental de investigación a la sociedad.

De igual manera agradezco a todos los docentes que fueron parte de mi formación académica a lo largo de esta carrera profesional aportando sus amplios conocimientos, consejos, y enseñanzas y más que toda su amistad. De la misma forma deseo agradecer a mis compañeros por su visión crítica y ayuda desinteresada, con información relevante, próxima y cercana a la realidad de los requerimientos de dicha investigación. Así como a la Empresa Eléctrica en especial al Departamento de Distribución – Sección de planeamiento por haberme brindado toda la información precisa para efectuar esta investigación.

Los resultados de este trabajo de tesis, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna u otra forma, son parte de su culminación.

INDICE

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	i
CERTIFICA	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE.....	v
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE ANEXOS	xi
NOMENCLATURA.....	xii
ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPITULO I.....	1
1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	1
1.1 VISIÓN GENERAL.....	1
1.2 HISTORIA	1
1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	3
1.3.1 VEHÍCULOS HIBRIDOS	3
1.3.2 PHEV (“Plug-in hybrid vehicle”,).....	7
1.3.3 VEHÍCULO ELÉCTRICO (EV)	7
1.3.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS TRES MODELOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	8
1.4 COMPONENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	8
1.4.1 MOTOR ELÉCTRICO	8
1.4.2 BATERÍAS	9
1.4.3 CONVERTOR DC/DC	14
1.4.4 INVERSOR DC/AC.....	14
1.5 AUTOGENERACIÓN.....	15
1.5.1 FUNCIONAMIENTO DE LA AUTOGENERACIÓN.....	15
1.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS	16
1.6.1 INTERACCIÓN CON LA RED ELÉCTRICA	16
1.6.2 DESVENTAJAS	18
1.7 CONSUMO ELÉCTRICO.....	18
1.8 RENDIMIENTO	19
1.9 DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA DE LAS BATERÍAS.....	19
2 NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA.....	21
2.1 VISION GENERAL.....	21
2.2 CARGADORES.....	21
2.2.1 SAE J1772-2009	22
2.2.2 IEC 60309	23
2.2.3 IEC 62196	23
2.2.4 MENNEKES	24
2.2.5 CONECTOR ÚNICO COMBINADO O CCS.....	25
2.2.6 SCAME O TIPO 3	25
2.2.7 CHAdeMO	26
2.3 TIPOS DE CONECTORES SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES	27
2.4 SITIOS DE RECARGA	27
2.4.1 PUNTOS DE RECARGA.....	28

2.4.2	PARQUEADEROS PRIVADOS	29
2.4.3	ESTACIONAMIENTOS UNIFAMILIARES	29
2.4.4	ESTACIONAMIENTO MULTI-USUARIO	30
2.4.5	PUNTOS DE RECARGAS EN VÍA PÚBLICA	30
2.4.6	GRANDES SUPERFICIES	31
2.4.7	CAJAS DE RECARGA	31
2.4.8	POSTES DE RECARGA	32
2.4.9	ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA.....	32
2.5	TIPOS DE RECARGA	33
2.5.1	MODO 1. CARGA EN BASE DE TOMA DE CORRIENTE DE USO NO EXCLUSIVO	35
2.6	MODOS DE CARGA	35
2.6.1	MODO 2. BASE DE TOMA DE CORRIENTE ESTÁNDAR DE USO NO EXCLUSIVO CON PROTECCIÓN INCLUIDA EN EL CABLE ...	35
2.6.2	MODO 3. TOMA DE CORRIENTE ESPECIAL PARA USO EXCLUSIVO A LA RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	35
2.6.3	MODO 4. CONEXIÓN DE CORRIENTE CONTINUA (C.C)	36
2.6.4	MODOS DE CARGA SEGÚN LA NORMATIVA INTERNACIONAL (IEC - 61851-1:2010).....	36
2.7	ESTRATEGIAS PARA LA PROMOCIÓN E IMPLANTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	36
2.7.1	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ECUADOR	36
2.7.2	SITUACIÓN ACTUAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	37
2.7.3	PROMOCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	39
2.7.4	ESTRATEGIA DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA URBANA.....	40
2.7.5	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LATINOAMÉRICA	41
2.7.6	VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ECUADOR	43
3	IMPACTO TÉCNICO DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION EN LA CIUDAD DE QUITO.....	45
3.1	SISTEMA ELÉCTRICO EEQ	45
3.1.1	TIPO DE INSTALACIÓN.....	46
3.1.2	CONFIGURACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN	47
3.2	GENERACIÓN DE LOS PERFILES INCREMENTALES.....	51
3.2.1	PARÁMETROS DE LOS VEHICULOS ELÉCTRICOS QUE DELIMITAN EL IMPACTO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	52
3.3	ENTRADAS DEL MODELO INCREMENTAL	53
3.3.1	RED ELÉCTRICA MODELADA PARA EL ESTUDIO	53
3.3.2	MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA A PARTIR DEL CONSUMO DE ENERGÍA SEGÚN LA REA	54
3.4	METODOLOGÍA PARA LA SIMULACIÓN DE FLUJOS POTENCIA	55
3.4.1	DATOS DE ENTRADA	56
3.4.2	ESCENARIOS DE ESTUDIO.....	56
3.4.3	CASOS DE ESTUDIO.....	57
3.4.4	CURVA DE DEMANDA RESIDENCIAL DIARIA	58
3.5	CRECIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA QUITENA SIN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	74
	CAPITULO IV	75
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75

4.1	COMPARACIÓN ENTRE RECARGA CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA.....	75
4.1.1	RECARGA CONCENTRADA.....	75
4.1.2	RECARGA DISTRIBUIDA	76
4.1.3	DIAGRAMA COMPARATIVO DE RECARGAS CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA	76
4.2	ANÁLISIS EN DEMANDA ALTA DE VEHICULOS ELÉCTRICOS..	77
4.2.1	ANÁLISIS DE LOS ARMONICOS PRODUCIDOS POR LA IMPLANTACION MASIVA DE VEHICULOS ELÉCTRICOS	77
4.2.2	COMPORTAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION.....	79
4.3	ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO DE POTENCIA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	84
4.4	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA COLOCACIÓN DE LAS ELECTROLINERAS	85
4.5	FACTIBILIDAD DE INTEGRACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE QUITO.....	86
4.5.1	ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSION	86
4.5.2	ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	87
4.5.3	ANÁLISIS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	89
4.6	PERSPECTIVAS DE EVOLUCIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO ..	91
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
	CONCLUSIONES.....	93
	REFERENCIAS	95
	ANEXOS	100

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1, PRIMER VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	2
FIGURA 1.2, PRIMER VEHÍCULO ELÉCTRICO DEL SIGLO XX.....	3
FIGURA 1.3, COMPONENTES PRINCIPALES TOYOTA PRIUS.....	4
FIGURA 1.4, PROCESO DE INTERACCIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN Y ELÉCTRICOS	4
FIGURA 1.5, CONFIGURACIÓN VEHÍCULO HÍBRIDO PARALELO	5
FIGURA 1.6, CONFIGURACIÓN VEHÍCULO HÍBRIDO SERIE.....	6
FIGURA 1.7, CONFIGURACIÓN VEHÍCULO HÍBRIDO ELÉCTRICO ENCHUFABLE.....	6
FIGURA 1.8, CONFIGURACIÓN VEHÍCULO HÍBRIDO ELÉCTRICO ENCHUFABLE.....	7
FIGURA 1.9, COMPARACIÓN DE FUNCIONAMIENTO VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	8
FIGURA 1.10, COMPARACIÓN DE FUNCIONAMIENTO EN LA FRENADA Y TRACCIÓN	12
FIGURA 1.11, SISTEMA DE CONEXIÓN CON LAS RUEDAS	16
FIGURA 1.12, PROTOCOLO VEHICLE-2-GRID	17
FIGURA 1.13, SMART GRID	18
FIGURA 2.1, CONECTOR SAE J1772 -2009	22
FIGURA 2.2, CONECTOR IEC 60309	23
FIGURA 2.3, CONECTOR IEC 62196.....	24
FIGURA 2.4, CONECTOR MENNEKES.....	25
FIGURA 2.5, CONECTOR CCS.....	25
FIGURA 2.6, CONECTOR SCAME O TIPO 3	26
FIGURA 2.7, CONECTOR CHADEMO	27
FIGURA 2.8, PUNTO DE CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS MEDIANTE PANELES SOLARES	28
FIGURA 2.9, PUNTOS DE RECARGAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPACIOS PRIVADOS.....	29
FIGURA 2.10, PUNTOS DE RECARGAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA VÍA PÚBLICA.....	31
FIGURA 2.11, PUNTOS DE RECARGAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ESPACIOS PRIVADOS.....	32
FIGURA 2.12, POSTE DE RECARGAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	32
FIGURA 2.13, ELECTROLINERA	33
FIGURA 2.14, KIA SOUL EV	38
FIGURA 3.1, DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACIÓN CUMBAYÁ N°29..	48
FIGURA 3.2, POLÍGONO – ÁREA DEL PRIMARIO 29A	49
FIGURA 3.3, IMPACTO DEL USO DE LA COCINA EN EL PERFIL DE CARGA RESIDENCIAL DE LA E.E.Q	59
FIGURA 3.4, (A) USO DE ELECTRODOMÉSTICOS, (B) USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN; (C) CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DESDE 22:00 A 06:00 (D) CURVA DE CARGA DIARIA ÓPTIMA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CASA 1	62
FIGURA 3.5, (A) USO DE ELECTRODOMÉSTICOS, (B) USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN; (C) CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DESDE 22:00 A 06:00 (D) CURVA DE CARGA DIARIA NO VIABLE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CASA 1	63

FIGURA 3.6, (A) USO DE ELECTRODOMÉSTICOS, (B) USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN; (C) CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DESDE 19:00 A 05:00 (D) CURVA DE CARGA DIARIA NO VIABLE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CASA 2	64
FIGURA 3.7, (A) USO DE ELECTRODOMÉSTICOS, (B) USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN; (C) CARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DESDE 19:00 A 23:00 (D) CURVA DE CARGA DIARIA NO VIABLE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN CASA 2	65
FIGURA 3.8, REPRESENTACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y LA PROLIFERACIÓN ARMÓNICA RESULTANTE DE LAS CARGAS NO LINEALES.....	68
FIGURA 3.9, ESTACIÓN DE CARGA EV PROPUESTA PARA LA CARGA DC RÁPIDO.....	69
FIGURA 3.10, (A) CURVA DE CARGA DIARIA 1ER PUNTO DE RECARGA RÁPIDA, (B) CURVA DE CARGA DIARIA 2DO PUNTO DE RECARGA RÁPIDA (C) CURVA DE CARGA DIARIA 3ER PUNTO DE RECARGA RÁPIDA (D) CURVA DE CARGA DIARIA ELECTROLINERA.....	71
FIGURA 3.11, ACOMETIDA BIFÁSICA PARA CARGA LENTA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	72
FIGURA 3.12, BOSQUEJO PRIMARIO 29 A CON SUS RESPECTIVOS ABONADOS RESIDENCIALES.....	73
FIGURA 3.13, CURVA DE CARGA ESPERADA SEGÚN LOS NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	73
FIGURA 3.14, CURVA DE CARGA SEGÚN NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CON PUNTOS DE RECARGA RÁPIDA	74
FIGURA 4.1, COMPARACIÓN ENTRE RECARGA CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA.....	77
FIGURA 4.2, GENERACIÓN DE UNA FORMA DE ONDA DE TENSIÓN DISTORSIONADA.....	78
FIGURA 4.3, DISTORSIÓN ARMÓNICA RESIDENCIAL.....	79
FIGURA 4.4, DISTORSIÓN ARMÓNICA PRODUCIDA EN UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN.....	79
FIGURA 4.5, LAS CORRIENTES DEL TERCER ARMÓNICO SE ACUMULAN EN EL NEUTRO.....	80
FIGURA 4.6, CORRIENTE CIRCULANTE EN EL BOBINADO DE TRANSFORMADOR.....	81
FIGURA 4.7, FLUCTUACIONES EN LOS INVERSORES DE LAS ELECTROLINERAS.....	85
FIGURA 4.8, COMPARATIVA DE LA EVOLUCIÓN DEL COSTE TOTAL DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO FRENTE A UN VEHÍCULO CONVENCIONAL INCLUYENDO VARIABLES DE MANTENIMIENTO.....	87

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1, TECNOLOGÍAS EN DESARROLLO DE BATERÍAS ELÉCTRICAS ..	14
TABLA 1.2, CAPACIDAD ENERGÉTICA DE LAS BATERÍAS	20

TABLA 2.1, TIPOS DE CONECTORES SEGÚN LA NORMA IEC 62196	27
TABLA 2.2, ESCENARIOS DE RECARGAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS ..	34
TABLA 2.3, NORMAL INTERNACIONAL DE MODOS DE RECARGA	36
TABLA 3.1, COMPARACIÓN DE TIPOS DE CONFIGURACIONES PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA EEQ	47
TABLA 3.2, ESTRATOS DE CONSUMO	49
TABLA 3.3, FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO DE ACOMETIDAS	50
TABLA 3.4, POTENCIA NOMINAL DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN	50
TABLA 3.5, CONSUMO ELÉCTRICO TÍPICO DE LAS BATERÍAS SEGÚN LAS MARCAS DE VEHÍCULOS QUE SE COMERCIALIZAN EN ECUADOR	53
TABLA 3.6, CONSUMO MENSUAL ESPERADO	54
TABLA 3.7, METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PRONÓSTICO DE INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	55
TABLA 3.8, LISTA DE CASOS DE ESTUDIO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.	57
TABLA 3.9, CONSUMO ELÉCTRICO POR INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	59
TABLA 3.10, IMPUESTOS A CONSUMOS ESPECIALES, SRI	60
TABLA 3.11, VEHÍCULO IDÓNEO ACORDE A LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN ..	61
TABLA 3.12, DISTRIBUCIÓN ESPECTRAL ARMÓNICA DE LA CORRIENTE ABSORBIDA POR RECTIFICADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS	67
TABLA 3.13, PORCENTAJE ESPERADO DE ARRIBO A ELECTROLINERAS PARA RECARGAR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN UN TIEMPO ESTIMADO DE 30 MINUTOS	70
TABLA 3.14, DISTRIBUCIÓN DE POISSON DE ARRIBO A ELECTROLINERAS	71
TABLA 4.1, ÓRDENES DE LOS ARMÓNICOS DE SECUENCIA POSITIVA, NEGATIVA Y CERO	78
TABLA 4.2, FACTORES DE POTENCIA SEGÚN NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	83
TABLA 4.3, SELECCIÓN DE POTENCIAS DE RECARGAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	84
TABLA 4.4, COSTOS DE MANTENIMIENTO PARA UN VEHÍCULO TRADICIONAL	88
TABLA 4.5, COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO ..	88
TABLA 4.6, PLIEGO TARIFARIO EMPRES ELECTRICA QUITO A DICIEMBRE 2014	89
TABLA 4.7, CONSUMO ELÉCTRICO MENSUAL ESPERADO CON LA INTEGRACIÓN DE COCINAS DE INDUCCIÓN Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	90
TABLA 4.8, DESCRIPCIÓN MENSUAL DE CARGA DE UNA CASA PROMEDIO INCLUYENDO EL USO DE UNA COCINA DE INDUCCIÓN Y LA RECARGA DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO	90

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1, DETERMINACIÓN DEL FACTOR A SEGÚN EL MÉTODO DE LA REA PARA LA ESTIMACIÓN DE CARGAS FUTURAS	101
ANEXO 2, DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA CONSIDERANDO LOS FACTORES A Y B, SIN AFECTACIÓN DE LA CARGA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN (KW)	102
ANEXO 3, VEHÍCULOS ESTIMADOS ANUALMENTE SEGÚN CONSUMO ELÉCTRICO	104
ANEXO 4, INGRESO DE PARÁMETROS DE SIMULACIÓN EN DIGSILENT POWER FACTORY 14.1.3	105
ANEXO 5, CONSUMOS TÍPICOS DE UNA CASA INCLUYENDO EL USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	110
ANEXO 6, ESCENARIO POSIBLE DE RECARGA RÁPIDA EN ELECTROLINERAS SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON, APLICADA PARA ARRIBO DE VEHÍCULOS A ESTACIONES DE SERVICIO	112
ANEXO 7, NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN	113
ANEXO 8, FACTORES DE POTENCIA SEGÚN NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	114

NOMENCLATURA

CO ₂ : Dióxido de carbono	kWh/km: Kilovatios hora por kilometro
Km/h: kilómetros por hora	N: Número de consumidores
km: Kilómetros	D: Delta
KW: Kilovatios	MW: Megavatios
V: Voltios	YN: Estrella con neutro
A/h: Amperios por hora	kA: Kiloamperios
Wh: Vatios hora	R': Resistencia en secuencia positiva
Mph: Metros por hora	Ro: Resistencia en secuencia cero
kWh: Kilovatios hora	X': Reactancia en secuencia positiva
MJ: Megajoules	Xo': Reactancia en secuencia cero
Wh/L: Vatios hora por litro	B': Susceptancia.
NaNiCl: sodio-níquel-cloro	p.u: Por unidad
A: amperios	k: Número de armónico
Hz: hertzios	h: Orden de armónicos
h: hora	p: Número de pulsos
W: VATIOS	Xk: Valores armónicos
Nm: Newton-metro	I: Intensidad de corriente.
kV: kilovoltios	kVAR: Kilovoltio- amperios reactivos
MVA: Megavoltio-ampere	
kVA(t): Kilovoltio-amperios en función del tiempo.	

ABREVIATURAS

HEV: Hybrid electric vehicle

PHEV: Plug-in hybrid

EV: Electric vehicle

Rpm: Revoluciones por minuto

BEV: Battery electric vehicle

EREV: Extended-range electric vehicle

DCC: Corriente continua

ACC: Corriente alterna

V2G: Vehicle-2-Grid

REI's: Redes eléctricas inteligentes

BT: Baja Tensión

VCC: Voltaje en corriente continua

IEC: International Electrotechnical
Commission

CCS: Conector único combinado

CP: Circuito piloto

CHAdEMO: Charge de move

CAN: Controller area network

VCA: Voltaje en corriente alterna

UNE: Una norma española

SAVE: Sistema de alimentación específico
para vehículos eléctricos

TMC: Toyota Motor Corporation

F.O.D.A: fortalezas, oportunidades,
debilidades y amenazas.

IDI: Investigación, desarrollo e innovación

EEQ: Empresa Eléctrica Quito

CONELEC: Consejo Nacional de
Electricidad

ACSR: Aluminum Conductors Steel
Reinforced

L/T: Línea de transmisión

S/E: Subestación eléctrica

DD: Demanda de Diseño

DMD_{CE}: Demanda máxima diversificada
para cargas especiales

BV: Voltaje en baja tensión.

MV: Voltaje en media tensión

E_A: Energía acumulada

P_R: Potencia de recarga

I_{CH}: Corriente armónica

PCC: Punto común de acoplamiento

THD: Distorsión armónica total

IEEE: Instituto de Ingeniería Eléctrica y
Electrónica

REA: Rural Electrification Administration

AT: Alta tension

RESUMEN

FACTIBILIDAD PARA LA INTEGRACIÓN DE VEHICULOS ELECTRICOS AL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICO

Alex, Geovanny , Córdoba , España

alexce2089@hotmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Resumen— “En el presente trabajo de tesis se analiza la factibilidad para la integración de vehículos eléctricos al Sistema de Distribución Eléctrico de acuerdo a los distintos tipos de recarga, tomando en cuenta los diferentes horarios de demanda eléctrica en el país. Estos vehículos tienen la capacidad de consumir y almacenar energía cuando sea conveniente, apoyando al sistema eléctrico. Por consiguiente, es necesario analizar de qué manera afectará la llegada de los VE a las redes eléctricas, cómo deberán interactuar con ellas y que nuevos elementos serán necesarios. La estrategia investigada consiste en utilizar las horas de menor consumo para obtener una carga eficaz sin daño directo al medioambiente, para ello se ha considerado analizar una parte de la red de distribución quiteña, este es el caso del Primario 29A perteneciente a la Subestación Cumbayá.

Previo al análisis de la incorporación de los vehículos eléctricos a la red de distribución eléctrica, se determinó que el horario de utilización de las cocinas de inducción no incidirá en la recarga de los mismos. Por medio de DigSilent Power Factory se modeló la red a emplearse, además se efectuó el análisis de los armónicos que se producen por la carga de los vehículos eléctricos, encontrando problemas en el 3er armónico, como es el caso particular de las cargas no lineales.

Este trabajo de investigación se enfoca en la búsqueda de una nueva alternativa para mejorar la movilidad actual del Ecuador; para así contribuir con la calidad de vida de sus ciudadanos.

Palabras Claves— Vehículos eléctricos, metodología, armónicos, recarga concentrada, recarga distribuida.

ABSTRACT

FEASIBILITY FOR THE INTEGRATION OF ELECTRIC VEHICLES TO THE ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM

Alex, Geovanny , Córdoba , España

alexce2089@hotmail.com

Universidad Politécnica Salesiana

Summary - "In this thesis work is analyzed the feasibility for the integration of electric vehicles to the electrical distribution system, according to the different types of recharges; taking into account the different schedules of electrical demand in the country. These vehicles have the ability to consume and store energy when appropriate, supporting the electrical system. Therefore, it is necessary to analyse how it will affect the arrival of the VE to electrical grids, how they must interact with them and that new elements will be necessary. Researched strategy is to use the off-peak hours to get effective charging no direct harm to the environment, this has been considered to analyze a part of Quito distribution network, this is the case of the primary belonging to the substation Cumbaya 29A

Previous to the analysis of the incorporation of electric vehicles to the electrical distribution network; was determined that the hours of use of the induction cookers will not affect recharge them. Using DigSilent Power Factory, the network was modeled to be used, was also made the analysis of the harmonics that are produced by the charging of electric vehicles, finding problems in the 3rd harmonic, as it is the case of non-linear loads.

This research paper focuses on the search for a new alternative to improve the current mobility of the Ecuador; and contribute to the quality of life of its citizens.

Keywords - electric vehicles, methodology, harmonics, concentrated recharge, distributed recharge.

INTRODUCCIÓN

La historia de la humanidad durante la mayor parte de los últimos seis mil años, se ha caracterizado cada vez por aprovechar mayores cantidades de energía de mayor eficacia. Durante más de un siglo nuestra movilidad ha dependido completamente del petróleo y el motor de combustión interna, de los 900 millones de vehículos que circulan en el mundo más del 90% consumen para su accionamiento derivados del petróleo lo que conlleva el progresivo agotamiento de las reservas del mismo.

Por lo que consientes del agotamiento del petróleo y de los impactos derivados de su consumo, es necesario realizar una innovación tecnológica en el parque automotor con la producción e implantación de vehículos eléctricos. En Latinoamérica la Eco tecnología es una alternativa en ciudades muy contaminadas y difíciles de transitar, con autos eficientes y que producen bajas emisiones a la atmósfera. Sin embargo, el mercado en Latinoamérica aún no ha podido incorporar esta tecnología a nivel masivo, utilizando por tanto opciones que aprovechan al máximo la tecnología de motores de gasolina y diésel. Actualmente en el Ecuador los vehículos convencionales usan como medio de combustión derivados del petróleo con lo cual se produce emisión de gases de efecto invernadero, en sus ciudades, siendo la mayor contaminación atmosférica por hidrocarburos de baja calidad, según la Dirección Nacional de Hidrocarburos.

Se pretende que a mediados del año 2015 empiecen a llegar los primeros vehículos eléctricos al país como nuevos consumidores de electricidad pueden convertirse en aliados para operar de forma más eficiente el sistema eléctrico del Ecuador, reduciendo las grandes diferencias que se producen entre los periodos de mayor y menor consumo eléctrico y facilitando la integración de las energías renovables. Para una mayor operación del sistema es muy importante que la demanda se desplace hacia las horas de menor consumo; y es ahí donde la recarga lenta nocturna del vehículo eléctrico puede jugar un papel fundamental en el aplanamiento de la curva de la demanda, y su afectación al usarse la carga rápida. Los vehículos eléctricos no emiten contaminación de ningún tipo en su funcionamiento, sin embargo las emisiones de gases de efecto invernadero que les corresponden son las debidas a la generación de la energía eléctrica con la que han sido recargados, salvo que fueran recargados con energía eléctrica proveniente del carbón o del petróleo exclusivamente, las emisiones resultantes son menores dado que la eficiencia global del proceso desde la planta de energía eléctrica hasta el movimiento de la cadena cinemática es mayor.

CAPITULO I

1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

1.1 VISIÓN GENERAL

Con el transcurrir del tiempo, los seres humanos han centrado su dependencia en el uso de combustibles fósiles como principal medio para el desplazamiento en vehículos convencionales de motores con combustión interna.

No obstante, la utilización de los motores de explosión como de gasolina y gasóleo, se están quedando obsoletos. La eficiencia energética es muy baja, ya que se aprovecha alrededor del 20% de la energía contenida en el combustible. A pesar de las mejoras tecnológicas, las emisiones de CO₂ son muy elevadas¹. Como consecuencia de esto, la industria automotriz ha empezado investigaciones de mejoras en los automóviles convencionales, surgiendo así la idea de los vehículos híbridos y eléctricos[1].

La aparición de los Vehículos Eléctricos provocará un gran alcance que implicará aspectos energéticos, tecnológicos, económicos y ambientales, con respecto a la disponibilidad y tipos de puntos de recarga, por lo que es necesaria la implementación de ciertos cambios para adaptarse al nuevo paradigma del Desarrollo Sostenible, de tal modo que la red de distribución eléctrica no se vea afectada.

El motor eléctrico presenta como ventajas la reducción de la contaminación en la ciudad, el ahorro de energía, y la reducción de las emisiones de ruido.

Cuál es la tecnología adecuada y quien debe desarrollarla, que estándares deben definirse y como se provee la energía eléctrica o cuáles serán las regulaciones a implementarse al llegar los vehículos eléctricos al país , ponen en incertidumbre la futura implementación de los vehículos eléctricos en el Ecuador.

1.2 HISTORIA

La historia de los vehículos eléctricos comienza hace más de un siglo, durante los primeros años de la industria automotriz. El primer vehículo que funcionó con electricidad se construyó en el año de 1830 en Escocia, con la desventaja de que la fuente de energía que se empleó no era recargable.

¹ A. C. y J. Santamarta, “El coche eléctrico: El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente,” p. 14, 2009.

En el año de 1859 Gastón Planté da el primer paso para la autonomía de los vehículos eléctricos con el apareamiento de la pila de plomo-ácido (la primera batería recargable), posteriormente Camille Faure en 1881 mejoró el diseño de Planté, dando vía libre para el desarrollo de los vehículos eléctricos. A comienzos del siglo XX, varias competiciones enfrentaron los distintos tipos de energías: el petróleo, el vapor y la electricidad. El primer automóvil que alcanzó los 100 km/h a finales del siglo XIX fue un vehículo eléctrico, denominado El “Jamais contente” (el “nunca contento”, **Figura 1.1**), construido por un Ingeniero de nacionalidad belga. Entre 1900 y 1914, el vehículo eléctrico tuvo una favorable acogida teniendo como clientela principalmente a las mujeres, durante este tiempo había más autos eléctricos que vehículos a gasolina, eran silenciosos y suaves en movimiento; además fue posible cargarlos desde la casa. Sin embargo, poco después de ese auge de popularidad, el automóvil eléctrico entró en decadencia debido a que Henry Ford introdujo el Modelo T con motor a combustión, lo que hizo que los automóviles comenzaran a ser más accesibles para las personas. Para finales del año 1920, el automóvil eléctrico casi se haya extinguido y había sido reemplazado por automóviles que podían recorrer mayores distancias a una velocidad superior con más energía. La rápida disponibilidad de la gasolina contribuyó a la transición al motor de combustión interna.



Figura 1.1, Primer Vehículo Eléctrico

Fuente: AVELE, “Vehículos eléctricos.” <http://www.avele.org/index.php>.

En el comienzo de los años 70, la idea de los vehículos eléctricos resurgió debido a la constante preocupación por la contaminación producida en el mundo, como también por el alza de precios en la gasolina. El primer vehículo eléctrico desarrollado en el siglo XX fue el CitiCar de Vanguard-Sebring, **Figura 1.2**; que salió en 1974, éste tenía como particularidad que no podía ir a más de 80 km/h en un rango de 64 km por cada carga.

Años después el fabricante tomó la decisión de dejar de fabricarlos porque no eran muy seguros. Una vez más esta idea era descontinuada.

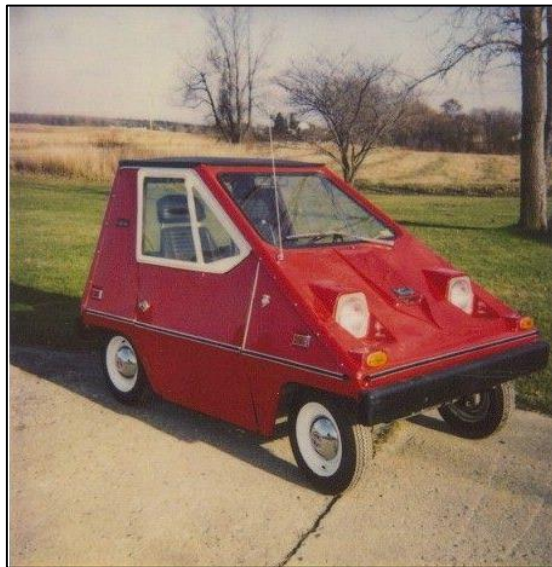


Figura 1.2, Primer vehículo eléctrico del siglo XX

Fuente: “1974 Vanguard-Sebring CitiCar - The History of the Electric Car

En la actualidad se pretende incentivar a que todos los países cambien su tipo de movilidad de combustibles fósiles a usar energías renovables.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Se denomina vehículo eléctrico a todo automóvil que sea impulsado parcial o totalmente por motores eléctricos, a continuación se detallan aquellos vehículos que ingresen en este contexto:

1.3.1 VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Hybrid electric vehicle (HEV), son vehículos que combinan dos o más fuentes de energía como sistema de propulsión². Al referirse a los vehículos híbridos se debe relacionar con un automóvil que posee un motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos de imanes permanentes, además existen otros sistemas de propulsión híbridos, los cuales utilizan celdas de combustible, motores de aire comprimido, en conjunto con un motor de combustión o eléctrico. En el caso de este tipo de vehículo el "motor eléctrico" es aquel que actúa cuando se desarrollan bajas velocidades y no existe un rendimiento mecánico elevado. En cambio el motor de combustión interna opera

² FITSA, “Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia,” p. 16, 2007.

cuando se aumenta la velocidad o se necesita más potencia. La interacción de los dos motores es de forma automática sin que el usuario sienta el cambio mientras está conduciendo. La batería no necesita ser recargada debido a que su funcionamiento se basa en la fuerza de las frenadas que se producen; uno de los vehículos más vendidos en el mundo que utiliza este principio es el “Toyota Prius” (**Figura 1.3**) con un consumo promedio de combustible de 4,3 litros a los 100 km.

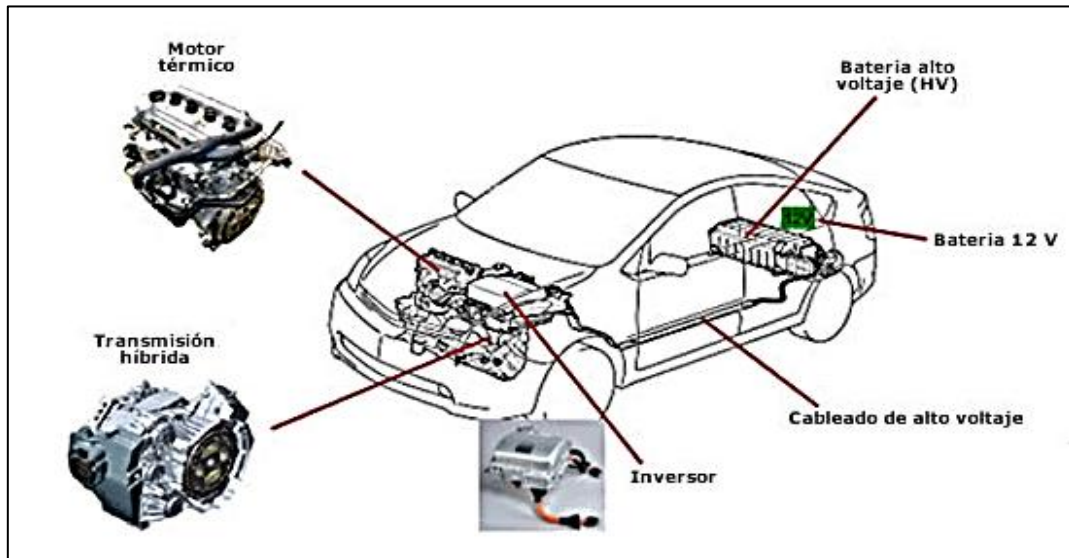


Figura 1.3, Componentes principales Toyota Prius

Fuente: “Vehículos Híbridos: Toyota Prius.”

En la imagen siguiente, se describe una aceleración y una deceleración de este tipo de vehículos, se pueden apreciar todos los procesos anteriormente citados (**Figura 1.4**):

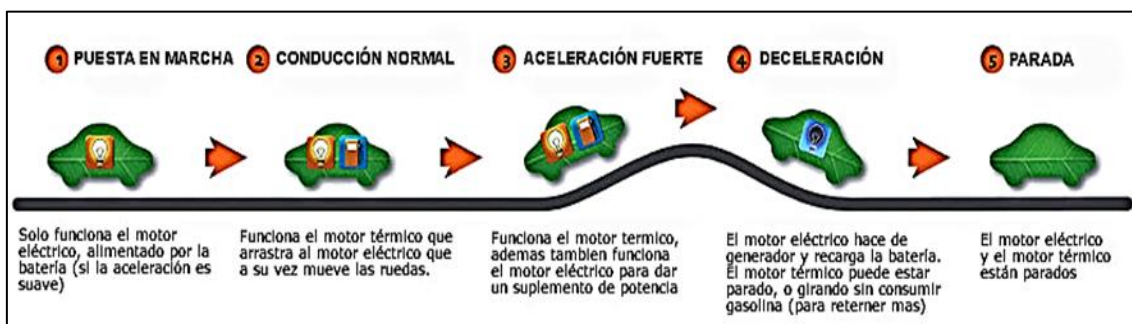


Figura 1.4, Proceso de interacción de motores de combustión y eléctricos

Fuente: “Vehículos Híbridos: Toyota Prius.”

✓ HÍBRIDO PARALELO

Son aquellos vehículos que emplean dos sistemas de tracción en conexión paralela, la ventaja de esta configuración, **Figura 1.5**; se debe a que las ruedas son provistas de

potencia a través de dos sistemas que pueden actuar de manera independiente o simultánea para alcanzar la potencia máxima[2].

A diferencia de los híbridos en serie, al tener esta conexión se evita pérdidas en cuanto respecta a la conversión de energía mecánica en eléctrica, además este tipo de vehículos utilizan el frenado regenerativo como una manera de recargar sus baterías.

Cabe tomar en cuenta que el motor a gasolina sólo entra en funcionamiento cuando el vehículo necesita de más potencia, particularmente se mencionó el “Toyota Prius” anteriormente; que es uno de los automóviles que emplean este principio[3].

Un vehículo híbrido en paralelo funcionará la mayor parte del tiempo sólo con el motor eléctrico en régimen ideal, pero la realidad demuestra que actualmente las baterías de los híbridos tienen poca autonomía y por lo tanto estos vehículos funcionan mayormente impulsados por el motor térmico³.

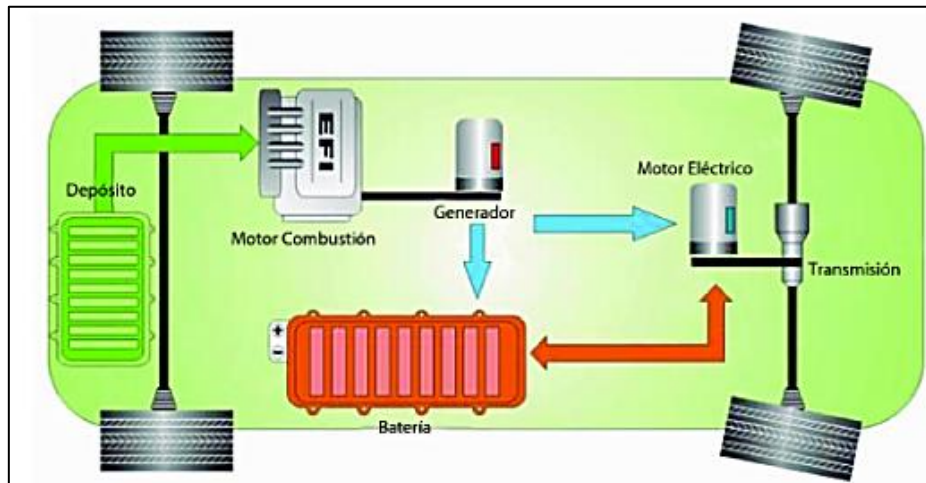


Figura 1.5, Configuración Vehículo Híbrido Paralelo

Fuente: T. L. Espa, “TOYOTA & LEXUS : intervención y seguridad en vehículos híbridos Contenido.”

✓ HÍBRIDO SERIE

El motor de combustión es aquel que suministra movimiento a un generador, **Figura 1.6**; las baterías se cargan por este movimiento y entregan fuerza al Motor Eléctrico, para que este a su vez, de vueltas a la transmisión permitiendo así el movimiento del vehículo[4].

En estos vehículos el motor a gasolina no es el que mueve directamente al automóvil; además la transmisión es de manera similar a los vehículos eléctricos[2].

³ S. L. U. Karl Van Dijck, Toyota España, “Vehículos Híbridos,” p. 27.

La función principal del generador es actuar como un amplificador de prestaciones, es decir, que éste entra en funcionamiento de forma automática cuando las baterías han alcanzado un nivel predeterminado de descarga⁴.

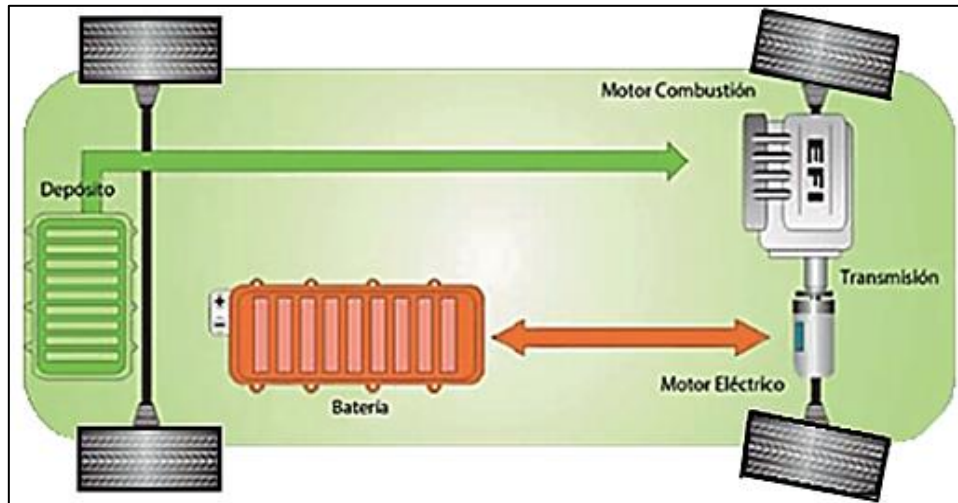


Figura 1.6, Configuración vehículo híbrido serie

Fuente: FITSA, “Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia,” p. 16, 2007.

✓ VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS ENCHUFABLES

Tienen como característica principal que sus baterías pueden ser recargadas enchufando el vehículo a una fuente externa de energía eléctrica, **Figura 1.7**.

Además utiliza dos sistemas: el de un vehículo híbrido eléctrico tradicional y de un vehículo eléctrico[5]. El gran inconveniente de los híbridos es su complejidad. Al contrario de la simplicidad que ofrecen los vehículos 100% eléctricos, estos vehículos, lejos de simplificarse, aumentan el número de componentes y sistemas al tener que montar ambos sistemas de tracción.

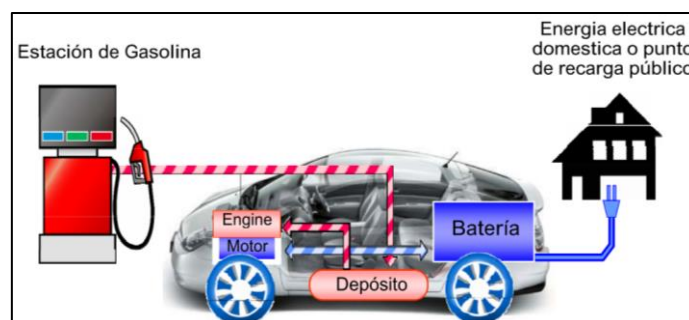


Figura 1.7, Configuración Vehículo Híbrido eléctrico enchufable

Fuente: S. L. U. Karl Van Dijk, Toyota España, “Vehículos Híbridos,” p. 27.

⁴ T. L. Espa, “TOYOTA & LEXUS : intervención y seguridad en vehículos híbridos Contenido.”

1.3.2 PHEV (“PLUG-IN HYBRID VEHICLE”,)

“Plug-in hybrid”, (PHEV) por sus siglas en inglés o vehículo híbrido eléctrico enchufable de autonomía extendida, es un vehículo híbrido eléctrico que puede proporcionar potencia a una casa entera en el caso de un apagón. Este tipo de vehículos necesariamente deben ser recargados en horas de la noche empleando el excedente de energía eléctrica durante las horas de menos demanda, por lo que no se añaden al pico de consumo de energía. Una de las desventajas existentes en estos automóviles es el mayor tamaño del paquete de baterías, (**Figura 1.8**) esto conllevaría un peso adicional. Además el costo de los vehículos es muy elevado; actualmente el “Chevrolet Volt” es uno de los más vendidos a nivel mundial[6]. Muchos de estos vehículos trabajan en un rango extendido, es decir, que durante los primeros kilómetros ocupan únicamente su carga eléctrica para dar propulsión al vehículo. Una vez agotada su carga eléctrica entra a funcionar el motor de combustión interna, no obstante este motor no entrega propulsión a las ruedas sino da movimiento a un generador y este a su vez carga las baterías para que así estas permitan que el motor eléctrico siga dando propulsión al vehículo[7].

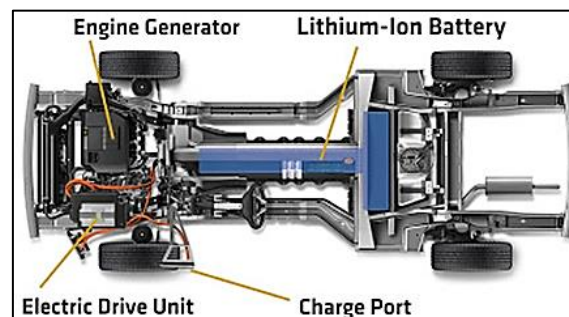


Figura 1.8, Configuración Vehículo Híbrido eléctrico enchufable

Fuente: “Autosmotossymasss: Chevrolet Volt listo para 2011.”

1.3.3 VEHÍCULO ELÉCTRICO (EV)

El vehículo eléctrico, es impulsado por uno o varios motores eléctricos, presentando un alto rendimiento en lo que respecta a la transformación de energía eléctrica de la batería en energía mecánica con la cual se moverá el automóvil alcanzando un 60-85%; a diferencia de los vehículos convencionales que emplean motores de combustión interna cuyo rendimiento oscila entre 15-20%. Se destaca también el frenado regenerativo en el cual las baterías se cargan automáticamente cada vez que el automóvil se detiene [8].

El vehículo eléctrico no contamina mientras está funcionando, la energía eléctrica necesaria para mover el vehículo eléctrico provoca emisiones contaminantes; dependiendo de cómo se haya generado dicha energía. Ecuador cuenta con un gran potencial hídrico lo cual repercutiría en tener vehículos con emisiones mínimas[9].

1.3.4 FUNCIONAMIENTO DE LOS TRES MODELOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Los vehículos eléctricos propulsados total o parcialmente por motores eléctricos deben ser recargados a través de una toma de corriente. Su utilización presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental, ya que permite disminuir el nivel de emisiones de CO2 a la atmósfera. El vehículo 100% eléctrico se ha convertido en una buena alternativa para el futuro de la movilidad y el transporte urbano, gracias a la utilización de una energía limpia y eficiente como es la energía eléctrica. En la **Figura 1.9** se describe el funcionamiento de los tipos de vehículos eléctricos⁵:

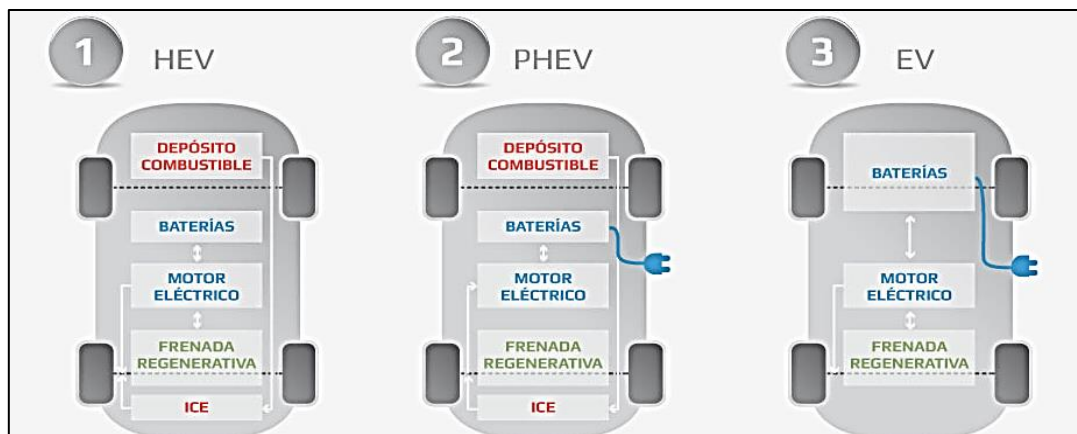


Figura 1.9, Comparación de funcionamiento Vehículos eléctricos

Fuente: “Endesa Vehículo Eléctrico. Tipos de coches eléctricos.”

1.4 COMPONENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

1.4.1 MOTOR ELÉCTRICO

El vehículo eléctrico (EV) puede tener más de un motor, dependiendo de su diseño. Mismos que ofrecen una curva de par muy plana, con un rendimiento excelente sobre todo a bajas revoluciones. Son capaces de girar a regímenes de 20.000 o más revoluciones por minuto (rpm), con un ruido casi nulo y sin vibraciones de ningún tipo.

⁵ “Endesa Vehículo Eléctrico. Tipos de coches eléctricos.” [Online]. Available: <https://www.endsavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/el-vehiculo/tipos>.

Al ser los motores totalmente progresivos no hace falta caja de cambios, como tampoco emplean embrague; a su vez pueden llegar a desarrollar de 0 a 100 kilómetros por hora (km/h) en pocos segundos, en comparación a los vehículos tradicionales que usan los combustibles fósiles como fuente de propulsión.

✓ **SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control en los vehículos eléctricos es aquel que ayuda al conductor a enlazarse con el automóvil para poder controlar el nivel de batería, en esta interfaz el usuario podrá además darse de cuanta energía recupera por cada instante que estos automóviles frenen.

El nivel de autonomía depende del diseño que tenga cada vehículo, esta independencia del automóvil es visualizada en estos sistemas de control en km; cada uno de los diferentes EV que existen en el mercado cuentan con un sistema de control diferente pero que realiza las mismas funciones.

✓ **SISTEMA DE BAJA TENSIÓN**

El sistema de baja tensión es aquel que distribuye o genera energía eléctrica para consumo propio, generalmente en las casas y en máquinas de pequeña potencia, sus valores de tensión nominal son los siguientes:

- Corriente alterna: igual o inferior a 1000 voltios.
- Corriente continua: igual o inferior a 1500 voltios.

Esto permite que los vehículos funcionen como generadores y así reducir al mínimo los bobinados de los motores eléctricos que impulsan las ruedas. Muchos vehículos disponen de más de 12 kW de potencia, en comparación con sólo 1,5 kW en autos de gas de combustión convencionales de hoy en día.

1.4.2 BATERÍAS

Las baterías o también llamados acumuladores eléctricos son dispositivos que contienen una o más celdas electroquímicas en las cuales se puede convertir la energía química almacenada en electricidad[10]. Estas celdas poseen un electrodo positivo, o cátodo, un electrodo negativo, o ánodo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre

los electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función⁶.

Se clasifican en dos tipos:

- a) **De celdas primarias**, en las baterías de este tipo el proceso es irreversible; es decir que la energía no puede ser fácilmente restaurada o devuelta a la celda electroquímica por medios eléctricos.
- b) **De celdas secundarias**, este tipo de acumuladores eléctricos se pueden descargar y recargar varias veces, debido a que la composición original de los electrodos puede ser restablecida mediante el suministro de energía eléctrica a la celda.

✓ TIPOS DE BATERÍAS

✚ PLOMO – ÁCIDO

Las baterías de plomo – ácido son utilizadas comúnmente en los vehículos tradicionales, como batería de arranque, en el caso de los vehículos eléctricos son usadas como baterías de tracción. Debido a su constitución física son capaces de entregar tensiones de 6 V, 12 V, entre otros, ya que la tensión que proporciona cada celda es de 2V[10].

Las baterías de arranque están diseñadas para suministrar una intensidad de corriente relativamente grande en pocos segundos y soportar descargas no inferiores al 10%.

Este tipo de baterías recargables tienen una excelente relación de desempeño – costo, no obstante es de menor densidad de energía por su peso y volumen. Existen varias versiones en el mercado entre ellas están:

- ❖ Shallow-cycle: Son baterías de ciclo corto, principalmente usada en automóviles; se necesita una corta explosión de energía que es forzada desde la batería para encender el motor.
- ❖ Deep-cycle: Este tipo de baterías son de ciclo profundo, es decir que son diseñadas para repetidos ciclos de carga y descarga.
- ❖ Gell- cell: Esta versión de baterías son selladas y poseen aditivos, mediante los cuales vuelven el electrolito en un gel anti-derrames pero por su elevado costo sus aplicaciones son muy limitadas.

⁶ CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,” p. 26.

✚ NÍQUEL - HIDRURO METÁLICO

Es un tipo de batería recargable que utiliza un ánodo de níquel, como la batería de níquel cadmio, diferenciándose por su cátodo que está constituido por una aleación de hidruro metálico. Poseen mayor capacidad de carga y menor efecto memoria (en el que en cada recarga se limita el voltaje o la capacidad, causado por un tiempo prolongado, una alta temperatura o corrientes elevadas; dificultando así el uso de toda la energía), además presentan una mayor tasa de auto-descarga. Son capaces de proporcionar una tensión de 1,2 voltios, una capacidad que oscila entre 0,8 y 2,9 A/h y un ciclo de carga que fluctúa entre 500 y 700 cargas.

✚ IÓN LITIO

La batería de ion litio, es un tipo de acumulador de energía eléctrica comúnmente utilizada en dispositivos electrónicos. Son más ligeras en sus componentes que las ya mencionadas con una elevada capacidad energética y resistencia a la descarga, a más de no poseer el efecto memoria que sufren permitiendo así que su capacidad pueda trabajar con un elevado número de ciclos de regeneración. Pueden almacenar alrededor de 150 vatios hora (Wh) de electricidad por kilogramo de peso de la batería, a diferencia de las de níquel hidruro y plomo-ácido que pueden acumular 100 y 25 vatios hora respectivamente. Se pueden recargar en cualquier momento, ya que no es necesario completar un ciclo de carga y descarga, lo cual hace que sean idóneas para el funcionamiento de los vehículos eléctricos.

✓ ENERGÍA

En la nueva generación de vehículos autónomos eléctricos existentes en el mercado se ha considerado el uso de energías limpias o renovables para emplearse en su funcionamiento; actualmente se puede encontrar barcos eléctricos propulsados por energía solar, aviones y autos eléctricos impulsados por almacenamiento de baterías respectivamente. Las fuentes de energía son convertibles en formas de energía utilizable y las podemos encontrar en la naturaleza, en el caso de los vehículos eléctricos para que su uso pueda ser efectivo se debería instalar sitios de recarga para las baterías y que esta energía provenga de generadores no contaminantes; como eólicos y solares. Al usar este tipo de energías se garantizaría la disminución cuantitativa de emisiones de CO₂ al ambiente. Los vehículos eléctricos muestran una mayor eficiencia que los autos

convencionales, ya que dichos autos sólo emplean el 25% de la energía que producen y el resto se gasta en el motor de combustión interna o se pierde en forma de calor.

No obstante, al usar energía térmica y renovable como fuente de propulsión; el vehículo podría alcanzar eficiencias de (50 y 80) % respectivamente. La rentabilidad y sustentabilidad de las fuentes de energía alternativas de los autos eléctricos son los factores que determinarán su éxito.

✓ FRENADO REGENERATIVO

El freno regenerativo es un mecanismo de recuperación de energía cinética de un vehículo para transformar dicha energía en energía eléctrica y así poder recargar las baterías para una utilidad futura[11]. El motor eléctrico es aquel que asiste en el frenado del vehículo, consiguiendo que durante este proceso actúe como generador eléctrico, **Figura 1.10**; en el instante que se esté generando electricidad el flujo de corriente en la armadura es opuesto en comparación con lo que ocurre cuando el generador hace de motor, lo que ejerce un torque opuesto a la marcha.

Es importante notar que el freno regenerativo no reemplaza por completo al freno convencional de fricción, debido a que a bajas velocidades su efectividad sufre disminución⁷. Generalmente este sistema es usado en autos híbridos, como el “Chevrolet Volt”, “Toyota Prius”, entre otros.

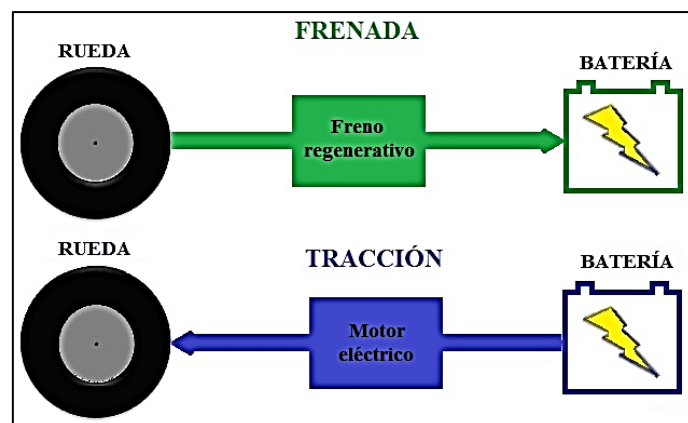


Figura 1.10, Comparación de funcionamiento en la frenada y tracción

Fuente: “Ciencia y tecnología.: Sistema KERS: freno regenerativo.”

⁷ O. Tecnológico and D. Energía, “M APA T ECNOLÓGICO,” 2012.

✓ VIDA ÚTIL

La vida útil de un auto eléctrico depende directa y principalmente de la batería, debido a que este tipo de vehículo se diferencia de los tradicionales en que no requieren tanto mantenimiento ya que carecen de transmisión, sistemas de refrigeración para el motor y partes móviles; con lo cual se eliminaría el mantenimiento mecánico. La relación vida útil vs tiempo es inversamente proporcional según la medida del uso que se esté dando al automóvil. Pero no solamente es un aspecto a tomar en consideración, sino también las reacciones a los efectos del medio ambiente mostrando signos de desgaste en las baterías. En la actualidad las baterías de ion de litio son la propuesta más acogedora.

El envejecimiento de las baterías o pérdidas en su capacidad de almacenamiento se incrementa considerablemente con la temperatura y con la cantidad de ciclos.

El tiempo de vida útil para las baterías de Litio es de aproximadamente de 10 a 15 años, soportando un rango entre 2000 y 3000 (descargas y recargas) con lo cual se presume que la vida útil sería, tal como se muestra en la siguiente ecuación.

$$Vida\ útil = \frac{\#Recargas\ y\ descargas}{365\ días} \quad (1)$$

Si hacemos hincapié en la formula anterior considerando el número máximo de recargas, el tiempo alcanzado sería de aproximadamente 8 años; asumiendo que las recargas se realizarían de forma diaria. Bajo este concepto se podría decir que la duración de una batería podría ser alargada mediante un uso moderado.

✓ COSTO

El costo de los vehículos eléctricos depende de la tecnología de las baterías con las cuales funcionen, hoy en día el precio de adquisición de estos autos es más elevado que el de los vehículos de combustión de características similares, **Tabla 1.1**

Tabla 1.1, Tecnologías en desarrollo de baterías eléctricas

Tipo	Acrónimo	Propulsado por:	Fuente exterior energía	Autonomía
Eléctrico híbrido enchufable	PHEV	Motor eléctrico	Electricidad	20 – 100 km
	Plug-in Hybrid Electric Vehicle	Motor de combustión interna	Combustible	
Eléctrico puro	BEV	Motor eléctrico	Electricidad	80 – 100 km
Eléctrico de autonomía extendida	BEV	Motor eléctrico	Electricidad	60 – 500 km
	Extended-Range Electric Vehicle		Combustible	

Fuente: Á. R. Mateo, “Evaluación del impacto de los vehículos eléctricos en las redes de distribución”

El rango de autonomía con las baterías cargadas desde la red se sitúa alrededor de 60 – 100km pudiendo aumentar hasta los 500km con el apoyo de un motor de combustión interna que funciona como generador de electricidad.

1.4.3 CONVERTOR DC/DC

El convertor transforma la alta tensión de corriente continua, que entrega la batería principal, en baja tensión de corriente continua. Esta corriente puede ser empleada para alimentar las baterías auxiliares de 12 V, que son las que alimentan los componentes auxiliares eléctricos del auto. Algunos modelos de vehículos como el “Nissan Leaf” utilizan pequeños paneles solares para alimentar sus componentes auxiliares.

El rango de autonomía con las baterías cargadas desde la red se sitúa alrededor de 60 – 100km pudiendo aumentar hasta los 500km con el apoyo de un motor de combustión interna que funciona como generador de electricidad.

1.4.4 INVERSOR DC/AC

Los inversores o también llamados onduladores son dispositivos encargados de transformar la corriente continua que entrega la batería principal, en corriente alterna con la cual funciona el motor eléctrico que impulsará el auto eléctrico.

En el caso de los automóviles que tienen motores DC este dispositivo es eliminado. Sin embargo, los motores de AC tienen ventajas importantes en los vehículos eléctricos. Como los motores se hacen más grandes y el rendimiento se hace considerable, por ejemplo, la aceleración del Tesla de 0 a 60 mph (89 km/h) en sólo 3,9 segundos; mientras que la circuitería es más compleja, los sistemas de AC son realmente más sencillos y seguros de instalar. Los sistemas de DC pueden causar un cortocircuito de la batería entera, lo que puede causar que el motor se incendie, mientras que un inversor de AC sobrecargado, simplemente falla y detiene el auto.

1.5 AUTOGENERACIÓN

La autogeneración de energía eléctrica es la producción de electricidad a partir de procesos usados con motores eléctricos. La función principal de estos motores es impulsar un alternador ya sea monofásico o trifásico que suministre la energía necesaria para las distintas aplicaciones industriales y comerciales⁸. Los vehículos eléctricos son capaces de autogenerar su propia electricidad, al convertir el giro de sus ruedas en energía eléctrica antes vista como una fuente desperdiciada.

1.5.1 FUNCIONAMIENTO DE LA AUTOGENERACIÓN

La batería previamente cargada por una fuente externa, envía electricidad al motor eléctrico que impulsa al automóvil. Producto de la aceleración las ruedas que tienen incorporado un generador eléctrico, giran produciendo electricidad que se envía a la batería para ser almacenada, electricidad que a su vez se vuelve a enviar al motor para que este acelere el automóvil, repitiéndose el ciclo indefinidas veces.

En la **Figura 1.11** se describe que el rotor del motor como del generador están unidos por un mismo eje, que a su vez se conectan a las ruedas para tener una misma revolución de giro. El chasis del automóvil es neutral, no presenta movimiento y protege al generador eléctrico del exterior por ser una cámara hermética. Además es también la parte donde va entornillado el aro del neumático al tambor, disco de freno.

El principio de la energía cinética, indica que mientras más rápido va un cuerpo, mayor cantidad de energía se acumula y es precisamente esta energía acumulada la que se transforma en electricidad[12].

⁸ MOVELE, Guía para la promoción del vehículo eléctrico en las ciudades. 2011, p. 160.

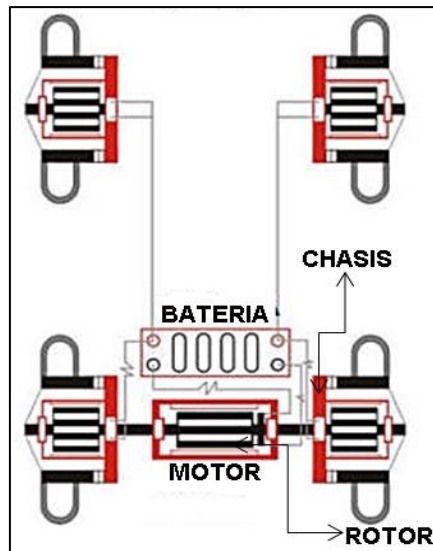


Figura 1.11, Sistema de conexión con las ruedas

Fuente: “Ciencia y tecnología.: Sistema KERS: freno regenerativo.”

1.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

1.6.1 INTERACCIÓN CON LA RED ELÉCTRICA

La interacción de los vehículos eléctricos con la red eléctrica involucra varios aspectos como: Generación distribuida y Smart Grid.

✓ GENERACIÓN DISTRIBUIDA

El concepto más acertado de generación distribuida consiste en generar electricidad a partir de pequeñas fuentes de energía en lugares que sean los más cercanos a las posibles cargas para su posterior consumo[13].

Generalmente a través de este tipo de generación eléctrica se reduce pérdidas en las líneas de distribución energética, al reducir los flujos de energía por la misma. Además la energía que es vertida no revierte flujos hacia la red de transporte.

Suelen tener potencias inferiores a 3 kW aunque en general se suele decir que no sobrepasan 10 kW de potencia instalada. Actualmente y en el caso de los vehículos eléctricos, se están desarrollando protocolos como: Vehicle-2-Grid (V2G), los automóviles serán capaces de devolver la energía sobrante contenida en sus baterías a la red eléctrica, siempre y cuando esta red demande dicha energía por tratarse de una necesidad puntual, **Figura 1.12**[14].

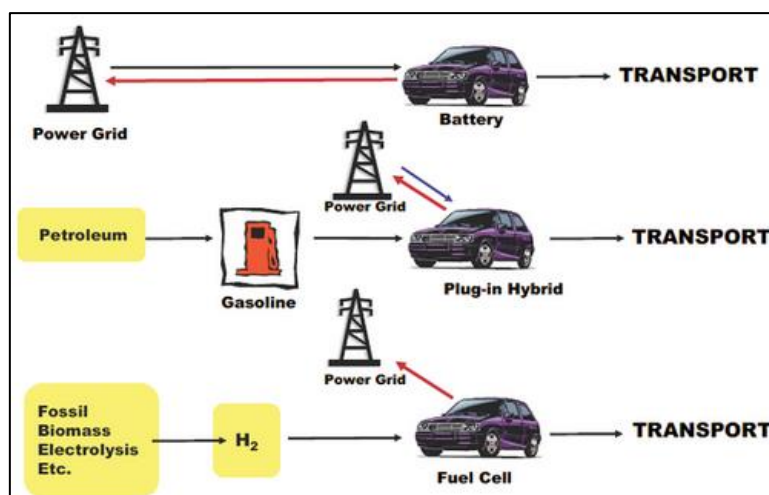


Figura 1.12, Protocolo Vehicle-2-Grid

Fuente: “Peak Energy: Vehicle To Grid Power.”

✓ SMART GRIDS

Las Smart Grids son la evolución del sistema que direcciona la demanda eléctrica de una manera económica, sostenida y confiable, construida sobre una infraestructura adecuada, representando la oportunidad de llevar la industria de la energía, a una era de sostenibilidad e independencia energética y de alta disponibilidad, **Figura 1.13**.

El fin de Smart Grid es determinar siempre de qué manera se consume la energía eléctrica que se produce, evitando pérdidas en la distribución de energía y tener alertas sobre posibles fallas que se puedan originar en el circuito entre la obtención de energía y su entrega al consumidor final caracterizándose por su eficiencia al brindar el mayor provecho de cada elemento que compone el sistema, permiten incluso garantizar la distribución ininterrumpida de energía eléctrica y evitar suspensiones del servicio⁹.

La participación activa de los usuarios finales en una red tipo Smart grid, abre las puertas a la aplicación de nuevos métodos para el dimensionamiento de la demanda. En este grupo de nuevos métodos, especial atención merece el uso de patrones de comportamiento[15]. Un modelo basado en patrones de comportamiento, mismos que permitirían identificar y caracterizar el consumo de energía individual o grupal.

Este consumo estará condicionado por el tipo de actividad del usuario, su edad, su sexo, su nivel cultural y socioeconómico, etc.

El sistema energético Ecuatoriano analiza un alto potencial en las Redes eléctricas inteligentes (REI's). Los derechos del buen vivir garantizan a los ciudadanos el poder

⁹ E. Y. SOCIEDAD, “Redes eléctricas inteligentes,” p. 39, 2010.

vivir en un ambiente sano y ecológico. Por este motivo el gobierno actual, ha decidido mejorar la matriz energética del país, de manera que garantice estos derechos.

La optimización en el modelo energético comienza con la modernización de los sistemas de medición para reducir pérdidas y en la estandarización de procesos de ingeniería en las empresas eléctricas, apuntando a la eficiencia energética a través de las redes inteligentes o “Smart Grid”, las cuales permiten al distribuidor de electricidad mantener absoluto monitoreo del flujo de energía.

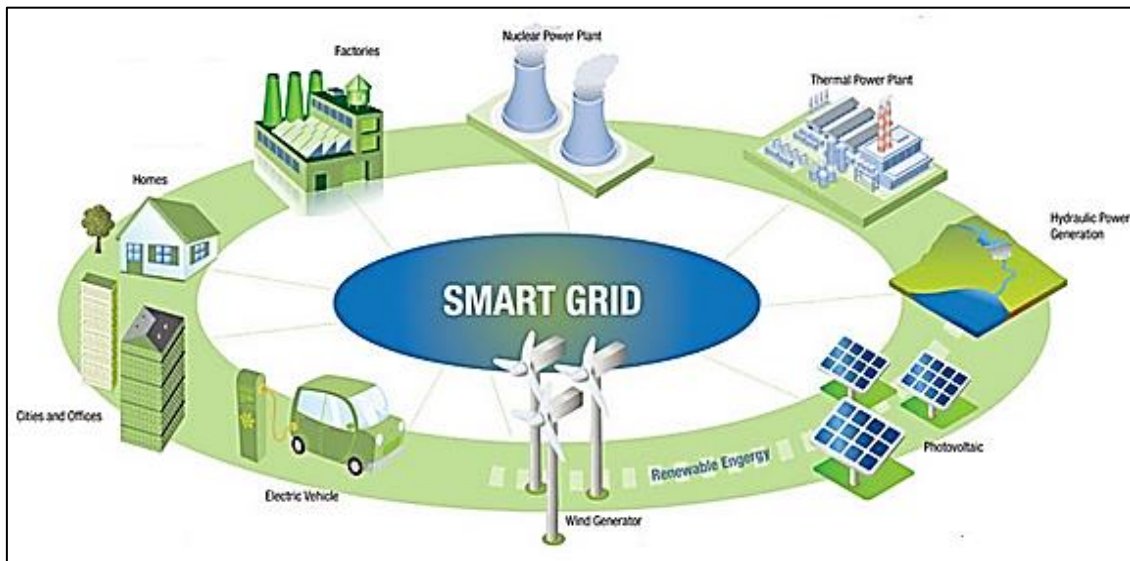


Figura 1.13, SMART GRID

Fuente: D. Bakken, a Bose, and K. Chandy, “GRIP-Grids with intelligent periphery: Control architectures for Grid2050π,” *Smart Grid*, pp. 173–178, 2011.

1.6.2 DESVENTAJAS

- Su autonomía es limitada, aproximadamente entre 6 a 8 horas.
- La recarga rápida de las baterías disminuye el ciclo de vida útil del vehículo
- Tiempos de recarga demasiados altos llegando hasta 8 horas, en carga lenta.
- No existe infraestructura para establecer puntos de recargas, aunque con el pasar del tiempo este inconveniente deberá mejorar.
- Existe un costo promedio de \$25000,00 en adelante para modelos existentes en los mercados.

1.7 CONSUMO ELÉCTRICO

El consumo de un vehículo eléctrico oscila entre 15 kWh para un auto utilizado en el perímetro urbano, hasta 30 kWh para autobuses por cada 100 km de recorrido[16].

En lo referente a los motores de combustión interna por cada litro de combustible su energía varía en los siguientes rangos:

- Si es gasolina, de 32,18 MJ a 34,78 MJ.
- Si es gasóleo o diésel, de 35,86 MJ a 38,65 MJ.

Los automóviles que funcionan con motores a diésel gastan menos litros que un vehículo de gasolina. En cambio para el motor eléctrico la conversión es más rápida y exacta: 1 kWh son 3,6 MJ[17]. Un vehículo eléctrico consume alrededor de la cuarta parte que un automóvil a gasolina, y la tercera parte que un automóvil a diésel.

1.8 RENDIMIENTO

Los vehículos eléctricos se destacan por tener un alto rendimiento en la transformación de la energía eléctrica de la batería en la energía mecánica con la que se moverá el vehículo (60-85%), frente al rendimiento de la transformación de la energía del depósito de gasolina en la energía mecánica que mueve un vehículo de gasolina (15-20%)[18].

Con el pasar de los años la tecnología en baterías avanzará significativamente, hasta el punto de reducir el tamaño a emplearse en los vehículos eléctricos, además es de resaltar que los automóviles que disponen del sistema de regeneración eléctrica a través del frenado dispondrán una mayor durabilidad en sus baterías como también más autonomía en su movilidad.

1.9 DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA DE LAS BATERÍAS

- Mayor densidad energética: Un vehículo eléctrico futurista sería capaz de acumular más energía con la misma cantidad de baterías por tamaño y peso que un vehículo eléctrico actual, lo cual se traduce directamente en mayor autonomía.
- Mayor vida útil: Baterías con mayor resistencia a los ciclos de carga y descarga, así como también a las recargas rápidas y a las altas temperaturas, evitarían sufrir prematuros daños que impliquen un cambio de este elemento.
- Recargar más rápido: Los autos eléctricos tendrían la capacidad de recobrar su autonomía en al menos cinco minutos, no precisamente el 100% pero sí en torno al 75%, recuperando entorno a los 200 km aproximadamente¹⁰.

¹⁰ EM, “Guía del Vehículo Eléctrico,” p. 234, 2013.

- Más económicas: El costo económico de las baterías es directamente proporcional al precio de los vehículos eléctricos, aproximadamente la tercera parte; lo que implica que sí el precio de las baterías se reduce, el vehículo tendría un menor costo y mayor demanda.

En la **Tabla 1.2** se detalla las tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica que están en desarrollo y sus propiedades [19]:

Tabla 1.2, Capacidad energética de las baterías

Otras tecnologías de baterías	Energía esperada (Wh/L)	Energía Neta(kwh)	Autonomía esperada(km)
Zebra (NaNiCl)	300	27	135
Zinc-Aire(revolt technology)	1140	102,6	513
Vanadium Redox	20	1,8	9
Ultracondens. Carbón- Carbón	6,4	0,576	3

Fuente: Á. R. Mateo, “Evaluación del impacto de los vehículos eléctricos en las redes de distribución”

Además de las tecnologías anteriormente mencionadas se encuentran en investigación muchas otras como:

- Baterías de litio-aire, cuya capacidad podría ser cinco veces más carga.
- Baterías de iones de litio y silicio-grafeno, este tipo de acumuladores podrían llegar a tener diez veces más capacidad.
- Batería de Sakichi, es investigada por la multinacional “Toyota” mediante las cuales aspiran alcanzar una capacidad veinte veces superior que las actuales.
- Baterías con electrólito líquido repostable, no se enchufarían los vehículos eléctricos, sino drenando el electrólito descargado y rellenando el “depósito” con electrólito cargado.

Además se están investigando otras formas de almacenar energía eléctrica, tomando en cuenta el concepto de condensador se ha inventado una membrana la cual tendría una capacidad de almacenamiento de 200.000 veces superior a los condensadores convencionales, y que costaría once veces menos que las baterías de iones de litio.

CAPITULO II

2 NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA.

2.1 VISION GENERAL

Ecuador es uno de los países de Latinoamérica con abundantes recursos naturales principalmente hídricos. En los últimos años se ha evidenciado cambios importantes en la matriz energética y se ha implementado nueva infraestructura eléctrica. El sistema eléctrico ecuatoriano ha experimentado durante los últimos 20 años un cambio radical en su red eléctrica.

Se están desarrollando muchos proyectos eléctricos con el objetivo de asegurar la disponibilidad de energía eléctrica, reducir la dependencia del petróleo y disminuir los impactos medioambientales; para satisfacer la demanda actual y futura de los abonados del servicio eléctrico; en condiciones de cantidad, calidad y seguridad adecuada en pos de conseguir una red bien conformada, con sus elementos debidamente dimensionados, ubicación correcta y en el momento oportuno. El vehículo eléctrico, como cualquier nueva tecnología debe superar ciertas barreras para su introducción, estará dirigido al uso en un ámbito urbano y periurbano.

La existencia de infraestructuras para recargas energéticas son imprescindibles para apoyar la implantación de los vehículos eléctricos a gran escala[20]. Si no existe una red con la que se puedan recargar los vehículos en cualquier lugar, no habrá espacio para el vehículo eléctrico. Será necesario la modificación de normas que regulen la creación de edificaciones dentro de la planificación urbanística vigente para que se pueda llevar a cabo la instalación de puntos de recarga en nuevos espacios residenciales, industriales o comerciales[21].

2.2 CARGADORES

Los cargadores de baterías para vehículos eléctricos son dispositivos diseñados para interconectar la red eléctrica con la batería, donde se almacenará la energía para su uso por parte del sistema eléctrico del auto, que alimenta a diversas partes que requieren de electricidad para poder funcionar correctamente. En los vehículos tradicionales con motor de combustión, la batería resulta fundamental para su arranque; ahora, con los vehículos eléctricos, la batería también tiene la función de suministrar energía para su

tracción (batería de tracción), lo que da versatilidad y fuerza que pueden llegar a desarrollar. Son de tres tipos: de carga lenta, de carga semi-rápida y de carga rápida. Dentro de la normativa que rige a los cargadores de baterías son IEC-61851-1 y IEC 62196; vigentes en una gran parte de autos eléctricos.

2.2.1 SAE J1772-2009

Es un estándar norteamericano específico para vehículos eléctricos. Mide 43 mm de diámetro. Tiene cinco bornes, los dos de corriente, el de tierra, y dos complementarios, de detección de proximidad y de control, **Figura 2.1**[22].

Este enchufe puede suministrar 16,8 kW (240V, 70A) y permite varios modos de recarga, dos en alterna y dos en continua, llegando así a reducir el tiempo de carga de 8 horas a 20 minutos, cargando a 100 kW de potencia. Permite muchas funciones de control comandadas por las necesidades del vehículo, a más de la conexión a las redes de distribución inteligentes, (Smart Grids). Su modo de carga 3 permite al VE conectarse a la red de Baja Tensión BT con un enchufe y una toma de corriente específica, a través de un circuito de uso exclusivo. Las funciones de control y protección están del lado instalación fija (pared) de manera permanente[23].



Figura 2.1, Conector SAE J1772 -2009

Fuente: “SAE J1772-2010 Electric Vehicle Chargers | CarStations,”

2.2.2 IEC 60309

Es un standard internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional para "Enchufes de uso industrial"¹¹.

El mayor voltaje permitido por la norma es 690 VCC; la corriente más alta, 250 A; y la mayor frecuencia, 500 Hz. El rango de temperaturas es de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los enchufes IEC 60309 se identifican por colores. Para instalaciones típicas (donde la frecuencia es 50 Hz ó 60 Hz), la codificación se basa en el voltaje (voltaje entre fases en el caso de instalaciones con sistemas polifásicos). Para frecuencias mayores se usan conectores de color verde, **Figura 2.2**[24];**Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Posee una resistencia de hasta 1.000 conexiones y desconexiones, bajo carga, con máximo voltaje y corriente nominal, tiene gran resistencia a impactos con caídas desde 76 cm 8 veces luego de acondicionar a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 6 h.



Figura 2.2, Conector IEC 60309

Fuente: N. American and D. Centers, "IEC 60309 PIN & SLEEVE WIRING DEVICES

2.2.3 IEC 62196

Al igual que el anterior es un estándar internacional para el conjunto de conectores eléctricos y los modos de recarga para vehículos eléctricos. Este conector, (Figura 2.3) carga vehículos eléctricos hasta 250 A en corriente alterna y 400 A en

¹¹ IEC, "International standard norme internationale," 2010.

corriente continua[25].

Posee un mecanismo que no conecta la electricidad, a menos que esté conectado a un vehículo que permanezca inmovilizado[26]. Su carga máxima es de 3,7 kW y soporta una temperatura ambiental de -30°C hasta +50°C a más de un sensor térmico integrado.



Figura 2.3, Conector IEC 62196

Fuente: IEC, “INTERNATIONAL STANDARD,”

2.2.4 MENNEKES

Es un conector alemán de tipo industrial, VDE-AR-E 2623-2-2, utilizado para vehículos eléctricos. Mide 55 mm de diámetro. Tiene siete bornes, los cuatro para corriente (trifásica), el de tierra y dos para comunicaciones, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**[27].

- Monofásico, hasta 16 A, para recarga lenta.
- Trifásico, hasta 63 A (43,8 kW) para recarga rápida.

Las tomas de corriente provén mejor protección contra la corrosión en ambientes agresivos y con niveles de humedad altos gracias a sus contactos niquelados. Con soporte de contacto de alta termo resistencia¹².

¹² L. Mathur, “MENNEKES Plugs for the world,” vol. 15, no. 3, p. 188, 2011.

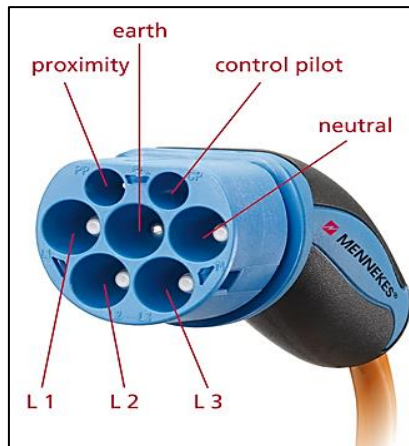


Figura 2.4, Conector Mennekes

Fuente: L. Mathur, “MENNEKES Plugs for the world,”

2.2.5 CONECTOR ÚNICO COMBINADO O CCS

Es una propuesta norteamericana y alemana como solución estándar. Tiene cinco bornes (**Figura 2.5**), para corriente, protección a tierra y comunicación con la red. Este conector posee una sola fase en su red de 100-120/240 voltios denominándose así también (tipo 1). Admite recarga tanto lenta como rápida[28].



Figura 2.5, Conector CCS

Fuente: BATTERI, “Recargas del Vehículo Eléctrico,”

2.2.6 SCAME O TIPO 3

También conocido como EV Plug-in Alliance, principalmente apoyado por los fabricantes franceses¹³. Tiene cinco o siete bornes (**Figura 2.6**), ya sea para corriente

¹³ “ScameOnLine [ES] - InfoPOINT: News - Scame Parre S.p.A.: la Serie LIBERA en el G8 de Abruzzo.” [Online]. Available: <http://www.scame.com/es/infopoint/news/20090706.asp>.

monofásica o trifásica, tierra y comunicación con la red. Admite hasta 32 A (para recarga semi-rápida)[28]. Se distingue por la presencia de un contacto adicional CP para la realización del circuito piloto para la verificación de la continuidad del conductor de protección. Dadas sus dimensiones reducidas, es el conector preferido para los vehículos pequeños, con potencias inferiores a 3kW, también se puede usar un conector 3A para recargas en ambientes cerrados a terceros como garajes privados.



Figura 2.6, Conector Scame o Tipo 3

Fuente: BATERI, “Recargas del Vehículo Eléctrico,”

2.2.7 CHADEMO

Es el estándar de los fabricantes japoneses “Mitsubishi”, “Nissan”, “Toyota”. CHAdeMO es el acrónimo de "CHArge de MOve", que se traduce como “carga para moverse”. Su función específicamente es para recarga rápida en corriente continua. Posee diez bornes, toma de tierra y comunicación con la red, **Figura 2.7**[29].

Admite hasta 200 A de intensidad de corriente (para recargas ultra-rápidas). Es el de mayor diámetro, tanto el conector como el cable. Posee un controlador que recibe comandos desde el VE, y el cargador fija la corriente para cumplir con los valores del sistema del VE. A través de este mecanismo, la carga rápida y óptima es posible en respuesta al rendimiento de la batería y el entorno de su uso[29].

El cargador rápido CHAdeMO usa transmisión de señal analógica y una comunicación digital vía bus CAN. El proceso de carga rápida CHAdeMO se inicia muy rápido con intensidades de hasta 110 A. Cuando la recarga alcanza un 54% comienza a disminuir la intensidad de modo que cuando se llega al 80% la intensidad es de unos 44 A y cuando alcanza el 92% la intensidad es de 14 A[28].






Figura 2.7, Conector CHAdeMO

Fuente: BATTERI, “Recargas del Vehículo Eléctrico,”

2.3 TIPOS DE CONECTORES SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES

Tabla 2.1, Tipos de conectores según la norma IEC 62196

CONECTOR	Nº pins	Tensión máxima(V)	Corriente máxima(A)	Normativa
	5 (L1, L2/N, PE, CP)	250 VCA. Monofásica	32 A monofásica (hasta 7,2 KW)	IEC 62196-2 TIPO 1
	7 (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	500 VCA Trifásica 250 VCA Monofásica	63 A trifásica (hasta 43 KW) 70 A monofásica	IEC 62196-2 TIPO 2
	4, 5 o 7 según modelo (L1, L2, L3, N, PE, CP,	500 VCA Trifásica 250 VCA Monofásica	16 / 32 A monofásica 32 A trifásica (hasta 22 kW)	IEC 62196-2 TIPO 3
	9 (2 Potencia, 7 de señal)	500 VCC	120 ACC	IEC 62196-1 UL 2551 TIPO 4

Fuente: Á. R. Mateo, “Evaluación del impacto de los vehículos eléctricos en las redes de distribución”

2.4 SITIOS DE RECARGA

Como cualquier sistema de transporte, el vehículo eléctrico requiere de la existencia de una infraestructura que le permita tener acceso a la fuente de energía que alimenta su motor, en este caso, la electricidad. Siendo el componente fundamental de los VE las baterías de iones de litio, mismas que deben recargarse regularmente.

2.4.1 PUNTOS DE RECARGA

A largo plazo los puntos de recarga ideal de los vehículos eléctricos serán principalmente los garajes, ya sean públicos o privados, y en menor medida, en la calle. Es por ello importante que exista variedad de opciones para el futuro usuario, así: parqueadero público, privado o comunitario, y estaciones de servicio, etc. Adaptando un tipo específico de equipos y de instalación de acuerdo a las respectivas necesidades del cliente. En la instalación de los puntos de recarga, (**Figura 2.8**) se deberá contar con equipos e instaladores especializados, que permitan un dimensionado adecuado de la instalación y una contratación óptima de potencia, que no provoque inconvenientes en la red. Un sistema ideal de recarga debería ser capaz de cargar las baterías cuando la energía esté disponible y sea más económica, recargando en modo lento, semi-lento o rápido, siendo fiable, cómodo y accesible¹⁴.

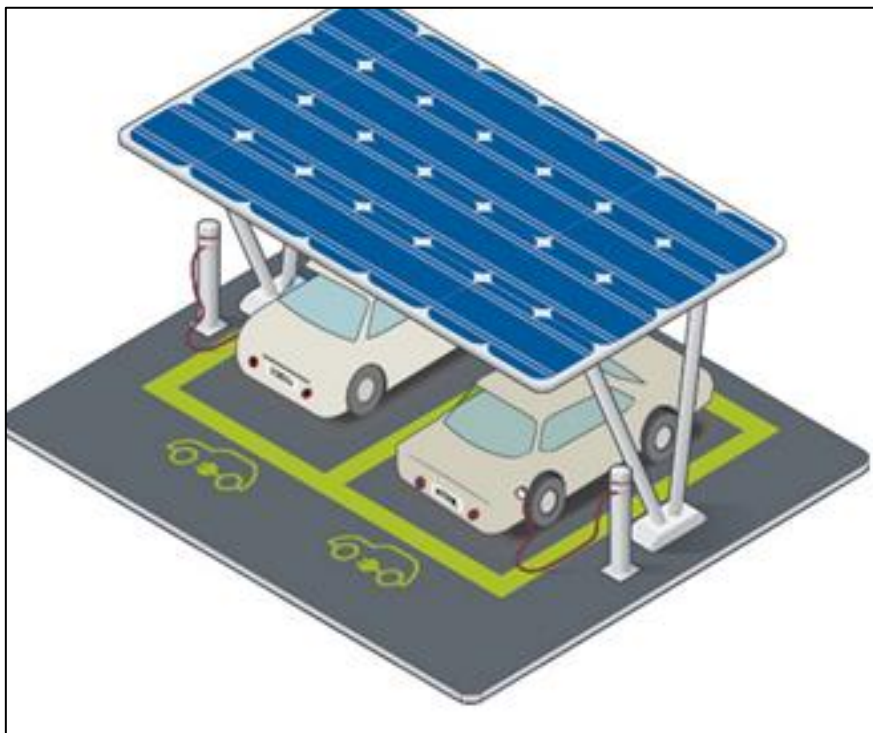


Figura 2.8, Punto de carga de vehículos eléctricos mediante paneles solares

Fuente: BATTERI, “Recargas del Vehículo Eléctrico,”

✓ **INSTALACIÓN PUNTOS RECARGA EN ESPACIOS PRIVADOS**

Los puntos de recarga en espacios privados incluirían:

- Espacios comerciales, **Figura 2.9**

¹⁴ CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,” p. 26.

- Garajes colectivos
- Garajes individuales
- Garajes de empresas.

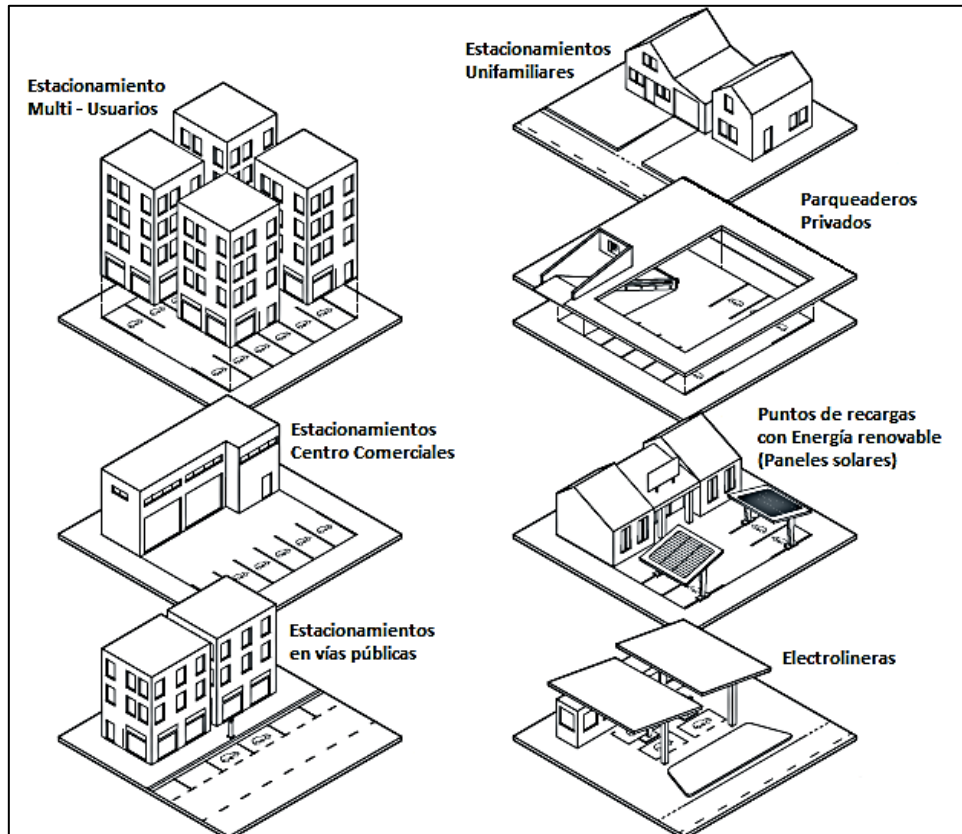


Figura 2.9, Puntos de recargas de vehículos eléctricos en espacios privados

Fuente: CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,”

2.4.2 PARQUEADEROS PRIVADOS

Constituyen el lugar ideal para la instalación específica de sitios con recarga para vehículos eléctricos, ya que los usuarios se sienten más seguros si su vehículo está conectado a una instalación que está en todo momento controlada y habilitada. También debe permitir la gestión de la demanda y el control opcional de perturbaciones en la red eléctrica (armónicos).

2.4.3 ESTACIONAMIENTOS UNIFAMILIARES

Debe incorporar un sistema inteligente de gestión que permite conectar el sistema de recarga, asegurando que no se sobrepasa la potencia y previniendo la desconexión[30].

2.4.4 ESTACIONAMIENTO MULTI-USUARIO

El proceso de carga se puede hacer mediante la instalación de cajas individuales de carga o mediante una instalación más sofisticada, basada en una unidad maestra de múltiples puntos de control que puede manejar hasta 32 puntos de carga conectados a él. La gestión del sistema de recarga multipunto es muy importante, dado que puede producirse la posibilidad de que varios vehículos estén recargando a la vez. La gestión óptima del consumo, el equilibrio entre fases y el nivel de armónicos serán necesarios en este tipo de sistema e instalación.

Este sistema puede permitir una recarga masiva de vehículos eléctricos a la vez, el control de diferentes parámetros de la red eléctrica y los vehículos conectados a ella, a más de exportar y editar datos eléctricos, tales como el consumo total, el consumo parcial, los diferentes problemas e incidencias en la red eléctrica, eventos, datos históricos, etc[10].

2.4.5 PUNTOS DE RECARGAS EN VÍA PÚBLICA

Los puntos de recarga en vía pública representarán la “recarga de urgencia”, y ofrecerán apoyo a los puntos ubicados en espacios privados[30].

En la selección de las ubicaciones, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Los puntos de recarga deberán estar distribuidos por la ciudad
- Puntos próximos a un centro de control, con objeto de facilitar la conexión a la red
- Deberán ser puntos visibles
- Se localizarán en zonas de gran afluencia de vehículos

La ubicación de los puntos de recarga se señalará no sólo verticalmente, sino también horizontalmente (a través de un pintado llamativo sobre el pavimento), **Figura 2.10**.

Los equipos deben ser adaptables a posibles modificaciones en el sistema de carga[31].



Figura 2.10, Puntos de recargas de vehículos eléctricos en la vía pública
Fuente: CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,”

2.4.6 GRANDES SUPERFICIES

Muchos centros comerciales (supermercados, grandes superficies, etc) deben ofrecer a sus clientes soluciones de recarga para vehículos eléctricos. Los postes para exteriores son normalmente los equipos elegidos para servir a estas necesidades.

2.4.7 CAJAS DE RECARGA

Las cajas de recarga son diseñadas para la recarga de vehículos eléctricos en estacionamientos cubiertos susceptibles de destinarse al estacionamiento de vehículos de cualquier tipo siendo así parqueaderos públicos interiores (**Figura 2.11**) , así como privados domésticos o comunitarios. Pueden funcionar de forma autónoma y por equipos con comunicaciones que permiten funciones específicas a través de software adaptado a cada tipo de instalación. Salida monofásica de 230 V ó salida trifásica de 400 V, dependiendo del modo de carga[30].



Figura 2.11, Puntos de recargas de vehículos eléctricos en espacios privados

Fuente: CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,”

2.4.8 POSTES DE RECARGA

Diseñados para cubrir las necesidades de recarga de vehículos eléctricos en la vía pública a la intemperie, en lugares susceptibles de ser destinados al estacionamiento de vehículos, **Figura 2.12**. El proceso de recarga puede realizarse por cualquier usuario sin necesidad de conocimientos técnicos. Salida simple o doble monofásica a 230 V o trifásica a 400 V, dependiendo del modo de carga.



Figura 2.12, Poste de recargas de vehículos eléctricos

Fuente: CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,”

2.4.9 ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA

Ofrecen una manera rápida y fácil de cargar un vehículo de acuerdo con el protocolo CHAdeMO para la carga con corriente continua. Pueden cargar los vehículos eléctricos

en pocos minutos (15-30 min.) en función de la capacidad de las baterías (**Figura 2.13;Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y de su nivel de descarga. Permitirá permanente la conexión con las estaciones de control remoto y poder registrar todos los datos de carga y controlar en tiempo real. Carga de corriente continua ultrarápida (500 VCC - 125 ACC), concepto similar a una gasolinera. Las baterías se recargan al 80% y a largo plazo no es recomendable utilizar este tipo de recarga ya que se disminuyen la vida útil de las mismas.



Figura 2.13, Electrofinera

Fuente: CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,”

2.5 TIPOS DE RECARGA

Actualmente existen varios tipos de recarga; lenta, idónea para recargar en casa, hasta la más rápida, capaz de completar la carga en diez minutos[10].

- **Carga lenta:** es la más estandarizada y todos los fabricantes de vehículos eléctricos la aceptan. Se suele realizar con corriente alterna monofásica a una tensión de 230 voltios (V) y una intensidad de hasta 16 amperios (A).

El tiempo necesario para una recarga completa de la batería (tipo 24kWh) ronda entre las 6 y 8 horas. Es apto para garajes privados, ya que es la misma tensión y corriente que la doméstica¹⁵.

- **Carga semi-rápida:** Permitida en algunos vehículos, aunque es predecible que más adelante sea un tipo de recarga bastante común. La carga se realiza con

¹⁵ BATTERI, “Recargas del Vehículo Eléctrico,” p. 3.

corriente alterna trifásica, con una tensión de 400V y una intensidad de hasta 64A. En este caso, el tiempo de recarga se reduce a 3 ó 4 horas

- **Carga rápida:** Alternativa de largo plazo por sus mayores complicaciones. Algunos fabricantes ya la admiten. Consiste en alimentar al vehículo con corriente continua a 400V y hasta 400A.

El tiempo de recarga se reduce a unos 15 - 30 minutos. El estándar de recarga rápida más conocido y empleado actualmente es el creado por la asociación CHAdeMO, fundada por determinadas compañías automotrices.

El objetivo, en un principio, sería implantar la carga rápida en vía pública y mantener la carga lenta en los domicilios donde se mantienen los vehículos. En la **Tabla 2.2** se detalla las características de los diferentes escenarios de recargas de los vehículos eléctricos según las actividades que realicen los usuarios¹⁶.

Tabla 2.2, Escenarios de recargas para vehículos eléctricos

Establecimiento	Modo de recarga	Horario de recarga	Tiempo de permanencia usuario	Propiedad conexión
Centro Comercial	C. rápida/ C. lenta	Laborable 10h – 21h y fines de semana	1-2 h	Público
Estacionamiento de Trabajo	C. lenta	Laborable 8h – 18h y fines de semana	9h	Público/Privado
Estacionamiento de Hogares	C. lenta	24h	12h	Privado
Estacionamientos públicos	C. lenta	24h	2h	Público
Vía pública	C. rápida/ C. lenta	24h	1 – 12h	Público
Electrolinera	C. rápida/ Cambio de batería	24h	10min	Público
Cooperativas de vehículos	C. rápida/ C. lenta/ Cambio de batería	24h	15min – 12h	Privado

¹⁶ G. I. Alorra and E. Agentzia, “PLAN PARA LA INTRODUCCIÓN DEL VEHICULO ELECTRICO,” p. 19, 2011.

Fuente: A. C. y J. Santamarta, “El coche eléctrico: El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente”

2.5.1 MODO 1. CARGA EN BASE DE TOMA DE CORRIENTE DE USO NO EXCLUSIVO

- Empleo de una toma de corriente normalizada pero no exclusiva para vehículos eléctricos
- Conexión del VE a la red de corriente alterna con una intensidad máxima permitida de hasta 16 A.
- Se considera un modo de carga a nivel privado; aunque en algunos países, como EE.UU, está prohibido.

2.6 MODOS DE CARGA

Según la norma UNE-EN 61851-1:2012 (Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos), define los tipos y requisitos de modelos de carga que emplearán los vehículos eléctricos[32].

2.6.1 MODO 2. BASE DE TOMA DE CORRIENTE ESTÁNDAR DE USO NO EXCLUSIVO CON PROTECCIÓN INCLUIDA EN EL CABLE

- Conexión del vehículo eléctrico a una base de toma de corriente normalizada, mediante un cable especial que cuente con un conductor piloto de control y un sistema de protección diferencial.
- Intensidad máxima de recarga permitida de hasta 32 A

2.6.2 MODO 3. TOMA DE CORRIENTE ESPECIAL PARA USO EXCLUSIVO A LA RECARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

- Estación de recarga para uso exclusivo del vehículo eléctrico (SAVE dedicado, Sistema de Alimentación específico para Vehículos Eléctricos), permite la comunicación “inteligente” entre el vehículo y el operador del sistema eléctrico.
- Intensidad máxima de recarga permitida de hasta 32 A (aunque es posible que se amplíe a 64 A).

2.6.3 MODO 4. CONEXIÓN DE CORRIENTE CONTINUA (C.C)

- El vehículo eléctrico se conecta a la red de Baja Tensión a través de un SAVE dedicado, dentro de la estación de recarga se realiza la conversión C.A/C.C. Las funciones de control y protección están en el lado de la instalación fija¹⁷.
- Este modelo está pensado para la recarga rápida, con intensidades de corriente de hasta 400 A.

2.6.4 MODOS DE CARGA SEGÚN LA NORMATIVA INTERNACIONAL (IEC - 61851-1:2010)

Tabla 2.3, Normal Internacional de modos de recarga

Modo Salida	Conector específico para VE	Tipo carga	Corriente máxima
1	NO	Lenta en CA	16 A por fase (3,7 kW - 11 kW)
2	NO	Lenta en CA	32 A por fase (3,7 kW - 22 kW)
3	SI	Lenta o semi-rápida Monofásica o trifásica	Según conector utilizado
4	SI	En CC	Según cargador

Fuente: A. C. y J. Santamarta, “El coche eléctrico: El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente”[33]

2.7 ESTRATEGIAS PARA LA PROMOCIÓN E IMPLANTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

2.7.1 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ECUADOR

Ante las iniciativas de regulación que fomentan la mejora de eficiencia de los vehículos con menos emisiones de dióxido de carbono por cantidad de combustible con el objetivo de reducir significativamente el consumo de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero se propone como alternativa los vehículos eléctricos[18].

En la actualidad las tecnologías más comercializadas en Ecuador son:

- a) Los de alimentación externa de energía (trolebús)
- b) Los de alimentación suministrada al vehículo cuando está parado (baterías)
- c) Los vehículos híbridos.

En el año 2011 el primer vehículo totalmente eléctrico de comercialización masiva a nivel mundial, fue presentado en el país. El vehículo “Nissan Leaf” tiene capacidad para

¹⁷ U. N. E. E-en, “NORMA UNE-EN 61851-1,” p. 6, 2012.

cinco pasajeros y una velocidad de 160 kilómetros por hora algo que según los estudios supera con creces las necesidades diarias de los conductores de la mayoría de grandes ciudades. No requiere combustible para su desplazamiento.

El vehículo eléctrico de cero emisiones tiene una carga nocturna de ocho horas y una rápida de treinta minutos, se recarga enchufándolo a la red eléctrica y estará propulsado gracias a una batería de iones de litio compacta y ligera que irá colocada como una lámina bajo el vehículo.

El vehículo eléctrico, tiene como objetivo mejorar el aire y salud de los habitantes y disminuir la dependencia de hidrocarburos y además contribuirá a establecer una matriz energética eficiente. El país tiene el compromiso de ejecutar un plan integral de producción de vehículos eléctricos con el uso de energía proveniente de fuentes más limpias y sostenibles, una vez que hasta el 2016 cumpla con la transformación de la matriz energética que tiene en funcionamiento generadores de energía eólica, ubicados en Villonaco - Loja y San Cristóbal-Galápagos, y con la implementación de otro proyecto energético en Salinas, provincia de Santa Elena, y en Esmeraldas, que alcanzaría una potencia instalada de 200 megavatios. La llegada de los autos eléctricos a Ecuador se daría de la mano de la demanda estatal y el desarrollo de incentivos, legislación y capacitación.

En el año 2013 la marca automotriz “Nissan-Renault” ofertó y realizó pruebas en la ciudad de Quito con el modelo “Kango”, que es un carro de trabajo y se ajustaría a las necesidades de Correos del Ecuador.

El auto recorre un promedio de 200 km sin tener que cargarse, cumple con recorridos diarios en una ciudad que llegan a 60 km. El vehículo se carga mediante un wall box, de 220 W que abastece al automotor, posee una gran capacidad de funcionamiento y posee una regularidad en la operación del motor, con un costo aproximado de 1,76 dólares para recorrer 150 kilómetros, no tiene escape, utiliza la batería exclusivamente como medio de encontrar la movilidad y adicionalmente a esto puede servir para diferentes usos como carga y transporte de personas.

2.7.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Actualmente en el país existen dos compañías automotrices que ofertan modelos de vehículos eléctricos disponibles para el uso del cliente y en etapa de prueba respectivamente:

“KIA Motors”: Recharge “Soul EV” “Eco Electric”, **Figura 2.14**[34];**Error! No se encuentra el origen de la referencia.** El auto se mantiene estable en las frenadas y en las curvas de forma simultánea o durante la aceleración rápida especialmente en carreteras mojadas, resbaladizas y difíciles, evitando que el vehículo ruede hacia atrás cuando se mantiene parado en una línea ascendente mediante la aplicación de los frenos suavemente para hasta dos segundos mientras se mueve el pie del pedal del freno al acelerador.

Reduce en gran medida la distancia de frenado en situaciones de frenado repentino mediante la aplicación de fuerza máxima de frenado cuando sea necesario.

Control Electrónico de Estabilidad que reduce el arrastre para ayudar a mantener el control en el caso de que tenga que frenar o desviarse de manera repentina.

✓ Batería

Batería de polímero de iones de litio, con un alcance de 212 kilómetros.

✚ Capacidad (kWh): 27

✚ Poder (kW): 90

✓ Motor Eléctrico

✚ Máximo poder de salida: 81.4kW

✚ Máximo Torque (Nm): 285

Motor síncrono de imanes, mantiene amplia aceleración desde cero o cuando sea necesario para adelantar a velocidades moderadas.

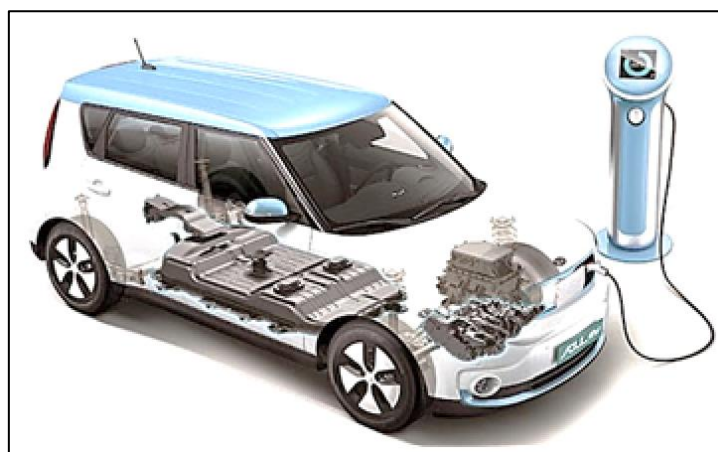


Figura 2.14, KIA SOUL EV

Fuente: KIA MOTORS, “Re:Charge your Soul, Soul EV | Kia Motors Worldwide.”

“HINO MOTORS, Ltd”:

La empresa japonesa mantiene pruebas con camiones eléctricos de bajo porte que apuntan a incrementar la eficiencia y reducir las emisiones de carbono en sus negocios de entregas¹⁸.

Junto a un importante grupo de empresas mantiene pruebas con pequeños camiones eléctricos (EV Truck). Esta unidad incluye una capacidad de una tonelada y plataforma ultra baja, que ofrece un amplio espacio equipado con compartimentos para mantener materiales perecederos, refrigerados o congelados.

El vehículo es impulsado completamente por batería, incluyendo sus compartimentos de congelamiento/refrigerado, resultando una operación silenciosa y sin emisiones, ideal para usar en zonas residenciales.

La duración de los test será de un año y en este período, se verificará la viabilidad y eficiencia del uso de los camiones EV durante las operaciones de entregas. A raíz del rendimiento actual de la batería, TMC e Hino creen que es posible ofrecer vehículos eléctricos comerciales para aplicaciones livianas y de corta distancia.

2.7.3 PROMOCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La definición de una estrategia para la introducción del VE supone pensar en el futuro de la ciudad y de sus ciudadanos, identificando con claridad los factores de éxito internos (debilidades y fortalezas) y externos (amenazas y oportunidades) (F.O.D.A), para lograr que el vehículo eléctrico forme parte integral del modelo de movilidad deseado[35]. Se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- Carácter energético (problemática energética derivada de la dependencia de recursos externos, contribución de los combustibles fósiles al cambio climático, aprovechamiento de la producción renovable, diversificación energética, etc.)
- Unión de los conceptos de Energías Renovables y Redes Inteligentes.
- Búsqueda de sinergias con los biocombustibles
- Enfoque multidisciplinar
- Flexibilidad

El vehículo eléctrico constituye una gran oportunidad para la innovación tecnológica y la generación de nuevos desarrollos industriales y de servicios.

¹⁸ RENOVAENERGIA, “Vehículos Eléctricos.”

2.7.4 ESTRATEGIA DE LA MOVILIDAD ELÉCTRICA URBANA

Es importante destacar que las actuaciones de promoción del vehículo eléctrico deben contemplarse dentro de un marco general de movilidad sostenible: la introducción del vehículo eléctrico debe realizarse a costa de la cuota de usuarios de vehículo convencional[35]. La estrategia debe trabajar en las siguientes líneas:

- Difusión y sensibilización
- Participación pública
- Adaptación de las normativas

Es necesario que la introducción del vehículo eléctrico sea coherente con las políticas vigentes (movilidad, medio ambiente y promoción económica), se estudie y analice las tecnologías disponibles, y se establezcan prioridades en función de la financiación existente así mismo incorporar la participación de las entidades y agentes sociales relevantes, siendo un proyecto liderado por el gobierno local, compartido y consensuado.

- Sector público: representación de las áreas de gobierno de movilidad, medio ambiente, economía y urbanismo (empresas de transporte).
- Sector privado: Ingeniería.
- Universidades y otros centros de formación

La comunicación y sensibilización supone la realización de campañas de información ciudadana que podrían articularse a través de Internet, redes sociales, televisión, radio, prensa, y puntos de atención directa al ciudadano, desarrollando acciones que fomenten la participación ciudadana con la realización de pruebas piloto en coordinación con concesionarios automotrices, empresas de transporte, etc.

La introducción del vehículo eléctrico debe incorporar acciones que permitan la adaptación de la normativa garantizando en todo momento, la seguridad ciudadana y el respeto al medio ambiente, así como la viabilidad económica[10]. Siendo un estudio transversal puesto que tiene efecto sobre tres ejes estratégicos de trabajo:

- ✓ **Eje I Demanda:** Contempla acciones para generar la demanda necesaria para cumplir con el objetivo de implantación del Vehículo eléctrico previsto mediante medidas de promoción, divulgación e información.

- ✓ **Eje II Infraestructuras:** Acciones que permitan el desarrollo de la red de puntos de recarga públicos y privados, en función de las previsiones de implantación fijadas.
- ✓ **Eje III Promoción Económica:** Incluye a todas aquellas acciones dirigidas al fomento de la Investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), emprendimiento, cooperación empresarial y la formación en el ámbito del vehículo eléctrico.

2.7.5 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LATINOAMÉRICA

Esta tecnología crece poco a poco y es una alternativa real en ciudades muy contaminadas y difíciles de transitar en Latinoamérica.

La Ecotecnología avanza con autos eficientes y que producen bajas emisiones a la atmósfera, mucho más livianos que uno convencional, pesan alrededor de 820 a mil libras y alcanzan una velocidad de 60 km/h. Adicionalmente, gastan el equivalente de un tanque de petróleo para recorrer el doble de kilómetros. Sin embargo, el mercado en Latinoamérica aún no ha podido incorporar esta tecnología a nivel masivo, utilizando por tanto opciones que aprovechan al máximo la tecnología de motores de gasolina y diésel para reducir la emisión de gases y el consumo de combustible, sin perder potencia y control sobre el vehículo.

- **GUATEMALA**

En el país existen actualmente varias opciones automotrices tales como:

- ❖ **Toyota Prius:** auto híbrido más popular en el mundo y está disponible en Guatemala. Su tecnología Hybrid Sinergy Drive cuenta con un motor de gasolina, dos motores eléctricos y una batería híbrida.
- ❖ **Mercedez Benz:** aún no tiene vehículos híbridos en el país, pero la SUV clase ML cuenta con tecnología Blue Efficiency, que cumple con los estándares ecológicos europeos de reducción de emisiones y ahorro de combustible.
- ❖ **Hyundai:** ha implementado la función “ECO” en sus nuevos modelos, que al activarse realiza una serie de ajustes para reducir al máximo el consumo de combustible.
- ❖ **Volkswagen Tiguan:** tiene un sistema de inyección directa para ahorrar combustible.

- **CHILE**

Chile sigue avanzando en la etapa de descubrimiento durante los últimos años. En la actualidad son 10 las unidades que ya logró vender Mitsubishi con su reciente vehículo eléctrico i-MiEV.

Sin embargo existen problemas no solo en las estaciones de carga, sino también en el costo. Hay que desembolsar US\$60 mil, siendo un costo bastante económico, ya que, según estudios previos se estima que los precios superan incluso los US\$100 mil.

- **MÉXICO**

Se han creado vehículos de accionamiento eléctrico, híbridos, gas natural o motores diésel más pequeños. Todos con el fin de aminorar las emisiones contaminantes y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las grandes ciudades. Respecto de los vehículos eléctricos, la gama se reduce al Nissan Leaf, el cual solo se encuentra en el transporte público.

México debe establecer un marco regulatorio adecuado y con los suficientes incentivos para que el consumidor sea atraído hacia estas alternativas de movilidad sustentable, al igual que la infraestructura de estaciones de recarga debe generalizarse para que la asequibilidad del combustible sea la adecuada.

- **BRASIL**

El elevado precio de los automóviles eléctricos no es el único factor que limita su desarrollo en el mercado. Los desafíos incluyen cambios en la legislación y la instalación de puntos de carga. La concientización hace cada vez más necesaria la reducción de consumo de combustible y la protección del medioambiente.

- **COLOMBIA**

Los “Ecoautos” ya son una realidad, no solo las grandes marcas han querido acercar a Colombia a esta moderna alternativa. Bogotá, Medellín y Cali fueron las primeras ciudades de Latinoamérica en tener en sus calles un carro 100 % eléctrico. En la prueba demostraron que funcionan incluso con la topografía de las urbes colombianas, lo que permite afirmar que estos vehículos eléctricos están listos para usarse en el país.

El ingeniero eléctrico Fernando Camacho desarrolló un modelo de vehículo que funciona con electricidad, que se puede cargar en la misma toma en la que se carga el celular y que tiene un costo de US\$6 mil.

“Estos carros son ideales porque no ocupan espacio, son cerrados y si llueve el conductor no se moja, como les ocurre a los motociclistas”, Publinews, Ing. Camacho, creador del primer carro de este estilo netamente colombiano.

El modelo es para dos personas y sirve exclusivamente dentro de la ciudad. Los niveles de ruido que produce son bastante bajos. Además, en un espacio diseñado para un carro convencional, se pueden acomodar hasta cuatro de estos vehículos ecológicos.

- **PERÚ**

Esta tecnología aún es desconocida en el país, Mitsubishi proyecta incluir un primer modelo en este país en conjunto con una empresa eléctrica. Por ahora, los taxis apelan al uso del gas natural, menos contaminante y muy barato en el país. Los autos eléctricos, en tanto, siguen siendo desconocidos. La llegada masiva del Mitsubishi-MiEV será una revolución ecológica para el país, especialmente para la capital, Lima, donde el 70% de la contaminación del aire procede de un anticuado parque automotor.

Por el momento, los que sí circulan por las vías peruanas, en un número muy limitado, son los autos híbridos. Lo nacen desde el año 2009, cuando al país llegó el primer modelo de este tipo, el Prius de Toyota. Fue todo un acontecimiento, que hasta contó con la presencia del por aquel entonces presidente de Perú, Alan García. Ahora hay una nueva versión del Prius C. Se espera que las personas se interesen cada vez más por las alternativas eléctricas.

2.7.6 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ECUADOR

Ecuador quiere colocarse dentro de los 5 mayores promotores del mundo de esta tecnología. No hay límites para la importación de este tipo de vehículos.

Las marcas de autos eléctricos Nissan, Renault, KIA y BYD introducirán el vehículo eléctrico en el mercado ecuatoriano, aportarán al desarrollo de la infraestructura, servicio postventa y manejo de las baterías recargables de los automotores, según un Convenio Marco para la Promoción, Comercialización y Perspectivas de Fabricación de Baterías y Vehículos Eléctricos en la República del Ecuador.

El convenio fue firmado entre los representantes de las marcas y el Ministerio Coordinador de la Producción, está dirigido a convertir a Ecuador no solo en consumidor de esta nueva tecnología sino en fabricante para exportar a la región. En Latinoamérica ningún país produce vehículos eléctricos. De acuerdo a estudios realizados para lograr la instalación de una fábrica se necesita que en Ecuador se consuman 15.000 vehículos eléctricos al año. Se podrá fabricar baterías y vehículos eléctricos para exportar a la región.

El Gobierno propondrá un plan integral viable para la instalación, operación y mantenimiento de una red de recarga y formulará paquetes de incentivos para la ciudadanía para la compra de estos sistemas de movilidad eléctrica. Parte de esos incentivos es la eliminación del Impuesto al Valor Agregado (IVA) e Impuesto a los Consumos Especiales (ICE) para la importación de vehículos terminados y para las piezas de fabricación. Se liberaron los cupos de importación de carros eléctricos de hasta \$ 40.000. Se han realizado pruebas de autos eléctricos en Ecuador entre los cuales uno de los vehículos más vendidos en el mundo con 100.000 unidades, Nissan Leaf resultó factible para su utilización. Por su parte la marca coreana BYD comercializa autos que puede llegar a recorrer 300 kilómetros con una sola carga, además se encuentra en capacidad de entregar buses para servicio público.

CAPITULO III

3 IMPACTO TÉCNICO DE VEHICULOS ELECTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION EN LA CIUDAD DE QUITO

3.1 SISTEMA ELÉCTRICO EEQ

El área de concesión entregada por el CONELEC a la Empresa Eléctrica Quito es equivalente a 14.971 Km², comprendiendo a los cantones Quito, Rumiñahui, Mejía, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos, parte de Puerto Quito y Cayambe, en la provincia de Pichincha; así como Quijos y El Chaco en la provincia de Napo¹⁹.

La Empresa Eléctrica Quito está integrada por tres sistemas:

- Sistema de Generación
- Sistema de Subtransmisión
- Sistema de Distribución

El Sistema de Distribución está constituido por 36 subestaciones que permiten el suministro de energía eléctrica, las subestaciones se encargan de transformar los voltajes de subtransmisión (138 kV y 46 kV) a los niveles de voltaje utilizados en el sistema primario de la EEQ (6.3 kV, 13.2 kV y 22.8 kV). El nivel de voltaje de los primarios es reducido a (220/127V - 210/121V) para circuitos secundarios trifásicos y (240/120V) en circuitos secundarios monofásicos; mediante los transformadores de distribución, llegando así hasta los usuarios finales por medio de las acometidas.

La Empresa Eléctrica Quito posee 35.761 transformadores de distribución, los mismos que suman una potencia instalada de 2.294 MVA, 177 circuitos primarios. Además la EEQ tiene al 2013, 2'776.807 de habitantes electrificados con una cobertura del 99,54%.

¹⁹ “La EEQ en cifras: indicadores, proyecto SIGDE, CNEL Sucumbíos - Empresa Eléctrica Quito.”

3.1.1 TIPO DE INSTALACIÓN

✓ INSTALACIÓN SUBTERRÁNEA

Se encuentra localizada en la zona centro – comercial de la ciudad de Quito, como también en áreas urbanas donde exista alta densidad de carga.

Si existiese una falla sin controlar en un área podría afectar el servicio a varios clientes. Los dispositivos a usarse en este tipo de instalación deben ser simples de instalar con requerimientos mínimos de espacio [36].

El objetivo principal de este tipo de instalaciones es disminuir las complicaciones de la instalación y maximizar su confiabilidad, dando lugar a que los sistemas subterráneos se vuelven económicos. Teniendo en cuenta que como otros circuitos de distribución, las redes de distribución cambian y se expanden continuamente. Los dispositivos usados en las redes de distribución deben permitir una fácil adaptación a la red para necesidades actuales y futuras.

✓ INSTALACIÓN AÉREA

Los tipos de conductores desnudos más empleados son: aluminio, ACSR, cobre, etc. Se realiza sobre estructuras de soporte en el resto de la zona urbana de Quito, zonas periféricas y área rural. Los transformadores de poste en las redes de instalación aérea reducen las tensiones de distribución hasta 120/240 V para los alimentadores secundarios que van hacia los clientes²⁰.

Es de considerar que en este tipo de instalaciones eléctricas, existen condiciones importantes, tales como la temperatura, el ambiente y la condición del conductor; los cuales no son controlables y obstruirán los intentos de producir una adecuada conexión eléctrica.[36]

²⁰ E. E. Quito, “Normas para Sistemas de Distribución Parte A,” 2014.

3.1.2 CONFIGURACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Tabla 3.1, Comparación de tipos de Configuraciones para el Sistema de Distribución de la EEQ

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	CONFIGURACIÓN
A 6,3 KV	En este sistema predominan tres conductores que generalmente se encuentra enlazados con circuitos secundarios trifásicos, ocasionalmente en áreas periféricas con cargas dispersas se derivan ramales con dos conductores de fase a 6,3KV, asociados con circuitos secundarios monofásicos.
A 13,2 KV	Constituidos por uno, dos o tres conductores de fase y un neutro debidamente puesto a tierra, tomando como referencia el punto neutro de la Subestación de Distribución y común con todos los circuitos secundarios. Estos circuitos secundarios se asocian con la red primaria de voltaje, son predominantes monofásicos a tres conductores.
A 22,8 KV	Las redes primarias a 22,8 kV, están conformadas con uno, dos o tres conductores de fase y un conductor de neutro continuo sólidamente puesto a tierra a partir del punto neutro de la Subestación de Distribución y común con los circuitos secundarios. Los circuitos secundarios asociados con la red primaria a este voltaje, son predominantemente monofásicos a tres conductores y eventualmente trifásicos.

Fuente: Empresa Eléctrica Quito, “Norma A para Sistemas de Distribución, pág 17.”

✓ SUBESTACIÓN N° 29 – CUMBAYA

La subestación Cumbaya N° 29 entró en funcionamiento en marzo del 2011 con un transformador de 20/27/33 MVA, 46/23 KV, inicialmente con una carga aproximada de 17,33 MVA. Esta carga permitió descargar al transformador de 15/20 MVA de la S/E 36 Tumbaco y a la L/T a 46 kV que lo alimenta.

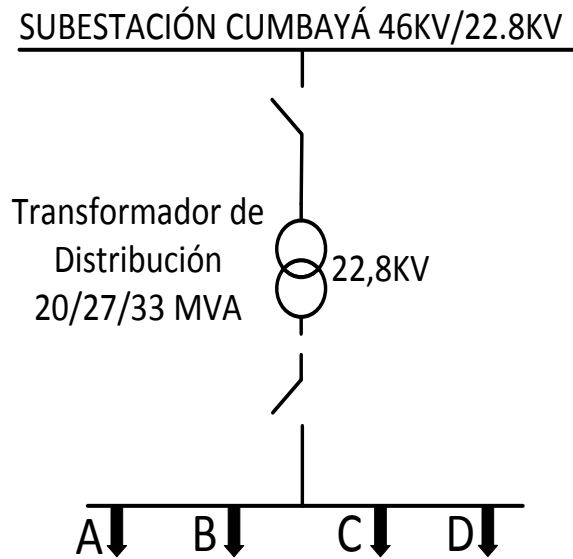


Figura 3.1, Diagrama unifilar de la Subestación Cumbayá N°29

Fuente: E. E. Quito, “UNIFILAR SEQ.” p. DIV.OP.MANTENIMIENTO, 2013.

Para el 2015 está previsto la puesta en servicio de la subestación No. 35 Cumbayá, 138/23 KV, con un transformador de 20/27/33 MVA, en el terreno junto a la tribuna del estadio de fútbol del Complejo Deportivo de EEQ en Cumbayá, al Sur, con una carga de 20.6 MVA, para evitar el riesgo de colapso de los puntos de transferencia de carga del sistema de 138 kV a 46 kV, en la S/E Selva Alegre y la S/E Vicentina, para lo cual debe transferirse el 100% de la carga del trafo de 33 MVA, 46/23 kV. Al 2017 la S/E 35 Cumbayá 138/23 kV, recibe un 50 % de carga de la S/E 36 Tumbaco 46/23, por lo que es necesario incrementar su capacidad instalada con un nuevo transformador de 20/27/33 MVA, 138/23 kV. Al 2021 su demanda sería 35.7 MVA y 66.0 MVA de capacidad instalada, durante el periodo su tasa de crecimiento promedio anual es de 5.75 % [37].

Esta subestación tiene 4 circuitos primarios, para este estudio analizaremos el primario 29 A.

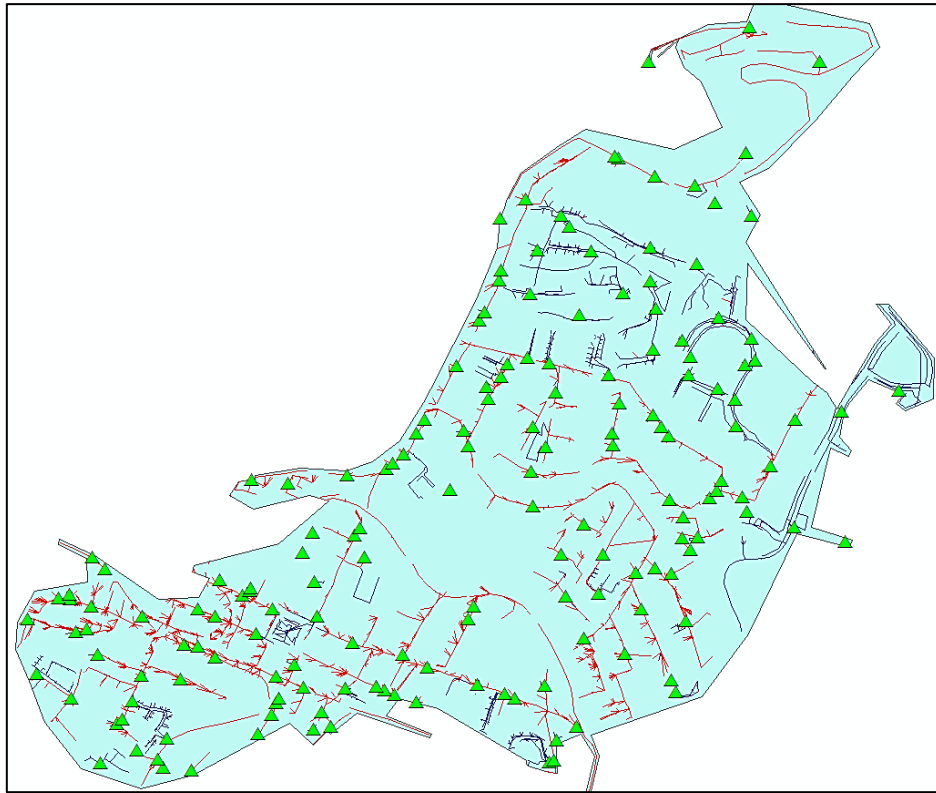


Figura 3.2, Polígono – Área del Primario 29A

Fuente: Empresa Eléctrica Quito, “Base de Datos, Programa ArcGIS para Sistemas de Distribución”

✚ **CLIENTES TOTALES ASOCIALES AL PRIMARIO 29 A**

Los clientes residenciales asociados al circuito primario 29 A de la Subestación Cumbayá pertenecen a estratos de electrificación tipo A, en el año 2014 se contabilizó 2195 usuarios; generalmente residentes en conjuntos habitacionales.

Tabla 3.2, Estratos de Consumo

Categoría de Estrato de Consumo	Escalas de consumo (kwh/mes/cliente)
E	0 – 100
D	101 – 150
C	151 – 250
B	251 – 350
A	351 – 500
A1	501 – 900

Fuente: Empresa Eléctrica Quito, “Norma A para Sistemas de Distribución, pág 87.”

✚ DISEÑO DE LA CAPACIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Para establecer la capacidad de los transformadores de distribución correspondiente a cada uno de los centros de transformación, se determina la Demanda de Diseño (DD), que depende del número y tipo de usuarios alimentados a partir del mismo. La capacidad del transformador requerida, viene dada por la ecuación:

$$kVA(t) = DD \times (\%) + DMD_{CE} \quad (2)$$

Siendo, DD la demanda de diseño, (%) el porcentaje de acuerdo al tipo de usuario y DMD_{CE} la demanda máxima diversificada correspondiente a cargas especiales, en caso de existir²¹.

Los porcentajes para los diferentes tipos de usuarios se indican a continuación.

Tabla 3.3, Factores de dimensionamiento de Acometidas

USUARIO TIPO	PORCENTAJE (%)
A y B	90
C	80
D y E	80
Comerciales e Industriales	90

Fuente: Empresa Eléctrica Quito, “Norma A para Sistemas de Distribución, pág 123²².”

✚ CAPACIDADES NORMALES

A continuación se da a conocer la potencia nominal de los transformadores de distribución, referidos por la Norma A de la Empresa eléctrica Quito S.A.:

Tabla 3.4, Potencia nominal de Transformadores de Distribución

²¹ E. E. Quito, “Normas para Sistemas de Distribución Parte A,” 2014.

²² E. E. Quito, “Normas para Sistemas de Distribución Parte A,” 2014.

VOLTAJE NOMINAL		N° FASES	POTENCIA NOMINAL(KVA)
MV (KV)	BV (V)		
6.0	220/127	3	15;30;45;50;60;75;100;112.5;125;150;160;200;225;300;350
6.0	240/120	2	5;10;15;25;37.5;50
13.2	220/127	3	15;30;45;50;60;75;100;112.5;125;150;160;200;225;300;350
13.2 GRDY/7,62	240/120	1	5;10;15;25;37.5;50
22.8	220/127	3	15;30;45;50;60;75;100;112.5;125;150;160;200;225;300;350
22.86 GRDY/13.2	240/120	1	5;10;15;25;37.5;50

Fuente: Empresa Eléctrica Quito, “Norma A para Sistemas de Distribución, pág 116.”

3.2 GENERACIÓN DE LOS PERFILES INCREMENTALES

Para poder definir los perfiles incrementales se debe tomar en cuenta diferentes parámetros de control que se modificarán en función del escenario: la forma de la curva de carga, el grado de integración de los vehículos eléctricos, potencia de recarga, recorrido diario, tiempo de recarga[19].

❖ Forma de la curva de carga

La curva de carga se caracteriza por las demandas de un consumidor típico de un sector de consumo identificado en la estructura tarifaria.

❖ Grado de integración de los vehículos eléctricos

Para desarrollar un modelo de integración de automóviles eléctricos al Sistema Eléctrico es necesario lo siguiente:

- **Necesidades de infraestructura**, para determinar si las redes existentes cumplen con los requisitos requeridos para la penetración de vehículos eléctricos.
- **Incentivos gubernamentales**, se debería desarrollar políticas de gobierno que incentiven la adquisición y comercialización de VE; además se podría eliminar los aranceles de forma permanente para este tipo de automotores.

Un incentivo muy importante para el uso de estos sería “*que no tengan pico y placa*”, siendo así una forma interesante de contrarrestar de una manera significativa el mayor costo de la inversión que deben hacer los ciudadanos para comprarlos²³.

❖ **Potencia de recarga**

Para propósitos de estudio la potencia óptima por cargador es de 3,6 kWh en domicilios, con un amperaje de 16 A; necesitando así una conexión monofásica o trifásica.

❖ **Recorrido diario**

Se tomará en cuenta que no existe infraestructura para recargar vehículos eléctricos en el país, por lo cual nuestro margen de autonomía llegaría hasta 170km; es decir esta investigación está limitada para vehículos que circulen dentro del perímetro urbano de la ciudad de Quito.

❖ **Tiempo de recarga**

Esta variable está ligada expresamente a la relación entre la capacidad de almacenamiento de la batería y la potencia máxima disponible en nuestros hogares, como se expresa en la siguiente ecuación.

$$Tiempo = \frac{Energía_{Acumulada}}{Potencia_{Recarga}} \quad (3)$$

3.2.1 PARÁMETROS DE LOS VEHICULOS ELÉCTRICOS QUE DELIMITAN EL IMPACTO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El presente estudio de los vehículos eléctricos tienen dos variables, demarcan el impacto en la Red de Distribución como: la capacidad de las baterías necesarias, además que autonomía pueden entregar; es decir cuál sería el consumo estimado por kilómetro recorrido. La distancia recorrida diariamente puede dar a conocer un mejor cálculo para la magnitud de la demanda de energía eléctrica esperada²⁴.

Los vehículos de menor tamaño presentan mayor eficiencia y restricción en el volumen permitido de las baterías.

²³ CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,” p. 26.

²⁴ O. Tecnológico and D. Energía, “MAPA TECNOLÓGICO,” 2012.

En lo referente al consumo eléctrico de los VE oscilaría entre 0,1 y 0,2 kWh/km. Para efectos de cálculo el valor que adoptaremos es de 0,2 kWh/km. En la siguiente tabla se presenta los vehículos que se ajustan a esta investigación:

Tabla 3.5, Consumo eléctrico típico de las baterías según las marcas de vehículos que se comercializan en Ecuador

Marca	Vehículo	Tipo	Pot. Motor (Kw)	Autonomía eléctrica (Km)	Tam. Batería (kWh)	Consumo eléctrico (kWh/km)	Tipo Batería	Costo Mercado
Citroen	Czero	EV	49	150	14,5	0,10	Li-Ion	30.190,00 €
Fiat	500	EV	83	160	24	0,15	Li-Ion	\$ 32.300,00
Mitshubishi	i-Miev	EV	47	160	16	0,10	Li-Ion	30.490,00 €
Renault	Twizy	EV	13	100	12	0,12	Li-Ion	7.930,00 €
Renault	Zoe	EV	65	160	22	0,14	Li-Ion	21.500,00 €
Peugeot	I-on	EV	49	130	16	0,12	Li-Ion	27.896,00 €
Nissan	Leaf	EV	80	120	24	0,20	Li-Ion	28.400,00 €
Ford	Focus	PHEV	107	162	23	0,14	Li-Ion	39.000,00 €
GM	Volt/Ampera	PHEV	111	80	17,1	0,21	Li-Ion	40.000,00 €
Toyota	Prius	HEV	60	2	1,31	0,66	Ni-MH	30.650,00 €
Toyota	Prius PHEV	PHEV	60	20	5,2	0,26	Li-Ion	36.500,00 €

Fuente: Páginas web marcas de vehículos eléctricos, “Fichas técnicas”

3.3 ENTRADAS DEL MODELO INCREMENTAL

El coeficiente de simultaneidad en Baja Tensión para los usuarios a utilizar los vehículos eléctricos será 1, ya que los clientes son nuevos en el uso de esta carga. Respecto a los parámetros de expansión de la Red de Distribución se tomará en cuenta las nuevas cargas como las cocinas de inducción con relación a las acometidas disponibles en nuestra red de estudio.

3.3.1 RED ELÉCTRICA MODELADA PARA EL ESTUDIO

Para definir el tramo de la Red de Distribución más acertado a nuestro estudio se tomaron en cuenta diferentes aspectos asociados a los clientes residenciales tales como: la ubicación geográfica, tipo de red disponible, nivel económico de los usuarios, estratificación de consumos. Como datos iniciales de generación de la red, se seleccionó a Cumbayá por ser una zona residencial, siendo en su mayor parte Conjuntos habitacionales, mediante los cuales se podría realizar la instalación de puntos de recarga lenta sin alterar la infraestructura disponible. Según el estrato al que pertenecen los usuarios residenciales en este caso A en mayor parte, es de considerar que estos clientes podrían acceder a la compra de vehículos eléctricos.

3.3.2 MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA A PARTIR DEL CONSUMO DE ENERGÍA SEGÚN LA REA

Este método determina la Máxima Demanda Diversificada a través de los factores “A” y “B” basados en el número de kWh consumidos por mes y por cliente. El factor “A”, también llamado factor del consumidor es aquel que considera la diversificación de la carga en función del número de consumidores N, mientras que el factor “B” o factor kWh depende del consumo mensual de energía kWh/mes/consumidor. Ha demostrado fiabilidad y las curvas han sido revisadas según la necesidad debido a los constantes cambios en la red. El método desarrollado para la demanda en kW consiste en la multiplicación de estos factores que corresponden al número de clientes y kWh usados. Estos factores pueden ser obtenidos de tablas o determinados matemáticamente. Para el cálculo del factor “A” se puede utilizar la siguiente ecuación[38].

$$FACTOR A = N(1 - 0,4N + 0,4\sqrt{(N^2 + 40)}) \quad (4)$$

Mientras que para el cálculo del factor “B” se puede emplear la siguiente ecuación[38].

$$FACTOR B = 0,005925(kw - hr/mes/consumidor)^{0,885} \quad (5)$$

Para propósitos de analizar el comportamiento y consumo mensual de los vehículos eléctricos, se ha considerado los siguientes aspectos:

Tabla 3.6, Consumo mensual esperado

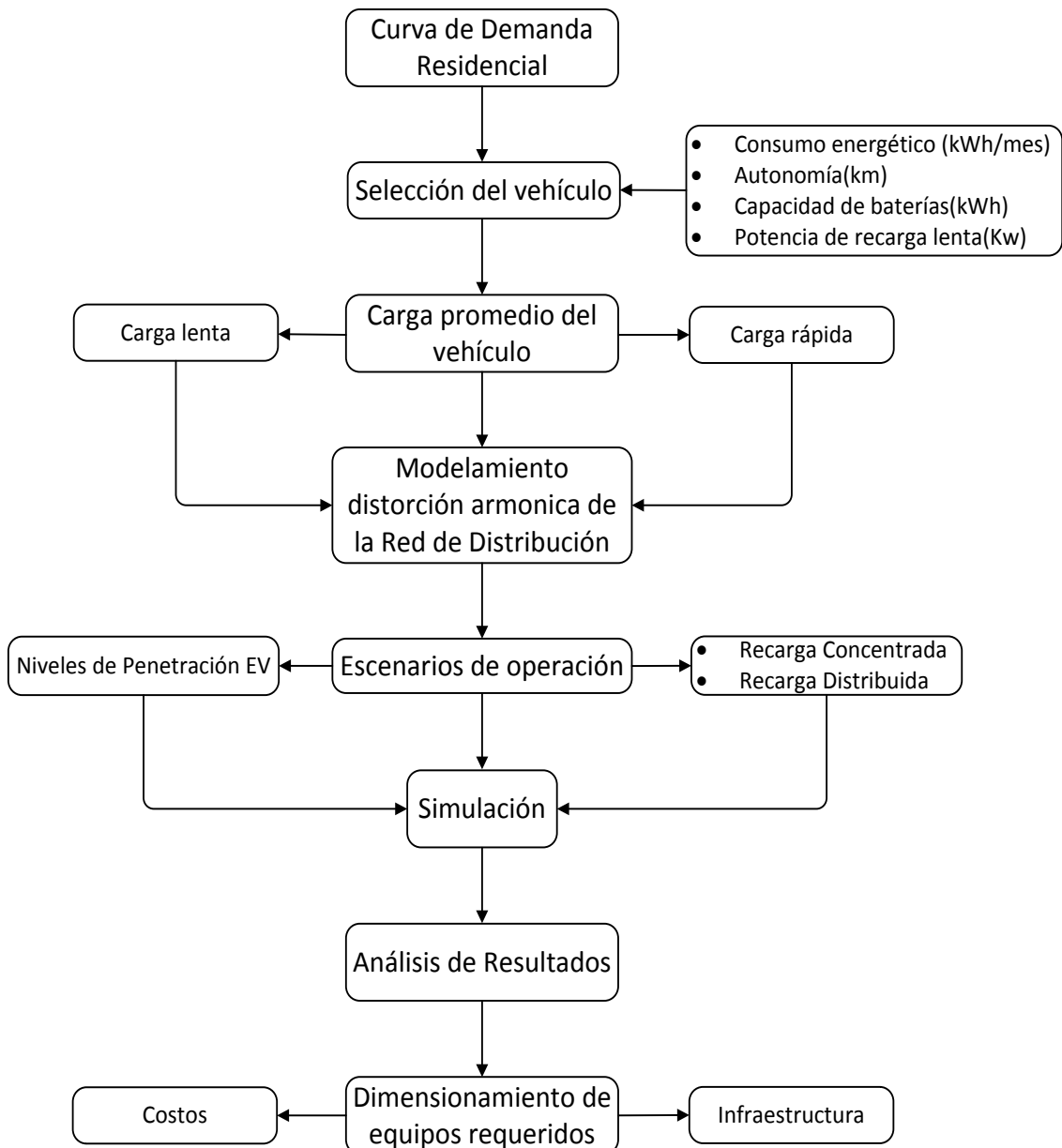
FACTOR	VALOR	UNIDAD
RECORRIDO MAX DIARIO	40	km
DURACIÓN DE CARGA	3	días
MES DE CALCULO DE RECARGA	30	días
Nº RECARGAS MENSUALES APROX.	10	recargas
TIEMPO ESTIMADO DE RECARGA	8	horas
CONSUMO DIARIA ESPERADA	27,232	kWh
ENERGIA MENSUAL ESPERADA	272,32	kWh/mes

Fuente: Autor Alex Córdoba España

3.4 METODOLOGÍA PARA LA SIMULACIÓN DE FLUJOS POTENCIA

Se realiza un análisis de los parámetros a emplearse en este estudio, tomando en cuenta factores relacionados con los consumos diarios actuales y la proyección a futuro de los clientes residenciales. Para ello podemos visualizar de mejor manera la metodología a utilizar.

Tabla 3.7, Metodología empleada en el pronóstico de Introducción de Vehículos Eléctricos en la Red de Distribución



Fuente: Autor Alex Córdoba España

3.4.1 DATOS DE ENTRADA

Para Transformadores de distribución tenemos:

- Nivel de tensión en lado medio y Bajo Voltaje: [22,8 kV] [240/120V] respectivamente.
- Potencia Nominal definida para cada tipo de transformador : [en MW]
- Grupo Vectorial en lado de medio y Bajo Voltaje: [D, YN], Desplazamiento angular.

Para Líneas de Transmisión tenemos:

- Longitud del Conductor: Distancia de la línea en km.
- Tensión Nominal: [22.8 kV] Voltaje nominal a la cual será sometido el conductor.
- Corriente Nominal: [kA] Corriente máxima que circulara en el conductor
- Frecuencia Nominal: Para todos los caso [60 hz].
- Tipo de tendido: para todos los casos se considera líneas aéreas y subterráneas
- Parámetros de secuencias de línea: Resistencia R' , Resistencia R_o' , Reactancia X' , Reactancia X_o' y Susceptancia B' .
- Número de fases: Para todos los casos se considera un sistema trifásico.
- Tipo de Sistema: Para todos los casos se considera sistemas en corriente alterna (AC).

Para Cargas tenemos:

- Potencia Activa: Cantidad de potencia activa a ser abastecida
- Factor de Potencia: Para todas las cargas considero un factor de potencia de 0,96 en el hogar, para Cocinas de Inducción un factor de potencia 0,98 y para vehículos un factor de potencia de 0,92.
- Voltaje: Nivel de voltaje en [p.u.]
- Tipo de Carga: Todas las cargas puntuales se consideraran como carga balanceada.

3.4.2 ESCENARIOS DE ESTUDIO

Los escenarios permitirán caracterizar las posibles ocurrencias que pueden darse en el sistema y qué consecuencias tendrán cada una de ellas. Para seleccionar estos escenarios se ha tomado en cuenta las curvas de carga esperadas para la Red de Distribución de la

ciudad de Quito, así como también los horarios de Demanda mínima, media y punta establecidos en el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022.

- Horario Demanda mínima : 01h00 a 05h00 am
- Horario Demanda media : 06h00 a 17h00 pm y 23h00 a 24h00
- Horario Demanda máxima: 19h00 a 22h00

Para el análisis de Flujos de Potencia se han consideraron cinco casos de Estudio los cuales se presentan a continuación:

- Escenario #1 (Cocinas de inducción en alta demanda)
- Escenario #2 (1% de Integración de Vehículos eléctricos)
- Escenario #3 (5% de Integración de Vehículos eléctricos)
- Escenario #4 (10% de Integración de Vehículos eléctricos)
- Escenario #5 (30% de Integración de Vehículos eléctricos)

Con referente a las cocinas de inducción se realizó el cálculo con 100kw/mes subsidiados por el Gobierno Nacional para la implementación de las cocinas en los hogares ecuatorianos.

3.4.3 CASOS DE ESTUDIO

Un Caso de Estudio es un Escenario, que contiene una configuración y una demanda específica. La Lista de Casos de Estudio es la siguiente:

Tabla 3.8, Lista de Casos de Estudio para la planificación de la integración de vehículos eléctricos en la Red de Distribución.

CASOS DE ESTUDIO			
	CASO	ESCENARIO	DEMANDA
1	COCINAS	#1 (COCINAS DE INDUCCIÓN EN ALTA DEMANDA)	MÍNIMA
			MEDIA
			MÁXIMA
2	CASO BASE 1%	#2 (1% DE INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS)	MINIMA
			MEDIA
			MAXIMA
3	VEH 5% CONT	#3 (5% DE INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS)	MÍNIMA
			MEDIA
			MÁXIMA
4	VEH 10% CONT	#4 (10% DE INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS)	MÍNIMA
			MEDIA
			MÁXIMA
5	VEH 30% CONT	#5 (30% DE INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS)	MÍNIMA
			MEDIA
			MÁXIMA

Fuente: Autor Alex Córdova España

3.4.4 CURVA DE DEMANDA RESIDENCIAL DIARIA

La curva de demanda residencial en el Sistema de Distribución Eléctrico depende de diversos factores como: la implementación de las cocinas de inducción, la introducción de vehículos eléctricos, sustitución de refrigeradores, entre otros. El gobierno ecuatoriano a través del programa de eficiencia energética proyectado en el Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022, pretende mejorar el rendimiento de sus recursos energéticos. Para propósitos de nuestro estudio se realiza la modelación de la demanda de vehículos eléctricos y las cocinas de inducción.

✓ MODELACIÓN DE LA DEMANDA DE COCCIÓN ELÉCTRICA

La demanda de las cocinas de inducción, generaría desde el punto de vista del consumo eléctrico y particularmente en el perfil de carga típico del cliente residencial, se tiene lo siguiente:

1. Se asume un consumo promedio de 100 kWh/mes/cliente por uso de la cocina y calentadores de agua.
2. Hasta tanto se tengan resultados solventes desde el punto de vista estadístico, se asumen las siguientes curvas de distribución del consumo por uso de la cocina eléctrica por región, aceptando un perfil con 3 picos bien pronunciados originados durante la mañana, mediodía y tarde-noche.

Debido a que la penetración de la cocina se dará a lo largo del tiempo, se ha elegido, para efectuar la comparación de perfiles, la situación al 2017, año en el cual el avance de la migración estará en el orden del 80%, tal como fuera mencionado anteriormente[39].

Si se analiza la situación de E.E.Q.S.A. se tiene lo siguiente al 2017:

1. Consumo del cliente típico promedio residencial: 152 kWh/mes.
2. Consumo adicional del cliente típico por uso de la cocina: 100 kWh/mes (al año elegido se espera que el 64% de la empresa disponga de cocina).
3. La curva de carga residencial tendrá el siguiente perfil:

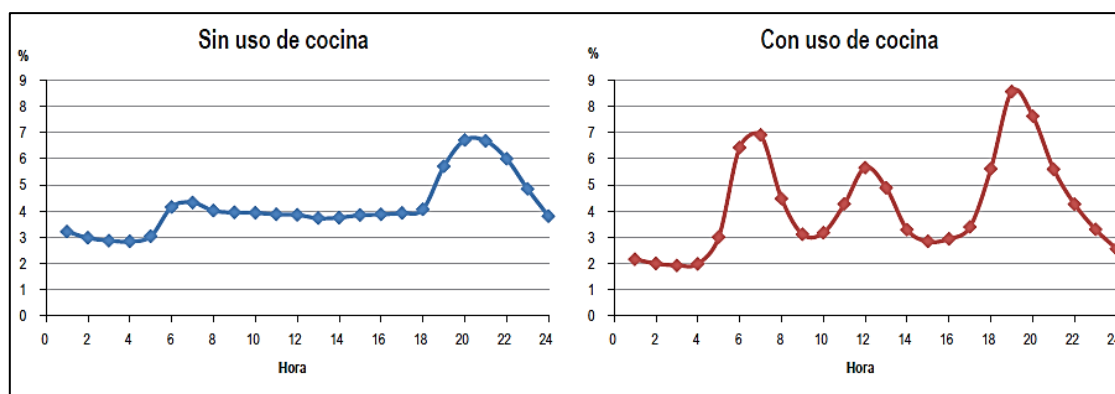


Figura 3.3, Impacto del uso de la cocina en el perfil de carga residencial de la E.E.Q

Fuente: Conelec, “Plan maestro de Electrificación,” pp. 75 – 206.

✓ MODELACION DE LA DEMANDA DE VEHICULOS ELÉCTRICOS

Según el Plan Maestro de Electrificación 2013 – 2022 Se prevé la incorporación de 1.000 vehículos eléctricos por año desde el 2016, generando un incremento en el consumo eléctrico con el siguiente impacto por distribuidora.

Tabla 3.9, Consumo eléctrico por introducción de vehículos eléctricos

Empresa	Unidad	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CNEL-Bolívar	MWh	42	42	42	42	42	42	42	42
CNEL-EI Oro	MWh	144	144	144	144	144	144	144	144
CNEL-Esmeraldas	MWh	81	81	81	81	81	81	81	81
CNEL-Guayas Los Ríos	MWh	210	210	210	210	210	210	210	210
CNEL-Los Ríos	MWh	63	63	63	63	63	63	63	63
CNEL-Manabí	MWh	213	213	213	213	213	213	213	213
CNEL-Milagro	MWh	102	102	102	102	102	102	102	102
CNEL-Sta. Elena	MWh	75	75	75	75	75	75	75	75
CNEL-Sto. Domingo	MWh	111	111	111	111	111	111	111	111
CNEL-Sucumbios	MWh	45	45	45	45	45	45	45	45
E.E. Ambato	MWh	159	159	159	159	159	159	159	159
E.E. Azogues	MWh	24	24	24	24	24	24	24	24
E.E. Centro Sur	MWh	225	225	225	225	225	225	225	225
E.E. Cotopaxi	MWh	72	72	72	72	72	72	72	72
E.E. Norte	MWh	144	144	144	144	144	144	144	144
E.E. Quito	MWh	645	645	645	645	645	645	645	645
E.E. Riobamba	MWh	108	108	108	108	108	108	108	108
E.E. Sur	MWh	111	111	111	111	111	111	111	111
Eléctrica de Guayaquil	MWh	426	426	426	426	426	426	426	426
E.E. Galápagos	MWh								
Total	MWh	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000

Fuente: Conelec, “Plan maestro de Electrificación,” pp. 63 – 206.

Se realizó una estimación de 3000 vehículos eléctricos para la ciudad de Quito.

✚ NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

La introducción de los vehículos eléctricos en el parque automotor del país dependería de muchos aspectos tales como: infraestructura requerida, incentivos del gobierno, autonomía, consumo energético, costos de operación. Se considera cuatro posibles niveles de penetración de vehículos eléctricos puros como instrumento de análisis, tomando en cuenta que cálculo estimado de 3000 automotores; estos serían:

1. 1% durante el año inicial: 2016, es decir 30 vehículos.
2. 5% en el año 2020, 150 vehículos.
3. 10% en el año 2024, 300 vehículos.
4. 30% en el año 2030, 900 vehículos.

Actualmente existen leyes las cuales facultarían el ingreso de los vehículos eléctricos, como las que se presenta a continuación acerca de los impuestos a consumos especiales por la adquisición de vehículos híbridos o eléctricos[40].

Tabla 3.10, Impuestos a consumos especiales, SRI

Vehículos motorizados híbridos o eléctricos de transporte terrestre de hasta 3.5 toneladas de carga.	%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea de hasta USD 35.000	0%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 35.000 y de hasta USD 40.000	8%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 40.000 y de hasta USD 50.000	14%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 50.000 y de hasta USD 60.000	20%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 60.000 y de hasta USD 70.000	26%
Vehículos híbridos o eléctricos cuyo precio de venta al público sea superior a USD 70.000	32%

Fuente: SRI, “Reforma tributaria - Ley de fomento ambiental y optimización de los ingresos del estado,” pp. 2–11, 2011.

Con lo que se puede observar que la mejor opción sería la adquisición de vehículos eléctricos cuyo precio de venta al público sea de hasta USD 35.000 por estar exonerados

de impuestos en su totalidad. Acorde con el análisis efectuado; existen varios tipos de vehículos que se acoplan a esta situación.

SELECCIÓN DEL VEHÍCULO

De acuerdo a la tabla anteriormente mencionada, existen diversos automóviles eléctricos que se adaptan a nuestro estudio; no obstante contamos con parámetros como: la autonomía que presten dichos vehículos, el consumo eléctrico que puedan tener mensualmente, además de la capacidad que tengan las baterías que permitan el almacenamiento de energía. Realizamos el estudio en base al vehículo “Nissan Leaf Zero Emission” cuyas características serán descritas a continuación:

Tabla 3.11, Vehículo idóneo acorde a la introducción de vehículos eléctricos en las Redes de Distribución

NISSAN LEAF ZERO EMISSION	
Potencia de recarga doméstica	3,3 kW ; 6,6 kW
Potencia de recarga rápida, 80%	19,2 kWh
Energía de la batería/ Potencia:	24 kWh/90 kW (~21 kWh usables)
Tiempo de carga	Modo-1: 120V 12A máximo: 20 horas; Modo-2: 240V 16A máximo: 7 horas; Modo-3: 240V 30A máximo : 3.5 horas; Modo-4: 480VDC 125A máximo: 30 min.

Fuente: Nissan, “Nissan LEAF,” 2014. <http://www.roperld.com/science/NissanLEAF.htm>.

En promedio, la potencia consumida en la recarga de la batería del VE es de 3,6 kW y el tiempo de la recarga oscila entre 1 y 8 horas al día. Para evaluar el efecto de cuándo se realiza la recarga, se han considerado tres estrategias de gestión de la recarga del VE:

1. **Recarga en horas punta**, en el tramo horario comprendido entre las 19:00 y las 22:00 pm. Correspondería a una recarga no controlada, donde cada usuario del vehículo eléctrico lo recargaría al retornar del trabajo a casa en un día laborable.
2. **Recarga en horas valle**, de 00:00 a 05:30 am. Este escenario demuestra su viabilidad, ya que en este horario los centros de transformación se encuentran con consumos mínimos. Este esquema podría estar ligado a tarifas reducidas para la recarga del auto eléctrico.

3. **Recarga inteligente**, esta configuración se encontraría relacionada con el consumo en horas valle, con la finalidad de que la curva de consumo eléctrico en la red de distribución en horas valle sea lo más plana posible. Para ello se debería implantar un sofisticado sistema de control coordinado, capaz de distribuir las órdenes de recarga entre los vehículos eléctricos para garantizar la carga antes de su uso.

🚗 RECARGA EN HORAS MÍNIMAS (CONTROLADA)

Si se realizara una recarga controlada de vehículos eléctricos, es decir que se aprovechara las horas de demanda mínima (00:00 a 05:00 am), además de utilizar dos horas de demanda media (22:00 a 00:00 pm) para recargar las baterías, en recarga lenta de 3,6kWh a 16 A, se esperaría la siguiente curva de carga; con lo cual puede conseguirse el favoreciendo de la movilidad sostenible que se desea.

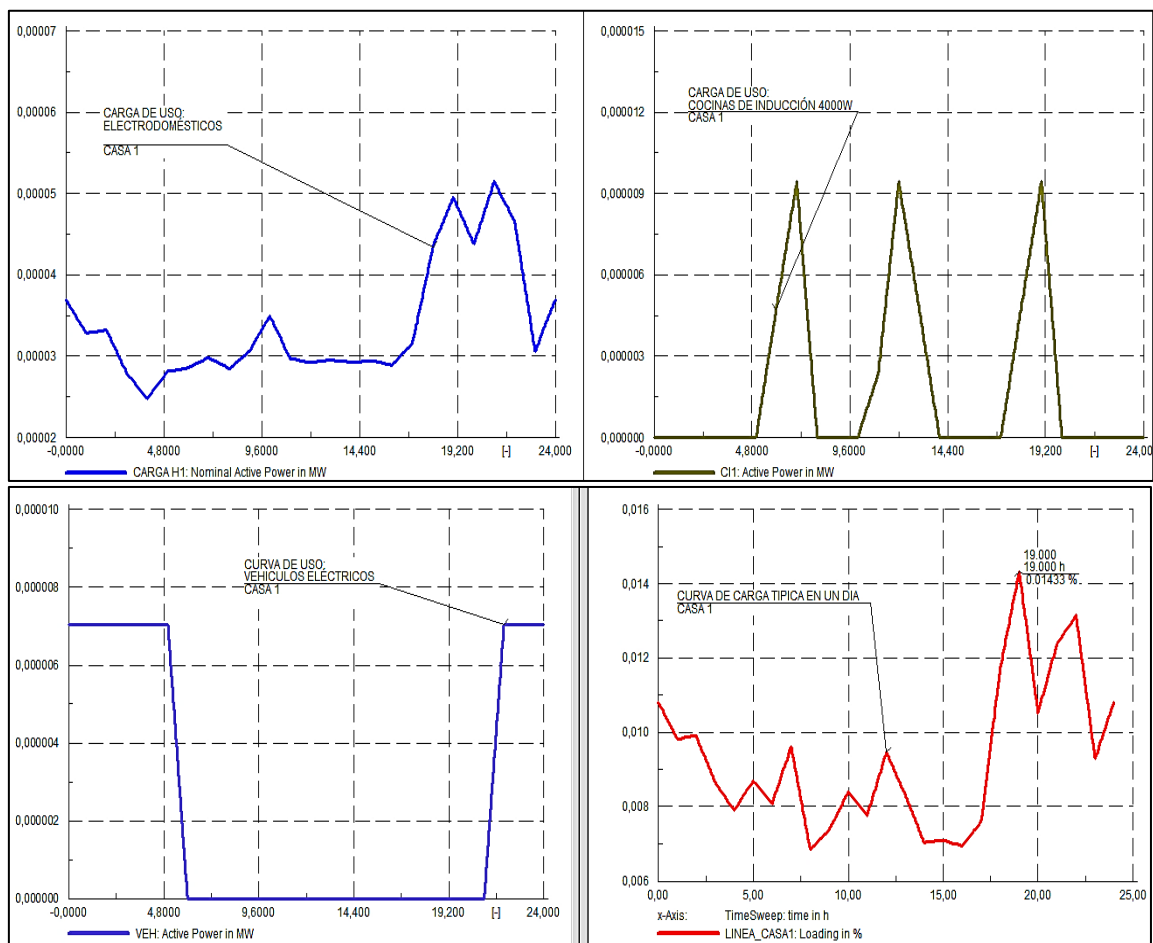


Figura 3.4, (a) Uso de electrodomésticos, (b) Uso de cocinas de inducción; (c) Carga de Vehículos eléctricos desde 22:00 a 06:00 (d) Curva de carga diaria Óptima de Vehículos Eléctricos en CASA 1

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

Para el análisis del gráfico anterior se considera los datos de un día de consumo típico, en el cual podemos observar que cuenta con una cocina de inducción de 4000 watts de potencia, además de un auto eléctrico con 3,6 kW de potencia en su cargador, el cual sería recargado en las horas de menor consumo, evidenciando que no existiría mayor afectación en la red instalada en ese momento.

No obstante podemos visualizar que si la potencia de recarga de los cargadores de vehículos eléctricos aumenta, el tiempo para recargar las baterías disminuiría a la mitad, con lo cual el horario de recarga sería óptimo porque se utilizaría en las horas de menor consumo; pero la potencia empleada en el cargador de vehículos eléctricos no sería la adecuada ya que superaría el consumo estimado en las horas punta.

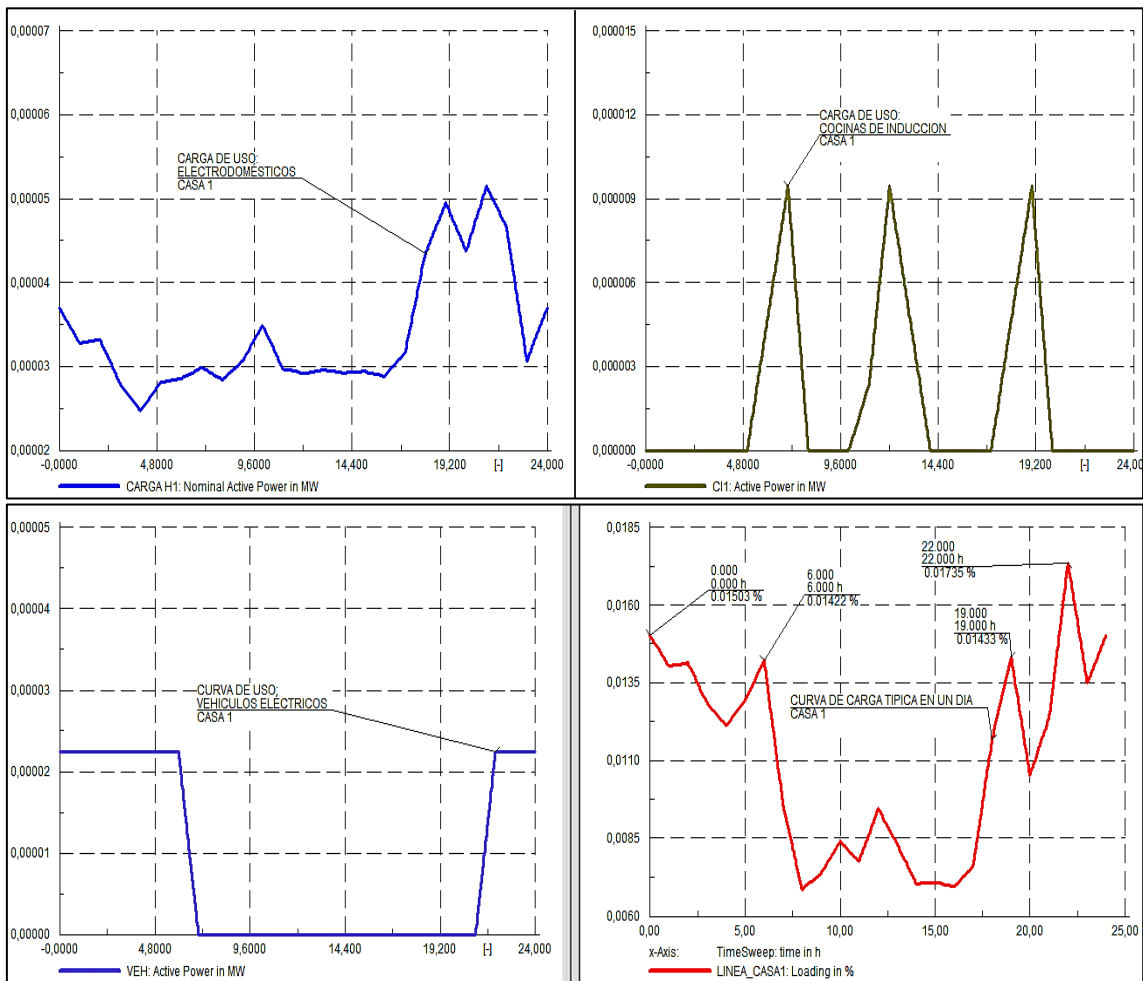


Figura 3.5, (a) Uso de electrodomésticos, (b) Uso de cocinas de inducción; (c) Carga de Vehículos eléctricos desde 22:00 a 06:00 (d) Curva de carga diaria No viable de Vehículos Eléctricos en CASA 1

Fuente: DIGSILENT PowerFactory 14.1.3

✚ RECARGA EN HORAS PUNTA (DESCONTROLADA)

En caso de realizarse una recarga descontrolada de vehículos eléctricos, es decir que el usuario de los vehículos eléctricos efectuara la carga de los mismos en el momento de llegar a su casa desde el trabajo, a partir de las 19:00 pm; es decir cuando existe el periodo de mayor consumo.

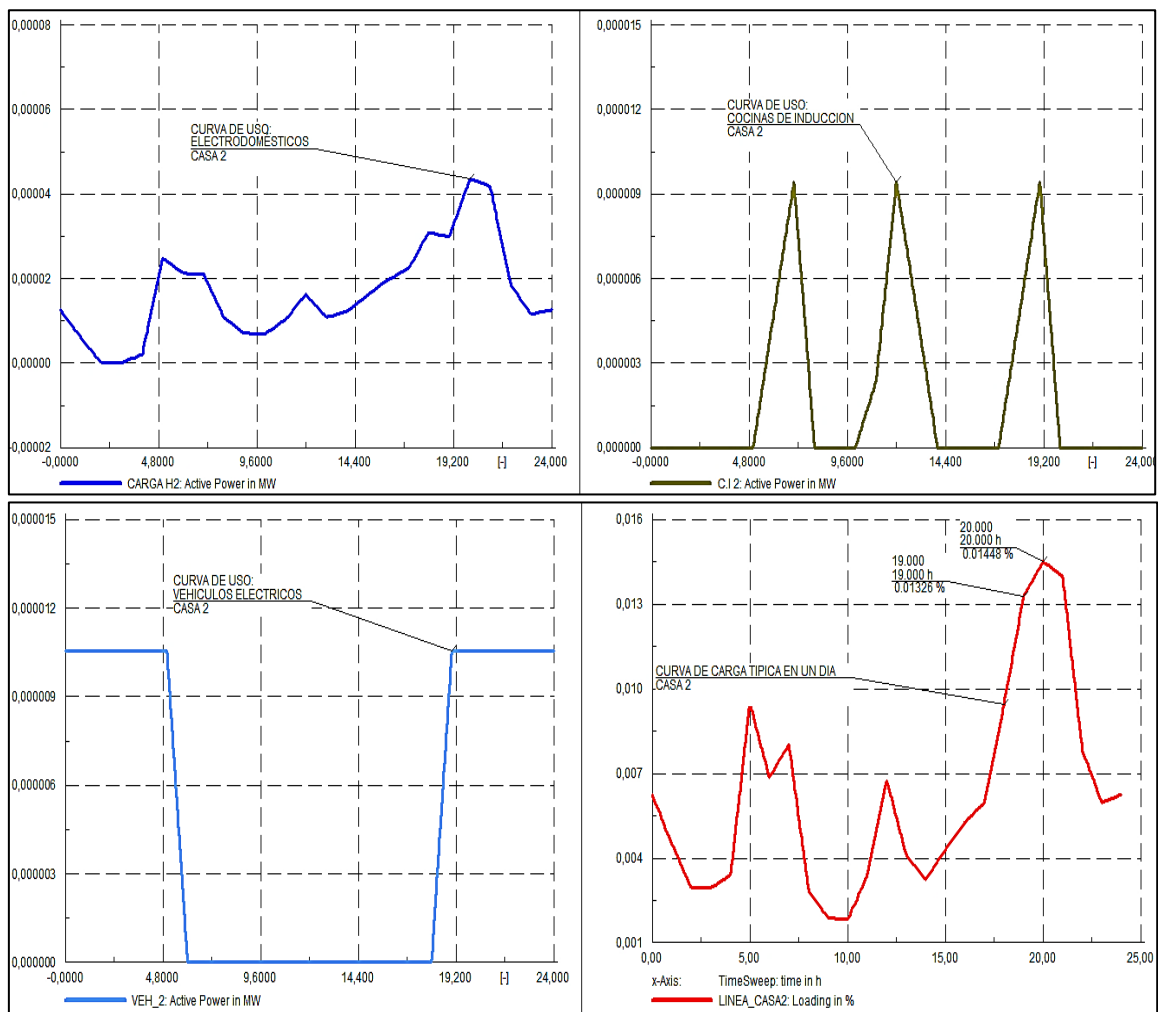


Figura 3.6, (a) Uso de electrodomésticos, (b) Uso de cocinas de inducción; (c) Carga de Vehículos eléctricos desde 19:00 a 05:00 (d) Curva de carga diaria No viable de Vehículos Eléctricos en CASA 2

Fuente: DIGSILENT PowerFactory 14.1.3

En el gráfico anterior podemos observar que la recarga de vehículos eléctricos en el momento que la demanda eléctrica sea máxima no sería una opción apropiada ya que incidiría directamente en el aumento del consumo eléctrico del usuario. Para este análisis se emplea una cocina de inducción de 4000 watts y el cargador de un vehículo eléctrico de 3,7kW de potencia nominal.

Sin embargo la afectación fuese aún mayor si se emplea con cargador de 6,6kW ya que la demanda máxima de la vivienda aumentaría a valores no recomendados.

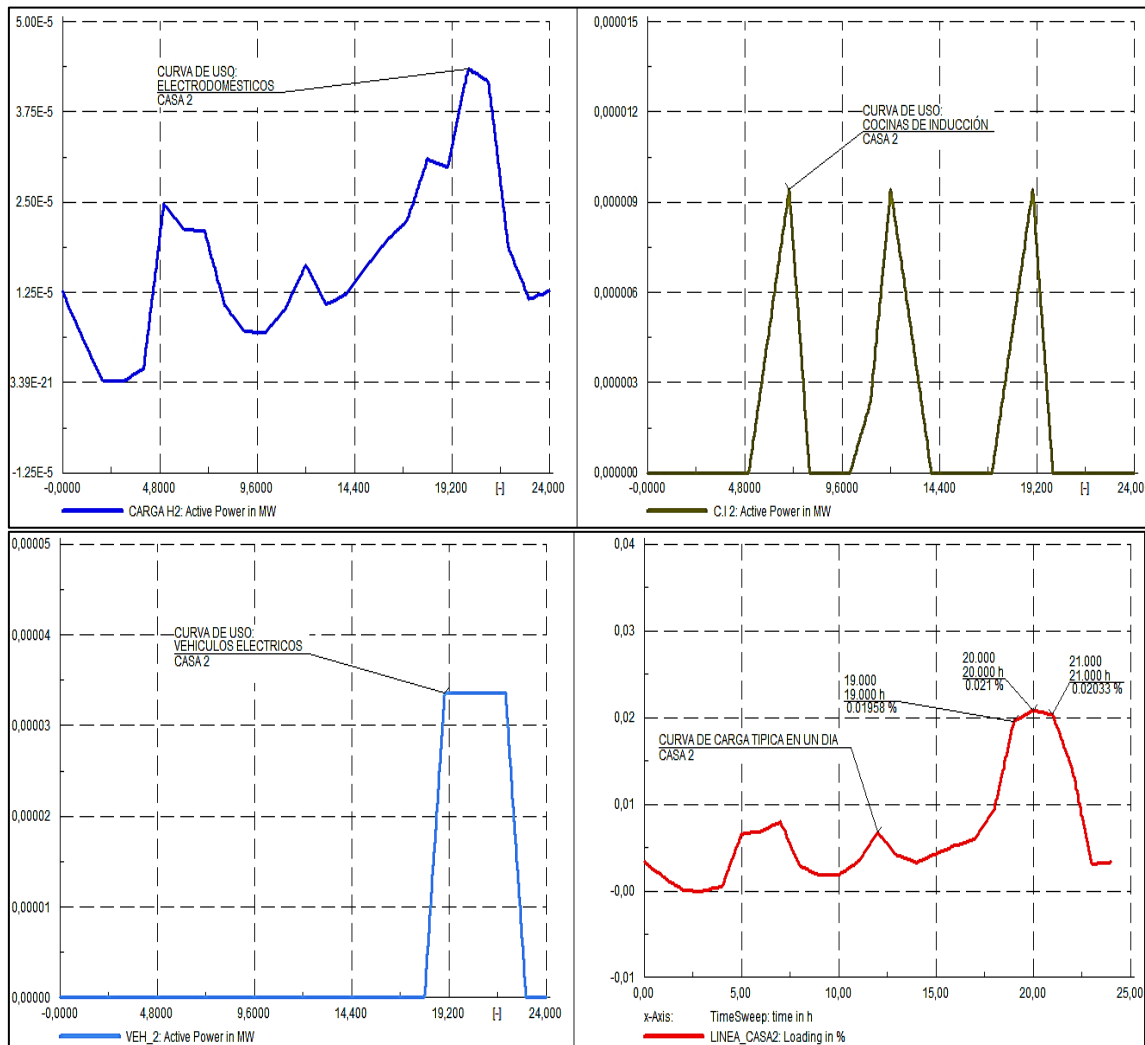


Figura 3.7, (a) Uso de electrodomésticos, (b) Uso de cocinas de inducción; (c) Carga de Vehículos eléctricos desde 19:00 a 23:00 (d) Curva de carga diaria No viable de Vehículos Eléctricos en CASA 2

Fuente: DIGSILENT PowerFactory 14.1.3

✓ MODELACIÓN DE LA DISTORSIÓN ÁRMÓNICA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La tensión que se suministra a los usuarios y la corriente resultante de sus equipos deberían ser ondas senoidales perfectas de 60 Hz, sin embargo, las no linealidades presentes en el Sistema de Distribución y en las cargas de los usuarios, causan distorsión en las formas de onda de tensión y corriente. Las cargas no lineales producen corrientes no senoidales, es decir con alto contenido de armónicos; a pesar de que se alimenten de una tensión senoidal pura[41]. La distorsión de la corriente provoca la

distorsión de la tensión cuando fluye por las impedancias de la red eléctrica. Las principales causas de la producción de armónicas son las siguientes:

- Distorsión debida a la saturación magnética de materiales.
- Configuración geométrica de máquinas eléctricas.
- Comportamiento no-lineal de las cargas, es decir, comportamiento de interrupción periódica repetitiva en circuitos eléctricos.

Desde el punto de vista técnico, los armónicos producen una serie de efectos negativos, que se resumen en lo siguiente:

- Incremento de pérdidas en la red eléctrica y equipos.
- Disminución de la vida útil de los equipos.
- Pérdida de la calidad y de la confiabilidad del sistema eléctrico.

ANÁLISIS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA

Los cargadores de batería son cargas no lineales que inyectan armónicos en la red de distribución en la cual estén conectados. La cuantificación de la distorsión armónica global y su impacto en el rendimiento de las instalaciones también debe ser analizada con el fin de evitar que la estrés de la distribución de energía[42].

➤ ARMÓNICOS CAUSADOS POR RECTIFICADORES

La magnitud y la frecuencia de las perturbaciones armónicas dependerán de la estructura del rectificador y su número de pulsos p . Si un rectificador simétrico se alimenta de una fuente de corriente ideal, el orden de los armónicos de corriente serían los siguientes:

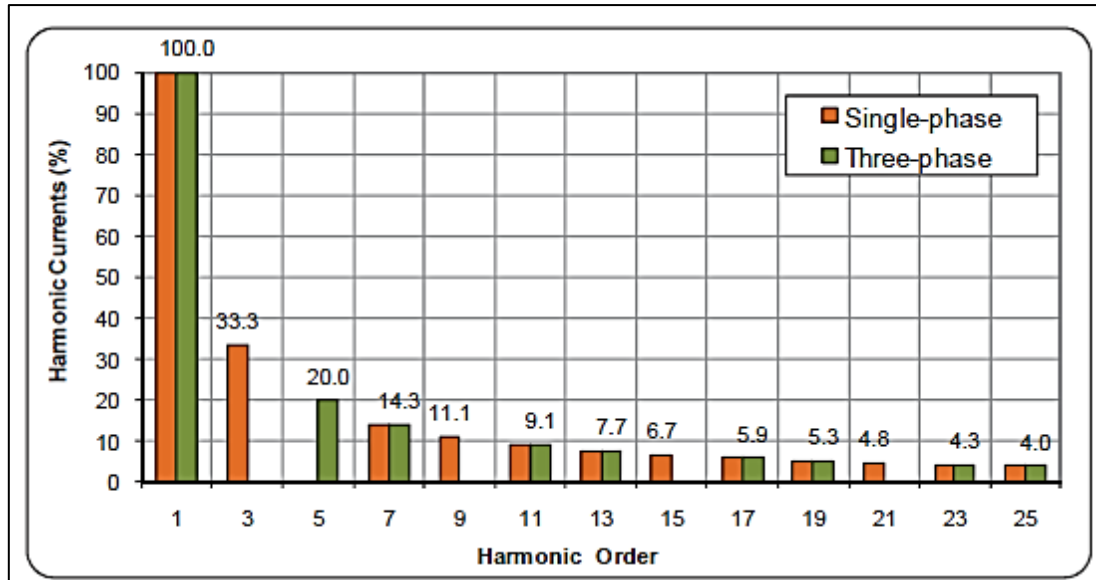
$$h = k \cdot p \pm 1, \quad (6)$$

Donde $k=1, 2, 3, \dots$ y las respectivas amplitudes de cada armónico se dan por la siguiente ecuación:

$$I_{cH} = \frac{I_{c1}}{h} \quad (7)$$

En la siguiente tabla se muestra la distribución teórica de la amplitud de cada función armónica de la frecuencia fundamental para rectificadores monofásicos y trifásicos[42].

Tabla 3.12, Distribución espectral armónica de la corriente absorbida por rectificadores monofásicos y trifásicos



Fuente: J. P. Trovão, P. G. Pereirinha, L. Trovão, and H. M. Jorge, “Electric vehicles chargers characterization: Load demand and harmonic distortion,” *Proceeding Int. Conf. Electr. Power Qual. Util. EPQU*, pp. 694–700, 2011.

Dependiendo del tipo de cargador, estos sistemas pueden producir una diferenciación de la distorsión armónica. Las perturbaciones producidas por los armónicos varían según la carga y puede alcanzar valores mucho más altos cuando se trata de cargas capacitivas predominantemente.

➤ CUANTIFICACIÓN DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA

La distorsión armónica es una forma de contaminación de la Red de Distribución eléctrica susceptible de generar problemas a través de la suma de las corrientes armónicas[43]. Los indicadores cuantitativos utilizados para examinar la calidad de forma de onda son los valores de la amplitud de la descomposición de la serie de Fourier trigonométrica, es decir, los valores armónicos (X_k) del orden k ,

$$X_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \cos k\omega t \, dt , \quad (8)$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cdot \sin k\omega t \, dt ,$$

donde $k = 0, 1, 2, \dots$, $\omega = 2\pi f$ y f es la frecuencia del sistema. X_1 es el valor de la frecuencia fundamental²⁵.

Para caracterizar el nivel de la distorsión armónica en la red eléctrica a través de la distorsión armónica total (THD), que cuantifica el valor efectivo de la distorsión armónica, de acuerdo con la norma IEEE Standard, como se expresa en la siguiente ecuación [44].

$$THD_x = \sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} \left(\frac{X_k}{X_1}\right)^2} \quad (9)$$

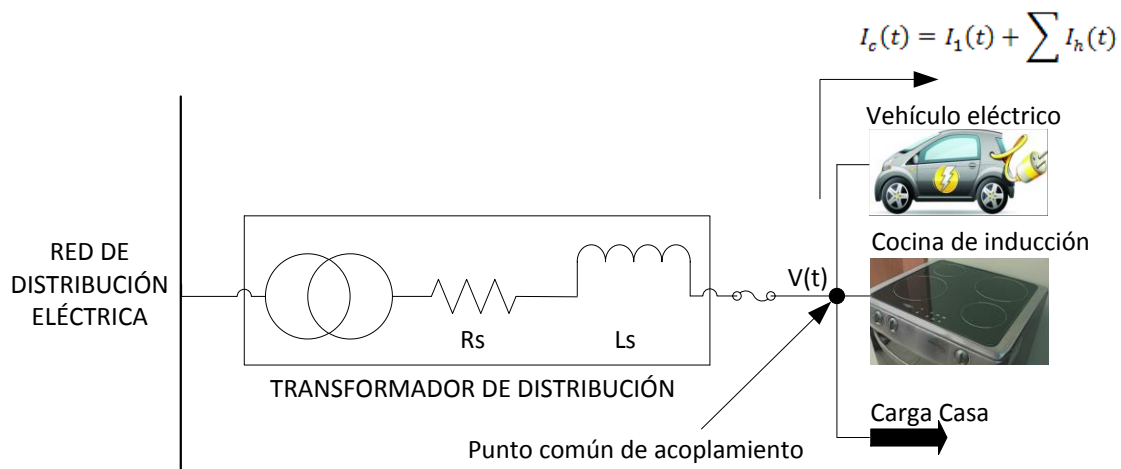


Figura 3.8, Representación de la red de distribución y la proliferación armónica resultante de las cargas no lineales.

Fuente: J. P. Trovão, P. G. Pereirinha, L. Trovão, and H. M. Jorge, “Electric vehicles chargers characterization: Load demand and harmonic distortion,” *Proceeding Int. Conf. Electr. Power Qual. Util. EPQU*, pp. 694–700, 2011.

²⁵ J. P. Trovão, P. G. Pereirinha, L. Trovão, and H. M. Jorge, “Electric vehicles chargers characterization: Load demand and harmonic distortion,” *Proceeding Int. Conf. Electr. Power Qual. Util. EPQU*, pp. 694–700, 2011.

✚ ESCENARIOS DE OPERACIÓN

La operación de los vehículos es un aspecto importante de reconocer, ya que esta acción depende del comportamiento de los usuarios: cuándo, cómo y dónde realice la recarga de sus automóviles.

Para ello hemos tomado en cuenta dos posibles escenarios de operación:

1. Recarga concentrada
 2. Recarga distribuida
- **Recarga concentrada**, está debería realizarse en electrolineras donde el tiempo de recarga bordearía los 30 minutos, puede ser usada en cualquier momento del día. Podemos observar la conexión eléctrica que tendría una estación de recarga rápida de vehículos eléctricos[45].

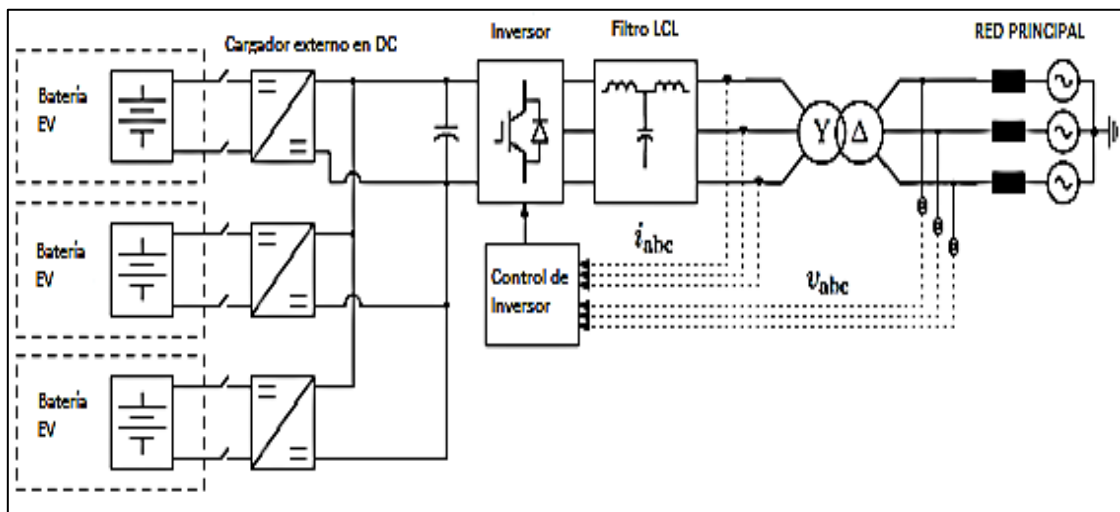


Figura 3.9, Estación de carga EV propuesta para la carga DC rápido.

Fuente: A. Arancibia and K. Strunz, "Modeling of an electric vehicle charging station for fast DC charging," *2012 IEEE Int. Electr. Veh. Conf. IEVC 2012*, no. 3, 2012.

El cargador empleado para esta instalación eléctrica es de estándar CHAdeMO, principalmente para carga rápida en DC, la tensión de salida y el rango actual de una estación típica CHAdeMO carga rápida de 50 kW son 50-600 Vdc y 0-125 Adc, respectivamente. La configuración común de la estación de carga rápida DC es la combinación del rectificador y un convertidor DC-DC[46].

Primero, se rectifica la alimentación de entrada de corriente trifásica en la salida de DC. Entonces, convertidor DC-DC se utiliza para subir o bajar la salida de CC a un nivel de

voltaje DC apropiado, que es adecuada para cargar la batería de iones de litio. Para una carga rápida, el proceso de carga se controla normalmente[47].

Corriente constante - Voltaje constante (CC / CV) en el control de carga es el método más adecuado de carga rápida para cargar una batería de iones de litio, ya que este tipo de batería es vulnerable a los daños si la batería trabaja por encima del límite de tensión[48]. A través de la Distribución de Poisson se logra determinar, el horario posible de recarga rápida de vehículos eléctricos en las electrolinerías, en la cual emplearemos para nuestra simulación 3 cargadores de 50kW y 125A cada uno, sabemos que el tiempo de recarga oscilaría los 30 min, dando lugar a que exista la posibilidad de recargar 6 vehículos en una hora.

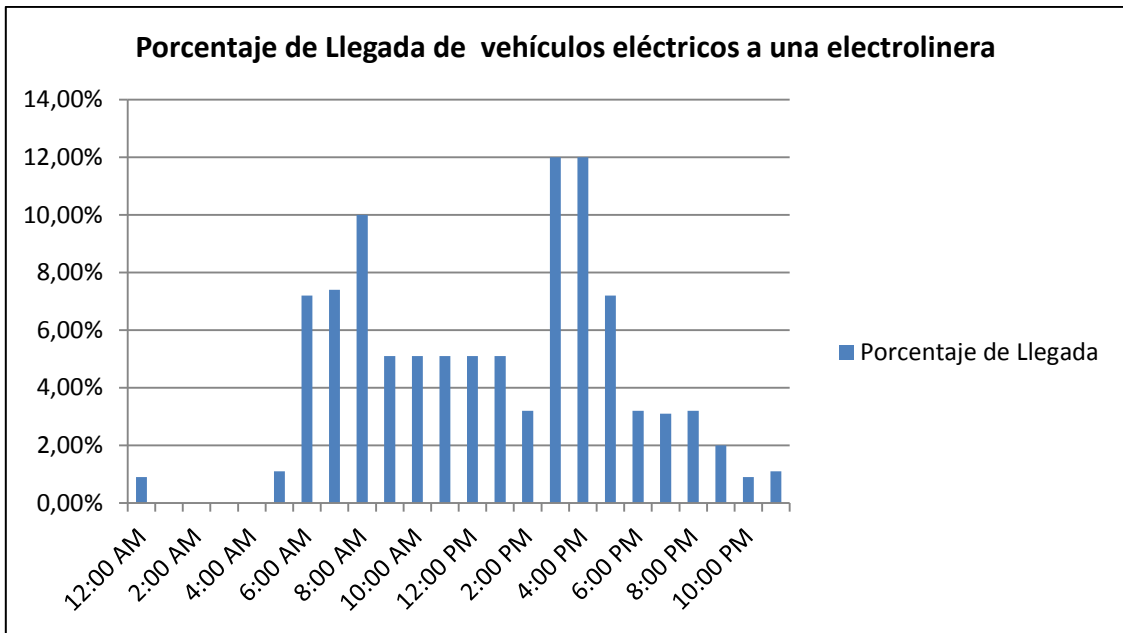
Tabla 3.13, Porcentaje esperado de arribo a electrolinerías para recargar vehículos eléctricos en un tiempo estimado de 30 minutos

HORA	Porcentaje de Llegada	Porcentaje acumulado
12:00 AM	0,90%	0,90%
1:00 AM	0,00%	0,90%
2:00 AM	0,00%	0,90%
3:00 AM	0,00%	0,90%
4:00 AM	0,00%	0,90%
5:00 AM	1,10%	2,00%
6:00 AM	7,20%	9,20%
7:00 AM	7,40%	16,60%
8:00 AM	10,00%	26,60%
9:00 AM	5,10%	31,70%
10:00 AM	5,10%	36,80%
11:00 AM	5,10%	41,90%
12:00 PM	5,10%	47,00%
1:00 PM	5,10%	52,10%
2:00 PM	3,20%	55,30%
3:00 PM	12,00%	67,30%
4:00 PM	12,00%	79,30%
5:00 PM	7,20%	86,50%
6:00 PM	3,20%	89,70%
7:00 PM	3,10%	92,80%
8:00 PM	3,20%	96,00%
9:00 PM	2,00%	98,00%
10:00 PM	0,90%	98,90%
11:00 PM	1,10%	100,00%

Fuente: Autor Alex Córdoba España

Seguidamente tenemos la Distribución de Poisson para las electrolinerías[45].

Tabla 3.14, Distribución de Poisson de arribo a electrolineras



Fuente: Autor Alex Córdoba España

Las posibles curvas de recargas que puede tener una electrolinera serían:

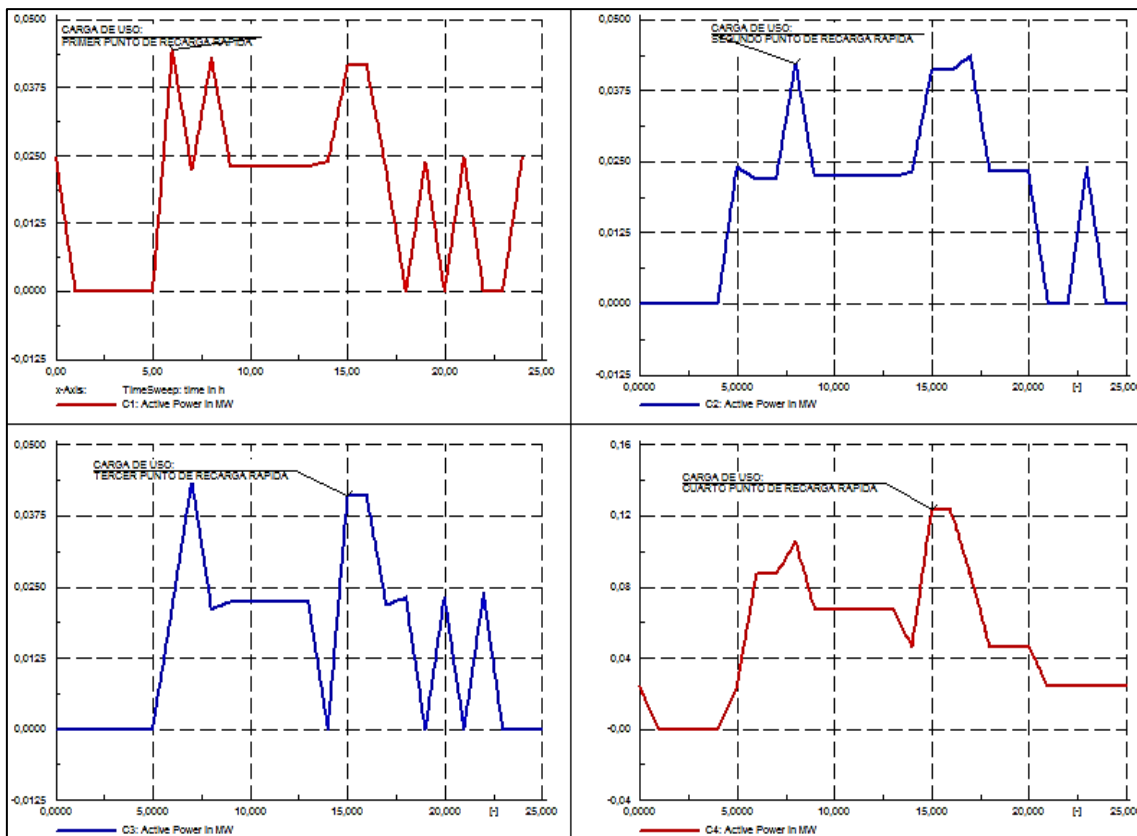


Figura 3.10, (a) Curva de carga diaria 1er Punto de recarga rápida, (b) Curva de carga diaria 2do Punto de recarga rápida (c) Curva de carga diaria 3er Punto de recarga rápida (d) Curva de carga diaria Electrolinera

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

- **Recarga distribuida**, se pretende que la recarga de los vehículos sea realizada durante la noche debido a las grandes ventajas que esto supone para el sistema eléctrico.

Para llevar a cabo este tipo de carga se debe tener una conexión monofásica de 240V, es decir que todos los usuarios deben migrar su conexión habitual de 120V.

No obstante el cambio que está viviendo la población eléctricamente activa de cambiar las cocinas tradicionales a las cocinas de inducción, abriría puertas para que el vehículo eléctrico pueda ser recargado con normalidad en nuestros hogares.

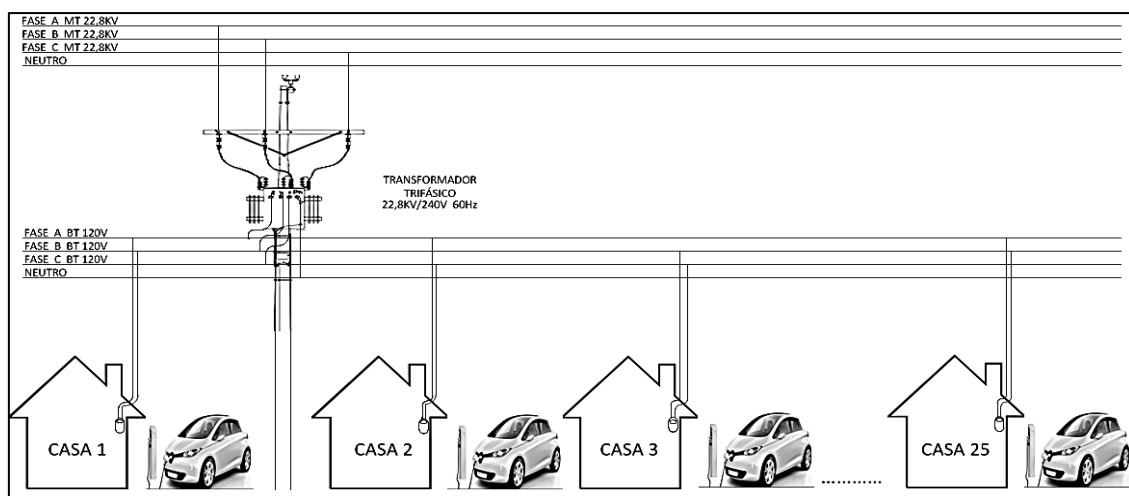


Figura 3.11, Acometida bifásica para carga lenta de vehículos eléctricos

Fuente: Autor Alex Córdoba España

Acorde a la acogida que vaya teniendo los vehículos eléctricos se plantea varios niveles de penetración, los cuales serían desarrollados a partir del año 2016 con intervalos de cuatro años. La potencia estándar es de 3,7kW y un tiempo de carga de ocho horas, tomando como referencia que el mejor horario de recarga es durante las horas de menor consumo.

Se considera también un tipo de recarga inteligente que sería empleado con el fin de aplanar la curva de demanda, es decir utilizar cuando la demanda sea mínima. Seguido se realiza una ejemplificación del diagrama esquemático acerca del Primario muestral para la simulación de los niveles de penetración de vehículos eléctricos[49].

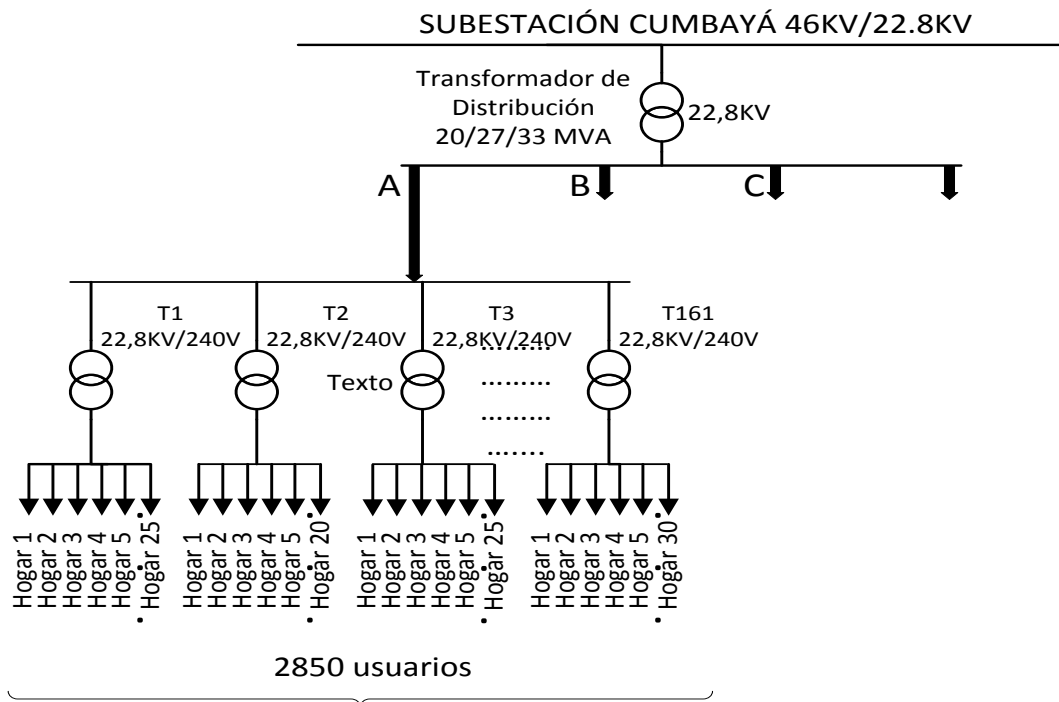


Figura 3.12, Bosquejo Primario 29 A con sus respectivos abonados residenciales

Fuente: Autor Alex Córdoba España

Las potencias del Primario 29 A según los niveles de penetración de vehículos eléctricos. Para este cálculo se tomaron en cuentas las fórmulas anteriormente mencionadas del Método de la REA[38].

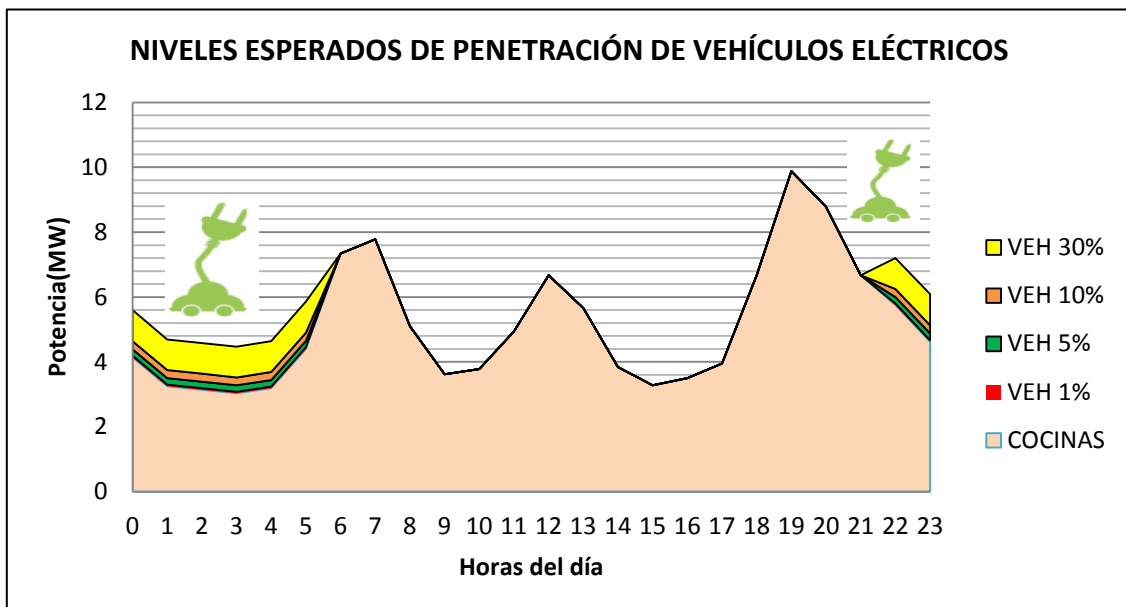


Figura 3.13, Curva de carga esperada según los niveles de penetración de vehículos eléctricos

Fuente: Autor Alex Córdoba España

El comportamiento de la curva de carga asociada con diez puntos de recarga de rápida.

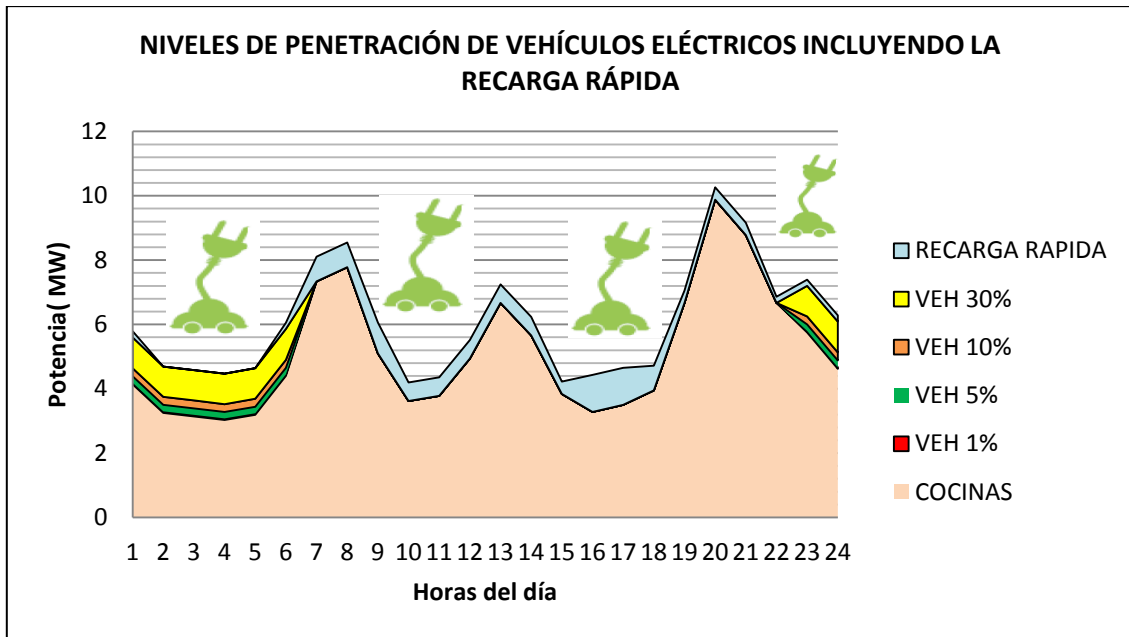


Figura 3.14, Curva de carga según niveles de penetración de vehículos eléctricos con puntos de recarga rápida

Fuente: Autor Alex Córdoba España

Se realiza la simulación de un total máxima de 900 unidades de vehículos eléctricos progresivamente ingresando en la Red de Distribución. Además se toma como referencia un total de 570 autos eléctricos cargándose a lo largo del día en diez puntos de recarga rápida asociados al Primario 29A.

3.5 CRECIMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA QUTEÑA SIN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Para realizar el análisis del Sistema de Distribución Eléctrico es necesario tomar en cuenta la evolución de la red eléctrica sin la presencia de los vehículos eléctricos. Esto nos permitirá analizar si la implantación de dichos vehículos es positiva para el sistema[39]. Para este pronóstico nos basaremos en varios aspectos contemplados en el Plan Maestro de Electrificación 2013 -2022, tales como:

- ✓ Crecimiento de clientes totales
- ✓ Implementación de cocinas de inducción y calentadores de agua
- ✓ Ahorro en el consumo eléctrico edificios públicos
- ✓ Sustitución de luminarias de alumbrado público
- ✓ Sustitución de refrigeradores

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 COMPARACIÓN ENTRE RECARGA CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA

La operación del Sistema Eléctrico Ecuatoriano, así como los posibles refuerzos necesarios de la actual infraestructura eléctrica se ven afectados debido a la integración masiva de vehículos eléctricos. Existen dos posibles opciones de recarga: Recarga concentrada y distribuida.

Ante la necesidad de infraestructura de vehículos eléctricos, se pretende como prioridad la recarga distribuida, la cual podremos realizarla en nuestros hogares.

Los usuarios del vehículo eléctrico tenderían a realizar las recargas en el momento que llegan a su casa, después de terminar su jornada laboral. Tomando en cuenta que la Red de Distribución Eléctrica está diseñada para soportar el pico de demanda máxima, que se produce generalmente a partir de las 18:00 hasta las 22:00 ; coincidiendo con el regreso a casa de la mayoría de posibles consumidores, de darse esta situación el pico de recarga de VE se igualaría con el pico de consumo eléctrico. Ante este escenario la capacidad de la Red de Distribución eléctrica actual sería insuficiente para soportar una integración masiva de vehículos eléctricos.

4.1.1 RECARGA CONCENTRADA

La tecnología de carga rápida surge debido a la necesidad de los usuarios de los vehículos eléctricos para combatir la autonomía limitada. Esta baja autonomía provoca cierta incertidumbre en los conductores para seguir circulando, aun considerando un tiempo de carga razonable. Desde el punto de vista del usuario de los autos eléctricos, la relación entre la energía necesaria y el tiempo de espera deseado establece la potencia que debe tener el punto de carga.

El primer protocolo de carga en modo 4 conocido como CHAdeMO ha permitido un fuerte desarrollo de esta tecnología para la carga de VE. La relación energía y tiempo de carga está en recuperar el 80% de la batería en 30 minutos, aproximadamente; esta carga se realiza en corriente continua con un máximo de 500 V y 125 A en la salida del conector.

4.1.2 RECARGA DISTRIBUIDA

A partir de la aparición de los vehículos eléctricos la principal forma para recargar las baterías fue a través de la conexión domiciliaria, sin embargo el desarrollo de nuevas tecnologías para la construcción de autos eléctricos ha hecho surgir nuevas opciones de recarga. Con relación a la recarga rápida, presenta más eficiencia siempre y cuando se limite más la potencia de recarga.

En los escenarios objetos de estudio recargar con una potencia de 3,7kW resulta más beneficioso que utilizar un cargador de 6,6kW, esto resulta algo confuso ya que mientras exista mayor potencia de carga el tiempo esperado será menor, pero el beneficio se observa en la Red de Distribución en el ingreso paulatino del número de vehículos eléctricos, soportando las nuevas condiciones de funcionamiento.

4.1.3 DIAGRAMA COMPARATIVO DE RECARGAS CONCENTRADA Y DISTRIBUIDA

Las recargas que tendrán los vehículos eléctricos serán de dos tipos: recarga distribuida, donde los puntos de recarga se localizará a nivel doméstico en la red de baja tensión; mientras que la recarga concentrada se realizará en pocos nudos de la red eléctrica, correspondientes a grandes áreas de parking público o privado, como centros comerciales, estaciones de tren, aeropuertos, etc.

En primer lugar, la recarga concentrada eliminará cualquier necesidad de reforzamiento en la red de baja tensión así como en los centros de transformación media/baja tensión, ya. Por su parte, los refuerzos necesarios en la propia red de media estarán localizados en los grandes centros de recarga, y no afectarían a toda la red de distribución como sucedía en el caso de la recarga en baja tensión. En la siguiente figura podemos visualizar la tendencia de recarga concentrada (roja) tiene mayor afectación en la cargabilidad de las líneas, ya que la potencia de recarga es de 50 kW con 125 A en corriente continua, mientras tanto la recarga distribuida (verde) no presenta elevados valores de cargabilidad en las líneas de distribución, para ello se empleó la comparación de 4 puntos de recargas pertenecientes a una electrolinera con 4 hogares diferentes en los cuales existe la recarga lenta de un vehículo eléctrico.

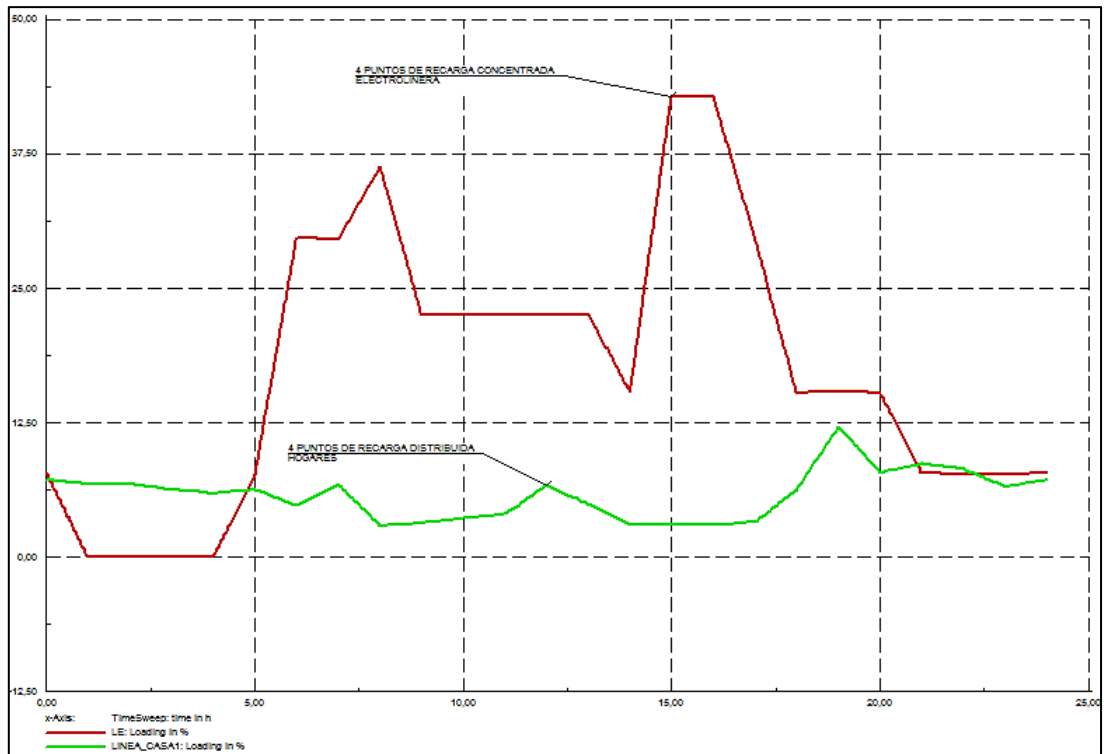


Figura 4.1, Comparación entre recarga concentrada y distribuida

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

4.2 ANÁLISIS EN DEMANDA ALTA DE VEHICULOS ELÉCTRICOS

Ante una situación de alta demanda de vehículos eléctricos, que ocurriría cuando todas las personas busquen cambiar su tipo de movilidad convencional a una movilidad eléctricamente sostenible. El impacto de una integración masiva puede ser complicada para el sistema, suponiendo que la potencia de recarga se limita a 3,7kW incluso en el caso más desfavorable la curva de demanda incrementa en horas punta.

Para evaluar el impacto que pueda ocasionar un aumento significativo de vehículos, es imprescindible conocer cuál sería la cultura ciudadana entorno al uso de los mismos, políticas del gobierno respecto a incentivos e impuestos en esta tecnología. Si bien es cierto existen investigaciones que apuntan a buscar mejoras en los tiempos de carga de las baterías, el desarrollo tanto de vehículos a baterías como de híbridos enchufables, incluyen baterías con tiempos de recarga que oscilan entre 4 y 8 horas.

4.2.1 ANALISIS DE LOS ARMONICOS PRODUCIDOS POR LA IMPLANTACION MASIVA DE VEHICULOS ELÉCTRICOS

Desde el punto de vista técnico la Red de Distribución eléctrica sufriría afectaciones, debido a que los vehículos eléctricos pertenecen al grupo de cargas no lineales.

Estas cargas no lineales no se ajustan a la marcha de las corrientes senoidales de las fuentes de suministro de corriente alterna. Por el contrario, recorren estas cargas pronunciados pulsos de corriente, típicos de los rectificadores corriente alterna /corriente continua[50]. Las corrientes armónicas se clasifican en tres categorías: corrientes de secuencia positiva, negativa o cero. Estas últimas son las que se conocen con el nombre de armónicos triplens, cuyo orden es múltiplo de tres.

Tabla 4.1, Órdenes de los armónicos de secuencia positiva, negativa y cero.

ORDEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FRECUENCIA	60	120	180	240	300	360	420	480	540
SECUENCIA	+	-	0	+	-	0	+	-	0

Fuente: AESolutions, “LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS y SUS SOLUCIONES,” pp. 1–10, 2013.

Las corrientes armónicas que fluyen a través de las impedancias de una red de distribución ocasionan caídas de tensión armónicas, mismas que distorsionan la forma de onda de tensión. Esta distorsión de la forma de onda es particularmente importante en los sistemas de distribución eléctrica de elevada impedancia.

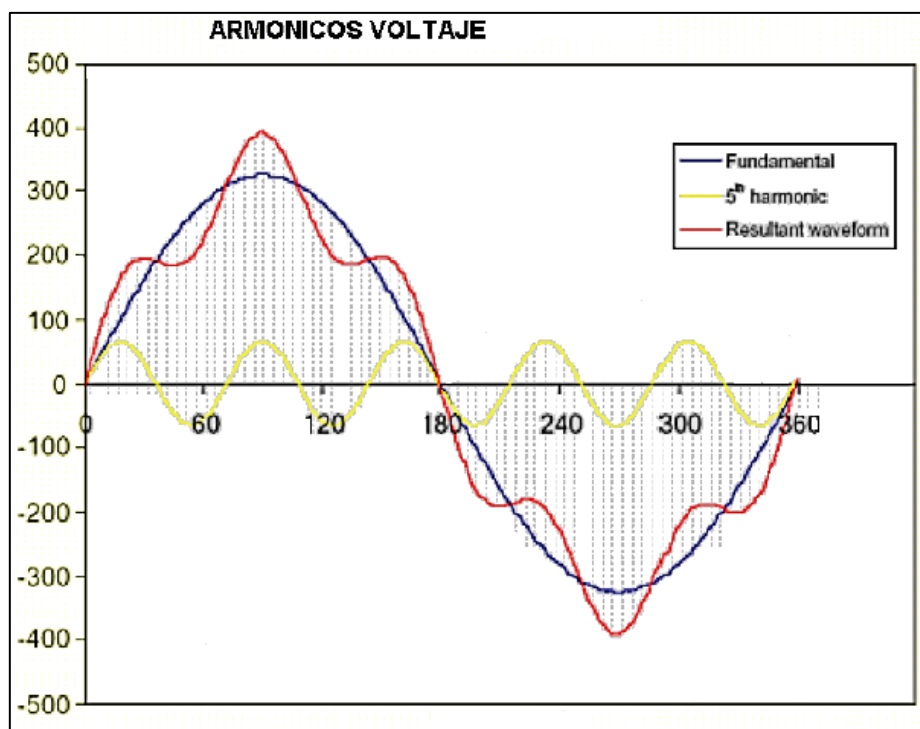


Figura 4.2, Generación de una forma de onda de tensión distorsionada.

Fuente: J. Yong, L. Chen, and S. Chen, “Modeling of home appliances for power distribution system harmonic analysis,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 25, no. 4, pp. 3147–3155, 2010.

4.2.2 COMPORTAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCION

El vehículo eléctrico es una carga no lineal, este tipo de carga presenta sus mayores problemas en el 3er armónico.

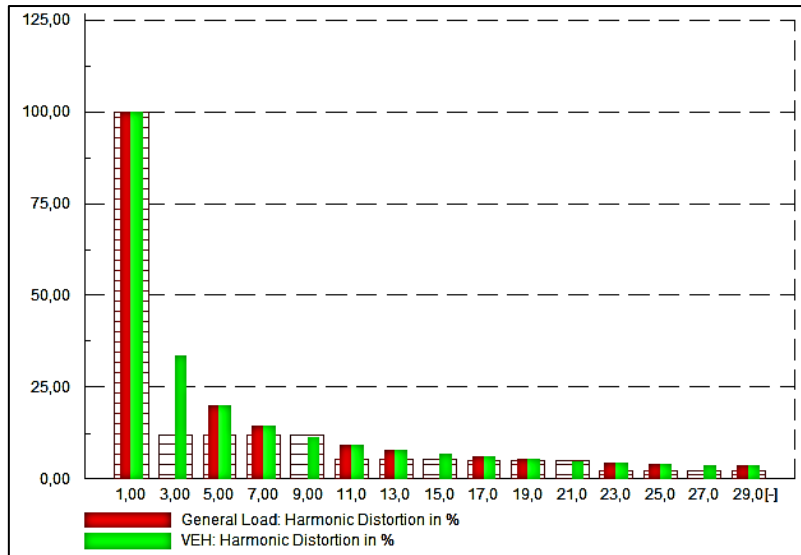


Figura 4.3, Distorción armónica residencial

Fuente: Digsilent Power Factory 14.1.3

Seguidamente podemos observar la distorsión armónica producida en un transformador de distribución cuya potencia nominal es 30KVA, cuya mayor afectación estaría en su lado de baja tensión, (verde).

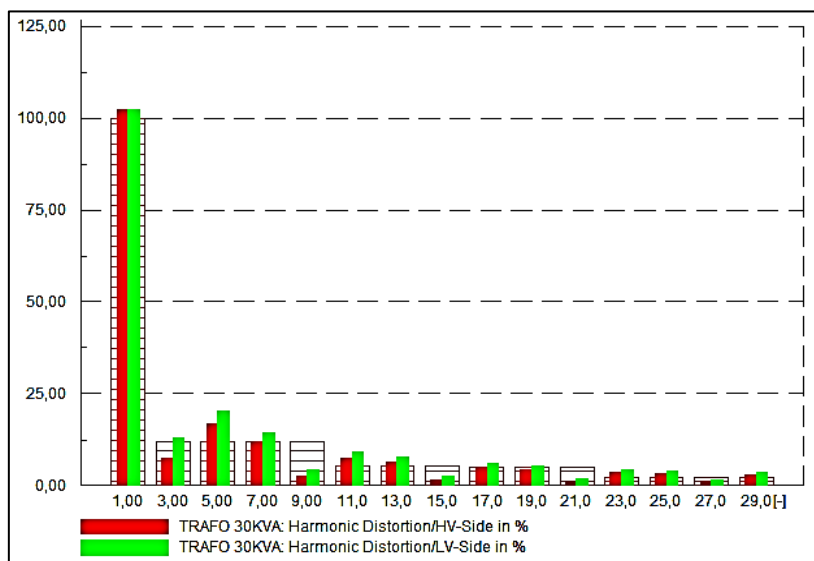


Figura 4.4, Distorción armónica producida en un Transformador de Distribución

Fuente: Digsilent Power Factory 14.1.3

Los posibles problemas a presentarse ante la recarga elevada de los vehículos eléctricos serían:

❖ **SOBRECALENTAMIENTOS DE LOS CONDUCTORES NEUTROS**

Cuando se trata de cargas monofásicas no lineales; como autos eléctricos, los armónicos de secuencia cero o también denominados “triplens”: 3°, 9°, 15°, etc. no se anulan en el neutro sino que, por el contrario, se suman en dicho conductor.

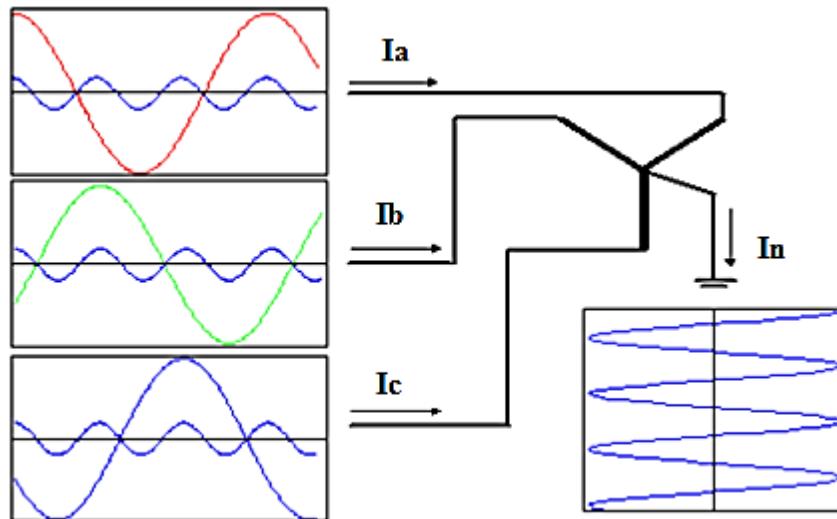


Figura 4.5, Las corrientes del tercer armónico se acumulan en el neutro.

Fuente: AESolutions, “LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS y SUS SOLUCIONES,” pp. 1–10, 2013.

Ante un posible aumento de carga de vehículos eléctricos, la corriente del neutro puede, en la práctica, ser mayor que la corriente de cada una de las fases. El peligro que se presenta en estas circunstancias es un sobrecalentamiento excesivo del neutro, ya que no se dispone de un interruptor automático del circuito en dicho conductor, que limite la corriente, tal como ocurre con los conductores de fase. Una corriente excesiva en el neutro puede también ser causa de una diferencia de tensión excesiva entre el conductor neutro y tierra.

Esta sobrecarga de los conductores neutros puede ser evitada, si se dimensionara correctamente dichos neutros asumiendo una sección superior teniendo en cuenta eventuales armónicos futuros. Una buena opción sería prever un neutro con una sección 1,7 veces mayor que la de los conductores de fase o al menos duplicar el neutro. También podría emplearse un conductor neutro separado para cada fase, opción que no sería muy recomendable.

❖ SOBRECARGA DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los armónicos presentes en las redes eléctricas afectan negativamente a los transformadores de distribución, que alimentan cargas no lineales. El aumento de la corriente debido a la forma de onda distorsionada provoca pérdidas adicionales en el cobre del bobinado de las fases. Las corrientes armónicas de alta frecuencia también ocasionan pérdidas mayores en los núcleos, como consecuencia de las corrientes de Foucault, en las carcasas metálicas y en los bobinados. En un transformador de conexión D-Y, las corrientes armónicas “triplens”, que se suman algebraicamente en el neutro del bobinado del secundario en estrella, se presentan como una corriente de circulación en el bobinado en triángulo del primario y ocasionan sobrecalentamientos que pueden provocar fallos en el transformador.

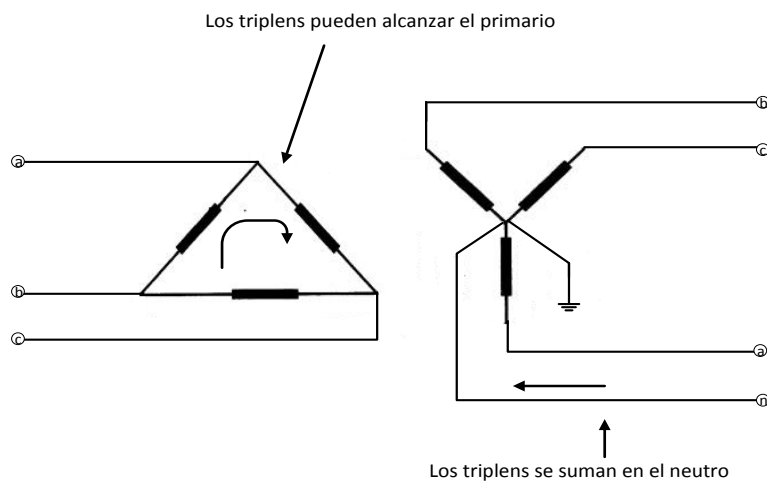


Figura 4.6, Corriente circulante en el bobinado de transformador.

Fuente: Tejada and a Llamas, “Efectos de las Armónicas en los Sistemas Eléctricos,” ... /Ie/Profesores/Allamas/Cursos/Ueee/Armonicas/ ..., 2010.

Si se limita la carga en valores inferiores a su potencia nominal se lograría proteger los transformadores de los armónicos. Una gran parte de transformadores comunes se encuentran, inhabilitados para soportar el calentamiento adicional que les ocasionan los armónicos.

Dependiendo de las condiciones presentes, se pueden dar casos en los que es necesario limitar las cargas que alimenta un transformador hasta un 50% de la potencia nominal. Esto puede ayudar a resolver el problema de los armónicos, pero disminuye notablemente la eficiencia efectiva del transformador. Existe una mejor propuesta de solventar estas dificultades, la cual consistiría en utilizar transformadores de categoría K, es decir aquellos que son diseñados para alimentar cargas con armónicos.

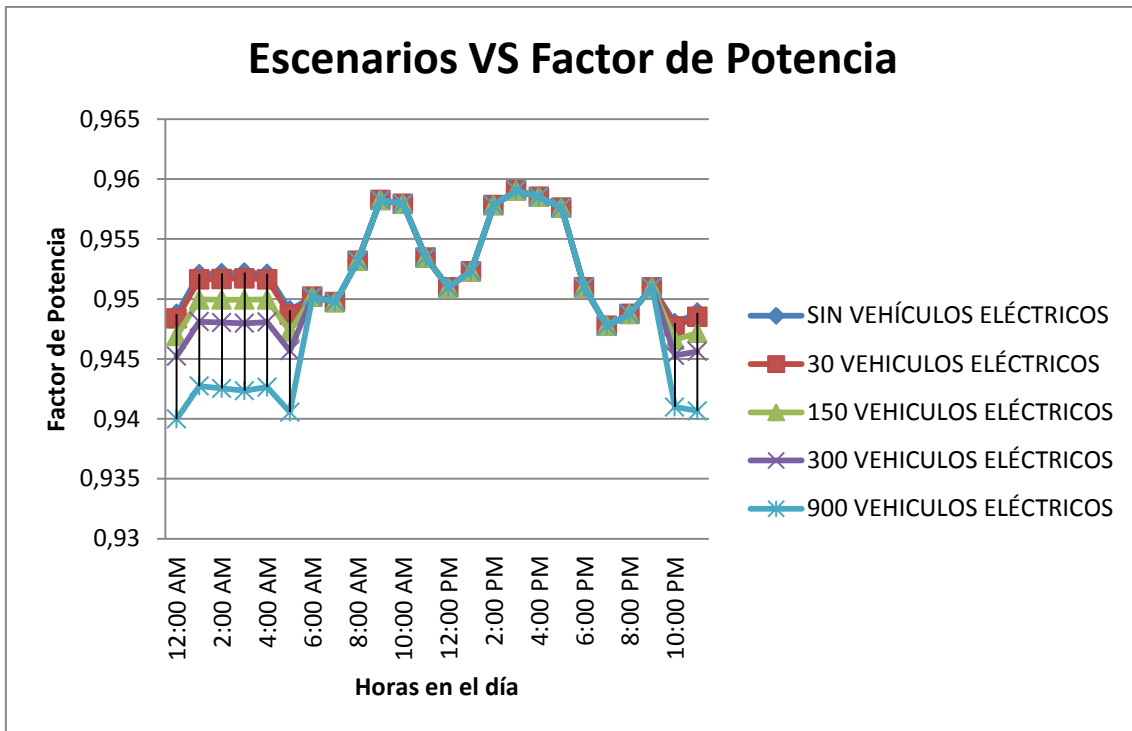
El diseño de un transformador K puede incluir una o varias de las modificaciones siguientes: sobredimensionado del bobinado del primario para soportar las corrientes circulantes armónicas triplens, doblar la sección del conductor neutro del secundario para soportar las corrientes armónicas triplens, diseñar los núcleos magnéticos con una baja densidad de flujo para utilizar categorías superiores de hierro, emplear varios conductores en paralelo de pequeña sección en el bobinado del secundario para reducir el efecto piel y/o diseñar bobinados múltiples en el secundario que cambien la fase a secuencia cero para cancelar las corrientes armónicas triplens.

❖ **SOBRECARGAS DE LOS CAPACITORES DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA**

La reactancia de un capacitor es inversamente proporcional a la frecuencia, es decir que las corrientes armónicas de mayor frecuencia que la fundamental circularan con mayor facilidad por los caminos de baja impedancia de los capacitores en lugar de regresar hacia los transformadores de distribución. El resultado de esto será que los mismos se sobrecargan y se calientan debido a las corrientes armónicas. Puede presentarse un problema más grave cuando los capacitores y las inductancias del sistema de distribución de energía forman un circuito paralelo resonante, con una frecuencia de resonancia próxima a una de las frecuencias armónicas presentes, que sea de cierta importancia.

La corriente armónica resultante puede alcanzar un valor muy elevado, sobrecargando los condensadores y quemando sus fusibles. Sin embargo se podría suprimir la presencia de resonancias colocando un inductor de línea en serie con el capacitor para desintonizar la frecuencia de resonancia de la respuesta característica del sistema o, en el mejor de los casos, apostar por un dispositivo de corrección de la corriente reactiva (kVAR) especialmente diseñado.

Tabla 4.2, Factores de potencia según niveles de penetración de vehículos eléctricos



Fuente: Autor Alex Córdoba España

Como podemos observar en el gráfico anterior el factor de potencia de la red tiende a bajar por la integración masiva de vehículos eléctricos; es decir recargar mayor cantidad de vehículos eléctricos aumentará la potencia reactiva, el ángulo se incrementa y disminuye el factor de potencia. El bajo factor de potencia se origina por la carga inductiva, y es necesario compensar este consumo reactivo mediante bancos de capacitores y/o filtros de armónicos instalados en las redes de distribución. Las soluciones estarían dadas y dependiendo del comportamiento de las cargas, estas podrían ser:

- **Compensación individual:** Únicamente estaría en servicio cuando opere la carga a controlar.
- **Compensación en grupo:** Varias cargas de igual capacidad y periodo de trabajo, se pueden compensar con un capacitor en común, en un punto único como un centro de carga.
- **Compensación central:** Cargas distintas que operan a diferentes períodos pueden ser compensadas, con un banco único de capacitores, conectado usualmente a la entrada de la instalación, el cual mejora el nivel de voltaje pero no reduce las pérdidas.

4.3 ANÁLISIS DEL REQUERIMIENTO DE POTENCIA PARA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Tomando en cuenta que la mejor opción para recargar los vehículos eléctricos sería en el horario nocturno, la potencia de carga eléctrica cumple un papel preponderante en el momento de efectuar la recarga. Desde cualquier punto de vista la opción más interesante es la recarga en modo 3 - lenta 3,7 kW; debido a que menores potencias, la Red de Distribución eléctrica necesitará menores refuerzos en sus elementos. De realizarse esto, la curva de demanda tiende a aplanarse más y el impacto será menor en el Sistema Nacional Interconectado. Por supuesto, como desventaja, las recargas requerirán más tiempo. No obstante se conoce que el objetivo de las marcas comercializadoras de esta tecnología automotriz tiene como prioridad disminuir los tiempos de carga en los hogares, para ello se debe aumentar la potencia de los cargadores estableciéndose así la corriente de consumo en la carga a valores elevados.

Tabla 4.3, Selección de potencias de recargas para vehículos eléctricos

POTENCIA	VENTAJA
3,6 KW	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo aproximado de recarga 8 horas • Intensidad de corriente es 16 A • Lugares de instalación: garajes privados, estacionamientos multifamiliares • Conector schuko • Conexión Monofásica(240VAC)
6,6 KW	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo aproximado de recarga 4 horas • Intensidad de corriente es 32 A • Lugares de instalación: garajes privados, estacionamientos multifamiliares • Conector schuko • Conexión Monofásica(240VAC)
50 KW	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo aproximado de recarga 30 minutos • Intensidad de corriente es 125 A • Lugares de instalación: electrolinerías, estacionamientos de centros comerciales y lugares de masiva concurrencia • Conector CHAdeMo • Conexión Trifásica (480VCC)

Fuente: G. U. O. Chun-lin, W. U. Li, W. Dan, and Q. I. W. X. Xiang-ning, “Impact of Electric Vehicle Charging on Power Grid,” pp. 2270–2274, 2011.

4.4 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA COLOCACIÓN DE LAS ELECTROLINERAS

La colocación de electrolineras como puntos de recarga rápida, surgirá en función de los niveles de integración de los vehículos eléctricos en las redes de distribución. Esto implica la entrega necesaria de energía en un corto intervalo de tiempo, normalmente en un intervalo de minutos que se traduce en un alto poder de carga. Las altas potencias requeridas por las electrolineras traerán problemas para la red eléctrica como: inestabilidad del voltaje o incluso apagones durante las horas punta si existe un gran porcentaje de vehículos cargando al mismo tiempo. Para tratar de optimizar la red se puede incentivar la recarga de vehículos en horas valle mediante tarifas eléctricas reducidas. El impacto de las electrolineras se puede analizar según los siguientes aspectos: nivel de carga, cantidad de vehículos eléctricos que recargan al mismo tiempo, curva de demanda eléctrica. La electrónica de potencia utilizada en los inversores y convertidores DC –DC producirá fluctuaciones en la red.

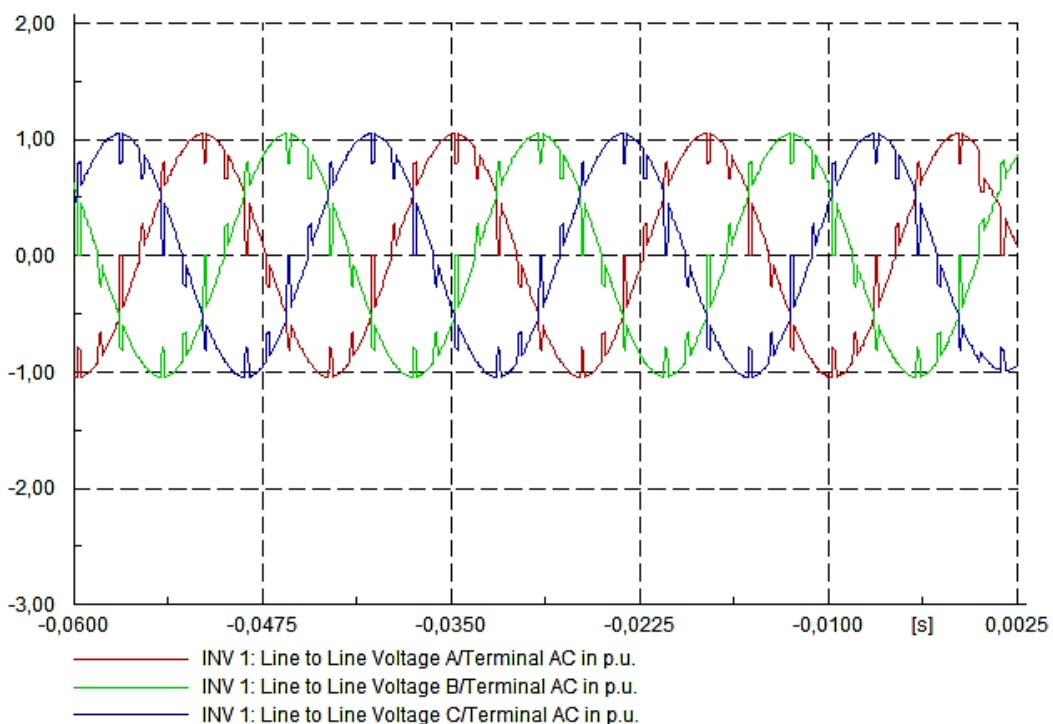


Figura 4.7, Fluctuaciones en los inversores de las electrolineras

Fuente: Digsilent Power Factory 14.1.3

Reducir el tiempo de carga no representa una buena elección, debido a que el sistema de baterías del vehículo eléctrico se ve afectado[51]. Aparecerán pérdidas resistivas o pérdidas óhmicas causadas por las altas corrientes demandadas por el uso de los

mismos. La energía perdida se transformará en calor, por lo que se necesitará una potencia eléctrica adicional para refrigerar el automotor.

4.5 FACTIBILIDAD DE INTEGRACIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE QUITO.

En la actualidad en Quito circulan alrededor de 410 000 autos convencionales y estos son los causantes del 70% de la contaminación en el aire, por lo que se ve la necesidad de incorporar vehículos eléctricos a su parque automotor; esta acción significa una drástica disminución de gases de efecto invernadero[52].

4.5.1 ANÁLISIS DE COSTOS DE INVERSION

Hasta el momento el vehículo eléctrico tiene mayor costo que el vehículo convencional, y tal vez los incentivos económicos que pueden proponerse no serían suficientes para realizar la compra de los mismos. Los costos variables del vehículo eléctrico principalmente, combustible permiten ahorrar más a diferencia de los vehículos convencionales a medida que se recorren más kilómetros.

Aunque no existen vehículos eléctricos en venta a escala comercial masiva, resulta aventurado realizar un análisis económico al no disponer de precios oficiales. Según estudios realizados, la adquisición de un vehículo eléctrico pequeño llegaría a los \$ 14,000.00 con una autonomía muy limitada. No obstante, el costo variable por kilómetro es mucho más reducido en un vehículo eléctrico a diferencia de un vehículo convencional, debido a la eficiencia superior del motor eléctrico en comparación con el de combustión interna.

Suponiendo un consumo del vehículo convencional de 2,5 galones por cada 100 kilómetros y un precio de la gasolina de \$2,00 por galón, se obtiene un coste de \$0,05 por kilómetro, cifra sensiblemente superior a los \$0,015 por kilómetro del vehículo eléctrico que consuma 15kWh en 100 kilómetros.

Agregando a los costos energéticos, unos costos de mantenimiento ligeramente superiores en el vehículo convencional (\$0,093 por kilómetro frente al eléctrico \$0,033 por kilómetro). El resultado, que se ilustra en el siguiente gráfico, es muy claro: para un consumidor que recorre más de 175.000 kilómetros en toda la vida de su vehículo le resulta más económico un vehículo eléctrico que uno convencional, compensando

totalmente su sobrecosto inicial. Esto es así fundamentalmente por el ahorro energético del vehículo eléctrico frente al convencional.

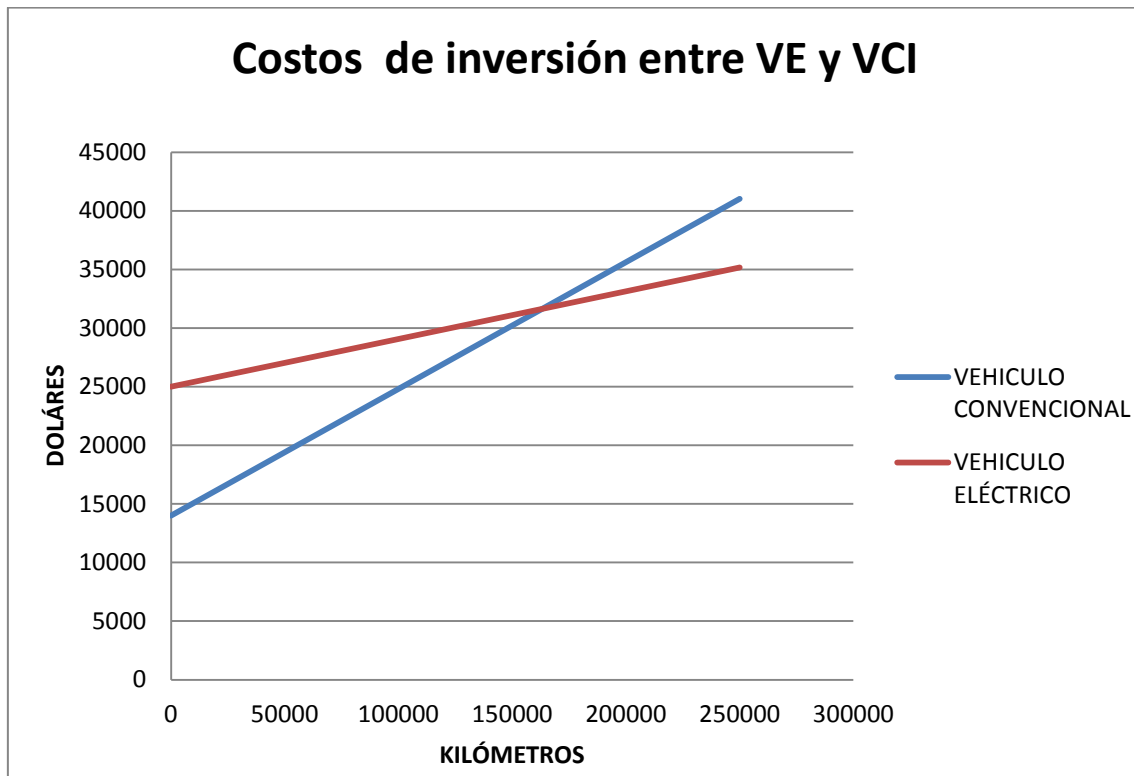


Figura 4.8, Comparativa de la evolución del coste total de un vehículo eléctrico frente a un vehículo convencional incluyendo variables de mantenimiento

Fuente: Autor Alex Córdoba España

4.5.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO

Utilizar un auto eléctrico conllevaría a que el usuario no realizaría gastos en lubricantes, fluidos, aditivos y otros accesorios; representando a largo plazo contaminación del ambiente por ser resultado de la industria.

Desde el punto de vista del mantenimiento vehicular, los autos eléctricos demuestran su factibilidad por encima de los vehículos de combustión interna. La siguiente gráfica se llevó a cabo estimando 300.000 km o 8 años de vida útil, en ella se observa los costos de mantenimiento actuales para un vehículo eléctrico tradicional en comparación con los autos eléctricos.

Tabla 4.4, Costos de mantenimiento para un vehículo tradicional

PARTES DE AUTO	Cantidad/300.000km (cambios)	Costo Unitario Quito(\$)	Costo total (\$)
Lubricante motor	60 cambios	\$ 25,00	\$ 1.500,00
Filtro de aceite	60 cambios	\$ 5,00	\$ 300,00
Lubricante caja	30 cambios	\$ 25,00	\$ 750,00
Bandas	5 cambios	\$ 80,00	\$ 400,00
Frenos	40 cambios	\$ 20,00	\$ 800,00
Llantas	10 cambios	\$ 300,00	\$ 3.000,00
Reparación motor	3 reparaciones	\$ 1.000,00	\$ 3.000,00
Refrigerante	15 cambios	\$ 5,00	\$ 75,00
Suspensión	10 cambios	\$ 220,00	\$ 2.200,00
TOTAL PARTES			\$ 12.025,00
COMBUSTIBLE			
Gasolina extra	40 km *galón	1,48 \$/galón	\$ 11.100,00
Gasolina Super	40 km *galón	2,00 \$/galón	\$ 15.000,00
TOTAL PARTES + GASOLINA EXTRA			\$ 23.125,00
TOTAL PARTES + GASOLINA SUPER			\$ 27.025,00

Fuente: Autor Alex Córdova España

Sin embargo los costos de mantenimiento de los autos eléctricos son significativamente inferiores, en la siguiente tabla observamos que el mantenimiento de un vehículo eléctrico en el lapso de 300.000 km representa menos de la mitad de lo que un usuario podría cancelar por el mantenimiento de un vehículo convencional.

Tabla 4.5, Costos de mantenimiento de un Vehículo Eléctrico

VEHÍCULO ELÉCTRICO	Cantidad/300.000km (cambios)	Costo Unitario Quito(\$)	Costo total (\$)
Lubricante motor	0 cambios	\$ 0,00	\$ 0,00
Filtro de aceite	0 cambios	\$ 0,00	\$ 0,00
Lubricante caja	30 cambios	\$ 25,00	\$ 750,00
Bandas	0 cambios	\$ 0,00	\$ 0,00
Frenos	40 cambios	\$ 20,00	\$ 800,00
Llantas	10 cambios	\$ 300,00	\$ 3.000,00
Reparación motor	1 cambio	\$ 200,00	\$ 200,00
Refrigerante	0 cambios	\$ 0,00	\$ 0,00
Suspensión	10 cambios	\$ 220,00	\$ 2.200,00
TOTAL PARTES			\$ 6.950,00
COMBUSTIBLE			
Gasolina extra	0	0	\$ 0,00
Gasolina Super	0	0	\$ 0,00
Electricidad	7,3 km/kWh(Ion	0,0783 \$/kWh	\$ 3.217,81
TOTAL PARTES + ELECTRICIDAD			\$ 10.167,81

Fuente: Autor Alex Córdova España

4.5.3 ANÁLISIS POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La integración de vehículos eléctricos se expresa como factible en el ahorro económico que estos representarían con respecto al uso de gasolina. Se puede decir que un hogar, en promedio tiene focos en tres dormitorios, sala, comedor, cocina, además, tres televisores, lavadora, refrigeradora e inclusive ducha eléctrica. Con este equipamiento puede llegar a los 200 kWh mensuales[53], adicional al consumo de la vivienda si cuentan con una cocina de inducción cuyo consumo mensual bordearía los 288kWh/mes, pero hasta el año 2018 el Gobierno ecuatoriano ofrece un subsidio de 80kWh/mes con lo que el consumo real sería de 208kWh/mes. No obstante al realizarse la integración de un vehículo eléctrico con un consumo mensual aproximado de 204,24kWh/mes producto de seis recargas mensuales; con lo cual el nuevo consumo sería de 612,24 kWh/mes.

A continuación se denota el pliego tarifario de la Empresa Eléctrica Quito a diciembre 2014 [54].

Tabla 4.6, Pliego Tarifario Empresas Eléctrica Quito a diciembre 2014

BLOQUE DE CONSUMO KWh	CARGOS POR CONSUMO US\$	DESCRIPCION DE CONSUMO
0 - 50	0,0784	por cada KWh de consumo en el mes.
51 - 100	0,0814	por cada uno de los siguientes 50 KWh de consumo en el mes.
101 - 150	0,0834	por cada uno de los siguientes 50 KWh de consumo en el mes.
151 - 200	0,0904	por cada uno de los siguientes 50 KWh de consumo en el mes.
201 - 250	0,0974	por cada uno de los siguientes 50 KWh de consumo en el mes.
251 - 500	0,0994	por cada uno de los siguientes 250 KWh de consumo en el mes.
501 - 700	0,1285	por cada uno de los siguientes 200 KWh de consumo en el mes.
701- 1000	0,1450	por cada uno de los siguientes 300 KWh de consumo en el mes.
1001 - 1500	0,1709	por cada uno de los siguientes 500 KWh de consumo en el mes.
1501 - 2500	0,2752	por cada uno de los siguientes 1000 KWh de consumo en el mes.
2501 - 3500	0,4360	por cada uno de los siguientes 1000 KWh de consumo en el mes.
3501 y superior	0,6812	por cada uno de los siguientes KWh de consumo en el mes.

Fuente: Empresa Eléctrica Quito S.A, “PLIEGO TARIFARIO DICIEMBRE 2014.pdf.” pp. 1–8, 2014.

Los nuevos consumos eléctricos demuestran que ante una inclusión de cocinas de inducción y vehículos eléctricos el valor mensual. Según el análisis realizado el incremento del consumo mensual por bloque, con relación a los vehículos eléctricos es

significativo, sí en este momento se presentara la inclusión de los mismos a la red de distribución sin ningún subsidio tarifario, el costo de recarga en los domicilios sería equivalente a \$26,24; asumiendo que se utiliza una cocina de inducción

Tabla 4.7, Consumo eléctrico mensual esperado con la integración de cocinas de inducción y vehículos eléctricos

DESCRIPCIÓN	CONSUMO CASA PROMEDIO		CONSUMO CASA PROMEDIO INCLUYENDO COCINA INDUCCIÓN		CONSUMO CASA PROMEDIO INCLUYENDO COCINA INDUCCIÓN Y VEHÍCULO ELÉCTRICO		
	Nº Bloques de consumo	Rango de consumo KWh	Cargos por consumo US\$	Rango de consumo KWh	Cargos por consumo US\$	Rango de consumo KWh	Cargos por consumo US\$
1		50	\$ 3,92	50	\$ 3,92	50	\$ 3,92
2		50	\$ 4,07	50	\$ 4,07	50	\$ 4,07
3		50	\$ 4,17	50	\$ 4,17	50	\$ 4,17
4		50	\$ 4,52	50	\$ 4,52	50	\$ 4,52
5				50	\$ 4,87	50	\$ 4,87
6				158	\$ 15,71	158	\$ 15,71
7						200	\$ 25,70
8						4,24	\$ 0,54
TOTAL		200 KWh	16,68 US\$/mes	408 KWh	37,26 US\$/mes	612,24 KWh	63,50 US\$/mes

Fuente: Autor Alex Córdoba España

En la siguiente tabla se puede visualizar una breve descripción de los consumos de una casa promedio incluyendo cocinas de inducción y un vehículo eléctrico.

Tabla 4.8, Descripción mensual de carga de una casa promedio incluyendo el uso de una cocina de inducción y la recarga de un vehículo eléctrico.

CARGA	CONSUMO	UNIDAD	Cargos por consumo US\$/mes
CASA	200	kWh/mes	16,68
COCINA	288	kWh/mes	
SUBSIDIO COCINA	80	kWh/mes	
C. COCINA	208	kWh/mes	\$ 20,58
VEHICULO	204,24	kWh/mes	\$ 26,24
CONSUMO FINAL	612,24	kWh/mes	\$ 63,50

Fuente: Autor Alex Córdoba España

4.6 PERSPECTIVAS DE EVOLUCIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

En los comienzos del siglo XX, hemos podido percibir una clara oposición y escepticismo acerca de lo viejo, es decir los vehículos de combustión interna, frente a lo nuevo en este caso los vehículos eléctricos.

Entre las expectativas que trae consigo los VE, para conseguir una presencia considerable en nuestras ciudades, destacaremos las tres principales:

- ✓ Una reducción en el coste de las baterías de Ión-Litio, a la par de un aumento de su capacidad para almacenar energía, o lo que es lo mismo, de dotar a los VE de mayor autonomía.
- ✓ Una reducción del coste de compra de los mismos. Ello se conseguirá en parte con la mejora de las baterías, y con la producción en serie de VE que están preparando los mayores fabricantes mundiales.
- ✓ Un desarrollo de las infraestructuras de recarga para VE, consiguiendo una implantación de puntos de recarga en todas sus modalidades y segmentos de aplicación.

Diversos expertos y organismos internacionales de la automoción y energía, sitúan la venta de 1,5 millones de vehículos eléctricos para el año 2015, y una estimación de más de 7 millones para el 2020, según estimaciones recientes de la Agencia Mundial de la Energía (EIA). Los autos eléctricos presentan una eficiencia energética superior al 80%, los vehículos convencionales en el mejor de los casos se sitúan alrededor del 30 %, siendo un objetivo extraordinariamente importante sustituir todos aquellos artefactos con un pobre rendimiento o eficiencia, sobretodo en un mundo con un aumento continuo de población que desea mejorar su nivel de vida, ávido de energía y falta de recursos.

Por si ello fuera poco, es preciso añadir que una débil eficiencia, siempre es sinónimo de un aumento de contaminación con sus respectivas emisiones y residuos peligrosos. Resulta fácil establecer una sencilla ecuación que relacione los bajos rendimientos energéticos, con los aumentos de la contaminación.

Sin lugar a dudas el triunfo definitivo de los VE, tiene que ver con un cambio de paradigma del “universo eléctrico” tal y como lo conocemos ante la posibilidad, por primera vez en la historia, de almacenar la electricidad en cantidades importantes,

optimizándose el sistema si se consigue orientar a los usuarios para que recarguen dicha electricidad en las denominadas horas valle y mejorándose notablemente el escenario si se consigue que la mayor parte proceda de fuentes renovables.

Con el transcurrir de los años el precio del petróleo subirá progresivamente, es aquí cuando el precio de los vehículos bajará hasta conseguir la rentabilidad total dando lugar a una nueva modalidad sostenible apta para el nivel de vida de los usuarios y contribuir en la mejora del medioambiente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- De acuerdo a las simulaciones realizadas se demuestra que el mejor horario de carga de los vehículos eléctricos es desde las 22:00 pm hasta las 06:00 am, debido a que en estas horas la demanda es mínima, por otra parte se muestra que la recarga rápida de vehículos eléctricos afecta la calidad del suministro, por lo tanto se debe tomar acciones necesarias para mantener la estación de carga rápida en la red de distribución.
- La cargabilidad de los transformadores de distribución dependen del margen de potencia que dispongan, debido a que ciertos centros de transformación se encuentran subutilizados. Un transformador puede ser sobrecargado 25% en dos horas sin afectar su vida útil.
- Con relación al estudio elaborado acerca de los costos de mantenimiento, se determina que el costo en los autos eléctricos es significativamente inferior (\$10.167,81) en comparación al de los vehículos tradicionales (\$ 23.125,00).
- Durante la ejecución de la simulación de flujo de carga, se trabaja con dos cargadores de diferente potencia (3,7 kW) y (6,6 kW). En el primer caso se trata de una potencia estándar que tiene menor afectación en los niveles de corriente, no obstante en el segundo caso al trabajar con una potencia diferente, que requiere mayor corriente, y presenta un pico de consumo eléctrico a las 22:00hrs cambiando la curva de carga en mayor grado que en el primer caso.
- Las distorsiones armónicas más altas que se obtienen en las simulaciones son del orden, 3,5 y 7. Esto afecta directamente a la cargabilidad de conductores y transformadores.
- La integración en gran escala de vehículos eléctricos disminuye el factor de potencia de la red de distribución debido a la inyección de potencias reactivas en la carga de vehículos eléctricos.

RECOMENDACIONES

- Para lograr una integración de vehículos eléctricos factible y exitosa al parque automotor, el gobierno Ecuatoriano junto con las empresas necesita realizar el cambio de medidores eléctricos a 220V; a más de crear la infraestructura adecuada junto con planes tarifarios de consumo eléctrico, incentivando a los usuarios de los autos eléctricos a utilizar las horas de menor consumo para efectuar las recargas domiciliarias.
- Es necesario realizar el reforzamiento de conductores eléctricos en el ambiente residencial, debido a problemas con armónicos producidos por la carga de vehículos eléctricos.
- Es recomendable instalar transformadores de factor K superior al de los transformadores comunes. El dimensionamiento dependerá de la distorsión real que se tenga en ese punto.
- Se necesita buscar alternativas para viabilizar la creación de un Smart Grid con la red existente; misma que ayudará de manera significativa a realizar recargas inteligentes con las cuales exista una mejor comunicación entre el usuario de los autos eléctricos y la Red eléctrica. Además es recomendable establecer valores tarifarios para efectuar las recargas rápidas.

REFERENCIAS

- [1] K. Rajashekara, "History of electric vehicles in General Motors," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 30, pp. 897–904, 1994.
- [2] K. Chen, W. Lhomme, A. Bouscayrol, and A. Berthon, "Comparison of two Series-parallel Hybrid Electric Vehicles focusing on control structures and operation modes," *5th IEEE Veh. Power Propuls. Conf. VPPC '09*, no. Figure 2, pp. 1308–1315, 2009.
- [3] T. L. Espa, "TOYOTA & LEXUS: intervención y seguridad en vehículos híbridos Contenido."
- [4] FITSA, "Tecnologías de propulsión híbridas y las evidencias científicas de su eficacia," p. 16, 2007.
- [5] S. L. U. Karl Van Dijck, Toyota España, "Vehículos Híbridos," p. 27.
- [6] L. Tribioli and S. Onori, "Analysis of Energy Management Strategies in Plug-in Hybrid Electric Vehicles: application to the GM Chevrolet Volt," pp. 5966–5971, 2013.
- [7] W. Labeeuw and G. Deconinck, "Residential electrical load model based on mixture model clustering and markov models," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 9, no. 3, pp. 1561–1569, 2013.
- [8] Dr. Russell Lefevre, "Electric Energy Online," *Electr. Veh. Technol. IEEE*.
- [9] V. Sreedhar, "Plug-In Hybrid Electric Vehicles with Full Performance," *2006 IEEE Conf. Electr. Hybrid Veh.*, 2006.
- [10] A. C. y J. Santamarta, "El coche eléctrico: El futuro del transporte, la energía y el medio ambiente," p. 14, 2009.
- [11] V. Blasko, R. Automation, and A. Bradley, "Power Conditions and Control of a Regenerative Brake," pp. 1504–1510, 1998.

- [12] K. Teramoto, K. Ohishi, S. Makishima, K. Uezono, and S. Yasukawa, "Cooperative control of regenerative brake and mechanical brake for a two coach train," *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, pp. 1707–1712, 2012.
- [13] L. Tecnalia, "Guía Básica de la Generación Distribuida," *Fund. la Energía la Comunidad Madrid*, 2007.
- [14] J. Heuer, P. Komarnicki, and Z. a. Styczynski, "Integration of electrical vehicles into the smart grid in the Harz.EE-mobility research project," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 0–5, 2011.
- [15] X. Jin, Y. Zhang, and X. Wang, "Strategy and coordinated development of strong and smart grid," *2012 IEEE Innov. Smart Grid Technol. - Asia, ISGT Asia 2012*, no. 1, pp. 1–4, 2012.
- [16] EM, "Guía del Vehículo Eléctrico," p. 234, 2013.
- [17] P. Ciemat, "El CIEMAT y la I + D en energía," *Director*, 2010.
- [18] RENOVAENERGIA, "Vehiculos Electricos." [Online]. Available: http://www.renova-energia.com/energia_renovable/vehiculos_electricos.html. [Accessed: 05-Nov-2014].
- [19] Á. R. Mateo, "Evaluación del impacto de los vehículos eléctricos en las redes de distribución," p. 143.
- [20] A. Ul-Haq, C. Buccella, C. Cecati, and H. a. Khalid, "Smart charging infrastructure for electric vehicles," *4th Int. Conf. Clean Electr. Power Renew. Energy Resour. Impact, ICCEP 2013*, pp. 163–169, 2013.
- [21] R. Villafafila-robles, F. Girbau-llistuellla, P. Olivella-rosell, A. Sudria-andreu, and J. Bergas-jane, "Assessment of impact of charging infrastructure for electric vehicles on distribution networks Departament d ' Enginyeria Elèctrica Keywords : Case study," 2010.
- [22] Y. Liu and S. C. Mitchem, "Implementation of V2G Technology Using DC Fast Charging," pp. 734–735, 2013.

- [23] C. Toepfer, “SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler,” *Soc. Automot. Eng.*, vol. 1, pp. 776–790, 2009.
- [24] N. American and D. Centers, “IEC 60309 PIN & SLEEVE WIRING DEVICES,” no. 860, pp. 178–179.
- [25] IEC, “INTERNATIONAL STANDARD,” vol. 2003, p. 78, 2003.
- [26] C. Wenge, P. Komarnicki, and Z. a. Styczynski, “Models and boundaries of data exchange between electric-vehicle and charging-point. Example of a practical realisation,” *2010 Mod. Electr. Power Syst.*, pp. 1–4, 2010.
- [27] L. Mathur, “MENNEKES Plugs for the world,” vol. 15, no. 3, p. 188, 2011.
- [28] BATTERI, “Recargas del Vehículo Eléctrico,” p. 3.
- [29] P. Dost, A. Bouabana, and C. Sourkounis, “On Analysis of Electric Vehicles DC-Quick-Chargers based on the CHAdeMO protocol regarding the connected systems and security behaviour.”
- [30] CIRCUTOR, “Recarga inteligente de vehículos eléctricos,” p. 26.
- [31] M. Gharbaoui, B. Martini, R. Bruno, L. Valcarenghi, M. Conti, and P. Castoldi, “Policies for efficient usage of an EV charging infrastructure deployed in city parking facilities,” *2013 13th Int. Conf. ITS Telecommun. ITST 2013*, pp. 384–389, 2013.
- [32] U. N. E. E-en, “NORMA UNE-EN 61851-1,” p. 6, 2012.
- [33] IEC, “International standard norme internationale,” 2010.
- [34] K. MOTORS, “Re:Charge your Soul, Soul EV | Kia Motors Worldwide.” [Online]. Available: <http://www.kia.com/worldwide/vehicles/soul-ev/product.aspx>. [Accessed: 19-Nov-2014].
- [35] G. I. Alorra and E. Agentzia, “PLAN PARA LA INTRODUCCIÓN DEL VEHICULO ELECTRICO,” p. 19, 2011.

- [36] E. E. Quito, “Normas para Sistemas de Distribución Parte A,” pp. 88–89, 2014.
- [37] Empresa Eléctrica Quito S.A, “Plan de Expansión 2011-2021 del Sistema Eléctrico de la EEQ / Dpto. P.T.,” pp. 1–72, 2011.
- [38] S. J. Vest, “Estimating Kw Demand for Future Loads on Rural Distribution Systems,” *Trans. Am. Inst. Electr. Eng. Part III Power Appar. Syst.*, vol. 76, no. August, pp. 652–655, 1957.
- [39] Conelec, “Plan maestro de Electrificación,” pp. 63 – 206.
- [40] SRI, “Reforma tributaria - Ley de fomento ambiental y optimización de los ingresos del estado,” pp. 2–11, 2011.
- [41] R. Bass and R. Harley, “Residential harmonic loads and EV charging,” ... *Meet. 2001. IEEE*, no. C, pp. 803–808, 2001.
- [42] J. P. Trovão, P. G. Pereirinha, L. Trovão, and H. M. Jorge, “Electric vehicles chargers characterization: Load demand and harmonic distortion,” *Proceeding Int. Conf. Electr. Power Qual. Util. EPQU*, pp. 694–700, 2011.
- [43] E. Téllez Ramírez, “Distorsion Armonica,” *Autom. Product. Y Calid. S.a. C.V*, no. 222, pp. 1–31, 2008.
- [44] C. K. Duffey and R. P. Stratford, “Update of harmonic standard IEEE-519-IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems,” *Conf. Rec. IEEE Ind. Appl. Soc. Annu. Meet.*, vol. 21, no. 2, p. 9994, 1989.
- [45] A. Arancibia and K. Strunz, “Modeling of an electric vehicle charging station for fast DC charging,” *2012 IEEE Int. Electr. Veh. Conf. IEVC 2012*, no. 3, 2012.
- [46] K. Yunus, H. Z. D. La Parra, and M. Reza, “Distribution grid impact of Plug-In Electric Vehicles charging at fast charging stations using stochastic charging model,” *Proc. 2011 14th Eur. Conf. Power Electron. Appl.*, pp. 1–11, 2011.

- [47] J. Y. Yong, V. K. Ramachandaramurthy, K. M. Tan, A. Arulampalam, and J. Selvaraj, "Modeling of electric vehicle fast charging station and impact on network voltage," *2013 IEEE Conf. Clean Energy Technol.*, pp. 399–404, 2013.
- [48] J. Niitsoo, I. Palu, J. Kilter, P. Taklaja, and T. Vaimann, "Residential load harmonics in distribution grid," *2013 3rd Int. Conf. Electr. Power Energy Convers. Syst. EPECS 2013*, pp. 0–5, 2013.
- [49] I. Mareels, T. Alpcan, M. Brazil, J. de Hoog, and D. a. Thomas, "A distributed electric vehicle charging management algorithm using only local measurements," *Isgt 2014*, pp. 1–5, 2014.
- [50] L. Kütt, E. Saarijärvi, and M. Lehtonen, "Estimating the harmonic distortions in a distribution network supplying EV charging load using practical source data – case example," pp. 4–8, 2014.
- [51] M. S. Duvall, "Battery evaluation for plug-in hybrid electric vehicles," *2005 IEEE Veh. Power Propuls. Conf.*, pp. 338–343, 2005.
- [52] A. M. de Tránsito, "Corpaire; Revisión Técnica Vehicular;" [Online]. Available: <http://www2.revisionquito.gob.ec/>. [Accessed: 25-Feb-2015].
- [53] E. L. RED, "'El objetivo: eliminar subsidios de gas y electricidad.'" [Online]. Available: <http://www.ecuadorlibrerred.tk/index.php/ecuador/economia/2650-el-objetivo-eliminar-subsidios-de-gas-y-electricidad>. [Accessed: 26-Feb-2015].
- [54] Empresa Eléctrica Quito S.A, "PLIEGO TARIFARIO DICIEMBRE 2014.pdf." pp. 1–8, 2014.

ANEXOS

ANEXO 1, DETERMINACIÓN DEL FACTOR A SEGÚN EL MÉTODO DE LA REA PARA LA ESTIMACIÓN DE CARGAS FUTURAS

Nº CONSUMIDORES	FACTOR A	Nº CONSUMIDORES	FACTOR A	Nº CONSUMIDORES	FACTOR A	Nº CONSUMIDORES	FACTOR A	Nº CONSUMIDORES	FACTOR A
		41	53,4	105	122	310	325	820	832
		42	54,5	110	128	320	335	840	853
		43	55,5	115	133	330	344	860	873
		44	56,7	120	138	340	354	880	891
5	9,49	45	57,9	125	143	350	364	900	911
6	10,8	46	59,0	130	148	360	373	920	931
7	12,1	47	60,2	135	153	370	383	940	951
8	13,5	48	61,4	140	159	380	393	960	972
9	14,8	49	62,4	145	163	390	403	980	992
10	16,1	50	63,5	150	168	400	412	1000	1010
11	17,4	51	64,7	155	173	410	422	1050	1059
12	18,7	52	65,7	160	178	420	432	1100	1108
13	20,1	53	66,7	165	183	430	442	1150	1157
14	21,4	54	68,0	170	188	440	452	1200	1207
15	22,7	55	69,0	175	193	450	462	1250	1255
16	24,0	56	70,2	180	198	460	472	1300	1304
17	25,3	57	71,2	185	203	470	482	1350	1353
18	26,6	58	72,3	190	208	480	492	1400	1400
19	27,8	59	73,6	195	213	490	502	1450	1450
20	29,2	60	74,5	200	218	500	512	1500	1500
21	30,4	62	76,7	205	223	510	522	1600	1600
22	31,7	64	78,9	210	228	520	532	2000	2000
23	32,8	66	81,1	215	233	530	542	2400	2400
24	33,9	68	83,2	220	238	540	551	2800	2800
25	34,9	70	85,4	225	243	550	561	3200	3200
26	36,0	72	87,6	230	247	560	571	3600	3600
27	37,2	74	89,7	235	252	570	582	4000	4000
28	38,9	76	91,8	240	257	580	592	4400	4400
29	39,5	78	93,9	245	262	590	601	4800	4800
30	40,7	80	96	250	267	600	612	5200	5200
31	41,9	82	98	255	272	620	631	5500	5500
32	43,1	84	100	260	276	640	652	6000	6000
33	44,3	86	102	265	282	660	672	6500	6500
34	45,4	88	104	270	287	680	692	7000	7000
35	46,6	90	107	275	291	700	713	7500	7500
36	47,7	92	109	280	296	720	733	8000	8000
37	48,9	94	111	285	301	740	753	8500	8500
38	50,0	96	113	290	306	760	772	9000	9000
39	51,2	98	115	295	310	780	793	9500	9500
40	52,3	100	117	300	315	800	812	10000	10000

Fuente: S. J. Vest, “Estimating Kw Demand for Future Loads on Rural Distribution Systems,” Trans. Am. Inst. Electr. Eng. Part III Power Appar. Syst., vol. 76, no. August, pp. 652–655, 1957.

ANEXO 2, DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA CONSIDERANDO LOS FACTORES A Y B, SIN AFECTACIÓN DE LA CARGA DE LAS COCINAS DE INDUCCIÓN (KW)

# usuarios	Estrato A1	Estrato A	Estrato B	Estrato C	Estrato D	Estrato E
1	6.86	5.43	4.30	3.53	2.73	2.31
2	10.97	8.68	6.88	5.65	4.37	3.70
3	15.08	11.93	9.46	7.76	6.00	5.09
4	19.20	15.19	12.04	9.88	7.64	6.48
5	23.15	18.31	14.51	11.91	9.21	7.81
6	26.34	20.56	16.26	13.36	10.26	8.66
7	29.51	23.07	18.37	15.07	11.57	9.77
8	32.93	25.87	20.57	16.87	12.97	10.97
9	36.10	28.46	22.56	18.56	14.36	12.16
10	39.27	30.93	24.63	20.23	15.63	13.23
11	42.44	33.50	26.70	21.90	16.90	14.40
12	45.61	36.07	28.77	23.67	18.27	15.47
13	49.02	38.73	30.83	25.43	19.63	16.63
14	52.19	41.28	32.88	27.08	20.88	17.68
15	55.36	43.82	34.92	28.72	22.22	18.82
16	58.53	46.36	36.96	30.36	23.46	19.96
17	61.70	48.90	38.90	32.00	24.80	21.00
18	64.87	51.43	40.93	33.73	26.03	22.13
19	67.80	53.76	42.86	35.26	27.26	23.16
20	71.22	56.39	44.99	36.99	28.59	24.29
21	74.14	58.81	46.81	38.51	29.81	25.31
22	77.31	61.33	48.83	40.23	31.13	26.33
23	80.00	63.54	50.64	41.64	32.24	27.34
24	82.68	65.75	52.35	43.15	33.35	28.35
25	85.12	67.76	54.06	44.56	34.46	29.26
26	87.80	69.97	55.87	45.97	35.67	30.27
27	90.73	72.27	57.67	47.57	36.87	31.27
28	94.87	75.37	60.07	49.47	38.27	32.47
29	96.34	76.87	61.37	50.57	39.17	33.27
30	99.26	79.17	63.17	52.07	40.37	34.37
31	102.19	81.56	65.06	53.56	41.56	35.36
32	105.12	83.85	66.95	55.15	42.75	36.35
33	108.04	86.14	68.74	56.64	43.94	37.34
34	110.73	88.33	70.53	58.13	45.13	38.33
35	113.65	90.72	72.42	59.62	46.32	39.32
36	116.34	92.90	74.10	61.10	47.40	40.30
37	119.26	95.18	75.98	62.58	48.58	41.28
38	121.94	97.36	77.76	64.06	49.76	42.26
39	124.99	99.74	79.64	65.64	50.94	43.24
40	127.55	101.82	81.32	67.02	52.02	44.22
41	130.30	104.02	83.04	68.46	54.13	45.19
42	132.92	106.17	84.77	69.87	54.27	46.17
43	135.11	108.04	86.34	71.14	55.24	47.04
44	138.29	110.51	88.21	72.81	56.51	48.01
45	141.21	112.88	90.08	74.28	57.68	48.98
46	143.89	115.05	91.85	75.75	58.75	49.95
47	146.82	117.31	93.61	77.21	59.91	50.91
48	149.75	119.58	95.48	78.68	61.08	51.98
49	152.19	121.64	97.14	80.04	62.14	52.84
50	154.87	123.80	98.80	81.50	63.30	53.80
51	157.80	126.06	100.66	82.96	64.46	54.76
52	160.24	128.12	102.22	84.32	65.52	55.72
53	162.67	130.08	103.88	85.68	66.48	56.58
54	165.84	132.54	105.84	87.24	67.74	57.64
55	168.28	134.60	107.40	88.60	68.80	58.50
56	171.21	136.85	109.25	90.05	69.95	59.45
57	173.65	138.81	110.91	91.41	71.01	60.41

# usuarios	Estrato A1	Estrato A	Estrato B	Estrato C	Estrato D	Estrato E
58	176.33	140.96	112.56	92.86	72.06	61.36
59	179.50	143.41	114.51	94.41	73.31	62.31
60	181.70	145.26	115.96	95.66	74.26	63.16
61	184.38	147.41	117.71	97.11	75.41	64.11
62	187.06	149.56	119.46	98.46	76.46	65.06
63	189.75	151.71	121.11	99.91	77.61	66.01
64	192.43	153.86	122.86	101.36	78.66	66.96
65	195.11	156.00	124.60	102.70	79.80	67.80
66	197.79	158.15	126.25	104.15	80.85	68.75
67	200.36	160.19	127.89	105.49	81.89	69.69
68	202.92	162.23	129.53	106.83	83.03	70.63
69	205.60	164.38	131.28	108.28	84.08	71.48
70	208.28	166.52	133.02	109.72	85.12	72.42
71	210.96	168.66	134.66	111.06	86.26	73.36
72	213.65	170.80	136.40	112.50	87.30	74.30
73	216.21	172.84	138.04	113.84	88.44	75.24
74	218.77	174.97	139.67	115.17	89.47	76.07
75	221.33	177.01	141.31	116.51	90.51	77.01
76	223.89	179.05	142.95	117.95	91.55	77.85
77	226.45	181.08	144.58	119.28	92.58	78.78
78	229.01	183.22	146.32	120.62	93.72	79.72
79	231.57	185.25	147.95	121.95	94.75	80.55
80	234.13	187.29	149.59	123.39	95.79	81.49
81	236.94	189.52	151.32	124.82	96.92	82.42
82	239.74	191.65	153.05	126.25	98.05	83.35
83	241.82	193.48	154.48	127.38	98.98	84.18
84	243.89	195.21	155.91	128.61	99.91	85.01
85	246.33	197.24	157.54	129.94	100.94	85.84
86	248.77	199.17	159.07	131.27	101.97	86.77
87	251.21	201.20	160.70	132.60	103.00	87.60
88	253.65	203.13	162.23	133.83	104.03	88.53
89	257.30	205.85	164.35	135.55	105.25	89.55
90	260.96	208.58	166.48	137.28	106.58	90.58
91	263.40	210.51	168.11	138.61	107.61	91.51
92	265.84	212.53	169.63	139.93	108.63	92.33
93	268.28	214.46	171.23	141.20	109.63	93.24
94	270.72	216.48	172.78	142.48	110.68	94.08
95	273.16	218.40	174.40	143.80	111.70	95.00
96	275.60	220.43	175.93	145.13	112.73	95.83
97	278.03	222.35	177.55	146.45	113.75	96.75
98	280.47	224.37	179.17	147.77	114.77	97.57
99	282.91	226.29	180.69	148.99	115.79	98.49
100	285.35	228.31	182.31	150.31	116.71	99.31
150	409.73	327.59	261.57	215.71	167.49	142.46
200	531.68	424.54	338.87	279.36	216.79	184.31
250	651.18	519.38	414.45	341.56	264.93	225.14
300	768.25	612.24	488.45	402.45	312.05	265.11
350	887.76	706.14	563.09	463.72	359.25	305.01
400	1004.82	798.24	636.32	523.84	405.60	344.21
450	1126.77	892.93	711.36	585.24	452.64	383.80
500	1248.71	987.35	786.14	646.36	499.42	423.13

Fuente: E. E. Quito, "Normas para Sistemas de Distribución Parte A," pp. 88–89, 2014.

ANEXO 3, VEHÍCULOS ESTIMADOS ANUALMENTE SEGÚN CONSUMO ELÉCTRICO

VEHICULOS ELÉCTRICOS: POTENCIA 3,7KW ; FACTOR DE POTENCIA 0,92 ; FACTOR DE UTILIZACIÓN 100%; CONSUMO 272,32 kWh/mes - 3267,84 kWh/año			
EMPRESA	Consumo (MWh)	Consumo (kWh)	Nº Vehículos esperados
CNEL - Bolívar	42	42000	13
CNEL - El Oro	144	144000	44
CNEL - Esmeraldas	81	81000	25
CNEL - Guayas Los Ríos	210	210000	64
CNEL - Los Ríos	63	63000	19
CNEL - Manabí	213	213000	65
CNEL - Milagro	102	102000	31
CNEL - Sta. Elena	75	75000	23
CNEL - Sto. Domingo	111	111000	34
CNEL - Sucumbíos	45	45000	14
E.E. Ambato	159	159000	49
E.E. Azogues	24	24000	7
E.E. Centro Sur	225	225000	69
E.E. Cotopaxi	72	72000	22
E.E. Norte	144	144000	44
E.E. Quito	645	645000	197
E.E. Riobamba	108	108000	33
E.E. Sur	111	111000	34
Eléctrica de Guayaquil	426	426000	130
E.E. Galápagos			
Total	3000	3000000	918

Autor: Alex Córdova España

Para el caso de la Empresa Eléctrica Galápagos, se debe hacer un análisis de oferta versus demanda, para optimizar costos operativos y ambientales, debido a que la demanda actual se abastece por generación térmica con combustibles fósiles. Actualmente se está trabajando por el cambio de la matriz energética de las islas a tecnologías renovables no convencionales.

Una vez que se tengan definidos los cronogramas para el cambio de tecnología se podría utilizar a los vehículos eléctricos como actores dentro de la gestión de demanda (despacho y consumo de energía).

ANEXO 4, INGRESO DE PARÁMETROS DE SIMULACIÓN EN DIGSILENT POWER FACTORY 14.1.3

DIgSILENT POWERFACTORY 14.1.3

DESCRIPCION

Este software altamente especializado en el campo de los sistemas eléctricos de potencia desarrollado por la compañía Alemana consultora y de software DIgSILENT GmbH. Está basado en la plataforma Windows, es una herramienta utilizada para el análisis avanzado de sistemas eléctricos de potencia, integrada y totalmente interactiva, facilitando su estudio por medio de las siguientes funciones:

- Flujo de carga AC/DC
- Análisis de cortocircuito IEC, VDE, y ANSI
- Análisis de fallas y eventos
- Reducciones de Red de estado estacionario
- Transitorios electromagnéticos
- Análisis de valores propios y Reducción de modelos de red
- Simulación dinámica de sistemas (electromecánicos)
- Coordinación automática de protecciones
- Análisis de armónicos
- Análisis de confiabilidad
- Representación del sistema semi-geográfica
- Interfaz con sistemas SCADA
- Análisis y diseño de controles

FLUJOS DE CARGA

Los Flujos de Carga se realizaron con el módulo “Load Flow Calculation” del programa DigSilent Power Factory 14.1, con el método de cálculo Newton-Raphson, y con una precisión de 0,0001.

PROCESO DE SIMULACIÓN

Como primer paso es necesario realizar los diagramas de estudio del primario 29 A perteneciente a la Subestación Cumbayá, para lo cual se deben ingresar los elementos a ser objetos de nuestro estudio como:

- Subestación
- Barras
- Transformadores
- Líneas de distribución
- Cargas

SUBESTACIÓN

Para simular una subestación en DIGSILENT se debe tomar las siguientes consideraciones:

1. Ubicar la paleta de elementos que se encuentra en la parte derecha de nuestro programa un elemento llamado External Grid.

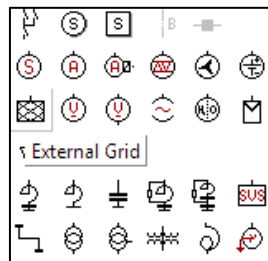


Figura 1, External Grid - Elemento de simulación de una Subestación

Fuente: DIGSILENT PowerFactory 14.1.3

2. Ingresar los parámetros del External Grid , al dar doble click sobre el elemento y colocar en la pestaña Load Flow
3. Cambiar el tipo de barra en Bus Type, para ello el programa dispone de tres opciones: PQ, PV y SL. Para nuestro estudio usaremos PV
4. Modificar el punto de operación en lo referente al modo de entrada de potencias, depende de los datos que se desea utilizar, para nuestro caso usaremos el modo Default , ingresaremos la potencia activa en 33 MW y el voltaje en 1 p.u.

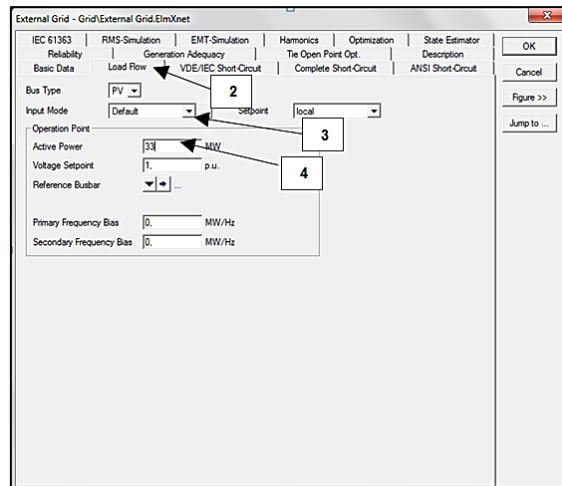


Figura 2, Configuración External Grid

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

BARRAS

Para ingresar una Barra en DIgSILENT se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Ubicar el elemento llamado Terminal para simular en este caso una barra.

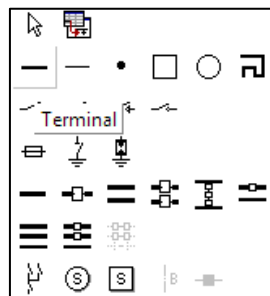


Figura 3, Terminal - Elemento de simulación de una Barra

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

1. Ingresar los parámetros del Terminal, al dar doble click sobre el elemento y colocar en la pestaña Basic Data.
2. Cambiar el nombre de la barra, para mejor visualización de los elementos.
3. Colocar el tipo de sistema con el que trabajaremos, en este caso usaremos Corriente Continua AC.
4. Definir el tipo de conexión de conductores, tenemos un sistema trifásico ABC.
5. Ingresar el voltaje nominal, en este caso usaremos los valores de 22,8KV y 240 V para barras de media y baja tensión respectivamente.

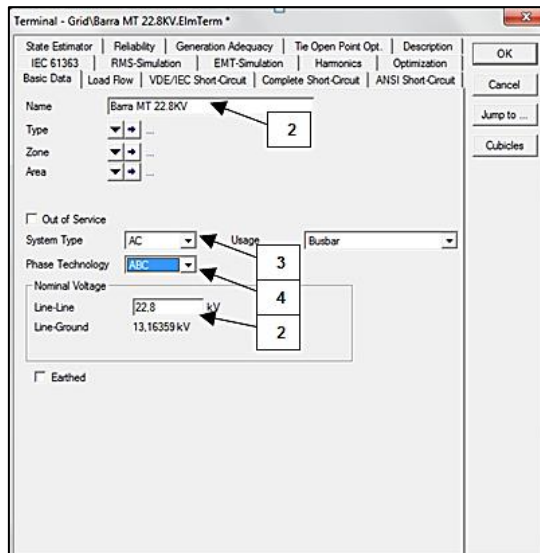


Figura 4, Configuración Terminal

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

TRANSFORMADORES

Para ingresar un Transformador en DIgSILENT se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Colocar el elemento llamado 2- Winding Transformer para simular en este caso un transformador de 2 devanados, luego dar doble click sobre el elemento.

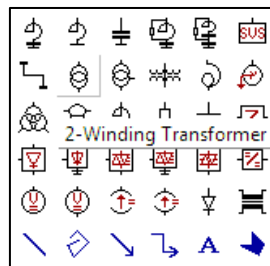


Figura 5, 2- Winding Transformer - Elemento de simulación de un Transformador

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

2. Cambiar el nombre del transformador.
3. En el menu type, seleccionar Nuevo proyecto tipo.

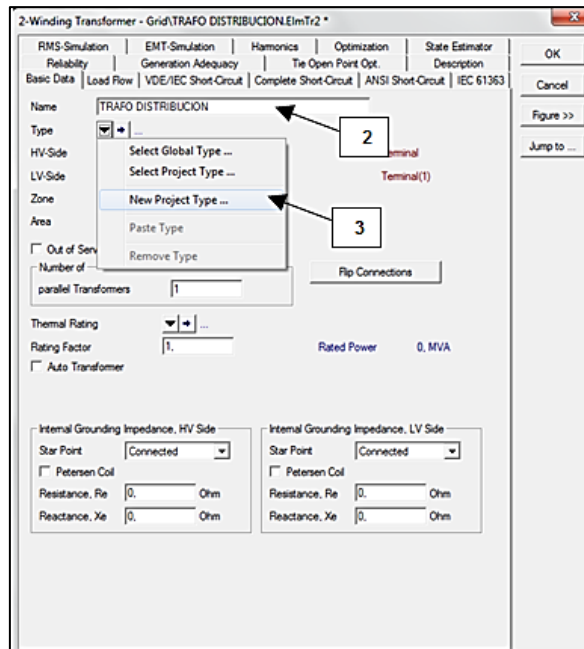


Figura 6, Selección de Tipo de Transformador (Menu Type)

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

Una vez seleccionado nuevo proyecto tipo se despliega Datos Básicos en la cual se ingresa:

1. Asignamos un nombre al elemento, ejemplo: TRAF0 22,8KV/240V
2. Seleccionamos el tipo de transformador, en este caso es trifásico; para ello elegimos la opción Three Phase Transformer.
3. Colocamos los valores de potencia y frecuencia nominal.
4. Ingresar las tensiones para el primario y el secundario.
5. Seleccionar el conexionado del transformador de distribución, según las normas de la Empresa Eléctrica Quito sería D/Yn 5.

ANEXO 5, CONSUMOS TIPICOS DE UNA CASA INCLUYENDO EL USO DE COCINAS DE INDUCCIÓN Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Potencia activa y reactiva de dos casas de consumo típico, incluyendo cocinas de inducción y vehículos eléctricos.

CONSUMO DE CASA TIPICA								COCINAS		VEHÍCULOS	
Fecha	Hora	P medio L1	P medio	P medio	O medio	O medio	O medio	P medio	O medio	P medio	O medio
		W	W	W	Var	Var	Var	W	Var	W	Var
04/12/2013	0:00:00	1719,12	2295,427	0	1383,921	3144,206	0	0	0	3404	1450,098
04/12/2013	1:00:00	1276,109	2287,586	0	1485,852	3124,603	0	0	0	3404	1450,098
04/12/2013	2:00:00	1332,955	2273,865	0	1623,068	3044,234	0	0	0	3404	1450,098
04/12/2013	3:00:00	921,306	2103,324	0	1593,664	2730,598	0	0	0	3404	1450,098
04/12/2013	4:00:00	737,045	1956,308	0	1505,453	3059,916	0	0	0	3404	1450,098
04/12/2013	5:00:00	1036,959	2020,996	0	1405,482	3191,251	0	0	0	3404	1450,098
04/12/2013	6:00:00	985,993	2117,047	0	1419,204	3208,893	0	1960	397,994	3404	1450,098
04/12/2013	7:00:00	1152,614	2091,562	0	1407,443	3218,694	0	3920	795,989	0	0,000
04/12/2013	8:00:00	1140,852	1948,466	0	1283,949	2946,223	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	9:00:00	1393,722	1932,784	0	1166,335	2893,297	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	10:00:00	1797,528	1995,512	0	1201,619	3179,49	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	11:00:00	1131,051	2097,444	0	1281,989	3154,007	0	980	198,997	0	0,000
04/12/2013	12:00:00	1076,165	2097,444	0	1427,046	3110,882	0	3920	795,989	0	0,000
04/12/2013	13:00:00	1082,045	2128,807	0	1385,881	2869,774	0	2000	397,994	0	0,000
04/12/2013	14:00:00	1062,443	2117,045	0	1393,721	2675,711	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	15:00:00	1054,604	2142,528	0	1401,562	2926,62	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	16:00:00	1064,403	2075,881	0	1285,909	3034,432	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	17:00:00	1340,795	2087,642	0	1089,887	3052,074	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	18:00:00	2597,301	2124,886	0	927,188	2948,182	0	1960	397,994	0	0,000
04/12/2013	19:00:00	3275,541	2103,324	0	768,409	2697,273	0	3920	795,989	0	0,000
04/12/2013	20:00:00	2607,104	2146,449	0	742,926	2905,057	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	21:00:00	3326,505	2266,023	0	762,529	3063,836	0	0	0	0	0,000
04/12/2013	22:00:00	2803,124	2262,102	0	786,052	3071,677	0	0	0	3404	1450,098
04/12/2013	23:00:00	1172,215	2152,33	0	764,49	2918,779	0	0	0	3404	1450,098

Potencia activa y reactiva de dos casas de consumo típico, incluyendo cocinas de inducción y vehículos eléctricos.

CONSUMO DE CASA TIPICA 2								COCINAS		VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	
Fecha	Hora	P medio L1	P medio L2	P medio L3	O medio L1	O medio L2	O medio L3	P medio	O medio	P medio	O medio
		W	W	W	Var	Var	Var	W	Var	W	Var
04/12/2013	0:00:00	652,756	835,057	0	13,721	105,852	0	0	0	0	0
04/12/2013	1:00:00	139,176	574,346	0	0	62,727	0	0	0	0	0
04/12/2013	2:00:00	0	21,562	0	0	3,92	0	0	0	0	0
04/12/2013	3:00:00	0	17,642	0	0	3,92	0	0	0	0	0
04/12/2013	4:00:00	31,364	196,024	0	0	3,92	0	0	0	0	0
04/12/2013	5:00:00	2803,126	119,574	0	7,84	17,642	0	0	0	0	0
04/12/2013	6:00:00	1958,266	548,865	0	19,6	88,212	0	1960	397,994	0	0
04/12/2013	7:00:00	1462,33	1017,359	0	19,602	135,257	0	3920	795,989	0	0
04/12/2013	8:00:00	586,108	676,278	0	-1,96	152,899	0	0	0	0	0
04/12/2013	9:00:00	394,005	444,973	0	-3,92	113,693	0	0	0	0	0
04/12/2013	10:00:00	331,278	480,257	0	-1,96	141,138	0	0	0	0	0
04/12/2013	11:00:00	686,08	527,302	0	-1,96	147,017	0	980	198,997	0	0
04/12/2013	12:00:00	791,933	1127,13	0	23,522	156,818	0	3920	795,989	0	0
04/12/2013	13:00:00	162,7	1113,409	0	-1,96	166,619	0	2000	397,994	0	0
04/12/2013	14:00:00	1,96	1442,729	0	0	135,255	0	0	0	0	0
04/12/2013	15:00:00	662,556	1232,984	0	9,801	168,579	0	0	0	0	0
04/12/2013	16:00:00	1064,404	1262,385	0	64,688	101,931	0	0	0	0	0
04/12/2013	17:00:00	1609,346	1038,922	0	58,807	150,94	0	0	0	0	0
04/12/2013	18:00:00	2079,801	1568,181	0	43,125	121,535	0	1960	397,994	0	0
04/12/2013	19:00:00	1546,619	1977,871	0	52,926	107,813	0	3920	795,989	0	0
04/12/2013	20:00:00	2781,563	2354,233	0	56,847	96,052	0	0	0	6072	2586,661
04/12/2013	21:00:00	2493,409	2432,641	0	68,609	113,695	0	0	0	6072	2586,661
04/12/2013	22:00:00	766,449	1429,006	0	45,086	156,819	0	0	0	6072	2586,661
04/12/2013	23:00:00	401,848	962,473	0	15,681	84,291	0	0	0	6072	2586,661

Fuente: DIgSILENT PowerFactory 14.1.3

**ANEXO 6, ESCENARIO POSIBLE DE RECARGA RÁPIDA EN ELECTROLINERAS
SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON, APLICADA PARA ARRIBO DE VEHÍCULOS
A ESTACIONES DE SERVICIO**

TIEMPO	C1 (KW)	C2(KW)	C3 (KW)	CARGA
0	19,2	0	0	19,2
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	19,2	0	19,2
6	38,4	19,2	19,2	76,8
7	19,2	19,2	38,4	76,8
8	38,4	38,4	19,2	96
9	19,2	19,2	19,2	57,6
10	19,2	19,2	19,2	57,6
11	19,2	19,2	19,2	57,6
12	19,2	19,2	19,2	57,6
13	19,2	19,2	19,2	57,6
14	19,2	19,2	0	38,4
15	38,4	38,4	38,4	115,2
16	38,4	38,4	38,4	115,2
17	19,2	38,4	19,2	76,8
18	0	19,2	19,2	38,4
19	19,2	19,2	0	38,4
20	0	19,2	19,2	38,4
21	19,2	0	0	19,2
22	0	0	19,2	19,2
23	0	19,2	0	19,2

Autor: Alex Córdoba España

Las baterías de los vehículos eléctricos se recargan hasta un 80%, en el caso del Nissan Leaf que tiene una capacidad energética de 24kW sólo llegaría hasta 19,2 kW. A largo plazo no es recomendable utilizar este tipo de recargas ya que podría disminuir la vida de las mismas.

ANEXO 7, NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

HORAS	COCINAS	VEH 1%	VEH 5%	VEH 10%	VEH 30%	DEMANDA
0	3,25	3,30	3,50	3,75	4,71	DEMANDA MINIMA
1	3,14	3,19	3,39	3,64	4,60	
2	3,03	3,08	3,28	3,53	4,49	
3	3,19	3,24	3,44	3,69	4,65	
4	4,4	4,45	4,65	4,90	5,88	
5	7,34	7,34	7,34	7,34	7,34	
6	7,79	7,79	7,79	7,79	7,79	DEMANDA MEDIA
7	5,11	5,11	5,11	5,11	5,11	
8	3,62	3,62	3,62	3,62	3,62	
9	3,78	3,78	3,78	3,78	3,78	
10	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94	
11	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	
12	5,67	5,67	5,67	5,67	5,67	
13	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	
14	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28	
15	3,51	3,51	3,51	3,51	3,51	
16	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	DEMANDA MÁXIMA
17	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	
18	9,89	9,89	9,89	9,89	9,89	
19	8,78	8,78	8,78	8,78	8,78	
20	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	DEMANDA MEDIA
21	5,75	5,80	6,00	6,25	7,22	
22	4,63	4,68	4,88	5,13	6,10	
23	4,06	4,11	4,31	4,57	5,54	

Autor: Alex Córdova España

ANEXO 8, FACTORES DE POTENCIA SEGÚN NIVELES DE PENETRACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

HORA	SIN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	30 VEHICULOS ELÉCTRICOS	150 VEHICULOS ELÉCTRICOS	300 VEHICULOS ELÉCTRICOS	900 VEHICULOS ELÉCTRICOS
12:00 AM	0,948736	0,94836	0,946893	0,945216	0,93998
1:00 AM	0,952061	0,951618	0,949955	0,948103	0,942729
2:00 AM	0,952126	0,951666	0,949945	0,948036	0,942538
3:00 AM	0,952196	0,951718	0,949934	0,947964	0,942339
4:00 AM	0,952093	0,951641	0,94995	0,94807	0,942635
5:00 AM	0,949044	0,948686	0,947279	0,945662	0,940553
6:00 AM	0,950196	0,950196	0,950196	0,950196	0,950196
7:00 AM	0,949721	0,949721	0,949721	0,949721	0,949721
8:00 AM	0,95317	0,95317	0,95317	0,95317	0,95317
9:00 AM	0,95826	0,95826	0,95826	0,95826	0,95826
10:00 AM	0,957919	0,957919	0,957919	0,957919	0,957919
11:00 AM	0,953456	0,953456	0,953456	0,953456	0,953456
12:00 PM	0,950966	0,950966	0,950966	0,950966	0,950966
1:00 PM	0,952298	0,952298	0,952298	0,952298	0,952298
2:00 PM	0,957812	0,957812	0,957812	0,957812	0,957812
3:00 PM	0,959047	0,959047	0,959047	0,959047	0,959047
4:00 PM	0,958507	0,958507	0,958507	0,958507	0,958507
5:00 PM	0,957606	0,957606	0,957606	0,957606	0,957606
6:00 PM	0,950966	0,950966	0,950966	0,950966	0,950966
7:00 PM	0,947746	0,947746	0,947746	0,947746	0,947746
8:00 PM	0,948737	0,948737	0,948737	0,948737	0,948737
9:00 PM	0,950966	0,950966	0,950966	0,950966	0,950966
10:00 PM	0,947977	0,947698	0,946586	0,945282	0,940978
11:00 PM	0,948852	0,94851	0,947165	0,945611	0,940661

Autor: Alex Córdova España