

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

PROYECTO TÉCNICO DE ENFOQUE GENERAL:

**“ANÁLISIS DEL IMPACTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN
LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN CUENCA”**

AUTORES:

**MARCELO EDUARDO MERCHÁN SERRANO
SANTIAGO XAVIER MEDINA AGUIRRE**

TUTOR:

ING. JORGE ROJAS ESPINOZA, MER.

**CUENCA –ECUADOR
2016**

Ing. Jorge Luis Rojas Espinoza, MER.

Certificación:

En calidad de DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN “ANÁLISIS DEL IMPACTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN CUENCA”, elaborado por Marcelo Eduardo Merchán Serrano y Santiago Xavier Medina Aguirre, declaro y certifico la aprobación del presente trabajo de titulación basándose en la supervisión y revisión de su contenido.



Ing. Jorge Luis Rojas Espinoza MER.
DIRECTOR DE PROYECTO TÉCNICO.

Cuenca, 19 de diciembre del 2016.

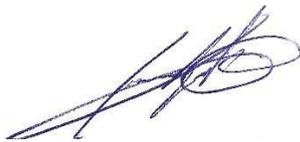
© CESIÓN DE LOS DERECHOS DE LOS AUTORES.

Nosotros Marcelo Eduardo Merchán Serrano y Santiago Xavier Medina Aguirre, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación denominado: "Análisis del impacto de vehículos eléctricos en las redes distribución del cantón Cuenca", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Marcelo Eduardo Merchán Serrano.

AUTOR



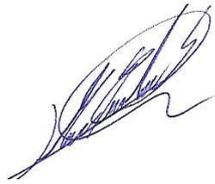
Santiago Xavier Medina Aguirre.

AUTOR.

Cuenca, 19 de diciembre del 2016.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los autores son los únicos responsables por los contenidos, conceptos, ideas, análisis, resultados investigativos y manifestados en el presente trabajo de titulación “ANÁLISIS DEL IMPACTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LAS REDES DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN CUENCA ”.



Marcelo Eduardo Merchán Serrano.

AUTOR



Santiago Xavier Medina Aguirre.

AUTOR.

Cuenca, 19 de diciembre del 2016.

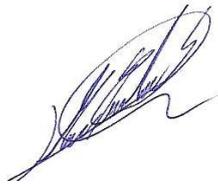
Dedicatoria.

Dedico esta tesis de manera muy especial a mi Padre Eduardo, a mi Madre Liliana y a mi hermana Maritza, que quienes junto a ellos con su cariño apoyo y amor logramos concluir mi carrera universitaria.

A mis abuelitas Blanca y Raquel quienes supieron enseñarme a luchar con responsabilidad los obstáculos que se me presentan en la vida.

A mis compañeros de universidad, a mis amigos y amigas y para una persona muy especial quienes con su cariño, risas, apoyo y perseverancia me ayudaron a ser un pilar principal en la vida y poder cumplir muchas metas en mi vida.

A mi Dios que gracias a el tengo la oportunidad de tener en mi vida a todas las personas quienes me acompañan durante toda una trayectoria de formación.



Marcelo Eduardo Merchán Serrano

Cuenca, 19 de diciembre del 2016.

Dedicatoria.

La presente Tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi
carrera universitaria.

A mis padres Richard y Liliana por siempre apoyarme a lo largo de este camino
brindándome su consejo y apoyo para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos Richard y Eduardo por sus muestras de cariño y apoyo a lo largo
de esta etapa quienes siempre estuvieron junto a mí.

A mis abuelitos quienes siempre me apoyaron y se sintieron orgullosos por cada
paso que daba.

A mis amigos y amigas y a una persona especial, que me motivo a hacer muchos
cambios durante esta carrera, al apoyarme en todos los momentos.

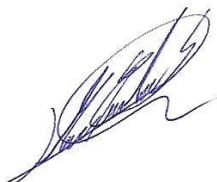


Santiago Xavier Medina Aguirre.

Agradecimiento

A Dios por darnos la sabiduría para emprender este camino en conjunto con nuestros padres por siempre estar presentes, la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA por darnos la oportunidad de estudiar, cumplir objetivos tanto académicos como extracurriculares.

A nuestro director de carrera, Ing. Mgs. Jorge Rojas quien con sus conocimientos y experiencia la cual nos brindó para culminar este proyecto.



Marcelo Merchán S



Santiago Medina A.

RESUMEN.

El proyecto se basa en un análisis del impacto que tendrán los VE en las redes de distribución del cantón Cuenca, para lo cual el trabajo se basa en encuestas aplicadas para una población que están próximos a adquirir un vehículo en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Consecuentemente realizadas estas encuestas, mediante un método estadístico se pronosticará el número de VE que ingresarán al país. Mediante un estudio de comparación de los sectores que conforman el cantón Cuenca se selecciona un sector específico para su estudio y con la implementación del programa “R” se realiza una base de datos para efectuar un análisis a nivel de usuario y transformador seleccionado para el caso de estudio. De este análisis constan las curvas de consumo de potencia por días de la semana en intervalos de 24 horas así como la curva promedio de consumo en que se encuentran los usuarios seleccionados. Posteriormente se simulan las curvas del usuario y transformador con y sin la inclusión del VE, con lo cual se verifica el efecto que tiene esta sobre estas curvas. Concluyendo con este proceso se tendrán los resultados pertinentes para cada caso de estudio desarrollado.

ABSTRACT

The project is based on an analysis of the impact that the VE will have on the distribution networks of the Cuenca canton, for which we will be based on surveys applied to a population that is about to acquire a vehicle in the city of Cuenca-Ecuador; As a result of these surveys, a statistical method predict the number of VEs entering the country. By means of a comparison study of the sectors that make up the Cuenca Canton, a specific sector is selected for its study and with the implementation of the "R" program a database is made to carry out a user and transformer analysis selected for the case study. In which, the power consumption curves for days of the week must be checked in 24-hour intervals as well as the average consumption curve in each one of the study levels mentioned. Then, the curves of the user and transformer are simulated with the inclusion of the VE, which verifies the affection that has on these curves. Concluding with this process will have the relevant results for each case study developed.

ÍNDICE.

Dedicatoria.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
ÍNDICE.....	10
INDICES DE FIGURAS.....	13
ÍNDICES DE TABLAS.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
NOMENCLATURA.....	16
INTRODUCCIÓN A LOS VEHICULOS ELÉCTRICOS Y DEMANDA ACTUAL DEL CANTON CUENCA.....	17
1.1 INCORPORACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.....	17
1.2 Proyecto de implementación.....	18
1.3 Vehículos eléctricos.....	19
1.3.1 Visión general.....	19
1.3.2 Clasificación de los vehículos eléctricos.....	19
1.4 Partes de un vehículo eléctrico.....	20
1.4.1 Batería.....	20
1.4.2 Tipos de baterías.....	20
1.4.3 Tomas de carga.....	21
1.4.4 Tipo de motores de los VE.....	22
1.5 Tipos de recargas.....	23
1.5.1 Recarga convencional (Carga lenta).....	23
1.5.2 Recarga semi-rápida.....	24
1.5.3 Recarga rápida.....	24
1.6 Zona de estudio.....	25

1.7 Determinación	de	zona.	25
1.8 Proceso		estadístico	26
1.9 Curva	de	carga	típica.
			28
1.10 Curvas de carga del sector residencial de la ciudad de Cuenca.			29
CAPITULO II			31
2.1 Programación	en	“R”	31
2.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN			
2.2.1 A	NIVEL	DE	USUARIO
			32
2.2.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA DEL TRANSFORMADOR #20687			
			37
CAPÍTULO III			42
ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA DEL CANTÓN CUENCA CON LA INCLUSIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS			
3.1	DESARROLLO	DE	LA CURVA DE CARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO
			42
3.2	ANÁLISIS	DE	LA CURVA DE DEMANDA DEL USUARIO # 1242023 CON LA INCLUSIÓN DEL VE.
			45
3.2.1	Inclusión	de	la curva de carga del VE en la curva promedio del usuario #1243023.
			46
3.3	ANÁLISIS	DE	LA CURVA PROMEDIO DEL TRANSFORMADOR # 20687 CON LA INCLUSIÓN DEL VE.
			47
3.3.1	Inclusión	de	la curva de carga del VE, sobre la curva promedio del transformador #20687.
			49
3.4	ANÁLISIS	DE	LA CURVA DE CONSUMO DE POTENCIA A NIVEL DE: USUARIO Y TRANSFORMADOR CON LA INCLUSIÓN DE LA CURVA DE CARGA TIPO LENTA DE 8 HORAS DEL VE.
			50
CAPÍTULO IV			54

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CURVAS DE DEMANDA CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE.	54
4.1 ANÁLISIS COMPARATIVO A NIVEL DE USUARIO CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE.	54
4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO A NIVEL DE TRANSFORMADOR #20687 CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE.	56
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59

REFERENCIAS	61
ANEXOS	63
Anexo 1. Formulación matemática para la estimación de venta de VE por mes	63
Anexo 2. Pliego Tarifario Para Las Empresas Eléctricas- Agencia De Regulación Y Control De Electricidad	65

INDICES DE FIGURAS

FIGURA 1. CRECIMIENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR ECUATORIANO EN EL PERIODO 2005-2014.	18
FIGURA 2. MODELOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO	19
FIGURA 3. CICLO DE CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA	19
FIGURA 4. BATERÍAS DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICO	20
FIGURA 5. KIT DE MOTOR	22
FIGURA 6. MAPA DE LA ZONA DE ANÁLISIS	26
FIGURA 7. COMPORTAMIENTO DE CARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	29
FIGURA 8. CURVA DE DEMANDA DIARIA DE ENERGÍA DEL SECTOR RESIDENCIAL DE CUENCA.....	30
FIGURA 9. LOGOTIPO DE PROGRAMACIÓN EN R.....	31
FIGURA 10. HOJA TÉCNICA: ÍNDICE	32
FIGURA 11. ÍNDICES DE CALIDAD DE PRODUCTO EN CONSUMIDORES FINALES DE LA FASE A DE RED ELÉCTRICA.....	33
FIGURA 12. GRÁFICA PROMEDIO DE CADA DÍA DE LA SEMANA DE UN USUARIO. "SECTOR ESTADIO, CLIENTE #1242023".....	35
FIGURA 13. GRÁFICA DE LA CURVA PROMEDIO TOTAL DEL CLIENTE. "SECTOR- ESTADIO - CLIENTE #1242023".....	36
FIGURA 14. MANEJO Y CLASIFICACIÓN POR FECHAS DE LOS 17 ABONADOS	38
FIGURA 15. CURVA PROMEDIO DE POTENCIA DE CONSUMO POR DÍA DE LA SEMANA. TRANSFORMADOR #20687.....	39
FIGURA 16. CURVA PROMEDIO POR DÍA DEL TRANSFORMADOR #20687.....	40
FIGURA 17. GRÁFICA REPRESENTATIVA DE LA CURVA DE CONSUMO PROMEDIO EN (W)- TRAF0. #20687	41
FIGURA 18. CURVA DE CARGA DEL VE: ROJA-RESIDENCIAL, VERDE- LABORAL Y AZUL- PROMEDIO.....	43
FIGURA 19. TIEMPO DE CARGA POR USUARIO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	44
FIGURA 20. CURVA DE CARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO- CARGA RESIDENCIAL	45
FIGURA 21. GRÁFICA DE LA CURVA DIARIA DEL CLIENTE #12420123. CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE. ...	46
FIGURA 22. CURVA PROMEDIO DE CONSUMO DEL USUARIO EN (W) MÁS LA INCLUSIÓN DE UNA CURVA DE CARGA DEL VE	47
FIGURA 23. COMBINACIÓN DE DATOS DE LA CURVA FINAL DEL TRANSFORMADOR MÁS LA CURVA DEL VE.	48
FIGURA 24. GRÁFICA DE LAS CURVAS POR DÍAS DE LA SEMANA MÁS LA SUMA DE LA CURVA DE CARGA DE: 2-4-10 VE	49
FIGURA 25. CURVAS PROMEDIO DE POTENCIA EN (W) DE: USUARIO FINAL MÁS 2, 4, 10 CURVA DE CARGA DEL VE.....	49
FIGURA 26. GRÁFICA DE LA CURVA DE CONSUMO PROMEDIADA FINAL DEL CLIENTE #1242023 MÁS LA INCLUSIÓN DE 1 VE-CARGA LENTA	51
FIGURA 27. GRÁFICA DE LA CURVA DE CONSUMO PROMEDIADA FINAL DEL TRANSFORMADOR #2068, CON LA INCLUSIÓN DE 2 VE- CARGA LENTA	52
FIGURA 28. GRÁFICA DE LA CURVA DE CONSUMO PROMEDIADA FINAL DEL TRANSFORMADOR #20687, CON LA INCLUSIÓN DE 4 VE	53
FIGURA 29. GRÁFICAS COMPARATIVAS DE LA CURVA DE CONSUMO DE POTENCIA DEL USUARIO #1242023 CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE.....	55
FIGURA 30. GRÁFICAS COMPARATIVAS DE LA CURVA DE CONSUMO DE POTENCIA DEL TRANSFORMADOR #20687 CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE	57

ÍNDICES DE TABLAS.

TABLA 1. TABLA DE ESTRATOS. [19]	25
TABLA 2. CONSTANTE DE NIVEL DE CONFIANZA (GUJARATI, 2003).....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 3. DATOS HISTÓRICOS DE VC DURANTE EL PERIODO 2007 AL 2016 (C. OSCAR, 2014).....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 4. VENTA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS, Y PROTECCIÓN EN ECUADOR (K. ENRIQUE 2015).....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA 5. TABLA DE DURBIN WATSON	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INTRODUCCIÓN.

Durante los últimos años en el Ecuador se han implementado nuevas tecnologías que hacen énfasis a un cambio de la matriz productiva del país basado en políticas de incentivos, con la que se promueve una conciencia colectiva. Promoviendo de esta manera el ingreso de los V.E. que entraran a partir del 2016 convirtiéndose en una alternativa ecológica que promueve el uso de energías limpias.

Los cuales constaran de nuevos protocolos e incentivos gubernamentales, mismos que promueven una movilidad a base de fuentes de energía renovable, disminuyendo de esta manera los gases de efecto invernadero y dejando así un mejor medio ambiente para nuevas generaciones venideras.

La población ecuatoriana es consciente de un cambio para que la situación actual no perjudique a las futuras generaciones. Esto se ha traducido en incentivos y leyes a nivel estatal, además de acuerdos a nivel mundial como el protocolo de Kioto, y más recientemente la cumbre de Copenhague. Nos encontramos con un incremento de los impuestos a los vehículos más contaminantes, restricciones de emisión de CO₂.

Uno de los sectores que más contaminan en el país es el transporte el cual es responsable de emisiones de gases de efecto invernadero, con cerca del 55% de emisiones durante el año 2010.

Con este preámbulo nace la propuesta de realizar un análisis del impacto que ocasionará la introducción de los V.E. en las redes de distribución del Cantón Cuenca para de esta manera analizar la viabilidad de un ingreso masivo de los vehículos eléctricos y por sobre todo si las costumbres de carga de los cuencanos de adapta a las prestaciones de los vehículos y sus consumos, verificando de esta manera si las redes de distribución toleraran estas costumbres.

OBJETIVOS.

Objetivo General

- Determinar el impacto del ingreso de los V.E. a la red eléctrica de distribución del cantón Cuenca.

Objetivos Específicos

- Contrastar la afectación de ingreso de los V.E. en las redes de distribución del Cantón Cuenca.
- Verificar el cambio de la curva de demanda de energía eléctrica en el cantón cuenca por la inclusión de los V.E.
- Simular las curvas de demanda de energía eléctrica del cantón Cuenca con la inclusión de los V.E.
- Analizar los escenarios posibles del comportamiento de la curva de demanda, debido a la inclusión de los V.E.

NOMENCLATURA.

- | | |
|----------------|---|
| • EERCS | Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. |
| • IEEE | Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos. |
| • PU | Por Unidad |
| • VE | Vehículo Eléctrico |
| • VCI | Vehículo de Combustión Interna |
| • UPS | Universidad Politécnica Salesiana |
| • PT | Proyecto Técnico |
| • PEV | Plug-in Electrical Vehicle |
| • MCPEC | Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad |
| • GAD | Gobierno Autónomo Descentralizado |
| • COMEX | Comité de Comercio Exterior |
| • ICE | Impuesto a los consumos especiales |
| • IVA | Impuesto al valor agregado |

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN A LOS VEHICULOS ELÉCTRICOS Y DEMANDA ACTUAL DEL CANTON CUENCA

1.1 INCORPORACIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El empleo de motores a combustión interna están siendo reemplazados por otras tecnologías, debido a su baja eficiencia energética, (alrededor del 30% de la energía contenida en el combustible es transformada en movimiento), sin embargo el bajo costo del petróleo ha hecho esta transición más lenta. Los VE aparecen en el horizonte como una alternativa para tomar el relevo en la transportación.

A pesar de las mejoras tecnológicas, las emisiones de CO_2 por parte de los motores de combustión interna continúan elevadas. Como consecuencia de esto, la industria automotriz ha empezado un proceso de transformación tecnológica, que partiendo del sistema de combustión interna de cuatro tiempos, ha pasado por varias configuraciones que mejoran la eficiencia hasta llegar al sistema híbrido en el que se conjugan dos motores, uno tradicional y uno eléctrico. El siguiente paso en esta transformación motriz es el uso de los motores netamente eléctricos, debido principalmente a la ausencia de emisiones o productos de residuo y la reducción de las emisiones audibles (E.C.G. 2015).

En el Ecuador se consume más de 120 millones de barriles de combustible anuales (P. Rafael, S. Gabriela, and D. David, 2015), este contexto se presenta en emisiones de CO_2 cercanas a 32,636 millones de toneladas métricas de CO_2 , duplicando a las de 20 años atrás. La fracción de mayor impacto ocupando el 55% para el año 2010 es el transporte (C. F. Ferreira, 2013.)

El MCPEC y el GAD Municipal de Cuenca, subscribieron un acuerdo para la introducción de VE en la ciudad de Cuenca, convirtiéndose en la primera ciudad del país en apoyar la introducción de esta tecnología (Alcaldía de Cuenca, 2015), considerando reducir los niveles de polución en zonas céntricas de la urbe, implementando un transporte masivo denominado “Tranvía de los cuatro ríos de Cuenca” (C.A. Juan, 2015) evidenciando la necesidad de un enfoque holístico al integrar diversos tipos de movilización al transporte público propias de una ciudad patrimonio de la humanidad. (R. Medina, D. Morales, 2016)

1.2 Proyecto de implementación

La introducción de VE comenzó, el 11 de febrero de 2015 el COMEX firmó la resolución 008-2015 exonerando de aranceles, IVA y el ICE. Reduciendo el costo de los VE en aproximadamente un 35% (VH) (S. Santiago, 2010).

La fabricación de baterías y VE en Ecuador estarán a cargo por las marcas Nissan, Renault, KIA, BYD, por un convenio entre las empresas y el MCPEC (C. Oscar, 2014).

En un estudio realizado se pronosticó el número de VE livianos en sustitución de similares de combustión interna (VCI), ya que representan cerca del 90% de los vehículos vendidos en el país (S. Santiago, 2010).

Se propone una metodología basada en el modelo Durbin Watson para pronosticar la cantidad de VE que se incorporarán al parque automotor nacional en un horizonte de corto plazo. Para validar los resultados, esta metodología fue aplicada al cantón Cuenca considerando los planes de movilidad propuestos por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal. Con esta información es posible evaluar el impacto de estos nuevos servicios en la red y su afectación sobre los activos físicos de las redes de distribución.

Con el fin de tener una mayor comprensión del sector automotriz ecuatoriano se ha consultado la estadística de ventas de automotores en el país desde el año 2005, esto debido a que en los años inmediatamente anteriores hubo oscilaciones en la economía ecuatoriana debidas a la crisis ocurrida entre el año 1999 – 2001 y el proceso de dolarización, esta tendencia se muestra en la Figura 1.

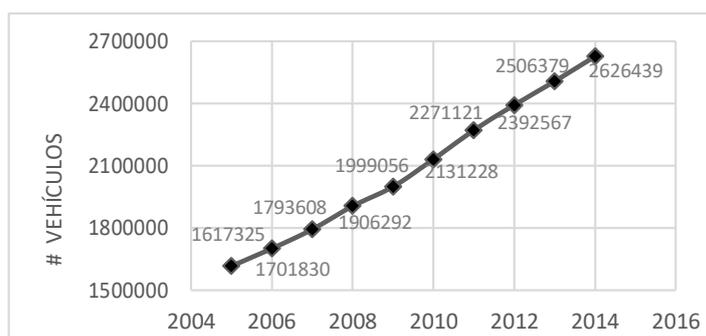


Figura 1. Crecimiento del parque automotor ecuatoriano en el periodo 2005-2014.

Fuente: S. Santiago, "Autos Híbrido en el Ecuador," Tecnologías, Universidad de las Américas, Quito, 2010.

1.3 Vehículos eléctricos

1.3.1 Visión general.

Se conoce como VE al automóvil estimulado parcial o completamente por motores eléctricos ensamblados a los ejes de sus ruedas como se verifica en la figura 2.

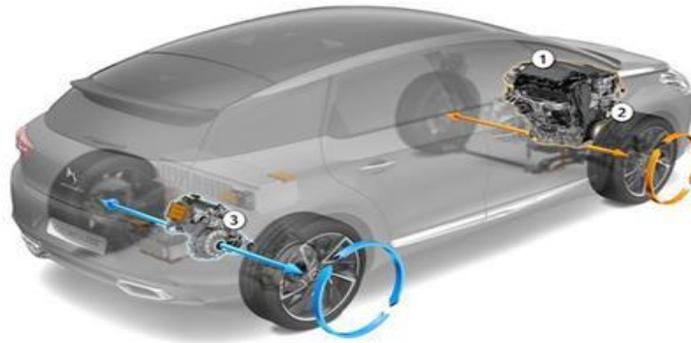


Figura 2. Modelos de implementación del Motor eléctrico.
Fuente: Diario Motor Tecmovia, 12 de abril del 2016

Los mismos que basan su funcionamiento en baterías que transforman energía química en energía eléctrica, generando movimiento a través de una conversión final que la vuelve energía mecánica como se aprecia en la figura 3.

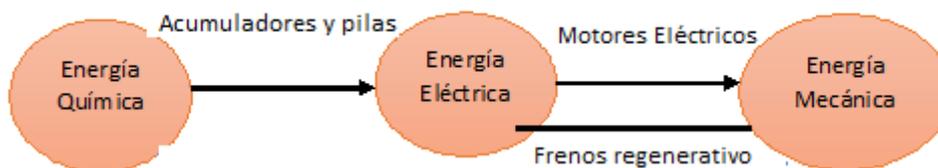


Figura 3. Ciclo de Conversión de la energía.
Fuente: Autores.

1.3.2 Clasificación de los vehículos eléctricos.

1. Vehículos híbridos.

Son vehículos que combinan dos o más fuentes de energía como sistema de propulsión. Al referirse a los vehículos híbridos se debe relacionar con un automóvil que posee un motor de combustión interna y uno o más motores, además existen otros sistemas de propulsión híbridos, los cuales utilizan celdas de combustibles, motores de aire comprimido, en conjunto con un motor de combustión o eléctrico (C. Oscar, 2014).

2. Híbrido paralelo.

La configuración híbrido en paralelo tiene típicamente el motor-generador eléctrico a bordo del chasis, pero posee una variable en la rueda llamada, motor en la rueda. Esta configuración opera en una unidad de eje, y los motores en las ruedas se montan en un distinto par de ejes (Z.A,M Syanfudding, 2015).

3. Vehículos híbridos eléctricos conectados a la red.

Su principal característica es que pueden conectarse a la red. Utilizando una forma híbrida y la otra una conectada a una fuente externa Son mucho más complejos que un VE (C.Oscar, 2014) (V.D Karl).

1.4 Partes de un vehículo eléctrico

1.4.1 Batería

Las baterías son el mayor desafío tecnológico al ser un componente primordial para los vehículos híbridos y eléctrico, siendo la clave para mantener una viabilidad técnica y económica.. En la figura 4 se observa un ejemplo de instalación de las baterías.



*Figura 4. Baterías de los Vehículos eléctrico.
Fuente: El coche eléctrico. La Razón Digital / ABI / La Paz*

1.4.2 Tipos de baterías:

- a) La batería de Plomo Ácido.- Son una opción de bajo costo, utilizadas durante décadas por los motores de combustión. Una de sus ventajas es su masificación las cuales se encuentran por su buena potencia especifica (W/KG), así como un adecuado

comportamiento en un amplio rango de temperaturas, se pueden reciclar. Almacenan 40Wh/kg, una baja densidad energética. (E.C.G Alex, 2015)

- b) Las baterías de Níquel-Metal.- Son utilizadas por Toyota Prius en sus versiones, por más de 10 años, por lo que han mantenido con solidez los requerimientos de un híbrido no enchufable. Su ciclo de vida es larga y no presentan problemas medioambientales, pierden el 30% de la carga en un mes sin su uso o carga y su costo de producción es elevado por estar formadas por tierras raras en el electrodo positivo. Posee 60 Wh/kg, las hacen mejores que las de plomo ácido. (E.C.G Alex, 2015)
- c) Las baterías de Ion-Litio.- Son aquellas que poseen una mayor capacidad de almacenamiento el tipo de batería con mayor proyección en el almacenamiento de altas potencias. (E.C.G Alex, 2015) Su eficiencia de recarga y ciclo de vida son muy superiores a las otras tecnologías, por lo que su índice de degradación es menor que el de otras tecnologías así como el impacto ambiental que causan. (E.C.G Alex, 2015)

1.4.3 Tomas de carga.

Las tomas de carga más utilizadas son:

Tipos y Características de los Conectores		Empresas que emplean he imágenes	
SCHUKO	Compatibles con la toma europea Tiene dos bornes y toma de tierra y soporta corrientes de hasta 16 A	Utilizados por motos y bicicletas eléctricas.	
SAE J1772	Conector creado por la Sociedad de Ingenieros de la Automoción, misma que emplea tomas de corriente, fase y neutro más dos conectores de comunicación con el coche, soporta hasta 16 A en el Nivel 1 y 80 A en el Nivel 2	Nissan Leaf Chevrolet Volt Coda Automotive Toyota Prius Plug-in Hybrid Mitsubishi i MiEV	

Fuente: Mundi motor, 2016

MENNEKES	Conector fabricado por una compañía alemana. Se emplea en su mayoría en recarga lenta de 16 A.	Usado por el por el Renault ZOE.	
CHAdeMO	Es el estándar de los automóviles de Japón, es empleado especialmente en recargas rápidas soporta hasta 200 A, es de mayor diámetro tanto en conectores como en cables	Nissan Toyota	

1.4.4 Tipo de motores de los VE.

Uno de sus mayores atributos es el hecho de que con motores pequeños de 30 HP pueden llegar a desplazar vehículos de media tonelada con altos rendimientos y velocidades.

Como podemos apreciar en la figura 5:



Figura 5. Kit de Motor.
Fuente: Mundo Motor.

En el siguiente cuadro podremos apreciar los vehículos y sus características.

Características del Motor	Vehiculo
Kia Soul Motor Sincrono de imán Permanente Potencia 109 CV Potencia rpm 81.4 KW/rpm Par 285 Nm/rpm	
Nissan Leaf Sincrono Potencia 109 CV Consumo 173 Wh/km Potencia rpm 80 KW/rpm Par 280 Nm/rpm	
Renault Wagon Motor electrico Potencia 60 CV Consumo 155 Wh/km Potencia rpm 44 KW/rpm Par 226 Nm/rpm	
BYD E6 Motor Sincrono Magnético Permanente Potencia 122 Cv Consumo 205 Wh/km Potencia rpm 90 KW/rpm Par 450 Nm/rpm	

Fuente fichas técnicas de los concesionarios

1.5 Tipos de recargas

1.5.1 Recarga convencional (Carga lenta)

La recarga convencional aplica niveles de potencia que implican una carga con una duración de unas 8 horas aproximadamente. (Z.A,M Syanfudding, 2015).

- La carga convencional monofásica emplea la intensidad y voltaje eléctrico del mismo nivel que la propia vivienda, es decir, 16 amperios y 230 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que se dará es aproximadamente 3,7 KW. (Z.A,M Syanfudding, 2015).
- Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda unas 8 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en una vivienda. [10]
- Para conseguir que el vehículo eléctrico sea una realidad y teniendo en cuenta el sistema eléctrico actual, la recarga óptima desde el punto de vista de eficiencia energética, es realizar este tipo de recarga durante el período nocturno, que es cuando menos demanda energética existe. (Z.A, M Syanfudding, 2015).

1.5.2 Recarga semi-rápida

La recarga semi-rápida aplica niveles de potencia que implican una carga con una duración de 4 horas aproximadamente. (Z.A,M Syanfudding, 2015).

- La carga semi-rápida emplea 32 amperios de intensidad y 230 VAC de voltaje eléctrico. Esto implica que la potencia eléctrica que se puede dar es aproximadamente 7,3kW.
- Con este nivel de potencia, el proceso de carga de la batería tarda 4 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente, para recargar el vehículo eléctrico durante la noche en un garaje de una vivienda unifamiliar o garaje comunitario. (Z.A,M Syanfudding, 2015).

1.5.3 Recarga rápida

El tipo de carga más adecuada es la recarga rápida, que supone que en 15 minutos se puede cargar el 65% de la batería. (Z.A,M Syanfudding, 2015).

- La carga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica y, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50kW. (Z.A,M Syanfudding, 2015).
- Esta solución es la que, desde el punto de vista del cliente, se asemeja a sus hábitos actuales de repostaje con un vehículo de combustión. (Z.A,M Syanfudding, 2015).
- Estas cargas deben ser concebidas como extensión de autonomía o cargas de conveniencia.
- Las exigencias a nivel eléctrico son mayores que en la recarga convencional. Lo que puede implicar la necesidad de adecuación de la red eléctrica existente. Por poner una

referencia, la potencia requerida para este tipo de instalaciones es comparable a la de un edificio de 15 viviendas por automóvil. (Z.A,M Syanfudding, 2015).

1.6 Zona de estudio.

En los anexos 1-5 se muestra la manera de estimar los cálculos para la proyección de la cuantificación del ingreso del VE.

1.7 Determinación de zona.

Cuenca al ser una ciudad en constante desarrollo presenta zonas con diferente consumo residencial para lo cual la EERCS estratifica por zonas de consumo, identificando de mejor manera los consumidores con mayores consumos y las zonas donde se agrupen los de mayor estrato.

Tabla 1. Tabla de Estratos. [19]

Estrato	Rango KWh / MES
Estrato 0 – 4	0 – 100
Estrato 5	101 – 120
Estrato 6	121 – 150
Estrato 7	151 – 200
Estrato 8	201 – 300
Estrato 9	301 – 500
Estrato 10	500 >

Para nuestro caso de estudio, a partir de los resultados obtenidos de los *Anexos (1-5)* y en base a los datos de la *Tabla 1 de Estratos*, vemos conveniente analizar la zona del estadio parroquia Huayna-Capac, misma que se puede observar en la figura 6.

La fórmula de muestreo permite obtener un tamaño de muestras mínimas necesarias en la aplicación de nuestro estudio. (Ecuación 1):

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{e^2 * (N-1) + (k^2 * p * q)} \quad (\text{Ecuación 1.})$$

Donde:

$$e^2 * (N-1) + (k^2 * p * q)$$

n: Cantidad de la población.

p: característica de estudio del individuo. La opción más segura $p=q=0.5$

q: La magnitud de individuos que no poseen las características óptimas para el estudio, la relación está dada por $(1-p)=0.5$

e: Máximo error. Consideraremos el 5%.

N: Población o universo. (En Cuenca se tiene una población de 580,000 habitantes)

k: Constante que depende el nivel de confianza. En este estudio se usará el valor de 90%. (T. Inga, S. Federico, 2012)

$$n = \frac{2^2 * (0,5 * 0,5 * 19)}{0,10^2 * (19 - 1) + (2^2 * 0,5 * 0,5)}$$

En el estudio realizado se necesita como mínimo a 16 muestras de usuarios conectados al transformador. En la tabla 6 mediante el uso del geoportal evidenciamos la ficha de un usuario.

301527	
OBJECTID	301527
Codigo Cliente	4430492
Valor Deuda	0
Fecha Ultimo Pago	21/09/2016 0:00:00
Ultimo Consumo Mes (Kwh)	690
Consumo Diario Promedio (Kwh)	22,26
Instalacion Tierra	N
Numero de Poste	0
Fecha Instalacion	19/05/2012 0:00:00
Estado del Servicio	A
Numero de Fases	2
Numero de Conductores	3
Codigo Uso Energia	CO
RUC Cliente	0100797588
Nombre Cliente	ASTUDILLO MOLINA VICTOR JOSE
Ruta de Lectura	F.MALO-F.ASTUDILLO-J.PERALTA-ESTADIO-12ABRIL-BATAN
Calle	JOSE PERALTA ALFONSO CORDERO PERLASPAMBA 3 48
Provincia	01
Canton	0101
Parroquia	010107
Numero de Medidor	2012201710
Codigo Marca Medidor	SIIN

Tabla 6. Ficha de un usuario de la Zona.

Fuente: Geoportal Centro Sur.

1.9 Curva de carga típica.

La curva de carga típica en el caso de los VE presenta un comportamiento del 80-20 con lo que se establece que en el 20% de la carga se presenta el mayor incremento en el consumo de la corriente por lo que el 80% restante será dado para mantener de mejor manera la batería y su vida útil y además brindándonos un ahorro en lo que es el mantenimiento de la vida de las baterías.

Llegando a un rendimiento mínimo aproximado del 82% como se puede apreciar de mejor manera en la figura 7.

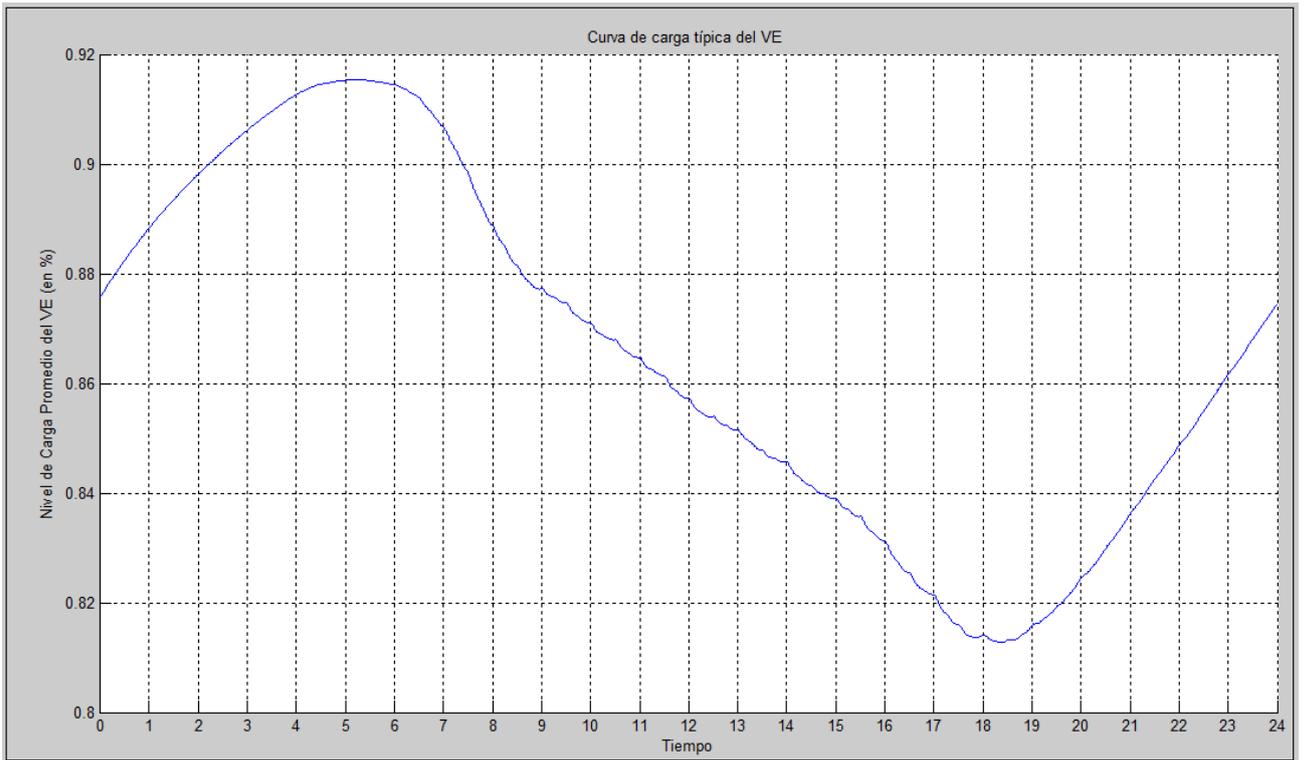


Figura 7. Comportamiento de carga del Vehículo Eléctrico.
Fuente: Universidad de Chicago Laboratorio de Berkeley

1.10 Curvas de carga del sector residencial de la ciudad de Cuenca.

Para el presente estudio es de mucha relevancia analizar la curva de carga en el sector residencial el mismo que se observa en la figura 8. El consumo producido a diferentes horarios muestra que en el horario comprendido entre las 22pm hasta las 7am es la mejor opción para la carga de los VE. Se aprecia un mayor consumo de energía eléctrica en horarios de 08:00-13:00 pm y de 18:00 a 21:00 pm. Con un consumo máximo pico de 15000KW.

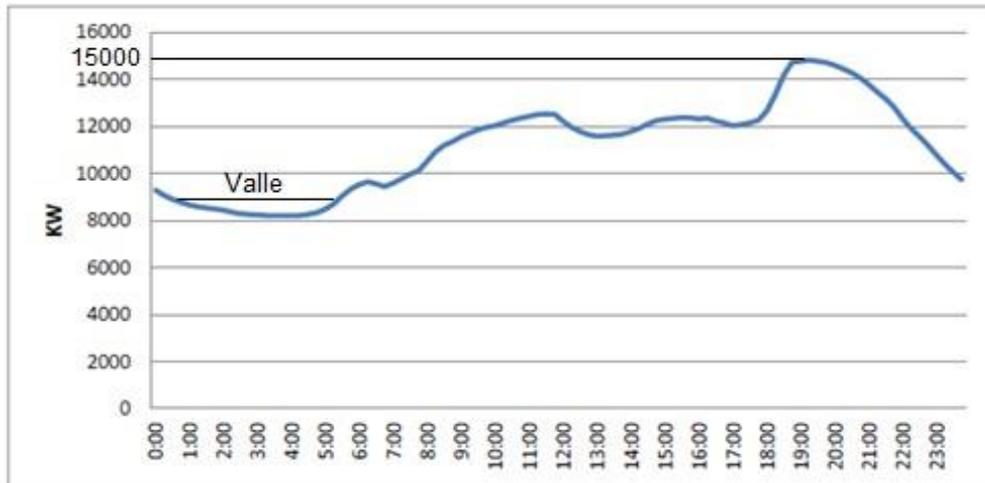


Figura 8. Curva de demanda diaria de energía del Sector Residencial de Cuenca
 Fuente: Torres Sarmiento Juan D. (2015)

Para mejorar la eficiencia de carga de los vehículos eléctricos se debe optar por una carga inteligente en donde el usuario conecte la toma de carga y automáticamente cense la apertura y cierre de carga del automóvil en el cual se efectúe la carga en un horario de 22:30pm-5:00am.

CAPITULO II

ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA EN LA REDES DE DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN CUENCA.

2.1 Introducción.

En el presente capítulo se realiza el análisis del impacto del ingreso del VE en las redes de distribución considerando como primer punto un sector estratégico para su análisis, teniendo como referencia la Parroquia de Huayna-Cápac, en el sector del estadio ya que para la inclusión del VE en los hogares se utiliza como referencia la adquisición de los vehículos convencionales de alta gama, la situación socioeconómica y el tipo de estratificación mostrada en la subsección 1.7. Como segundo punto se realiza un análisis estadístico y comparativo de las curvas de consumo de potencia de un usuario típico y un transformador de la zona.

2.1 Programación en “R”

R es un lenguaje de programación y de distribución libre el cual es utilizado para ambientes de cómputo, estadística y por sus gráficas. Posee la capacidad de funcionar en distintas plataformas como: Linux, Windows, MacOS, entre otros. El ambiente de trabajo desarrollado lo catapulta como un sistema planificado y que emplea sus herramientas de forma gradual pero sin mucha flexibilidad.

Otra de sus características son sus gráficos mismos que generan una gran minería de datos que dan un producto con una alta capacidad de generación de gráficas de alta calidad y con una gran versatilidad, una ventaja al ser un software libre es el hecho de que su programación se encuentra en internet facilitando así su uso y las ayudas que brindan sobre el mismo. (Mateos, E., Sergio, J., 2014)



Figura 9. Logotipo de programación en R.

Fuente: Departamento de estadística, Universidad de Barcelona.

2.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN.

2.2.1 A NIVEL DE USUARIO.

Para verificar el impacto que se tiene a nivel de un usuario, se selecciona un usuario residencial de la zona bajo estudio, y considerando el *índice de calidad de producto en consumidores finales* de la EERCS, se obtiene las características generales y técnicas del usuario, mismas que se servirán para su posterior análisis. En la figura 10 se ejemplifica al usuario de referencia, que posteriormente se evaluará con la implementación del VE.



EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.
DIRECCION DE PALNIFICACION
DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE ENERGIA

[Retornar](#)

Ing. Henry Espinoza Espinoza

INDICES DE CALIDAD DE PRODUCTO EN CONSUMIDORES FINALES

A.- CARACTERISTICAS GENERALES:

Consumidor:	Otavalo Ochoa Maria Cruz
Dirección:	Av. 27 de Febrero
Provincia:	Azuay
Cantón:	Cuenca
Parroquia:	Huaynacapac
Sector:	Estadio
Zona:	U (Urbano)
Código:	1242023
Registro:	30620151242023
Muestras:	1008

B.- CARACTERISTICAS TECNICAS:

Trafo:	3209
Acometida:	Monofásica
Alimentador:	DCSA012 (0323)
S/E:	SE03 (E.E. Centro Sur / Monay)
Medidor:	11056173
Tarifa:	Residencial
Registrador:	MEMOBOX 300
Tensión:	240V fase - fase 120V fase - neutro
Fase:	(a)

C.- RESUMEN DE MAGNITUDES REGISTRADAS:

Cumplimiento con la regulación	Valores Medidos
---------------------------------------	------------------------

NIVELES DE TENSION

Límite nivel de tensión			
-10%	< 108,00	+10%	> 132,00
Muestras que no cumplen con el límite			
0	=	0	0
0,00%	100,00%	0,00%	100,00%

V = 120,62V

Mínimo	Máximo
113,88	125,89
02/06/2015 10:10	03/06/2015 6:40

FLICKER

Límite P _{st}	Muestras mayores al límite
1 p.u.	150
>1 p.u.	<1 p.u.
14,88%	85,12%

Pst = 0,64 p.u.

Mínimo	Máximo
0,19	4,17
03/06/2015 3:30	06/06/2015 11:50

ARMONICAS

Límite THDv	Muestras mayores al límite
8%	0
>8%	<8%
0,00%	100,00%

THDV = 1,99%

Mínimo	Máximo
1,29	3,76
03/06/2015 9:20	05/06/2015 21:50

ENERGÍA

Contador:		Registrador:	8,22kWh
Diferencia:	-8,22kWh	Error %:	-100,00%
Periodo:	Inicial:	30/05/2015 13:00	
	Final:	06/06/2015 12:50	
	Horas:	168h 0min	

FACTOR DE POTENCIA

-F.P. = 0,70

Min↓	Máx↓	Min↑	Máx↑
0,683	0,983	---	0,980
30/5/2015 21:50	5/6/2015 6:20	---	5/6/2015 4:30

Figura 10. Hoja Técnica: Índice
Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

	A	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	Transformador:		X (UMT):	722087															
2	Alimentador:	Merchan	Y (UMT):	9678581															
3	Potencia:		Z (UMT):	2531															
4	Tensión Nominal:		DATUM UT:	WGS-84															
5	Registrador:		ZONA:	17S															
6	Fase:																		
7	Registro:																		
8	S/E:																		
9	Fecha	V prom.-A [V]	ΔV_{k-A} [%]	V max.-A [V]	Vph min.-AB [V]	Vph prom.-AB [V]	Vph max.-AB [V]	I min.-A [A]	I prom.-A [A]	I max.-A [A]	W min.-A [W]	W prom.-A [W]	W max.-A [W]	Wh-A [Wh]	Q min.-A [VAR]	Q prom.-A [VAR]	Q max.-A [VAR]	S.-A [VA]	Cos ϕ -A
10	09/08/2013 15:40	131,52	3,545	132,35					23,9	46,4	2861,93	2901,14	2959,94	483,5	137,22	235,23	509,66	3116,8	0,931
11	09/08/2013 15:50	131	3,136	132,15					32	172,8	2861,93	3744,03	4606,53	624	137,22	999,72	2038,64	4077,3	0,918
12	09/08/2013 16:00	130,98	3,120	131,94					35,8	118	3626,42	4155,68	4390,91	692,6	842,9	1744,6	2313,07	4645,7	0,895
13	09/08/2013 16:10	130,54	2,774	131,62					46	171,6	4332,1	5390,63	5802,27	898,4	1960,23	2352,27	3450	5978,7	0,902
14	09/08/2013 16:20	130,84	3,010	131,73					44,3	88,5	5155,4	5351,42	5723,86	891,9	1725	1823,01	2156,25	5782,7	0,925
15	09/08/2013 16:30	131,35	3,411	132,46					41,4	171,5	4704,55	5116,19	6253,13	852,7	235,23	705,68	1764,2	5331,8	0,96
16	09/08/2013 16:40	131,83	3,789	132,67					34,3	59,5	4077,27	4292,9	4606,53	715,5	215,63	274,43	274,43	4469,3	0,961
17	09/08/2013 16:50	131,32	3,388	132,56					45,5	80,3	4567,33	5723,86	6370,74	954	588,07	842,9	1215,34	5919,9	0,967
18	09/08/2013 17:00	131,19	3,285	132,46					39	77,2	4351,7	4802,56	5155,4	800,4	1078,13	1215,34	1411,36	5077	0,946
19	09/08/2013 17:10	130,85	3,018	131,83					37,8	75,7	4508,52	4665,34	4880,97	777,6	1019,32	1058,52	1372,16	4920,2	0,948
20	09/08/2013 17:20	131,41	3,459	132,77					37,5	78,8	4234,09	4645,74	5233,81	774,3	548,86	862,5	1254,55	4861,4	0,956
21	09/08/2013 17:30	131,65	3,647	132,67					36,9	85,2	4175,28	4567,33	4861,36	761,2	254,83	842,9	1038,92	4802,6	0,951
22	09/08/2013 17:40	131,84	3,797	132,67					34,5	66,5	3979,26	4292,9	4841,76	715,5	627,27	803,69	1019,32	4508,5	0,952
23	09/08/2013 17:50	131,99	3,915	132,77					36,2	60,7	4096,88	4586,93	4998,58	764,5	294,03	646,88	940,91	4763,4	0,963
24	09/08/2013 18:00	132,17	4,057	132,98					32,6	83,7	3861,65	4116,48	4371,31	686,1	254,83	313,64	431,25	4292,9	0,959
25	09/08/2013 18:10	131,77	3,742	132,77					38,7	71,3	4469,32	4841,76	5390,63	807	627,27	940,91	1195,74	5057,4	0,957
26	09/08/2013 18:20	131,35	3,411	132,15					38,8	68,9	4606,53	4802,56	5057,39	800,4	842,9	1097,73	1332,95	5057,4	0,95
27	09/08/2013 18:30	131,58	3,592	132,46					37,9	67,5	4528,13	4704,55	4920,17	784,1	940,91	1097,73	1332,95	4979	0,945
28	09/08/2013 18:40	131,75	3,726	132,67					37,9	63,6	4645,74	4704,55	4959,38	784,1	823,3	980,11	1156,53	4979	0,945
29	09/08/2013 18:50	131,37	3,427	132,77					41,3	57,6	4626,14	5155,4	5312,22	859,2	509,66	666,48	882,1	5410,2	0,953
30	09/08/2013 19:00	130,68	2,884	131,73					36,4	63,7	4077,27	4469,32	5175	744,9	509,66	705,68	921,31	4743,8	0,942
31	09/08/2013 19:10	130,98	3,120	132,04					33,4	58	3959,66	4116,48	4351,7	686,1	352,84	470,45	744,89	4371,3	0,942
32	09/08/2013 19:20	131,1	3,214	132,15					35,9	54,5	4116,48	4371,31	4626,14	728,6	588,07	803,69	1058,52	4684,9	0,933
33	09/08/2013 19:30	130,98	3,304	132,84					39,4	64,4	4155,68	4545,74	5314,3	774,3	530,38	666,73	1049,58	4684,9	0,936

Figura 11. Índices de calidad de producto en consumidores finales de la Fase A de red eléctrica
Fuente: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Mediante el archivo que contiene los índices de calidad de producto, encontramos el submenú *Fase A*, en donde se encuentra datos medidos por un tiempo de 7 días en intervalos de 10 minutos. Entre los parámetros eléctricos disponibles tenemos: THD, Voltajes, Corrientes, Potencias, Cargas Reactivas, Potencia Aparente y $\text{Cos } \phi$; teniendo una base de datos de 1,008 datos.

Para el análisis del usuario, se escogió aleatoriamente de la base de datos obtenida anteriormente en el capítulo 1 en el apartado 1.8.

En la hoja técnica del usuario, se contempla las características generales que se describen a continuación:

- Consumidor: Otavalo Ochoa María Cruz.
- Dirección: Av. 27 de Febrero
- Parroquia: Huayna-Capac
- Provincia: Azuay
- Cantón: Cuenca
- Código: 1242023
- Registra un consumo mensual de 8,22 KW/h al mes.
- Acometida: Monofásica
- Alimentador: DCSA012(0323)

Realizado la asignación del usuario, se prosiguió con la programación la cual se describe brevemente a continuación.

- 1) Se creó una carpeta la cual contiene una ubicación que nos permitirá guardar los documentos necesarios para la respectiva programación.
- 2) Se cargan 5 tipos de librerías en el programa las cuales nos servirán para realizar todo tipo de tratamiento para las ilustraciones.
- 3) Se realiza una clasificación de los datos representativos del usuario mediante tabulaciones donde se divide por día, hora y potencia promedia medida en Watts.
- 4) Se ejecuta los datos; donde se los ordenó por orden cronológico y sus valores se los convierte en valores absolutos.
- 5) Estas tabulaciones se las guarda en un formato CSV, con lo cual se prosiguió con el uso de este archivo para las respectivas graficaciones.
- 6) Para la representación de las figuras mostradas a continuación, se utiliza comandos de programación tales como:
 - *stat_smooth*, el cual nos permitió realizar la graficación de los puntos de dispersión del usuario.
 - *scale_x_datetime*, proporciona la visualización y clasificación del formato por días de la semana en orden cronológico.

- *ggplot*, emplea el archivo en CSV, el cual nos proporciona realizar un agrupamiento del conglomerado de datos y como resultado, una representación promedio del usuario.

En la figura 12 se describe el comportamiento de la curva del consumo diario del usuario en un intervalo de 24 horas. Como se observa en la representación, el mayor consumo lo realiza día sábado 5 de mayo del 2015 a partir de las 21:30 con una potencia pico de consumo de 290W, y un menor consumo de potencia de 23W para el día lunes en un horario de: 00:00 hasta las 16:30.

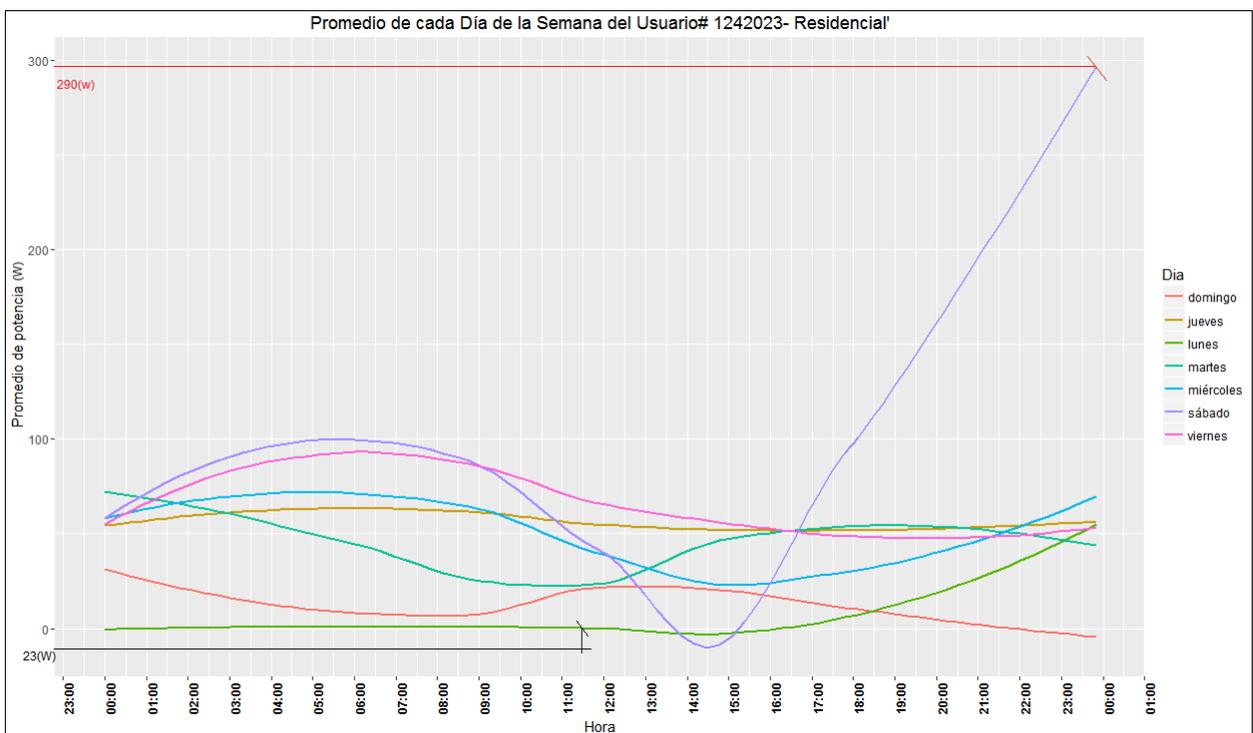


Figura 12. Gráfica promedio de cada día de la semana de un usuario. "Sector Estadio, Cliente #1242023".
Fuente: Autores

Con la elaboración de las gráficas representativas por días de la semana mostrada en la figura 12 se verifica el comportamiento que se tiene en cada día. A partir de esto se procede a realizar la representación final del usuario con código #1242023. El resultado se muestra en la figura 13,

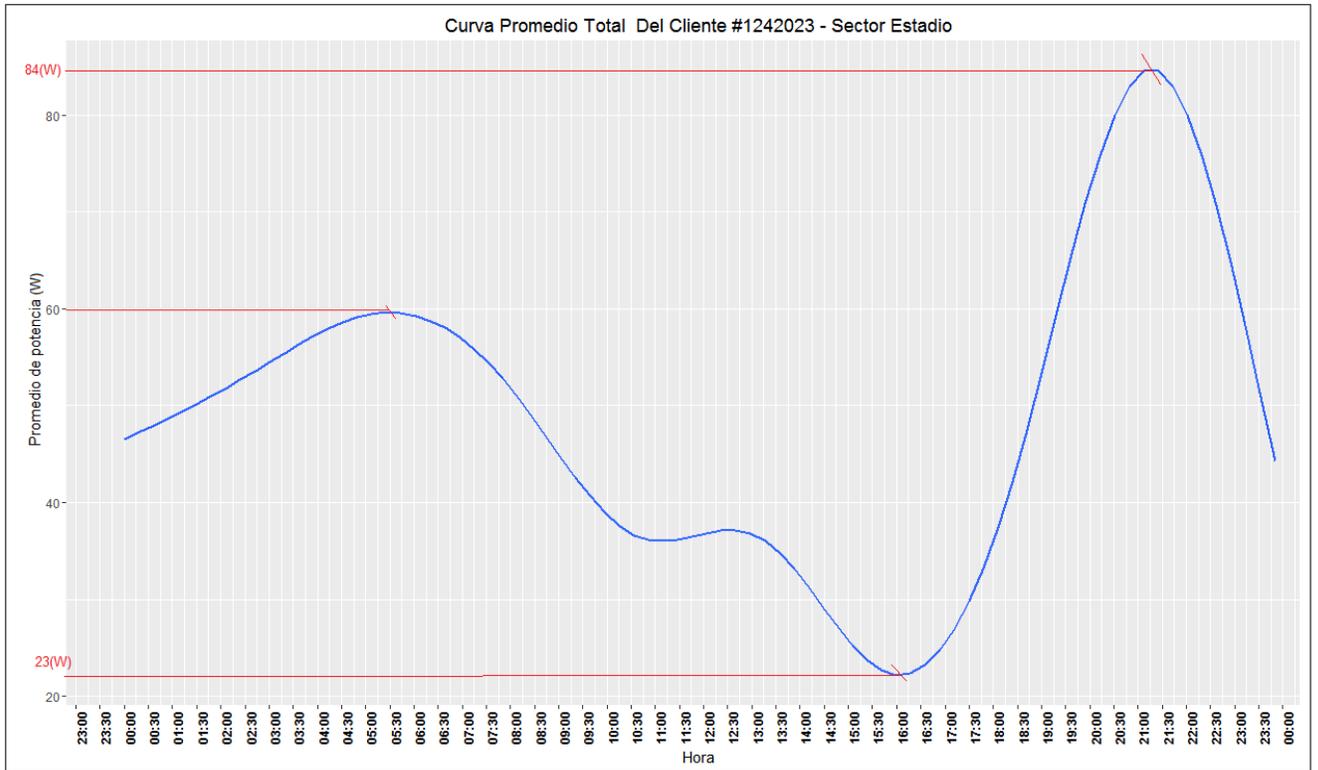
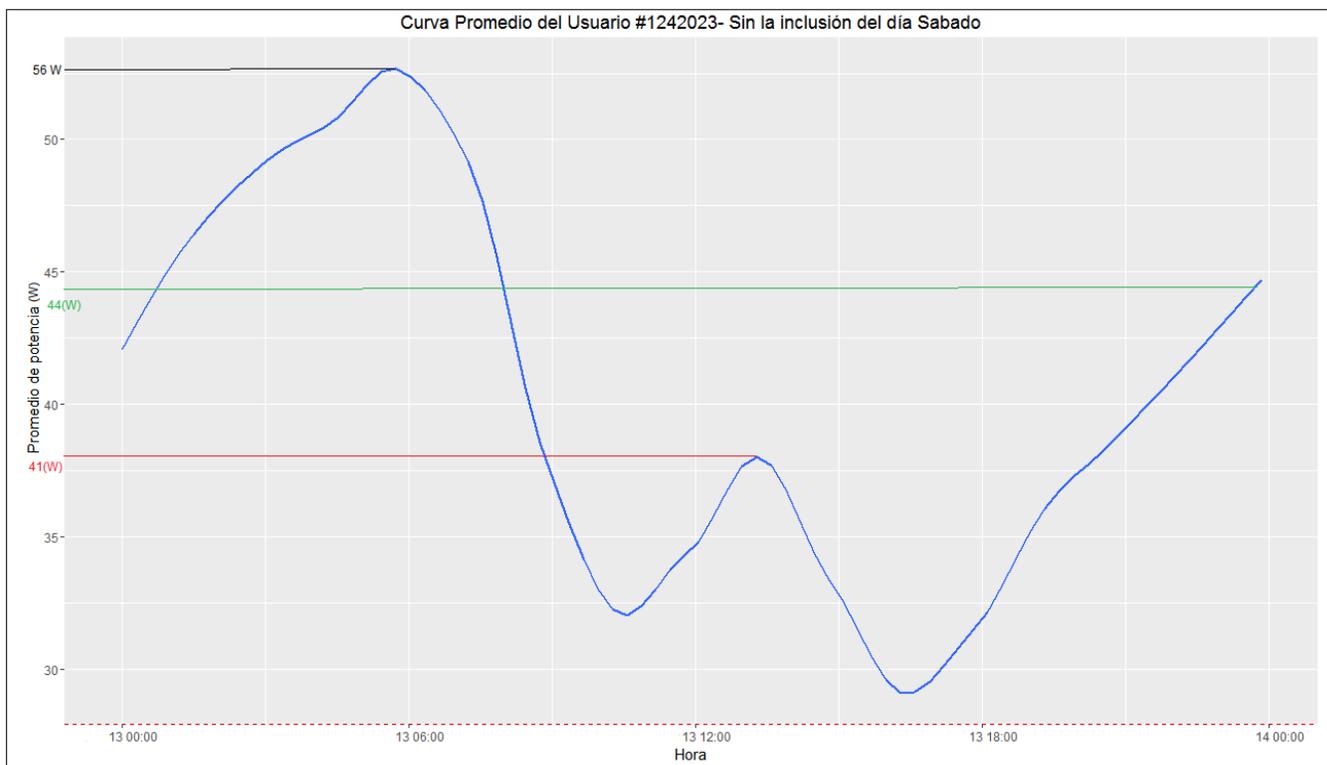


Figura 13. Gráfica de la curva promedio Total del cliente. "Sector- Estadio - Cliente #1242023".

Fuente: Autores.

El consumo máximo registrado por el usuario es de 84W para el horario de 19:00 a 22:30 y un consumo menor de 23W en un horario comprendido entre las 15:00 a 16:00. Se tiene como punto de observación que el usuario a partir de las 05:30 inicia sus actividades cotidianas al realizar un consumo de 60W.

Mediante la elaboración de la Instrucción 1, se obtuvo la gráfica del usuario# 1242023 el cual nos permitió verificar el comportamiento que tiene sin la adquisición de toma de datos del día sábado, el cual este día es el mas propenso a realizar el consumo de potencia por parte del usuario.



*Ilustración 1. Curva promedio del usuario #1242023, sin la inclusión del día sábado.
Fuente: Autores.*

Realizando un análisis de la gráfica se obtiene:

- Un consumo máximo de 56W para un horario de 05:30 – 06:30.
- Para el horario de 12:30 – 1:45 realiza un consumo de 41W.
- Un consumo menor a 45W para un horario de 20:00 – 23:30.

2.2.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA DEL TRANSFORMADOR #20687

Para realizar el análisis del transformador se consideró la zona ubicada bajo estudio y la cantidad de fichas técnicas que nos permiten tener una amplia base de datos para su análisis. El cual se obtuvo como resultado los datos que conforman el transformador #20687, 50KVA. Para lo cual se consideró a todos los usuarios conectados mediante el uso del geoportal de la EERCS, el cual consta de 19 abonados. Este análisis se lo realizó con el objetivo de verificar el estado actual de carga del transformador.

Mediante la programación realizada para el análisis del transformador, se utiliza una base de datos correspondientes a 17 usuarios, el cual mediante el desarrollo respectivo se obtienen las gráficas mostradas a continuación.

Para el desarrollo de las ilustraciones se procedió de la siguiente manera:

- 1) Se realiza un procedimiento de programación similar, el cual se realiza *A NIVEL DE USUARIO*.
- 2) Se incorpora en la programación las fichas de datos por usuarios conectados al transformador.
- 3) Para el análisis a nivel de transformador se contempla el desarrollo de los factores de coincidencia de las curvas promedios pertenecientes a cada usuario.

	Día	Hora	Promedio de potencia
1	sábado	2016-09-15 13:20:00	216.9972
2	sábado	2016-09-15 13:30:00	183.4773
3	sábado	2016-09-15 13:40:00	209.1583
4	sábado	2016-09-15 13:50:00	225.8182
5	sábado	2016-09-15 14:00:00	189.1619
6	sábado	2016-09-15 14:10:00	180.5399
7	sábado	2016-09-15 14:20:00	180.9290
8	sábado	2016-09-15 14:30:00	172.1080
9	sábado	2016-09-15 14:40:00	185.8295
10	sábado	2016-09-15 14:50:00	174.6583
11	sábado	2016-09-15 15:00:00	170.3438
12	sábado	2016-09-15 15:10:00	190.3381
13	sábado	2016-09-15 15:20:00	221.5057
14	sábado	2016-09-15 15:30:00	218.7614
15	sábado	2016-09-15 15:40:00	196.6108
16	sábado	2016-09-15 15:50:00	200.5313
17	sábado	2016-09-15 16:00:00	190.9281
18	sábado	2016-09-15 16:10:00	187.7898

```

Showing 1 to 19 of 17,136 entries.

Console C:\Users\MARCELO\Desktop\Captura 1 Teva\PROGRAMACIÓN FINAL\PROGRAMACIÓN FINAL 1\Teva\08\Datos de clientes\ >
> view(division_fecha)
> describe(fila_promedios)
vars  n  mean  sd median trimmed  mad  min  max  range skew kurtosis  se
XI    1 1008 152.58 47.09  148  151.9 60.01 2.94 301.68 298.74 0.11  -0.88 1.48
> view(clientes_0_120)
>

```

Figura 14. Manejo y clasificación por fechas de los 17 abonados.

Fuente: Autores.

En la figura 14 se presenta un breve desarrollo de la programación, en la cual se muestra la clasificación de los datos que incluye: fecha, hora y promedio de potencia pertenecientes a cada ficha técnica de los usuarios que se comprende en el transformador # 20687.

En la figura 15 se tiene como resultado el desarrollo de las curvas por días de la semana. En esta gráfica se registra un consumo máximo para el día martes con una potencia de 11000W, y un consumo mínimo de alrededor de 2200W para el día domingo.

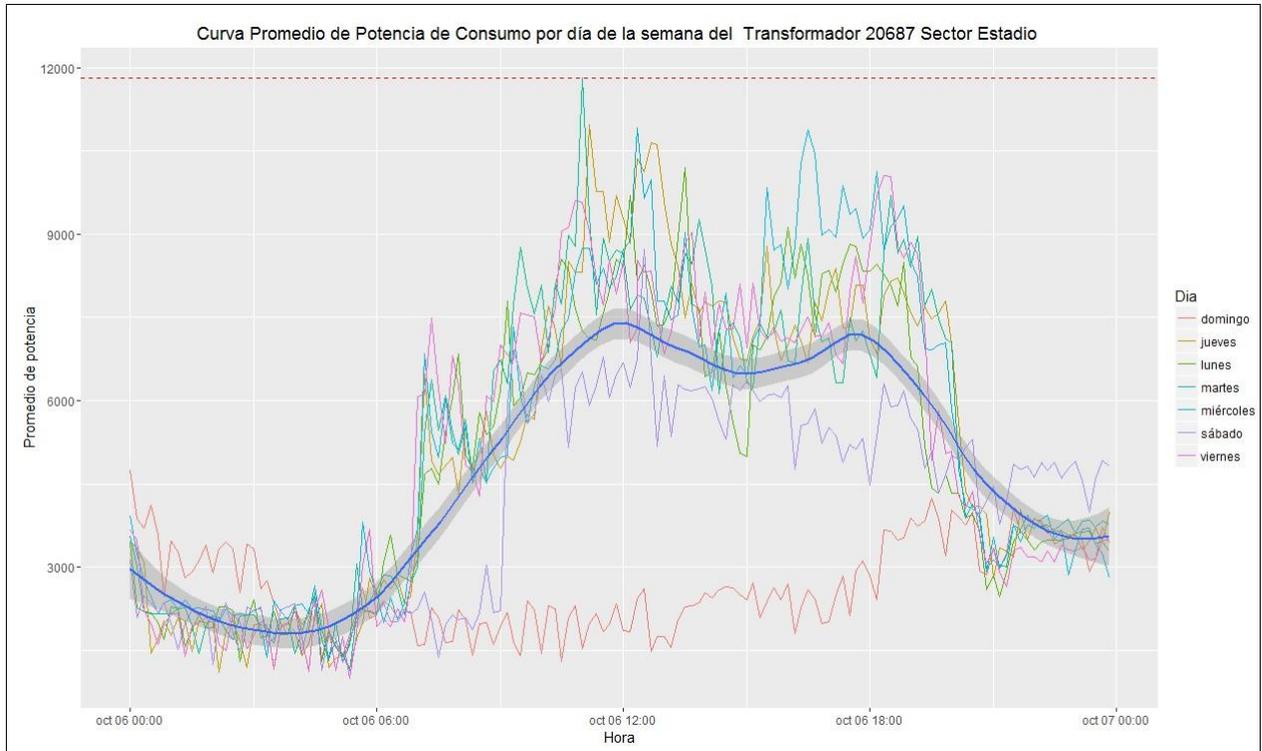


Figura 15. Curva promedio de potencia de consumo por día de la semana. Transformador #20687.
Fuente: Autores.

Concluido el análisis por días de la semana, se realiza el tratamiento de la curva promedio del transformador el cual registra un máximo consumo de 7.4kW en un horario de 08:00-12:30.

Para un horario comprendido entre las 17:00-20:00 se registra un consumo de 7.3kW.

Realizado el análisis de la curva promedio del transformador como se expuso en figuras anteriores, se procedió a realizar el desarrollo independiente por días de la semana como se describe en la figura 16, el cual nos permitió verificar el comportamiento de consumo que se tiene por día.

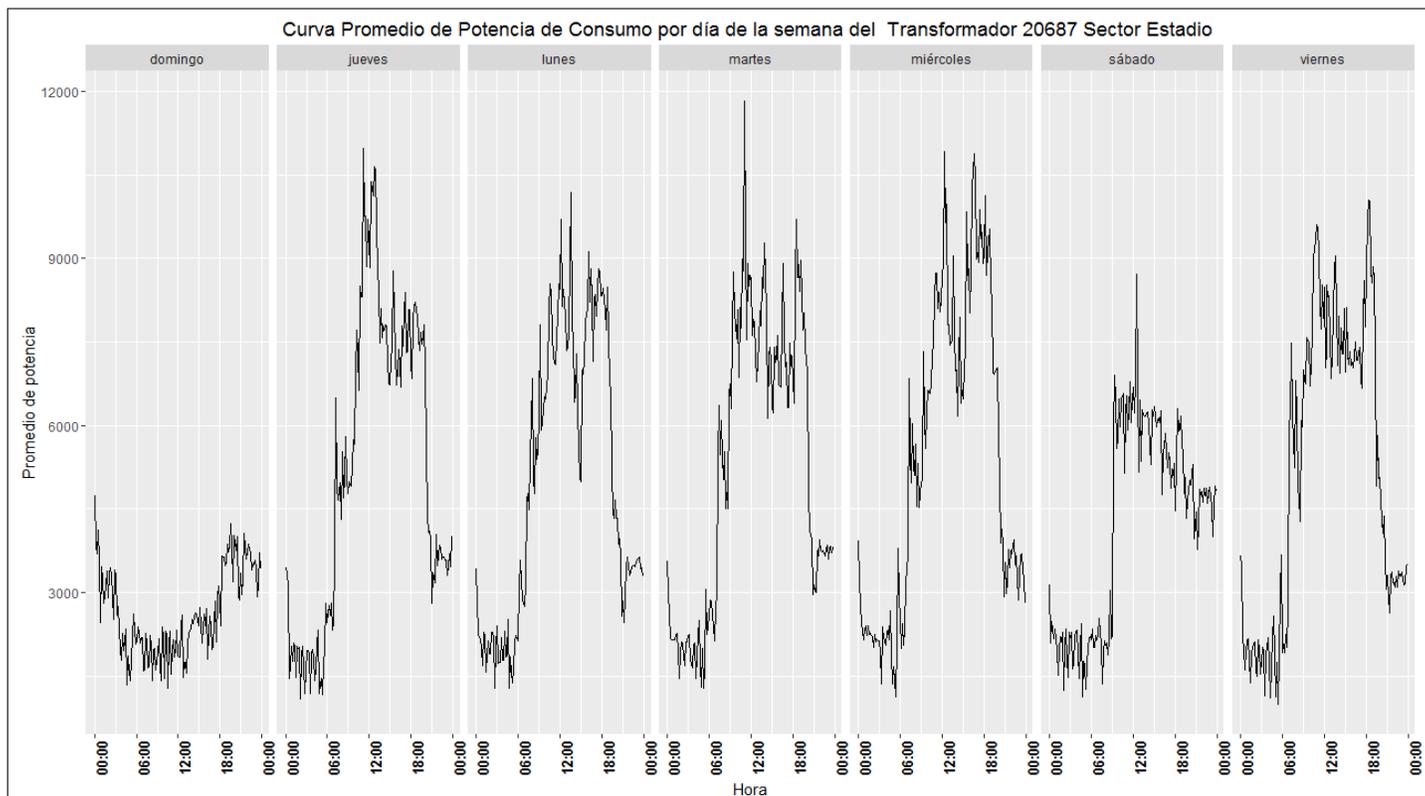


Figura 16. Curva promedio por día del transformador #20687.

Fuente: Autores.

- En el día lunes se registra un menor consumo de potencia, aproximado de 4kW en un horario a partir de las 18:00.
- Para los días: miércoles, jueves y viernes se tiene un mayor consumo en horarios de 08:00-12:30 y de 17:00-20:30.
- Se observa en el día martes que se tiene picos de consumo de 11kW en un horario a partir de las 11:00.
- Realizando un promedio de consumo entre los días de la semana analizados; nos da como resultado que para el día sábado, registra un consumo de 6.5kW en un horario entre 08:00-13:00

Una vez concluido los análisis respectivos de las figuras 15-16. Se prosigue con el desarrollo de la curva característica de consumo del transformador como se muestra en la figura 17.

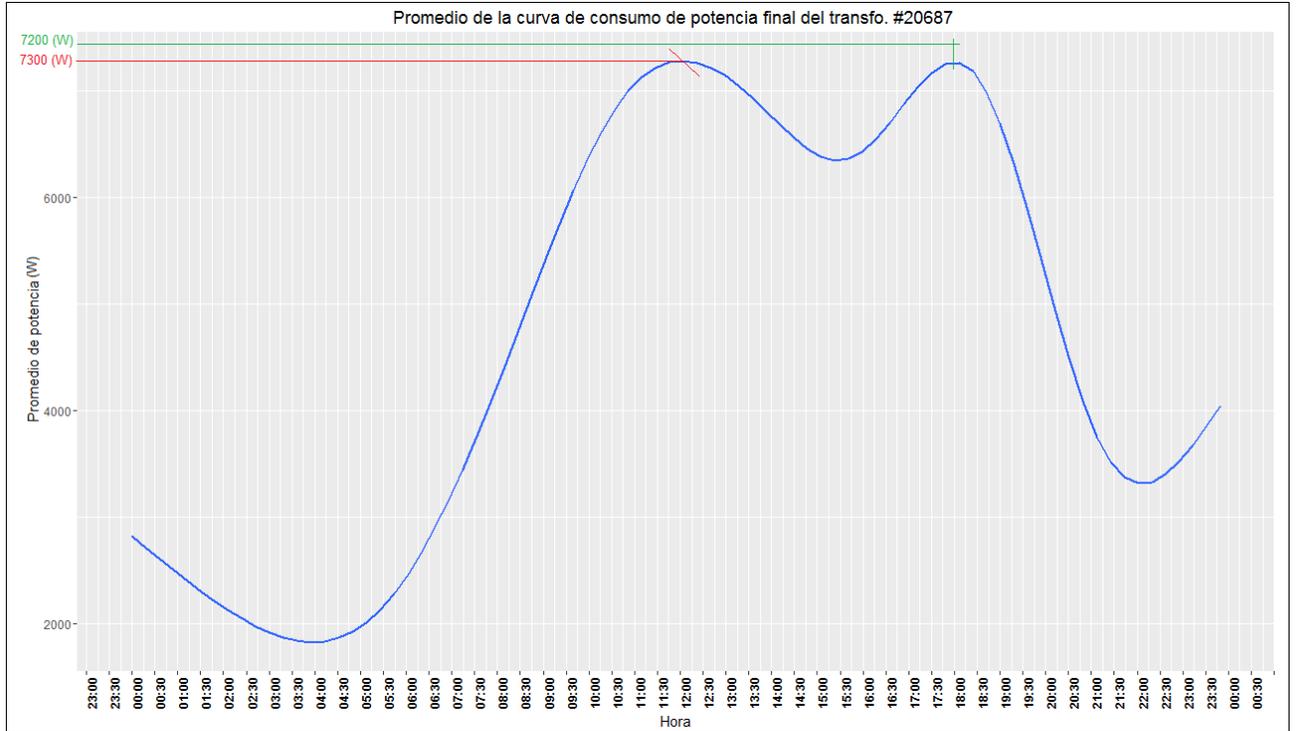


Figura 17. Gráfica Representativa de la Curva de Consumo Promedio en (W)- Trafo. #20687

Fuente: Autores.

El análisis realizado para esta gráfica, es un promedio de los 7 días de la semana en el que se denota un crecimiento de consumo de potencia para un horario de 10:00-12:00, registrando un consumo máximo de 7.3kW. Para un horario de 16:00-17:30 registra un máximo consumo de 7.2kW,

Se puede observar en la figura 17, que en el horario de 00:00- 05:00, registra un consumo inferior a los 3kW, lo cual nos representa que para este horario se puede realizar cualquier tipo de implementación de estudio.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA DEL CANTÓN CUENCA CON LA INCLUSIÓN DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

3.1 DESARROLLO DE LA CURVA DE CARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.

Para el análisis de la inclusión de la curva de carga del VE se tiene como caso de estudio el programa de implementación desarrollado por el laboratorio Nacional de Lawrence Berkeley del Departamento de Energía de los Estados Unidos administrado por la Universidad de California, donde se desarrolló el programa V2G-SIM, el cual calcula los intercambios de energía y de carga para el VE de manera individual. Su concepción consiste en posibilitar una relación bidireccional en los flujos entre la red eléctrica y los VE (Albendea, D., 2011) hasta cualquier número de vehículos individuales. Cuando se realice la carga individual del VE, se proporciona la información al programa V2G-SIM de la ubicación exacta del vehículo.

La metodología de predicción del VE se fundamenta en la entrada del enfoque estocástico el cual proporciona estadísticas que describen el uso de vehículos de una flota de 1140 VE. Estas estadísticas incluyen valores medios y desviación estándar de variables tales como: la hora del primer viaje, distancias de viaje, si los conductores conducen sus automóviles a cabo del almuerzo o viajes por las noches, y en segundo lugar donde los vehículos son más propensos a cargar durante el día. (Dr. Samveg S. 2014). Los logaritmos de generación de perfil de actividad estocástica en V2G-SIM utilizan estas estadísticas de entrada para generar perfiles de actividad de vehículos individuales para un número determinado de casos estocásticos. (V2G-SIM, 2015)

El programa V2G-SIM proporciona: investigación, desarrollo y plataforma de despliegue valiosa para los usuarios. Las partes beneficiadas con este programa incluyen ingenieros, científicos, investigadores, industria de red eléctrica, analistas de todo el sector automotor y los usuarios finales. (Dr. Samveg S. 2014)

Para el análisis realizado se utiliza la curva residencial ya que en la actualidad en el cantón Cuenca el VE solo cuenta con el cargador de tipo SAE J1772 domiciliario 110-220V, además cabe recalcar que no existe ningún tipo de infraestructura que permitiera realizar la carga de los VE en el sector domiciliario, áreas recreativas, gasolineras, centros comerciales y hospitales.

La curva de demanda obtenida por el programa V2G-SIM de Universidad de California laboratorio Nacional de Lawrence Berkeley (Moura, S. 2015) presenta en la figura 18 el desarrollo del conglomerado de datos de alrededor de 1140 VE de la marca Nissan en donde se tiene:

- La gráfica de color verde, es el resultado de la carga de uso laboral.
- La gráfica de color rojo, es el resultado de la carga de uso domiciliario.
- La gráfica de color azul es el resultado del promedio de las curvas de uso: laboral y domiciliario.

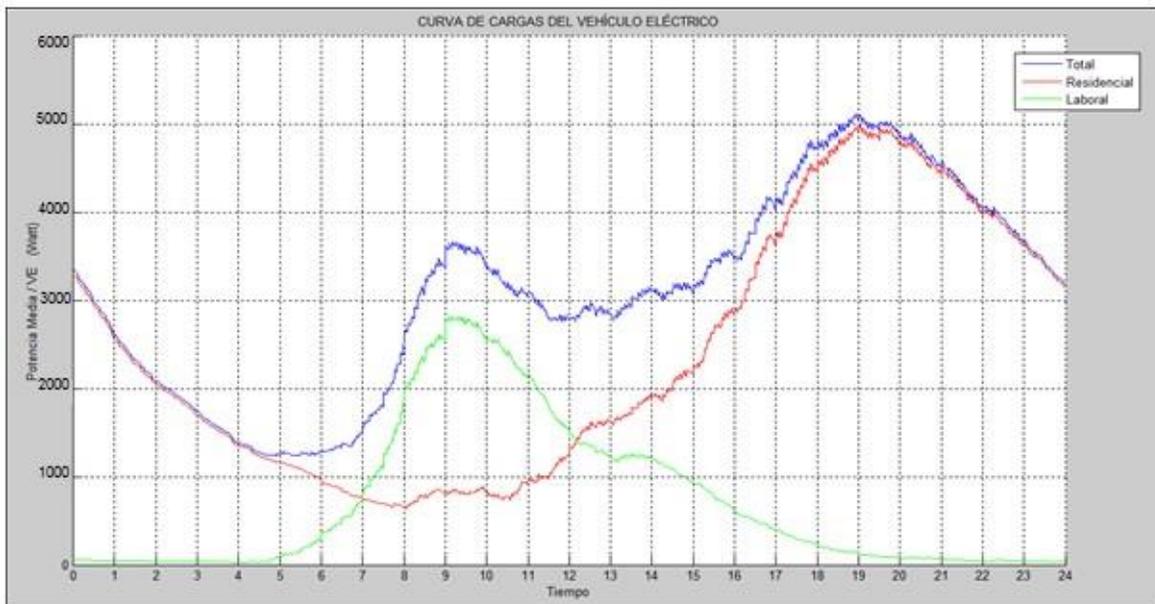


Figura18. Curva de carga del VE: Roja-residencial, Verde- Laboral y Azul- Promedio.
Fuente: Lawrence Berkeley National Laboratory- Modelos V2G-SIM

Con esta información se procedió a determinar el comportamiento de la curva de carga del VE para lo cual seleccionamos 3 VE al azar de los 1440 VE. En la figura 19 se muestra el comportamiento de carga de cada uno de ellos, en lo cual se tiene.

La potencia máxima absorbida de los VE es de 5000 Watt.

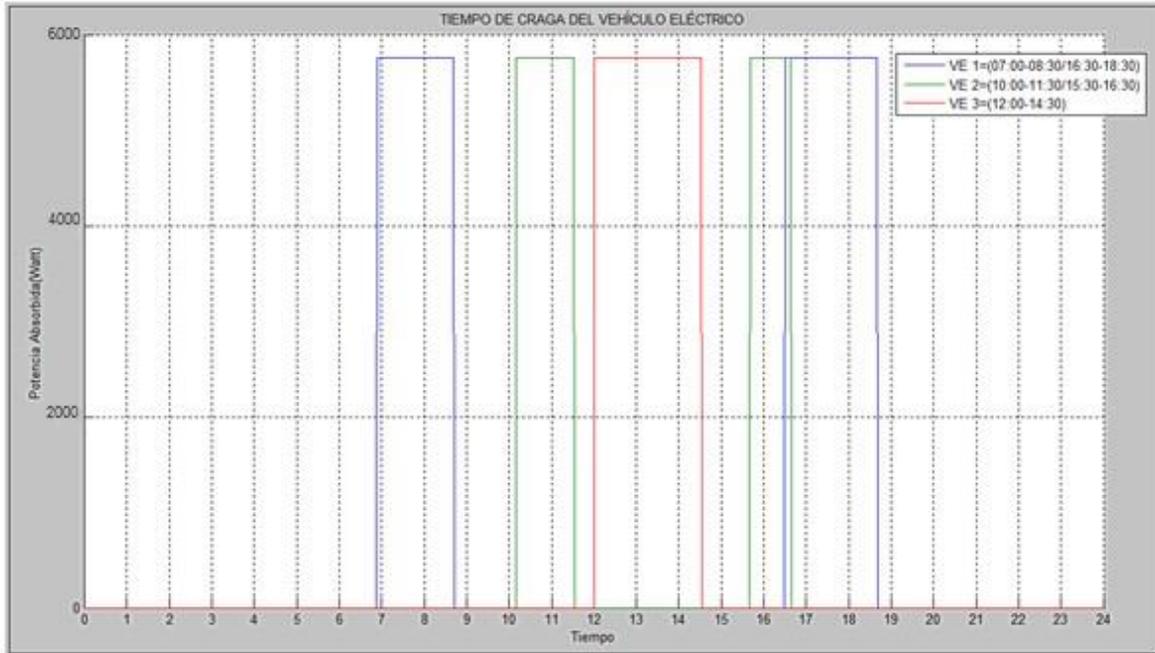


Figura 19. Tiempo de carga por Usuario del Vehículo Eléctrico.

Fuente. Lawrence Berkeley National Laboratory- Modelos V2G-SIM

El programa V2G-SIM utiliza los diferentes tipos de perfiles “horarios de carga” que realizan los VE para predecir los impactos de demanda. Se puede determinar que cada vehículo posee su propio perfil de actividad, el cual consiste en: distancias, tiempos y recorridos diferentes realizados para cada VE.

3.2 ANÁLISIS DE LA CURVA DE DEMANDA DEL USUARIO # 1242023 CON LA INCLUSIÓN DEL VE.

Para el desarrollo de la curva de carga del VE, se convierten los datos obtenidos del programa V2G-SIM de un registro en Matlab a un archivo de la programación en “R” como se ilustra en la figura 20. Esta representación es la base para el análisis de la nueva curva de demanda.

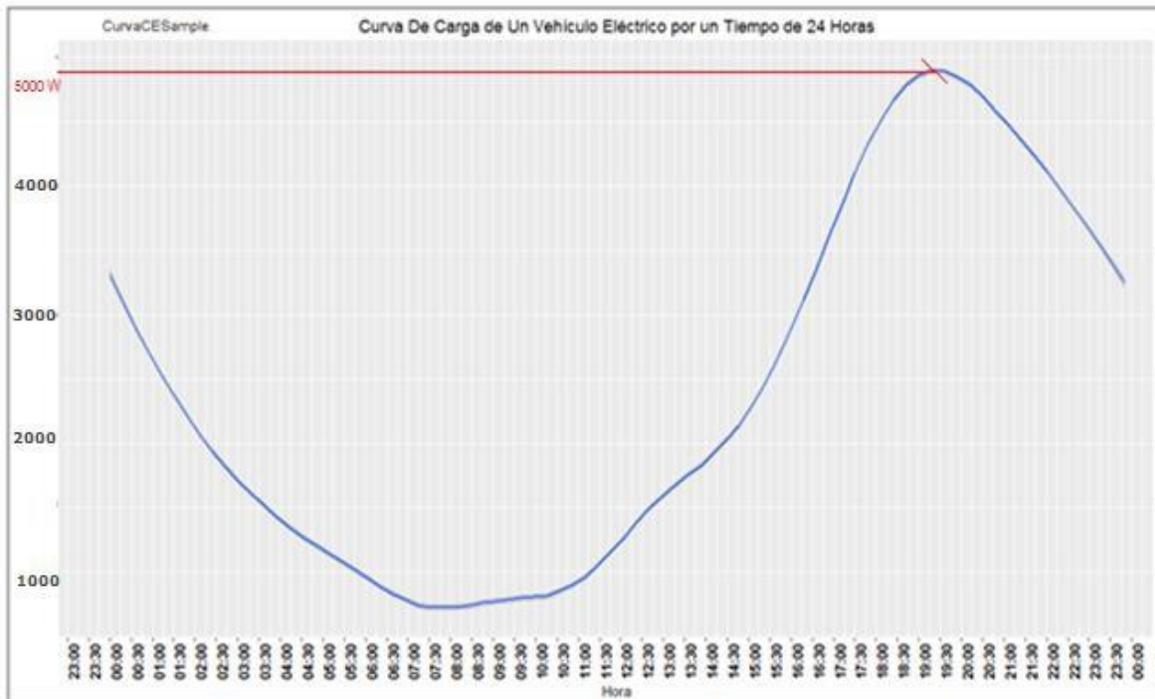


Figura 20. Curva de carga del Vehículo Eléctrico- carga Residencial.
Fuente: Autores.

En la figura 21 (b) se realiza la inclusión de la curva de carga del VE con la curva promedio por días de la semana del usuario, esta inclusión se la realiza en un intervalo de 24 horas.

En la figura 21 (a) se tiene la gráfica de por días de la semana del usuario #1242023, la misma que se emplea para mostrar la diferencia con y sin la inclusión del VE

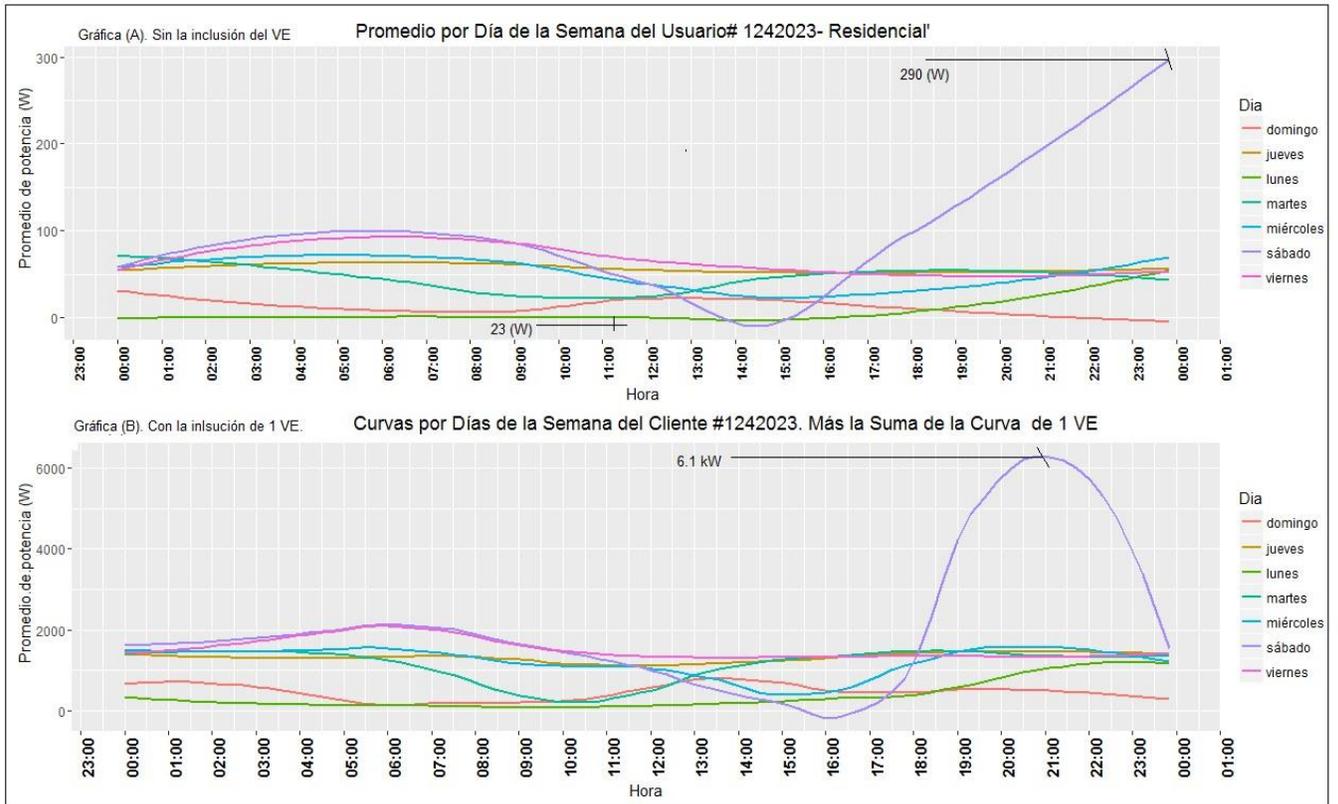


Figura 21. Gráfica de la curva diaria del cliente #12420123. Con y sin la inclusión del VE.
Fuente: Autores.

Como resultado se obtiene que el día con mayor afección de la inclusión de la curva de carga del VE es el día sábado, registrando un consumo máximo de 6,1kW de potencia para un horario de 18:00- 23:00. Por otra parte, se obtiene un menor consumo de potencia para el día lunes, con un registro inferior a los 500W en un horario de las 00:00 – 19:00.

3.2.1 Inclusión de la curva de carga del VE en la curva promedio del usuario #1243023.

Mediante la inclusión de la curva de carga del VE en el consumo promedio del usuario # 1223043; la cual se define en la figura 22. Se argumenta que con un VE, el usuario consumiría una potencia máxima de 6100 W y una mínima de 1100W durante el horario de 22:00 – 07:00.

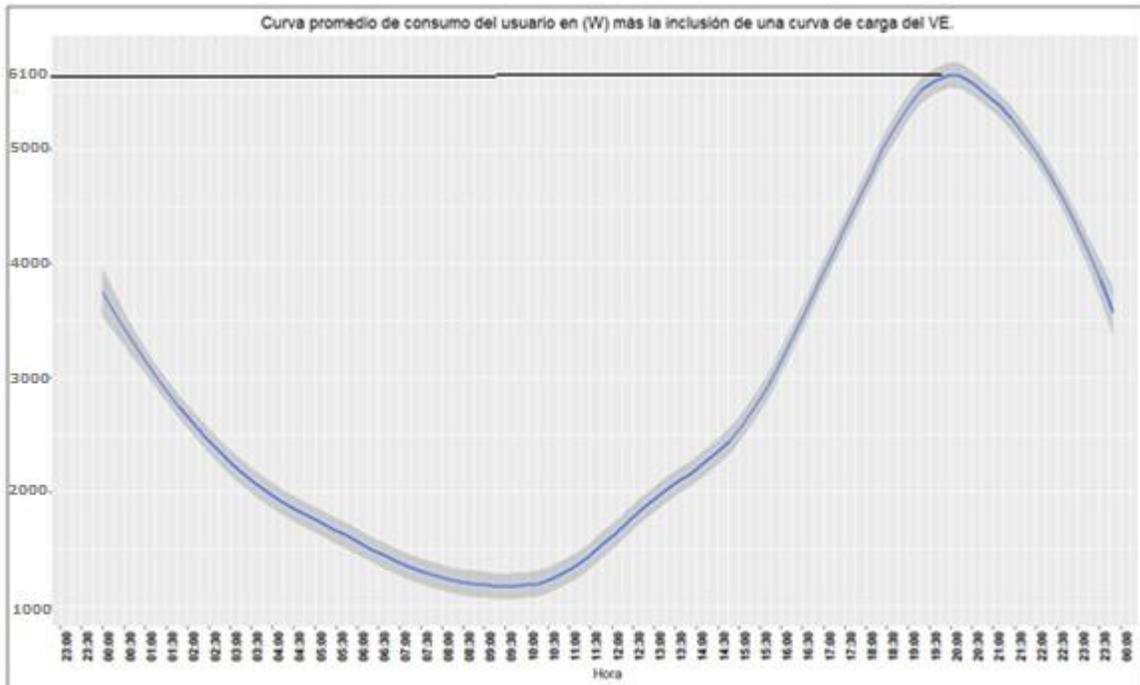


Figura 22. Curva promedio de consumo del usuario en (W) más la inclusión de una curva de carga del VE.
Fuente: Autores

3.3 ANÁLISIS DE LA CURVA PROMEDIO DEL TRANSFORMADOR # 20687 CON LA INCLUSIÓN DEL VE.

Para el respectivo análisis de la inclusión de la curva de carga del VE sobre la curva del transformador #20687; se realiza un proceso de interacción de datos por medio de la implementación del programa en “R”, el cual permite tabular datos de las curvas respectivas y poder realizar el tratamiento pertinente como se ejemplifica en la figura 23.

Hora	X,x	CurvaCESample.PromVE	X,y	Día	Promedio.de.potencia	
1	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	0956	viernes	88.2100
2	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	497	miércoles	132.5114
3	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	16632	martes	0.0000
4	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	2801	viernes	152.7017
5	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	10297	domingo	74.4890
6	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	4961	sábado	150.9375
7	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	1361	martes	153.0938
8	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	7129	sábado	78.4090
9	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	2657	jueves	128.3949
10	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	13608	martes	0.0000
11	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	13752	miércoles	0.0000
12	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	3809	viernes	152.7017
13	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	9289	domingo	74.4890
14	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	16920	jueves	0.0000
15	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	8281	domingo	74.4890
16	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	641	jueves	128.3949
17	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	12457	lunes	66.6480
18	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	4817	viernes	152.7017
19	2016-09-15 00:00:00	144	318.7012	3521	miércoles	132.5114

Showing 1 to 20 of 17,136 entries

```

Console C:\Users\MARCELO\Desktop\Capitulo 1 Tesis\PROGRAMACIÓN FINAL.R\PROGRAMACIÓN FINAL2.R\TESIS\Diferente consumo de clientes/
CurvaCESample.PromVE 0.43 -1.27 -1.09
X,y 0.00 -1.20 37.79
Día* -0.07 -1.26 0.02
Promedio.de.potencia 3.37 10.73 2.56
> view(Datos_combinados)
> |

```

Figura 23. Combinación de datos de la curva Final del Transformador más la curva del VE.
Fuente: Autores.

En la figura 23 se evidencia el manejo de datos por tabulaciones de las curvas pertinentes para el caso de estudio, las cuales consisten en un orden cronológico de fecha y hora.

La curva de demanda ejecutada del transformador # 20687 con la inclusión de 2, 4 y 10 VE, se mostrara en un intervalo de 24 horas.

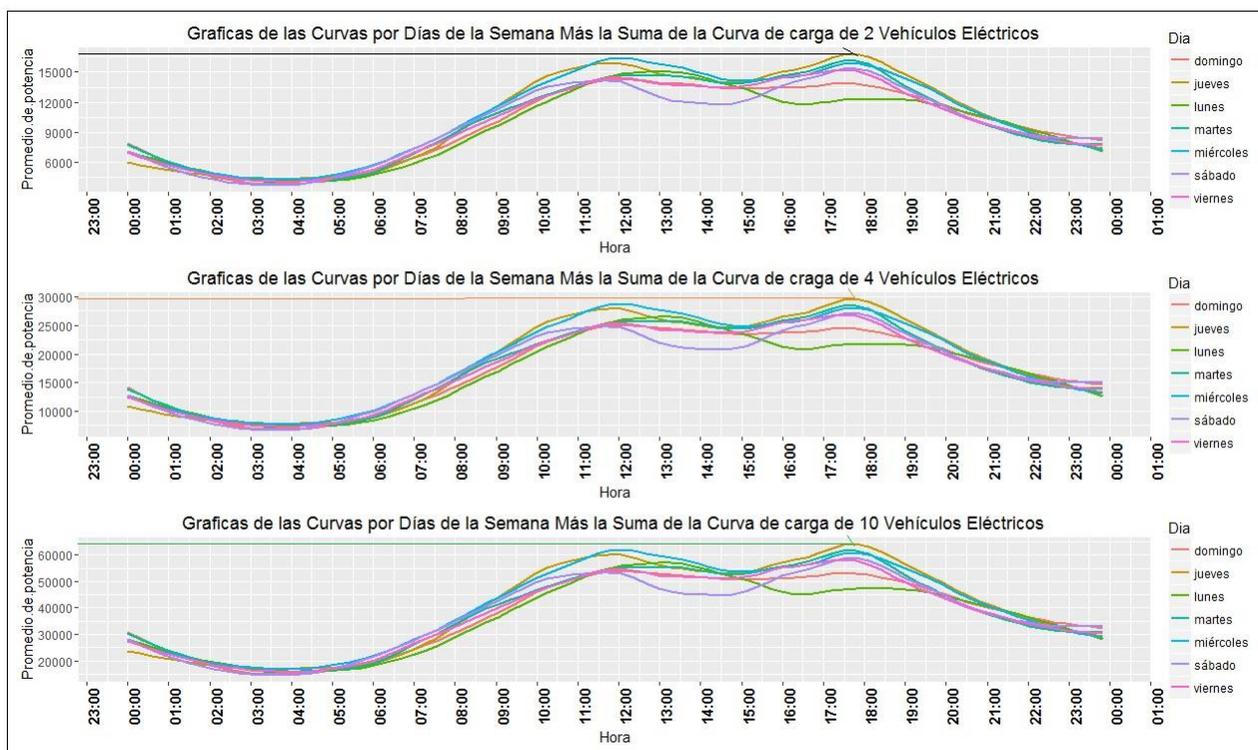


Figura 24. Gráfica de las curvas por días de la semana más la suma de la curva de carga de: 2-4-10 VE.
Fuente: Autores.

- Mediante la inclusión de 2 VE, se registra un consumo de 17,5 KW para un horario de 16:00-19:00
- Con el ingreso de 4 VE, se obtiene una potencia máxima registrada de 28 KW para un horario de 16:30-18:30.
- Por motivo de análisis comparativo, se realiza el ingreso de 10 VE sobre la curva del transformador por días de la semana, verificando un incremento de 69 KW en un horario comprendido entre las 16:30-18:30.
- Se cabe recalcar, que los máximos registros señalados hacen referencia hacia el día jueves.

3.3.1 Inclusión de la curva de carga del VE, sobre la curva promedio del transformador #20687.

Con la inclusión del VE sobre la curva promedio del transformador # 20687, se verifica el incremento de potencia medida en Watts, con lo cual mediante el ingreso de 2, 4, 10 VE el resultado se muestra en la figura 25.

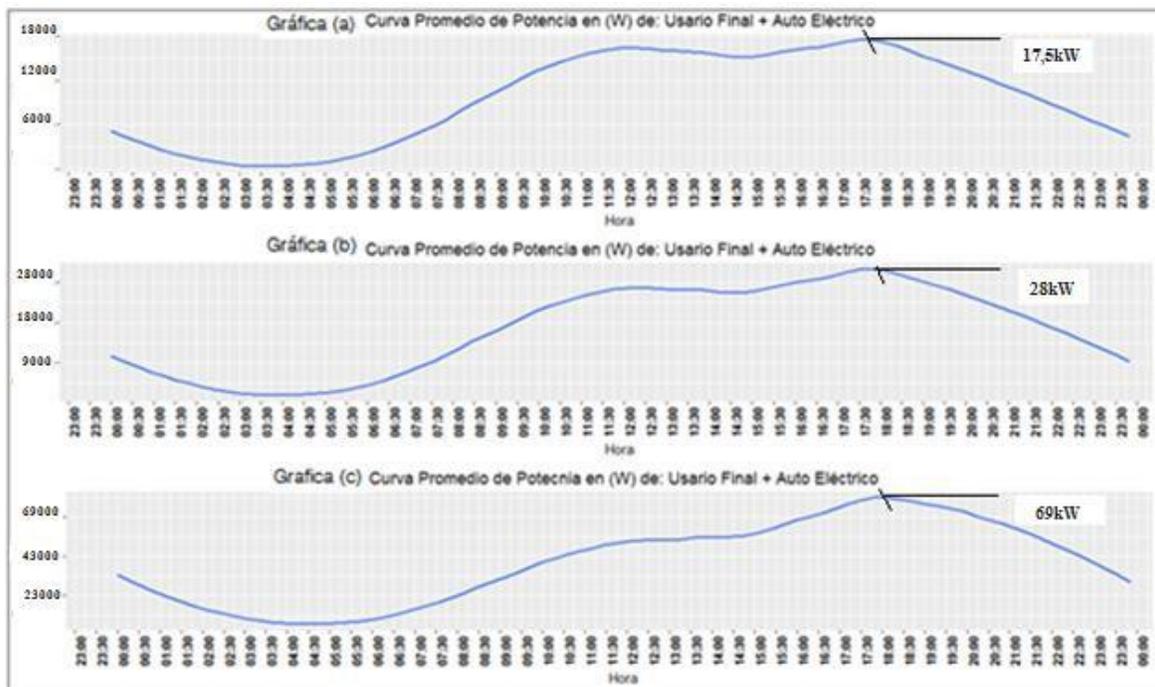


Figura 25. Curvas promedio de potencia en (W) de: usuario final más 2, 4, 10 curva de carga del VE.
Fuente: Autores.

- Con la figura 25 (a), se obtiene un consumo máximo de potencia de 15.04kW para un horario de 17:00-18:20 con el ingreso de 2 VE.
- En la figura 25 (b), se obtiene un consumo máximo de 24.55kW para un horario de 17:00-18:20, lo cual significa una diferencia de 9.51kW con respecto al ingreso de 2 VE.
- En la figura 25 (c), con 10 VE, se obtiene un consumo de 60.71 kW en un horario de 17:00-18:20, que comparado con la inclusión de 2 VE se tiene una diferencia de 45.67kW; y efectuando una comparación con 4 VE se tiene una diferencia de consumo de 36.16kW.

3.4 ANÁLISIS DE LA CURVA DE CONSUMO DE POTENCIA A NIVEL DE: USUARIO Y TRANSFORMADOR CON LA INCLUSIÓN DE LA CURVA DE CARGA TIPO LENTA DE 8 HORAS DEL VE.

Para el presente análisis se considera la curva de carga tipo lenta del VE sobre las curvas de consumo de potencia realizadas en el capítulo 2 a nivel de: usuario y transformador. Cabe mencionar que la carga tipo lenta del VE tiene una duración de carga de 8 horas la cual fue expuesta en el capítulo 1, subsección 1.5.

Por parte de la EERCS, se tienen definidos los periodos de niveles de comportamiento de demanda nacional divididos de la siguiente manera:

- A=07:00-18:00.
- D=18:00-22:00.
- P=22:00-07:00.
- T= sábados, domingos y feriados.

Para lo cual, en el análisis realizado se selecciona el periodo P=22:00-07:00. Ya que se demuestra las subsecciones 3.3 - 3.4, existe un menor consumo de potencia a partir de las 22:00, debido a las penalidades que se presentan en otros niveles de carga, fomentando de esta manera el consumo en los horarios valle, teniendo como resultado la disminución del ingreso de centrales para cubrir los picos de demanda.

En la figura 26 se presenta el desarrollo de la curva promedio de un usuario (*gráfica de color rojo*), más la inclusión de la curva de carga tipo lenta del VE (*gráfica de color azul*), este análisis se realizó desde las 22:00 hasta las 06:00.

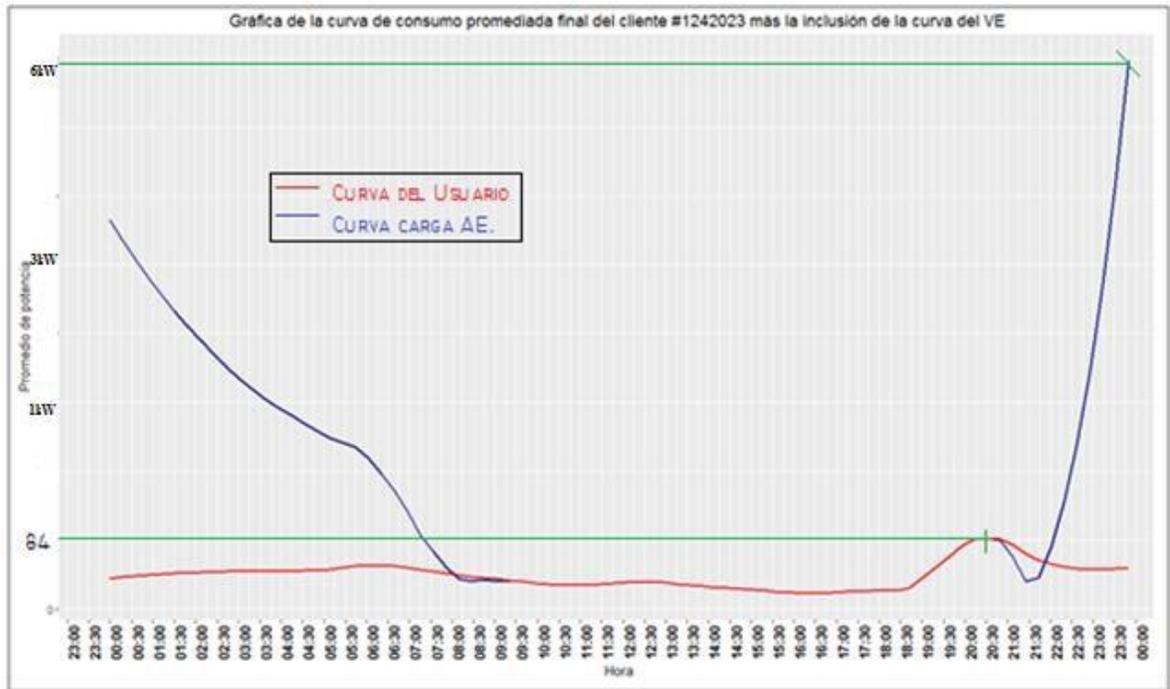


Figura 26. Gráfica de la curva de consumo promediada final del cliente #1242023 más la inclusión de 1 VE-carga lenta.
Fuente: Autores.

Con la inclusión de un VE se incrementa 6kW durante el proceso de carga del VE.

Con la inclusión de la curva de carga tipo lenta del VE (*gráfica de color azul*), se incluyen a 2 VE en la curva promedio del transformador #20687 en un horario a partir de las 22:00-06:00, como se puede apreciar en la figura 27

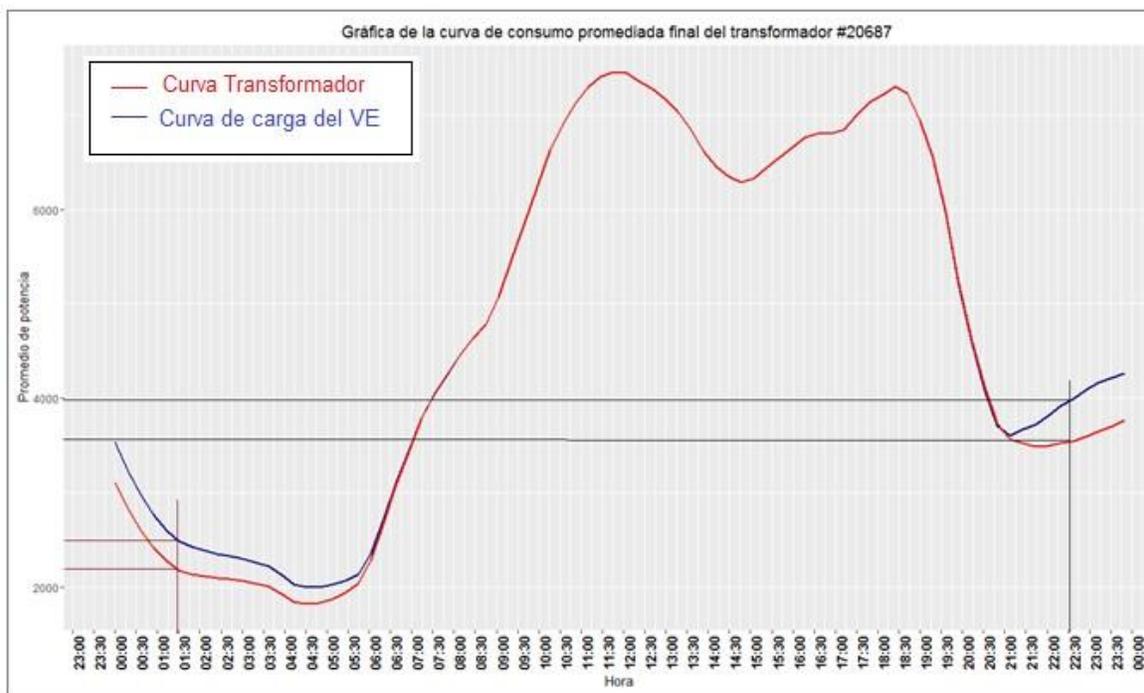


Figura 27. Gráfica de la curva de consumo promediada final del transformador #2068, con la inclusión de 2 VE- carga lenta.

Fuente: Autores.

Realizando una comparación de consumo en diferentes horarios tenemos:

- A partir de las 22:30 se tiene una diferencia de 9.916W entre las curvas de carga del VE y la curva promedio del transformador.
- Para el horario de la 01:30 se registra una diferencia de 9.900W entre las curvas de carga del VE y la del consumo promedio del transformador.
- Se cabe recalcar que en las gráficas se realizó una modificación en la presentación para efectos demostrativos, ya que el resultado nos da una curva muy distanciada

Para la figura 28, se realiza la inclusión de 4 curvas de carga del VE. Como se observa en la (gráfica de color rojo) representa la curva promedio del transformador #20687 y la (gráfica de color azul) representa la curva del VE; para lo cual, se procedió con la inclusión del VE en un horario a partir de las 22:00 -06:00.

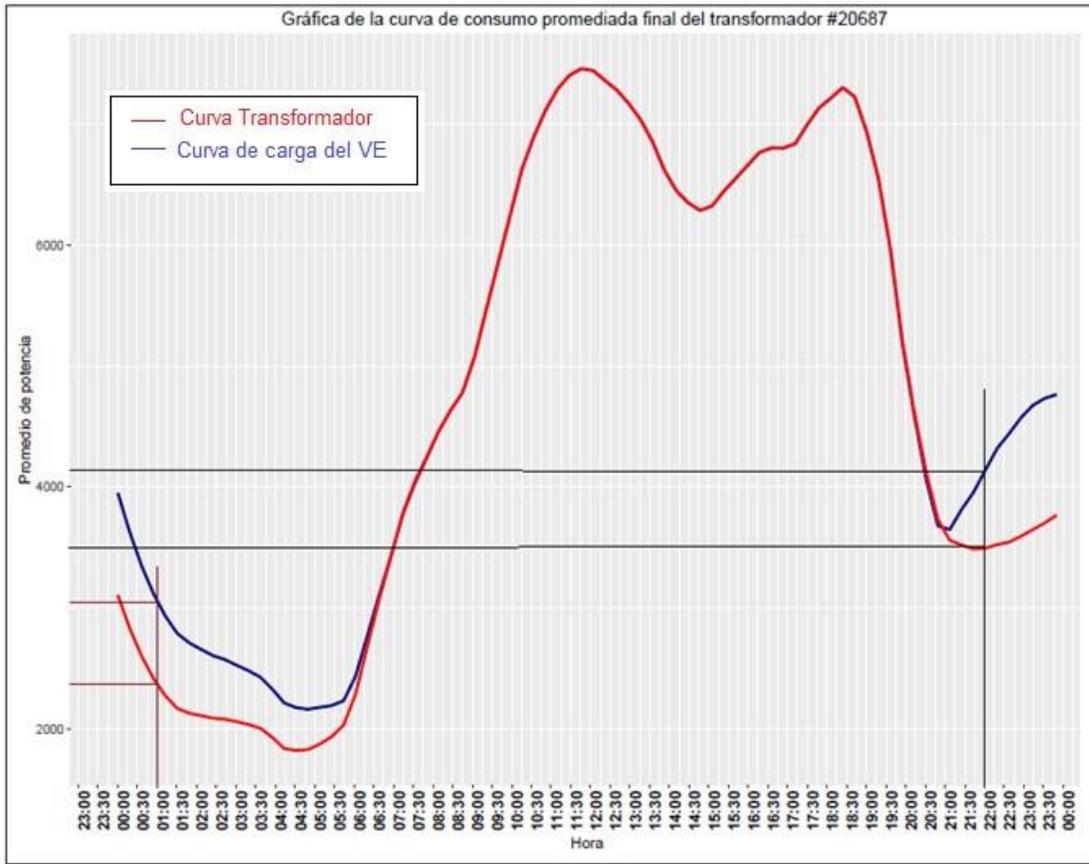


Figura 28. Gráfica de la curva de consumo promediada final del transformador #20687, con la inclusión de 4 VE.

Fuente: Autores.

Realizando una comparación mediante las dos curvas representadas en la figura 28 se obtiene:

- Para el horario de 22:00 se presenta una diferencia de 19.5kW entre la curva del VE y la curva promedio del transformador.
- En el horario de la 01:30 se registra una diferencia de 21kW entre las curvas del VE y la curva promedio del transformador.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CURVAS DE DEMANDA CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE.

4.1 ANÁLISIS COMPARATIVO A NIVEL DE USUARIO CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE.

En la figura 29 se presenta el desarrollo de 4 gráficas, mostrando el *“promedio de demanda de cada día de la semana del usuario #1242023”* donde se visualiza el comportamiento de los días de la semana con el fin de identificar el día en el que se realice el mayor consumo de potencia, dando como resultado que el día sábado se tiene un consumo máximo de 300W comprendido entre 19:30 hasta las 21:30. Cabe recalcar que la gráfica es el resultado de un intervalo de 24 horas, donde se realiza un registro de cada día de la semana.

La gráfica 29 (b) muestra *“curva promedio del cliente #1242023”* presenta el promedio de los 7 días de la semana, donde se aprecia que el consumo máximo es de 84 W y el mínimo de 23W.

La gráfica 29 (c), *“curva de consumo de potencia del usuario más la inclusión de un VE”* se desarrolla partiendo de la curva del usuario más la inclusión de la curva de carga de 24 horas, teniendo como resultado un consumo máximo de 6100W registrado a las 20:00 y un consumo mínimo de 1100W para un horario de las 08:30-10:00.

Para la gráfica 29 (d), se describe la *“curva de consumo de potencia del usuario más carga lenta del VE”* la cual es el desarrollo de la implementación de la curva de consumo del usuario más la inclusión de la curva de carga de 8 horas.

Como se aprecia en la figura 29 el usuario realiza un consumo máximo de 84W. Con la inclusión de un VE registra un nuevo consumo máximo de 6184W, lo cual significa un incremento del 100%.

Con la inclusión del VE, el usuario tendría un importante incremento en el consumo, en la carga de tipo lenta de 8 horas, para el horario de las 20:00 se tiene un incremento del 95%, y para un horario de la 01:00 tiene un incremento de 6184W.

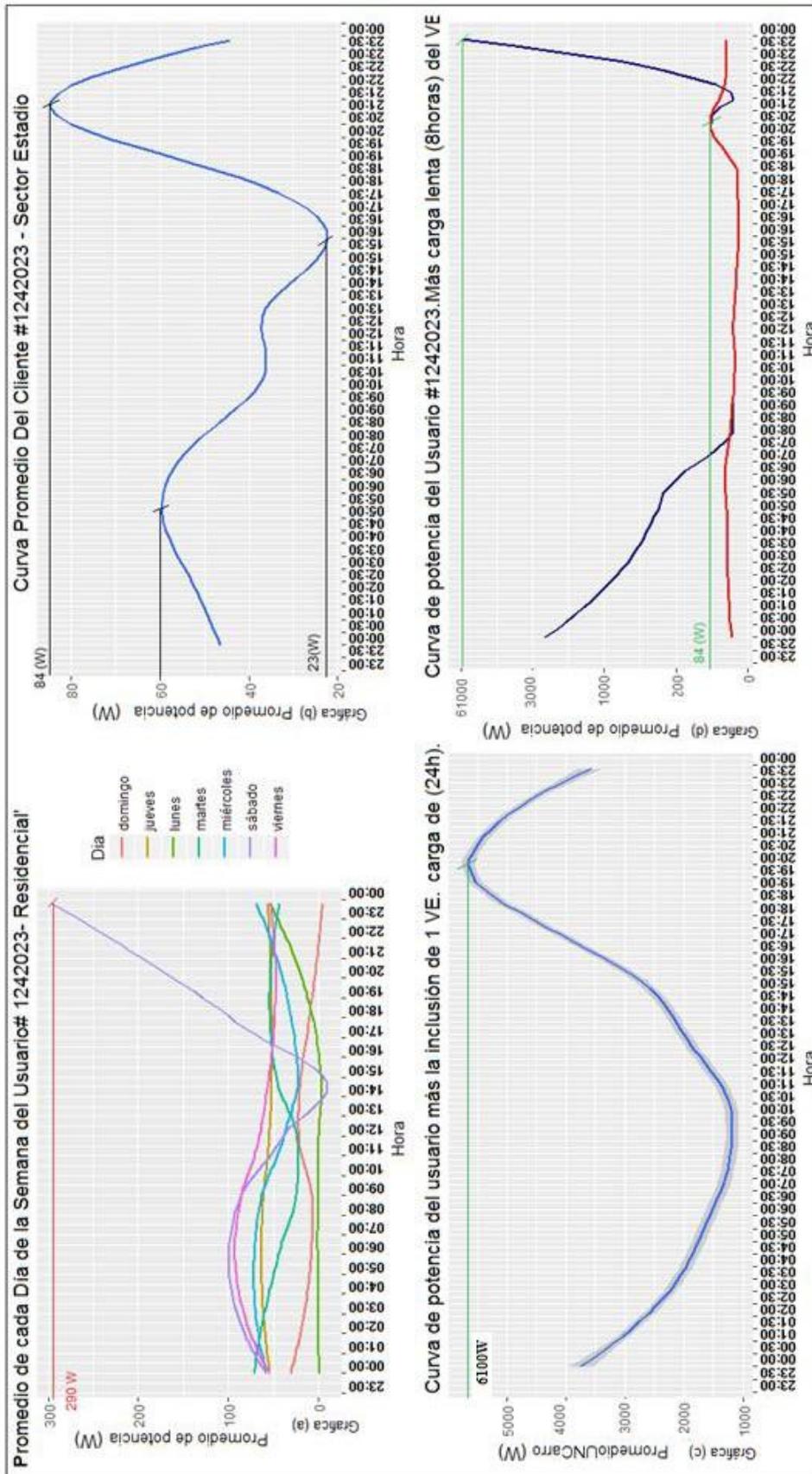


Figura 29. Gráficas comparativas de la curva de consumo de potencia del usuario #1242023 con y sin la inclusión del VE.

Fuente: Autores.

4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO A NIVEL DE TRANSFORMADOR #20687 CON Y SIN LA INCLUSIÓN DEL VE.

Para la figura 30, se presenta el desarrollo de 4 gráficas, la gráfica 30 (a) visualiza el comportamiento de la curva de carga cada día de la semana, este análisis se efectúa con el fin de identificar el día con mayor consumo, dando como resultado el jueves con un consumo de 8.1kW para un horario de las 15:00, teniendo una diferencia del 15% con respecto al promedio del resto de días de la semana

La figura 30 (b), es el resultado del promedio de los 7 días de la semana argumentada en el análisis anterior. Esta curva es la representación en un intervalo de 24 horas, registrando un consumo máximo de 7.3kW para un horario de 10:00 -12:00, y un consumo inferior a los 2kW en el horario de las 04:00.

La gráfica 30 (c) considera la inclusión de dos VE para una carga de tipo lenta, donde se observa un consumo de potencia de 13.8kW para un horario de 17:30. Para la inclusión de dos VE se tiene como referencia el trabajo “*Short Term Forecast for Electric Vehicles Integration in Cuenca – Ecuador*” (Medina, R., Medina, S., Merchán, M., Morales, X., 2016) ya que se espera como resultado una venta mínima de 0.88 VE \approx ~~1~~ VE y una venta máxima de 2 VE por mes.

Con la inclusión de un VE de carga tipo lenta para un horario de las 22:30 hasta las 07:00 al transformador #20687 se tiene un incremento de 9.4kW dándonos un registro de consumo total de 12.65kW y para un horario de 01:30 presenta un incremento de 5800W

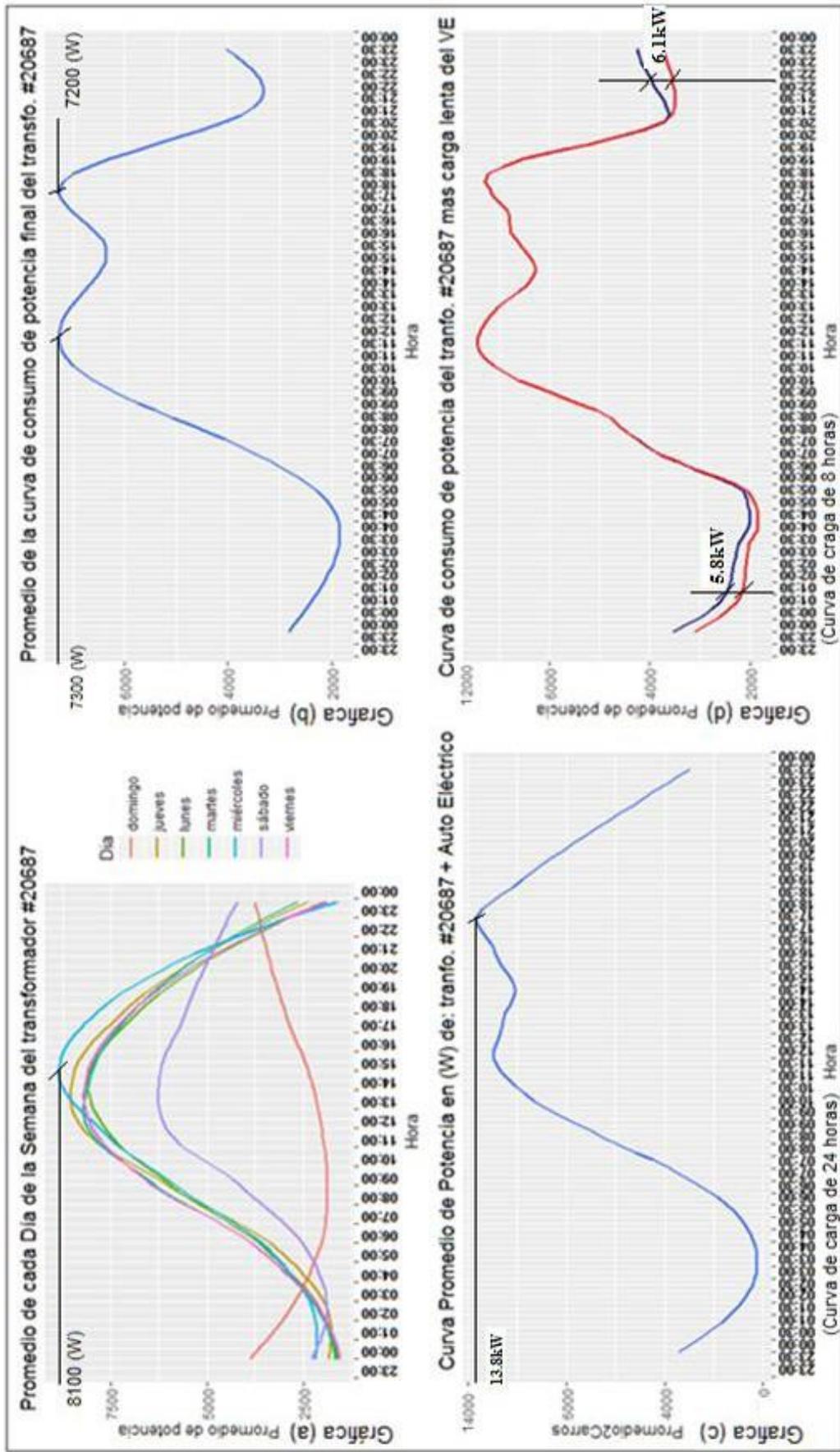


Figura 30. Gráficas comparativas de la curva de consumo de potencia del transformador #20687 con y sin la inclusión del VE.
Fuente: Auto

CONCLUSIONES.

- En la actualidad los VE se mantienen un estado inactivo, esto se ha dado por motivos de aranceles, el precio del automóvil, la inexistencia de tomas de carga para los VE y como punto notable la falta de información que se tiene acerca del VE, creando inconformidad en de los futuros compradores.
- El día con mayor consumo energético es el día sábado, registrando un consumo de 300W destacándose con una diferencia del 190% a comparación del resto del promedio de días de la semana. Teniendo a consideración que los usuarios de esta zona pertenecen a la clase residencial de un estrato medio alto, dados por la EERCS según su estratificación. Además de que en esta zona se encuentra los futuros compradores de VE.
- Para el análisis de la zona de estudio, en primer lugar fue necesario determinar el estado actual del consumo energético de un usuario típico y de la demanda de los 19 usuarios conectados al transformador sin la inclusión del VE, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:
 - ✓ A nivel del usuario, registra un máximo consumo de 84W en un horario de 19:00 a 22:30 y un promedio de 58W para la carga de 24h
 - ✓ La potencia demanda por el transformador registra un consumo máximo de 7,3kW para un horario a partir de las 10:00-12:00 y un promedio de 1.5kW para una carga de 24h.
 - ✓ Para una carga lenta del VE se registra un consumo máximo de 6.1kW para un horario de las 22:00
- Se realizó el análisis de la curva de demanda a nivel de usuario y la carga del transformador con la inclusión del VE, se obtuvo lo siguiente:
 - ✓ En el nivel de confianza para la estimación del mínimo de usuarios necesarios para la investigación del 95.5%, se basó a partir de la base de datos obtenida y por el número total de los índices de calidad en consumidores finales

- ✓ Para el análisis a nivel de consumidor final, considerando una carga de 24 horas del VE, se consume una potencia máxima de 6.1kW con un promedio de 4.0kW para toda la carga.
 - ✓ Se consume en promedio la carga del VE un total de 6.1kW esto multiplicado las 8 horas de carga lenta del vehículo se consume un total de 48000W.
 - ✓ Para el análisis de la carga del transformador con la inclusión de 2 VE y con una carga de 24 horas, registra un consumo máximo de 6.1KW en un horario de 17:00-18:20.
- Con el estudio efectuado de las curvas que presentan el ingreso de los VE, se constató un incremento importante al ingresar los VE en horas pico; representado un incremento alto en las planillas.
 - El peor de los escenarios para un transformador que posee 19 abonados es un incremento de consumo superior al 50% equivalente a 9 VE de los abonados quienes al realizar la carga del VE el transformador no soportaría esta carga llevando consigo que sufriera daños. En el caso de estudio, se obtuvo un ingreso del 20,52% equivalentes a 2 VE de abonados conectados a la red, en la cual no sufrirá ninguna afectación

RECOMENDACIONES.

- Se propone que la carga del VE se realice en un horario entre las 22:00 hasta las 6:00 con la tarifa preferencial.
- Se sugiere concientizar a los nuevos usuarios que al momento de recargar su VE lo realicen en horas valle, lo que promoverá el buen uso, proceder y cultura de los consumidores.
- Se debe mencionar que el sistema será capaz de soportar el ingreso de los VE en las redes de distribución, debido a su ingreso mínimo de 0.84 VE al mes según las proyecciones analizadas y aplicadas para su incorporación.

- Se recomienda a los usuarios de VE la utilización de una estrategia de control en las recargas, obteniendo así un beneficio económico al recargar los VE fuera de horas pico, presentando una mayor rentabilidad del uso de las energías renovables.
- Se debe aplicar una estrategia de recarga inteligente, donde la recarga de las baterías de los VE se distribuye a lo largo de las horas valle de demanda, comprendidas entre las 23h00 y las 6h00.

REFERENCIAS.

- ARCONEL. (2016). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Servicio Público de Energía Eléctrica. (Pliego Tarifario Para Las Empresas Eléctricas). Ecuador. Resolución Nro. Arconel 049/15 (29-07-2015). 099/15(31-12-15). Pág. 4
- Albendea D., (2011). *Estrategias de control para integración de vehículos eléctricos en la red de distribución*. Departamento de Ingeniería Eléctrica (Proyecto de Fin de Carrera, Universidad Carlos III Madrid). Recuperado de: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11616/PFC_DiegoAndresAlbendea.pdf?sequence=1
- A. M. A. Haidar, K. M. Muttaqi, and M. H. Haque, vol. 9, pp. 2705-2716, 2015 "Multistage time-variant electric vehicle load modelling for capturing accurate electric vehicle behaviour and electric vehicle impact on electricity distribution grids," IET Generation, Transmission & Distribution,.
- Bandar Seri Iskandar, Perak, Malaysia. 2015 Centre for Automotive Research and Electric Mobility, Universiti Teknologi PETRONAS,
- C. A. Juan, S. Juan, M. Javier, C. Manuel, J. León, P. Darío, et (2014)., "Plan de Movilidad y Espacios Públicos," I. Municipalidad de Cuenca, Cuenca-Azuay.
- C. F. Ferreira, (2013) "El Transporte en el Balance Energético de los Países Miembros de OLADE," Ecuador.
- "Cómo se mueven lo Cuencanos," Alcaldía de Cuenca, Cuenca-Azuay2015.
- C. Oscar, "Anuario 2014 AEADE," A. d. E. A. d. Ecuador, Ed., ed.
- D. Javier, Enero 2016 "Ministro Coordinador de Producción anuncia incentivos para el uso de vehículos eléctricos en el país," Pichincha Universal.
- E. C. G. Alex. (2015) "Factibilidad para la Integración de Vehículos Eléctricos al Sistema de Distribución Electrico," Ing Electrica, Universidad Politécnica Salesiana Quito.
- Gujarati, 2003 "Econometría Contraste de Hipótesis," in Analisis de series temporales ed,.
- <http://www.produccion.gob.ec/vehiculos-electricos-una-realidad-en-ecuador/>.
- K. Enique., 10 marzo del 2016 Julio 2015."El país donde se venden más autos eléctricos es."
- M. A. Haidar, K. M. Muttaqi, and M. H. Haque, vol. 9, pp. 2705-2716, 2015 "Multistage time-variant electric vehicle load modelling for capturing accurate electric vehicle behaviour

and electric vehicle impact on electricity distribution grids," IET Generation, Transmission & Distribution,.

- Moura, S., (2015). La predicción de PEV de carga Demandas. Sistema de Gestión de Batería. *Lawrence Berkeley National Laboratory*. Recuperado de: <http://v2gsim.lbl.gov/case-studies/grid-impacts/predicting-pev-charging-demands>
- P. L. Jaume. (2012). Test de Durbin-Watson. Available: <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2012/12/13/test-de-durbin-watson/>
- P. Rafael, S. Gabriela, and D. David, (2015) "Balance Energético Nacional," Ministerio Coordinador de Sectores Estrategicos, Quito.
- R. Medina, D. Morales, B. Tapia, D. Criollo, J. Romero, P. Guamán, et Revista Técnica Energía, pp. 284-293, 01/15/ 2016., "Modelado del Tranvía Citadis-302 Implementado en la Ciudad de Cuenca Utilizando Matlab - Simulink@,".
- S. Santiago, Quito, 2010 "Autos Híbrido en el Ecuador," Tecnologías, Universidad de las Americas,.
- S. Samveg (2015). Modelos V2G-Sim la conducción y comportamiento de carga del individuo plug-in de vehículos eléctricos para generar temporales a escala de malla predicciones de impacto / de oportunidad y espaciales. Estados Unidos. Universidad de California, Laboratorio Nacional de Lawrence Berkeley. Recuperado de: <http://v2gsim.lbl.gov/>.
- T. Inga, S. Federico. (2012) *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado*. (Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar). Tipos de muestreo. *Recuperado de:* http://moodlelandivar.url.edu.gt/url/oa/fi/ProbabilidadEstadistica/URL_02_BAS02%20DE%20TERMINACION%20TAMA%C3%91O%20MUESTRA.pdf
- V. D. Karl, 2015 "El Híbrido Enchufable Lo mejor de dos Mundos," Toyota España, España.
- V2G-SIM. (2015). Aplicaciones para diferentes grupos de interés. Automotor, Red Eléctrica, Política y Negocios, Usuarios Finales. *Lawrence Berkeley National Laboratory*. Recuperado de: <http://v2gsim.lbl.gov/applications>.
- Z. A., M. Syainfudding, S. Nordin, R. A., and A. Rashid, "Operation, power flow, system architecture and control challenges of split-parallel through-the-road hybrid electric vehicle," IEEE Xplorer, Electrical and Electronics Engineerong Department.
- Z. Charles, November 2015 "Real Statistics Using Excel," D.-W. Table, Ed., ed. EEUU.

ANEXOS

Anexo 1. Formulación matemática para la estimación de venta de VE por mes

Para la formulación matemática nos basamos en el método Durbin Watson el cual fue implementado en el proyecto “*Short Term Forecast for Electric Vehicles Integration in Cuenca – Ecuador*” (Medina, R., Medina, S., Merchán, M., Morales, X., 2016), el cual se toma como variable independiente “t” tiempo.

Se debe de tener a consideración los siguientes parámetros:

- Este método permite que el error no tenga relación consigo mismo en el tiempo.
- Para valores positivos se debe tener valores menores a 0,5
- El parámetro “d” nos indica el erro sucesivo
- Si se obtienen valores de $d > 2$ es una correlación negativa. (Gujarti, 2003)

Mediante la Ecuación 2 se presenta los errores sucesivos.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^{t=n} (e_t - e_{t-1})}{\sum_{t=1}^{t=n} e_t^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

- e_t = residuos en el tiempo.
- d = **Correlación**
- n = cantidad de datos requeridos
- valor estimado entre (-1 ---1,5)

Con el desarrollo de la ecuación de la autocorrelación " ρ " el cual nos permite obtener una muestra de residuos y con la aplicación de la tabla de Durbin-Watson obtenemos los siguientes resultados:

Valor inferior=0.88

Valor superior=1.32

Esto nos representa que se tiene una mínima venta de 1 VE y una máxima venta de 2 VE por mes, este desarrollo que se realiza con el método aplicado nos ayuda en la implementación de los VE para los capítulos 3 y 4 ya que con este resultado nos permite realizar un análisis de cuantos vehículos se deben de analizar por transformador.

Anexo 2. Pliego Tarifario Para Las Empresas Eléctricas- Agencia De Regulación Y Control De Electricidad

ASPECTOS GENERALES.

El presente pliego tarifario se sujeta a las disposiciones establecidas en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica- LOSPEE, dentro de las disposiciones fundamentales, en su Artículo 3, Definiciones, en el numeral 12 se establece “Pliego Tarifario”: Documento emitido por el ARCONEL, que contiene la estructura tarifaria a aplicarse a los consumidores o usuarios finales, y los valores que le corresponde a dicha estructura, para el servicio público de energía eléctrica.

En este sentido, es facultad de la ARCONEL, a través de su Directorio, establecer y aprobar los Pliegos Tarifarios para el servicio público de energía eléctrica.

Conforme lo establece la LOSPEE, respecto del Régimen tarifario cualquier “Ajuste, modificación y reestructuración del pliego tarifario, implicara la modificación automática de los contratos de suministro del servicio público de energía eléctrica que incluya el servicio público de alumbrado general”

El Pliego tarifario observa los principios de “solidaridad, equidad, cobertura de costos, eficiencia energética,” así como, de “responsabilidad social y ambiental.” (ARCONEL. 2016).

TARIFA GENERAL EN BAJA TENSION CON REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA PARA VEHICULOS ELECTRICOS.

Se aplica a los consumidores sujetos a la categoría general de baja tensión, que dispongan del vehículo eléctrico, para lo cual, se deberá implementar con registrador de demanda horaria que permita identificar los consumos de energía y potencia en los periodos de demanda punta, media y base, con el objetivo de incentivar el uso de la energía en las horas de menor demanda

Esta tarifa se aplicara para la facturación del servicio eléctrico, en forma exclusiva, del consumo de energía y potencia eléctrica mensual del vehículo eléctrico; a través, de la asignación de un suministro independiente.

Para la aplicación de esta tarifa, los vehículos eléctricos tendrán un régimen de carga liviana o lenta en condiciones de potencia y consumo de energía eléctrica, recomendadas para el nivel de baja tensión, esto es, de hasta 10 kW; por tanto, en este nivel de tensión no se implementara equipos de carga rápida de estos vehículos, esto es, superiores a 10kW. (ARCONEL. 2016).

El consumidor deberá pagar:

- a) Un cargo por comercialización, expresado en USD/consumidor, independientemente del consumo de energía y potencia.
- b) Un cargo por demanda, expresado en USD/kW-mes, por cada kW de demanda facturable, que corresponderá a la demanda máxima mensual registrada en el respectivo medidor, multiplicado por un factor de corrección (FC).
En el caso de que la demanda máxima mensual se registre en los periodos de demanda media o base, el FC será equivalente a 0,6; en el caso de registrarse, en el periodo de demanda de punta el FC será equivalente a 1.
- c) Un cargo por energía, expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de demanda de punta de 18h00 hasta las 22h00, de lunes a domingo.
- d) Un cargo por energía, expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de demanda de media de 08h00 hasta las 18h00, de lunes a viernes; equivalente al 80% del cargo en el periodo de punta.

- e) Un cargo por energía, expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de demanda de base de 22:00-08:00 de lunes a domingo y 08:00-18:00 sábado y domingo; equivalente al 50% del cargo en el periodo de punta."

Con Resolución No. ARCONEL 041/16 aprobó que se aplique el valor de uno para los Factores de Corrección de Demanda FC para la Tarifa General en Baja Tensión con registrador de Demanda Horaria para Vehículos Eléctricos, conforme dispuesto en el Pliego Tarifario vigente.

Esta consideración tarifaria se implementara, única y exclusivamente, para los consumidores que accedan a la Tarifa de Vehículos Eléctricos en la Provincia de Galápagos, consecuentemente, se mantendrá la estructura y nivel del Pliego tarifario vigente; además, se aplicará a partir de la facturación de los consumidores de junio de 2016 y mientras esta Agencia lo considere pertinente. (ARCONEL. 2016).